

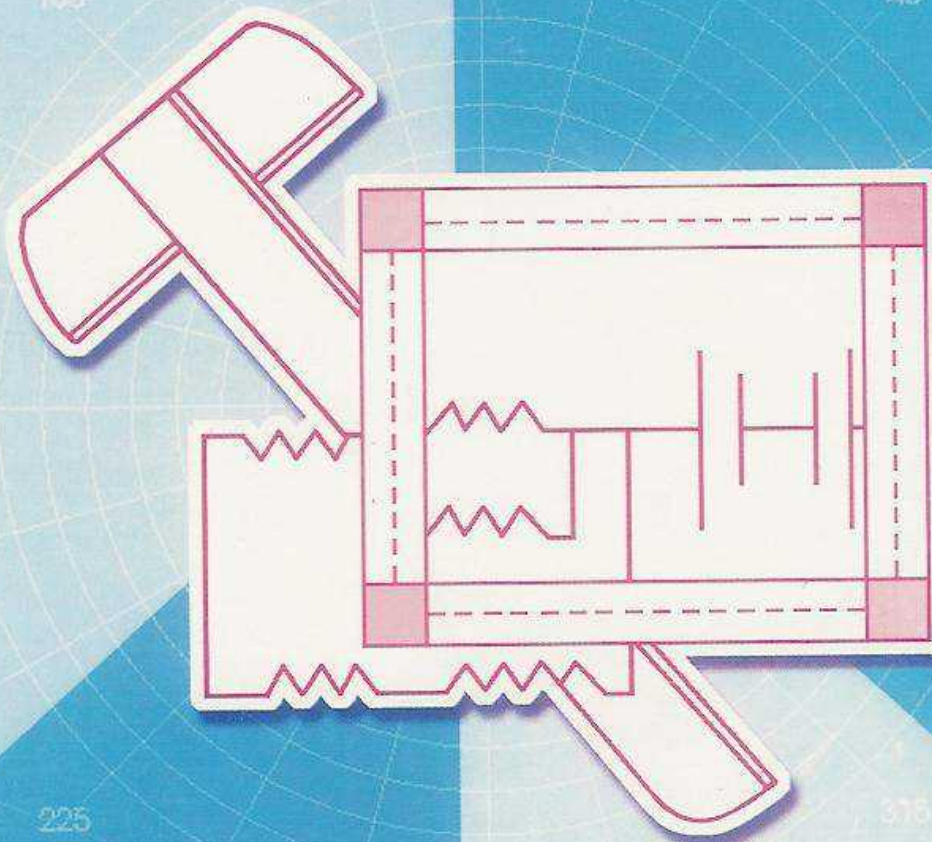


جمهورية السودان
التعليم الثانوي



أساسيات العلوم الهندسية

الصف الأول



بسم الله الرحمن الرحيم

جمهورية السودان
وزارة التربية والتعليم العام
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
بخت الرضا .

أساسيات العلوم الهندسية

الصف الأول الثانوي

تأليف :

- ١- الأستاذ : ابو القاسم عبد القادر صالح - نائب وكيل التعليم الفني سابقا
- ٢- الأستاذ : عبد الرحيم سعيد - المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
- ٣- دكتور : محمد عثمان محمود - كلية الهندسة جامعة الزعيم الازهري
- ٤- الأستاذ : قرشى ادم ماهر - 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 :

الأستاذ : ابراهيم الفاضل الطاهر - مختص مناهج.

الجمع بالكمبيوتر :

ابتهاج مصطفى على
تهانى بابكر سليمان

فهرسة المكتبة الوطنية - السودان

620.7 أبو القاسم عبد القادر

ع.م.ع

مادة العلوم الهندسية أساسيات العلوم الهندسية : الصف الأول

ثانوي / أبو القاسم عبد القادر (وآخرون). - الدويم : المركز القومي

للمناهج والبحث التربوي ، 2009م

ص : 24 سم.

ردمك : 4-52-53-99942-978

1- الهندسة - كتب دراسية.

أ. العنوان.

المحتويات

الموضوع	الصفحة
• المقدمة	أ - 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 - المنشور	٩٢
• المخروط	٩٤
• الأجسام الأسطوانية	٩٥
الباب الثاني	
أساسيات الهندسة الميكانيكية	
• أدوات القياس والمقارنة	١٠٠
• معدات القطع	١١٣
• المبرد وعملية البرد	١٢١
• الثقب والمثاقب	١٢٦
• البرغلة والبراغل	١٢٩

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

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 أيضاً 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 الرسم 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 والبراشل وينتهي هذا القسم بأساسيات طرق وصل المعادن .
القسم الثالث من الكتاب يقدم أساسيات في الهندسة الكهربائية فسي 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 ، الحجير وأنواعه والجبس ، 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 التكعييب .

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

مقدمة العلوم الهندسية :

ورد في تاج العروس من جواهر القاموس للزبيدي ، ويقال : رجل هُنُوس هذا الأمر ، بالضم ، أي العالم به . هُنَايسَة هذا الأمر ، أي العلماء به . والمهندس مقدّر مجاري الماء القنّى^١ واحتقارها حيث تُحفر ، والأسم الهندسة ، وهو مشتق من الهنداز (أو أنداز) ، فارسية معرب أب أنداز ، فأبدلت الزاي سينا ، لانه ليس لهم دال بعده زاي وهو حاصل كلام كتاب الجوهري ، وأنداز : التقدير ، وأب : هو الماء " . أسمى الفارسيون مبدع الفن الهندسي أنداز ، ولقبه الفراعنة بالنجار الملكي (البناء الملكي) ، وأسماه اليونانيون أرشيتكتون Architktons أي سيد البناعين ، وعرفه الرومان بالإنجيناري Ingenari لصنعه الأجهزة العسكرية ومنشأتها ، ثم التصق لفظ مهندس في القرن السابع عشر بالمنشآت 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 الاستفادة من المبادئ والأصول العلمية في بناء الأشياء وتنظيمها .

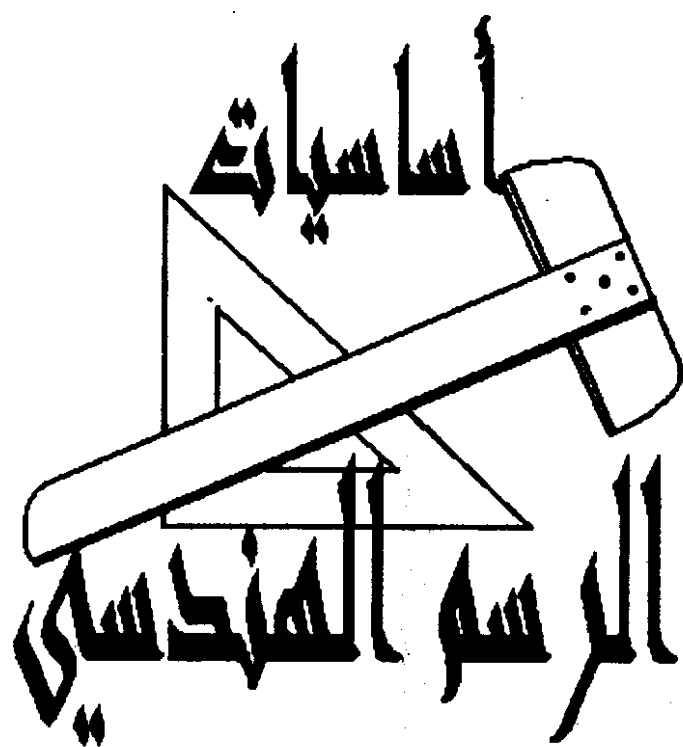
وارتبطت الهندسة ارتباطاً وثيقاً بكافة العلوم ، فأفادت منها في استخدام المواد ، وقوى الطبيعة لبلوغ التقدم ، وطلب التطور ، وابتغاء الازدهار في إطار إقتصادي مستدام دون ضرر بالبيئة المحيطة ، أو الصحة العمومية ما أمكن . فكان الإبداع الهندسي المبين ، والفن الجمالي المدرك والمُحسوس ، والتفاعل مع البيئة والجمهور 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 والإلكترونيات ، والاتصالات ، والميكانيكا ،

^١القنّى : جمع قناة وهي الآبار التي تنفر في الأرض متتابعة ليستخر ماؤها ويسبح على وجه الأرض ، ويجمع قنّا ، وجمع القنّا في يكون جمع الجمع (أنظر لسان العرب لاس منظر) .

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 القدرات العقلية ، وترويض الخيال العلمي المبتكر ، والمقدرة على التنوُّق الفني السليم ، وقوة الملاحظة ، والتمتع بالحس المرفه لكافة ضروب الجمال . ومن هنا ينبغي على المعلم نقل المعلومة الهندسية في أمانة وإخلاص وتجرد - للمتلقى وطالب الهندسة الذى من الواجب أن يتحلى بالصبر، والانتباه والتركيز، والتفاعل ، لتلقى التدريب الكفيل بتطوير المهنة ، ورفع 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 جميعا للخرطوم ؛ وبناء الجسور والقناطر التى تضمن انسياباً منتظماً للنيل وتعمل على صد الفيضان ، ومنافسة الطيران السودانى لارتياح الفضاء ؛ وتحقيق أحلام مثل إمتلاك القوة العسكرية العلمية السودانية النافذة عبر المجرات لرفع راية لا إله إلا الله محمد رسول الله فى الآفاق ؛ وتحريك الأشياء دون معينات ؛ والمشى على سطح الماء ؛ وإبتكار التلغز ثلاثي الأبعاد . . . الخ وتكون خير امتداد لنفوس سوداني كريم كان رائد هندسة الحديد والصلب فى العالم أجمع فى القرن السادس الميلادى وإمتداد لطبيعي لثلة من الأولين حققت الطفرة الهندسية برا ، وبحراً فى الدولة الإسلامية وليس ذلك على الله ببعيد .

الباب الأول



الرسم الهندسي

مقدمة :

الرسم الهندسي هو لغة المهندس ، أو المصمم ، لوضع الأفكار - والاختراع والخيال العلمي - موضع التنفيذ وعندها تدعو الحاجة لتحقيق الفكرة الهندسية لألة 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 الآخرين ومن ثم ينتج الرسم الهندسي في صورة مخطط كروكي للفكرة . ثم يتم تواصل المخطط بمخططات ورسومات أخرى للحساب والتقدير ، وتطوير الفكرة بصورة أكبر وأق وأيجاد القوى العاملة ، والجهد ، وتحليل الحركة ، ومقاسات الأجزاء ، وأنواع المواد وطرق الإنتاج ، والصيانة ولتوصيل هذه الأفكار للآخرين 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 إحداهما بالفن artistic لتوضيح الأفكار والتعبير عن الفلسفة المجردة عبر وسائل الصور والنحت التجريدي ، والأخرى بالتقانة technical لتوضيح تصميم الأشياء المراد بناؤها أو إنشاؤها . وتطور الرسم الهندسي عبر نظرية الإسقاطات للأشياء كمخططات خيالية للحصول على المناظر المختلفة في مطلع القرن الخامس عشر في إيطاليا بواسطة المعماري البرني ليوناردو دافنشي Alber Brunelleschi وآخرين ومعلوم أن ليوناردو دافنشي استخدم الرسم لتسجيل وتوصيل أفكاره وتصميم آلات الإنشاء والتشييد . ومن أوائل من استخدم أدوات الرسم الهندسي المهندس المدني جورج واشنطن في منتصف القرن السابع عشر. ويعد جيسارد مونج Gaspard Monge الفرنسي مبتدع الهندسة الوصفية لأصول الإسقاطات المستخدمة حالياً لدواعي التحصيلات 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 والذي يعمل به بوصفه دليلاً لتوحيد ممارسة الرسم الهندسي اليدوي ، أو باستخدام الحاسوب كما في التصميم بمساعدة الحاسوب Computer Design CAD . . أو الرسم بمساعدة الحاسوب Computer Aided Drafting . CAD .

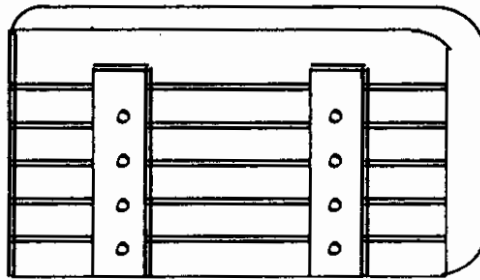
ويعد من يجهل هذه اللغة من المهندسين أو العلماء أو الفنيين جاهلاً مهنيًا وهذا الحال يستوجب التدريب والتأهيل في هذا الفن الهام لمعرفة المنتج وتشغيله وصيانته . كما يعلم الرسم الهندسي مهارات مساعدة أخرى مثل التنسيق ، والسرعة ، والتنظيم ، والدقة ، وتنشيط الخيال لبناء الأشياء في الفراغ ، مما يسهل المواهب وينمي الإبداع العلمي ويشدذ ملكة الابتكار . ولاكتساب المهارة في هذا الفن ينبغي معرفة الأدوات المستخدمة والمعينة 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 الرّسم الهندسي

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

لوحة الرّسم :

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 بين ٧٢٥ × ٤٠٠ مم و ٨٠٨ × ٤٨٠ مم .

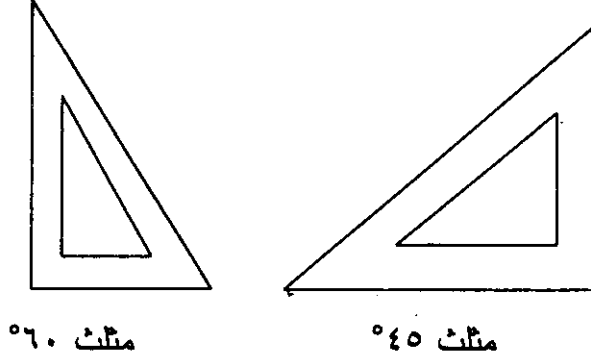


الشكل رقم (١) يبين لوحة الرسم من الناحية الخلفية .

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 والانكماش أثناء تقلبات الطقس .

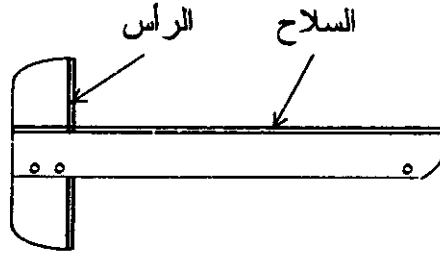
• المثلثات :

يستخدم في الرسم الهندسي مثلثان أحدهما يسمى 45° والآخر $30/60^\circ$ ويصنعان من اللدائن .



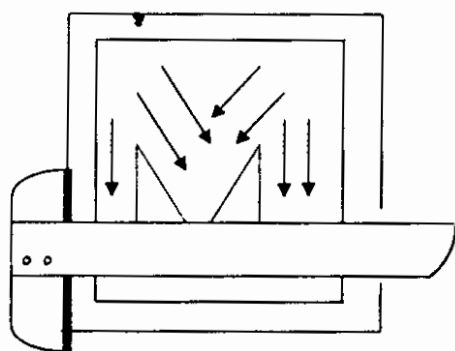
المسطرة حرف T :

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

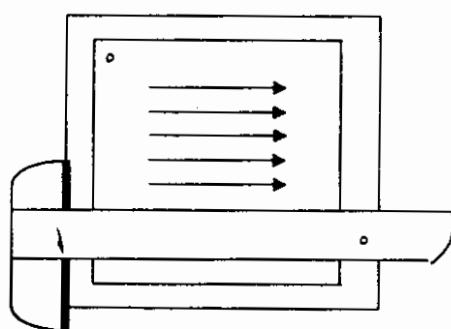


مسطرة حرف T

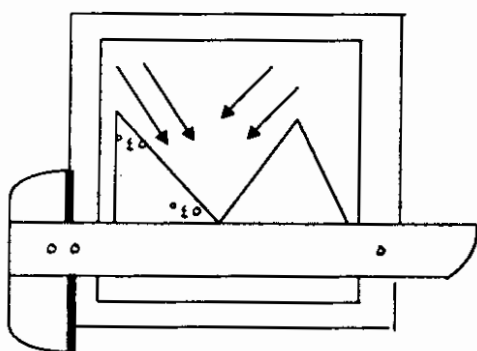
يجب العناية بالمسطرة حرف T وحفظها حتى لا تتعرض للانحناء .
تستخدم المسطرة حرف T بانزلاقها على اللوحة لرسم الخطوط الأفقية
والمستقيمات المتوازية الأفقية . كما يمكن بمساعدة المثلاث رسم الخطوط
العمودية والمستقيمات العمودية المتوازية ، والخطوط المائلة على الزوايا 45° ،
 30° ، 60° والخطوط المتوازية المائلة على نفس الزوايا المذكورة .



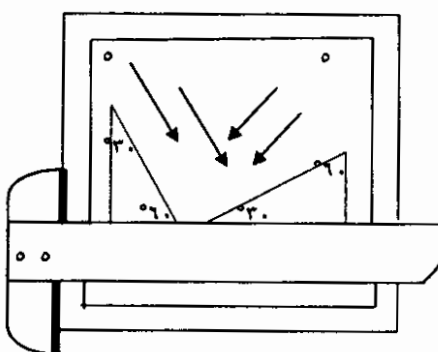
(ب)
مستقيمات متوازية عمودية ومائلة



(ا)
مستقيمات أفقية متوازية



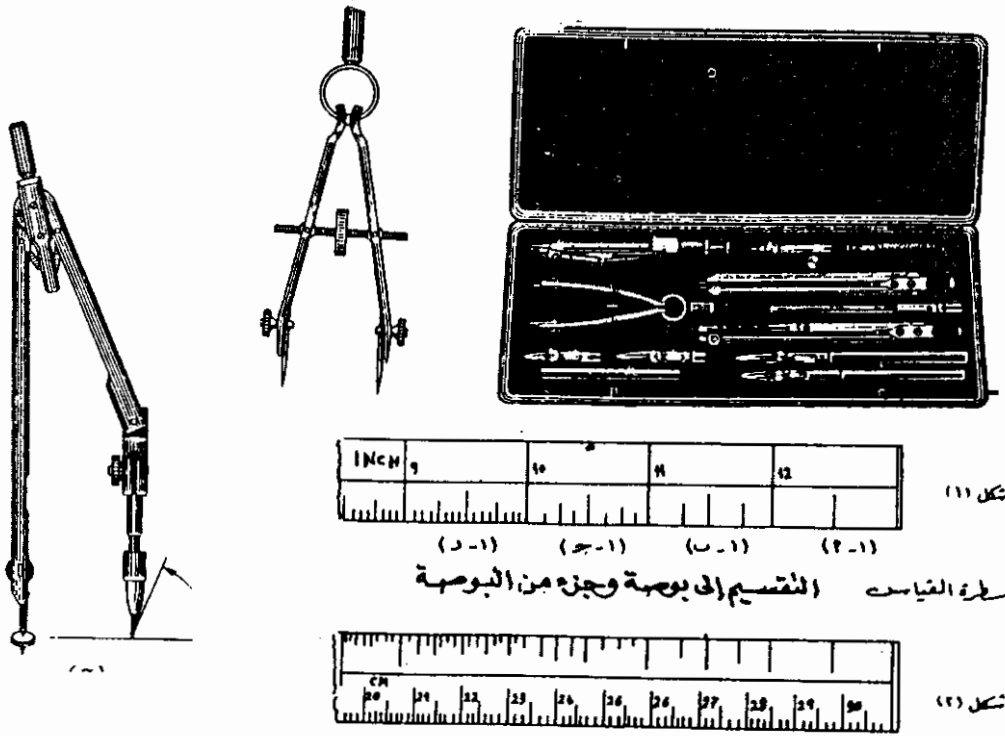
(د)
مستقيمات متوازية مائلة 45° درجة

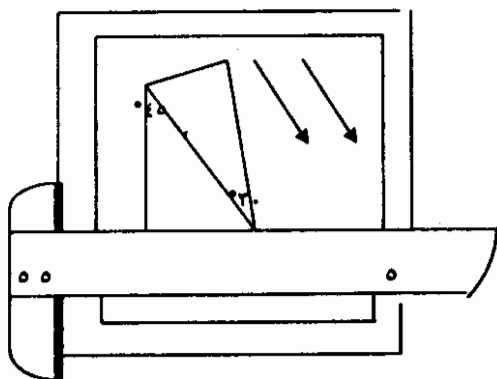


(ج)
مستقيمات متوازية 30° ، 60° درجة

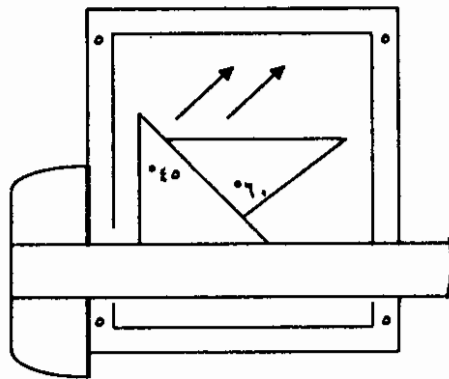
علبة الرسم :

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) .





(و) مستقيمتان متوازيتان مائلة ٧٥ درجة

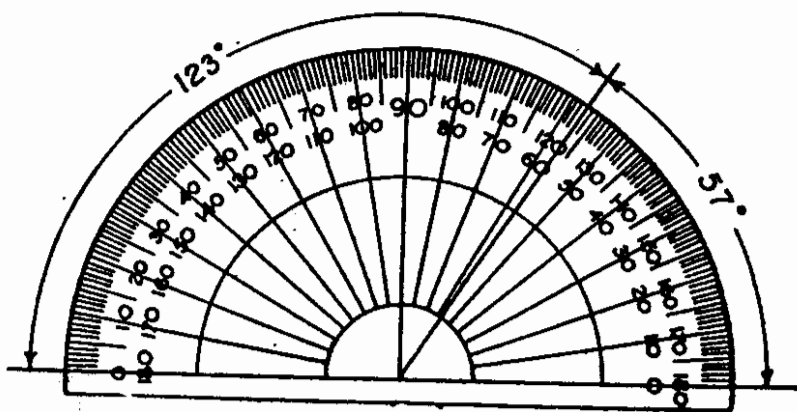


(ـ) مستقيمتان متوازيتان مائلة ١٥ درجة

طريقة استعمال المسطرة حرف T والمثلثات

المنقلة :

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



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

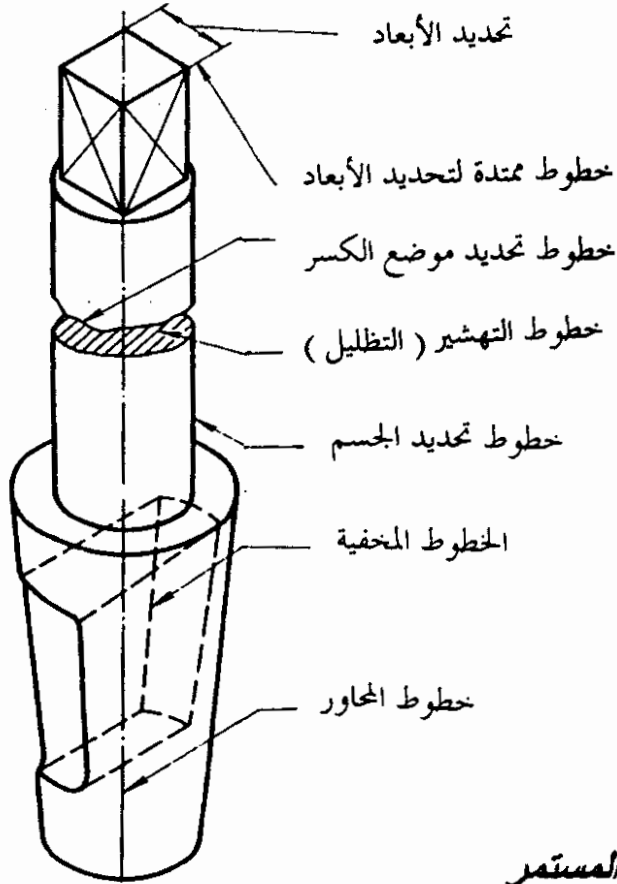
أنواع خطوط الرسم وأماكن استخدامها

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 المخفية 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		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 ١,٥ مم . يجب أن تكون خطوط الجسم في الرسم متساوية السمك .

الخط الرفيع المستمر

يستخدم في الدلالة على المقاسات والأبعاد ، 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 تهش متقاطعة . أما خطوط موضع الكسر في الأجزاء الطويلة فلا يزيد سمكها عن ١/١ 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 $\frac{1}{3}$ إلى $\frac{1}{2}$ من سمك الخط السميك المستمر ، أما الفراغ بين كل قطعة وأخرى من الخط فيتراوح بين $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{2}$ مم .

الخطوط الرفيعة المتقطعة المصحوبة بنقطة أو نقطتين

تستخدم للمحاور و المراكز ولا يزيد سمكها عادة عن $\frac{1}{3}$ سمك الخط السميك المستمر . ويكون طول القطعة الواحدة منه عشرين ملليمتراً ، ويكون الفاصل بين كل قطعة وأخرى حوالي ثلاثة ملليمترات تقريباً .
توضح مراكز الدوائر التي لا يقل قطرها عن ١٢ ملليمتراً 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 آخر أو يبين خط الانحناء للجسم المراد تتيه .

الخط السميك المتقطع

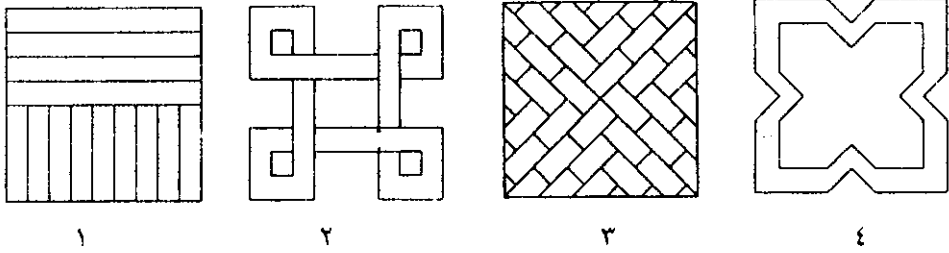
يستخدم لتوضيح مواضع قطع الأجسام .

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 خطوطاً أفقية بالمسطرة حرف T فقط تبعد $\frac{1}{2}$ بوصة عن بعضها . ثم أرسم في النصف الأسفل منه خطوطاً رأسية مستعملاً المسطرة حرف T والمثلث . تبعد هذه الخطوط $\frac{1}{2}$ بوصة عن بعضها .

٢. مستخدماً المسطرة حرف T والمثلث وبرجل التقسيم أرسم مربعاً 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 مستخدماً المسطرة حرف T والمثلث فقط . ثم امسح الخطوط الزائدة لتحصل على الشكل رقم (٢) .



٣. أرسم مربعاً طول ضلعه ١٠ سم ، صل أركانه بخطين مستقيمين متقاطعين من نقطة تقاطع الخطين علم بمسطرة القياس نقاطاً تبعد عن بعضها ٢ سم في كل ربع . مستعيناً بالمثلث ٤٥° أكمل الرسم بحيث أنك تكمل ربعاً واحداً كل مرة لتتحصل على الشكل رقم (٣)

٤. أرسم مربعاً طول ضلعه ٤ بوصات مستعيناً 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) .

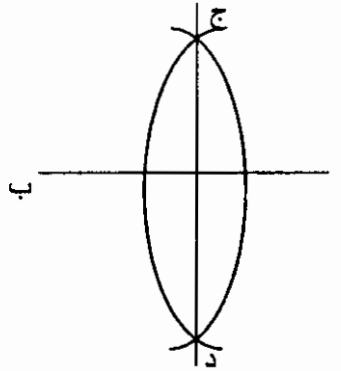
تقسيم المستقيم بواسطة البرجل

مثال :

نصف المستقيم أب بواسطة البرجل .

الطريقة :

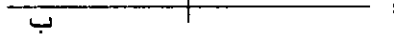
١. ارسم المستقيم أب .
٢. أركز البرجل في النقطة أ وبفتحة تزيد عن النصف أرسم قوساً أعلى المستقيم أب وقوساً تحته .
٣. أركز البرجل في النقطة ب وبنفس الفتحة أرسم قوسين يتقاطعا مع القوسين الأولين في نقطتين ج ، د .
٤. صل ج د وهو المنصف للمستقيم أب كما مبين في الشكل أدناه .



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 .

ج ×

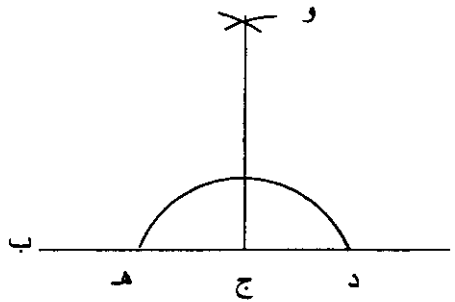


د ×

طريقة رسم عمود على المستقيم أ ب من النقطة ج
مثال :

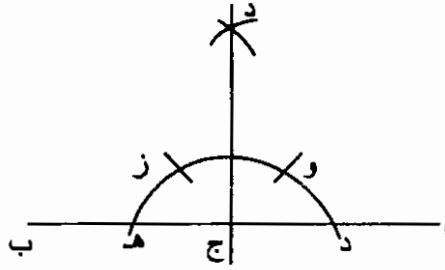
أقم عموداً على المستقيم أ ب من النقطة ج .
الطريقة :

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 :-

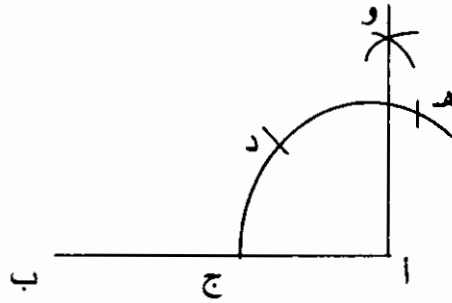
أقم عموداً من النقطة هـ على النقطة أ من المستقيم أ ب .

الطريقة :-

١. أرسم المستقيم أ ب.
٢. أركز البرجل في أ وافتحة 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 وارسم قوساً يقطع القوس الأول في هـ .

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

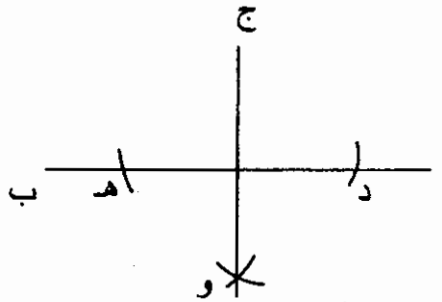
٦. صل و أ وهو العمود المطلوب كما موضح في الشكل أدناه .



رسم عمود على خط مستقيم من أي نقطة مخارجه 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 وج لتتحصل على العمود المطلوب .

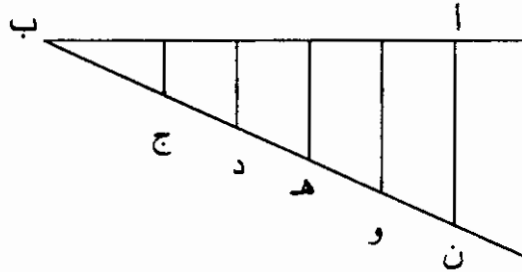
تقسيم الخط المستقيم إلى أي عدد متساوي الأجزاء

مثال :

قسم الخط المستقيم أ ب الذي طوله ٩ سنتمترات إلى خمسة أجزاء متساوية.

الطريقة :

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

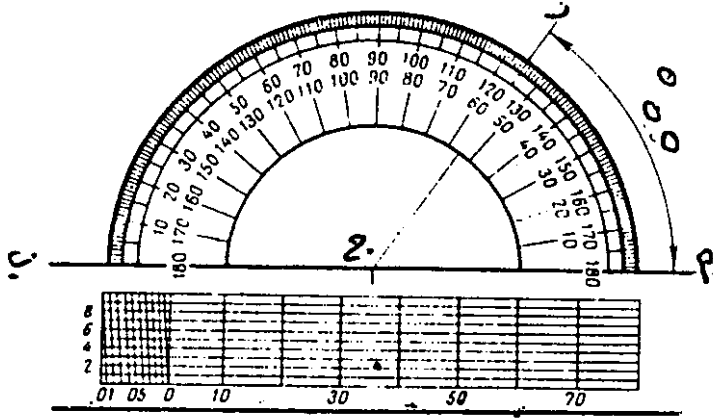


طريقة انشاء زاوية وتقسيمها إلى أي أجزاء متساوية

طريقة رسم الزاوية :

ترسم الزاوية بواحدة من طرق ثلاث :

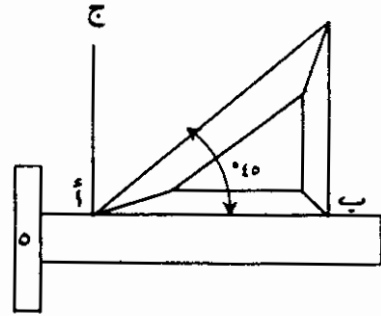
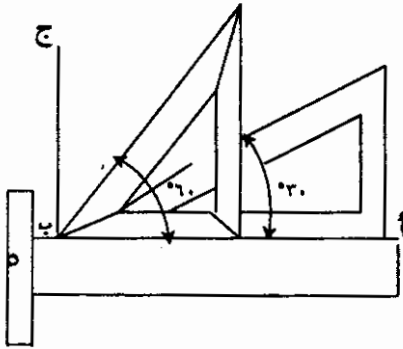
١. يمكن رسم الزاوية باستخدام المنقلة . وفي هذه الطريقة توضع المنقلة على الخط المستقيم أ ب بحيث تتطابق نقطة منتصف حافة المنقلة مع النقطة ج المراد رسم الزاوية عليها . ثم توضع النقطة د فوق تدرج المنقلة بمقدار الزاوية المطلوبة " ٥٥ ° " مثلا .



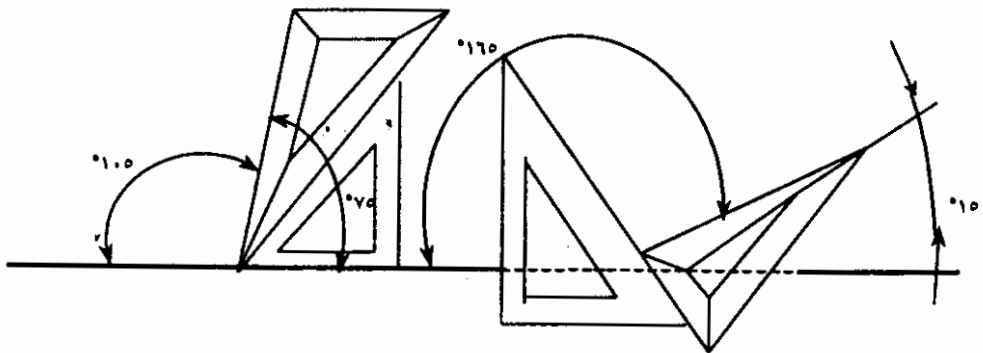
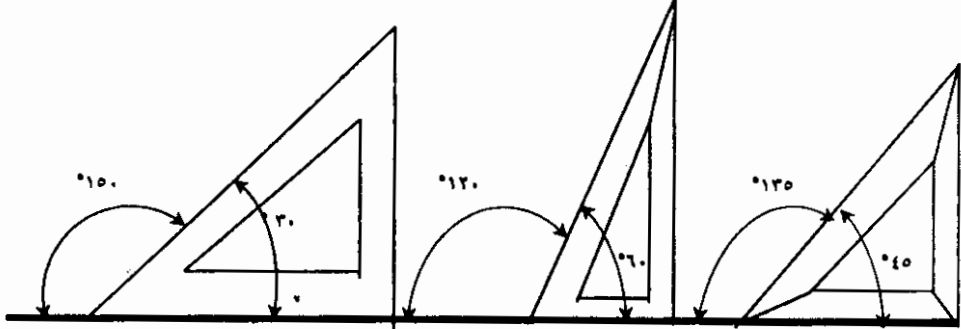
بع: المنقلة ثم صل النقطة د مع ج لتحصل على الزاوية أ ج د " ٥٥ ° " المطلوبة كما في الشكل أعلاه .

٢. يمكن رسم الزاوية باستخدام واحد من المثلثين ٤٥ ° أو ٣٠/٦٠ ° .

المسطرة حرف T . وفي هذه الحالة تثبت المسطرة بحرف 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

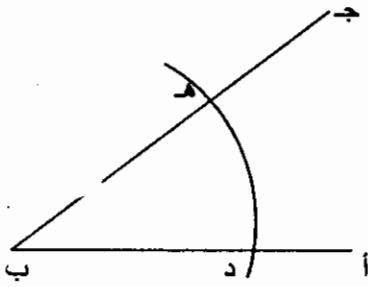


٣. ويمكن كذلك رسم الزاوية بمساعدة المثلثين ٦٠/٣٠ و ٤٥° سوياً
لرسم الزوايا ٣٠°، ٤٥°، ٦٠°، ٩٠°، ١٥°، (٦٠° - ٤٥°)، ٧٥°،
(٣٠° + ٤٥°)، ١٠٥°، (٦٠° + ٤٥°)، ١٢٠°، (١٨٠° - ٦٠°)
أنظر إلى وضع المثلثات في الشكل أدناه :

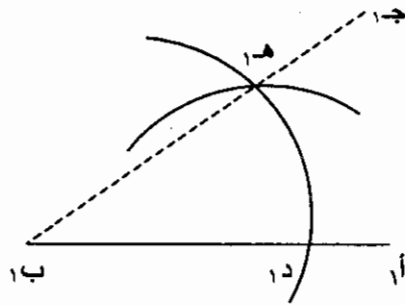


طريقة رسم زاوية مساوية لزاوية أخرى أو طريقة نقل الزاوية

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



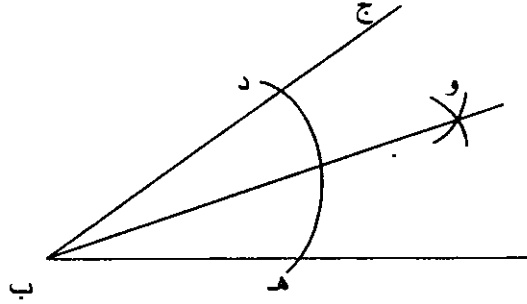
الزاوية الأصلية



الزاوية المنقولة

٤. بواسطة البرجل قس المسافة د هـ في الزاوية الأصلية ثم أركز البرجل في النقطة د ١ كمركز وأرسم قوساً يقطع القوس الأول في النقطة هـ ١ .
٥. أرسم مستقيماً من ب ١ ماراً بالنقطة هـ ١ حتى ج ١ وبذلك تكون $أ ب ج$ هي الزاوية المطلوبة حسب الشكل أعلاه.

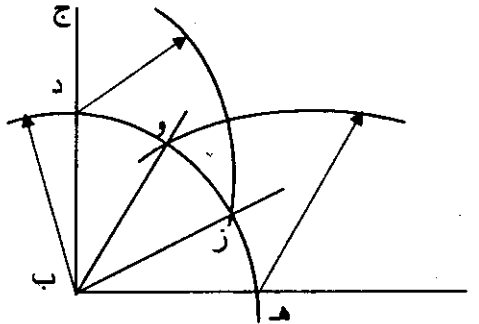
طريقة تنصيف أي زاوية
مثال : قسم الزاوية أ ب ج إلى جزئين متساويين



الطريقة :-

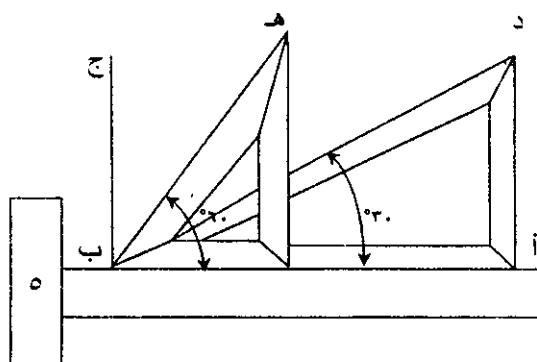
١. أركز البرجل في ب وبفتحة معقولة أرسم قوساً يقطع ضلعي الزاوية في كل من د ، هـ .
٢. أركز البرجل في كل من د ، هـ وبفتحة أكبر من نصف القوس د هـ أرسم قوسين يتقاطعان في النقطة و .
٣. صل و ب بخط مستقيم وهو المنصف لزاوية أ ب ج .
 كما يمكن تنصيف الزاوية القائمة بالمثلث 45° .

طريقة تقسيم الزاوية القائمة أ ب ج إلى ثلاثة أجزاء متساوية



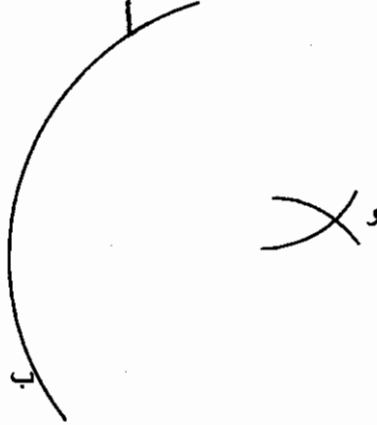
الطريقة :

١. أركز البرجل في النقطة ب وبفتحة مناسبة أرسم قوساً يقطع ضلعي الزاوية في كل من د ، ه .
٢. وبنفس الفتحة أركز البرجل في كل من د ، ه وارسم قوسين يتقاطعان مع القوس د ه 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 ه = 60° (المثلث و ب ه متساوي الأضلاع) وزاوية د ب ز تساوي 60° كذلك (المثلث د ب ز متساوي الأضلاع) .
- ويمكن كذلك تقسيم هذه الزاوية إلى ثلاثة أجزاء متساوية بواسطة المثلث $30^\circ / 60^\circ$ والمسطرة حرف T كما مبين في الشكل أدناه بالطريقة التالية :



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

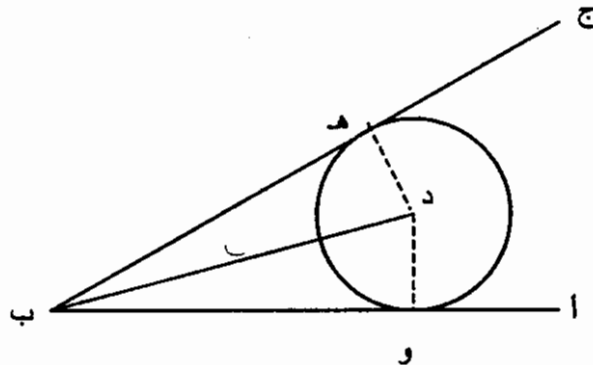
طريقة تحديد مركز قوس معلوماً نصف قطره



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 :

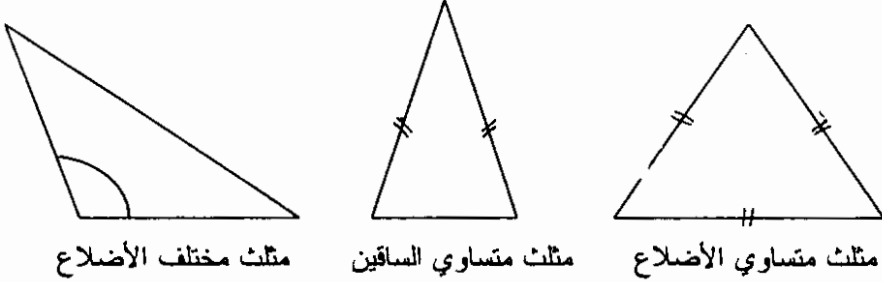
- (١) أرسم الزاوية أ ب ج .
- (٢) نصف > أ ب ج .
- (٣) حدد النقطة د على منصفى الزاوية بحيث تبعد عن ب بالمقدار المعلوم
ثم أقم عمودين من د على ب ج ، أ ب ليقطعاهما في ه ، و
على التوالي .
- (٤) أركز البرجل على د وبفتحة تساوي د ه أرسم قوساً يمس ضلعي
للزاوية في ه ، و وهو القوس المطلوب .

المثلثات

المثلث عبارة عن شكل مغلق له ثلاثة أضلاع .

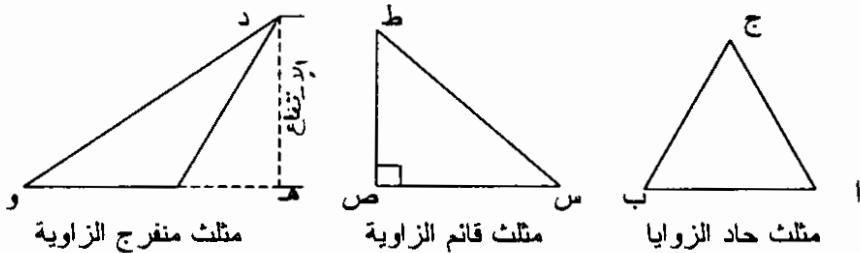
ويسمى المثلث وفقاً لشكله إما بأضلاعه على النحو التالي : -

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 .



أو يسمى بزواياه على النحو التالي : -

١. مثلث حاد الزوايا . وذلك عندما تكون كل زاوية فيه أقل من 90° .
٢. مثلث قائم الزاوية وذلك عندما تكون إحدى زواياه 90° .
٣. مثلث منفرج الزاوية وذلك عندما تكون إحدى زواياه أكثر من 90° .

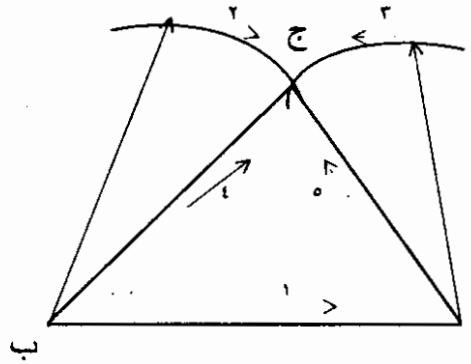


نقاط هامة يجب تذكرها :

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 180° .
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 .

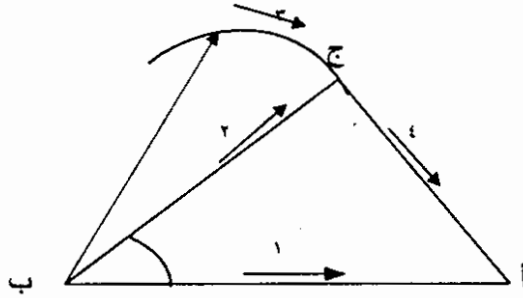


صل "ج أ" و "ج ب" لتتوصل على الشكل المطلوب .

٢) طريقة رسم المثلث بمعرفة ضلعين والزاوية

المحصورة بينهما :

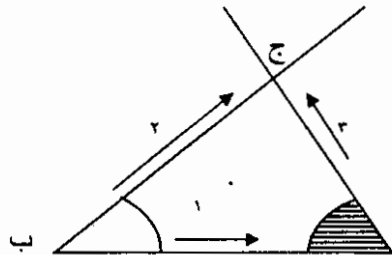
١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. بواسطة المنقلة حدد الزاوية المحصورة من ب وارسم خطاً ممتداً وبواسطة البرجل حدد طول الضلع عند ج .
٣. صل ج أ لتحصل على الشكل المطلوب .



٣) طريقة رسم المثلث بمعرفة طول القاعدة وزاويتيها

الطريقة :

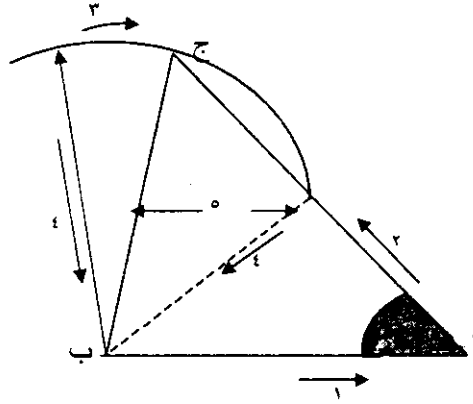
١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. حدد الزاوية أ بالمنقلة وارسم خطاً ممتداً .
٣. حدد زاوية ب بالمنقلة وارسم خطاً ممتداً يتقاطع مع الخط الأول في ج .
٤. صل ج أ ، ج ب لتحصل على الشكل المطلوب .



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

الطريقة :

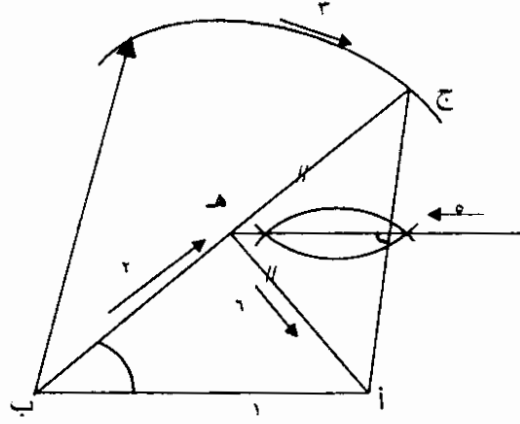
١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. حدد الزاوية أ بالمنقلة وارسم خطاً ممتداً عليها .
٣. أركز البرجل في ب وبفتحة تساوي طول الضلع المعلوم ارسم قوساً يتقاطع مع ضلع الزاوية الممتد في ج .
٤. صل ج ب لتحصل على المثلث المطلوب .



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

الطريقة :

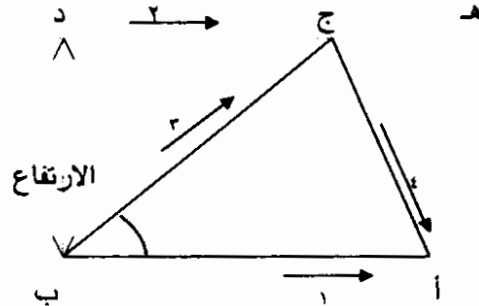
١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. من ب حدد الزاوية وارسم خطاً ممتداً .
٣. أركز في ب وبفتحة تساوي مجموع الضلعين أرسم قوساً يتقاطع مع ضلع الزاوية الممتد عند ج .
٤. صل ج أ ثم نصفه بخط عمودي يتقاطع مع ج ب في هـ .



أ ب هـ هو المثلث المطلوب

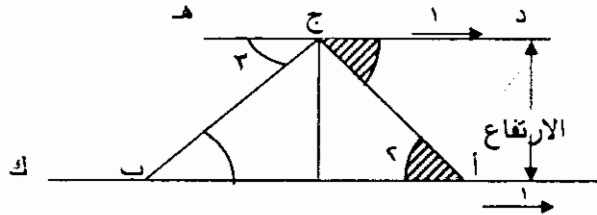
(٦) طريقة رسم مثلث بمعرفة طول القاعدة وإحدى زاويتيها ومقدار الارتفاع
الطريقة :

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 ليقاطع مع د هـ في النقطة ج .
٥. صل ج أ لتحصل على المثلث المطلوب أ ب ج .



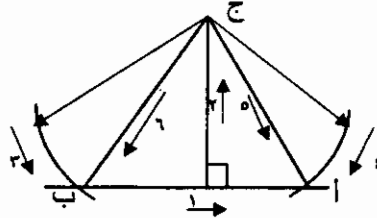
(٧) طريقة رسم المثلث بمعرفة الارتفاع وزاويتي القاعدة
الطريقة :

١. أرسم المستقيم أك . على امتداد النقطة أ أقم عموداً حدد عليه مقدار الارتفاع وارسم د هـ موازياً للخط أك .
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 أك في ب .
٤. أب 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 مثلاً .
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 .

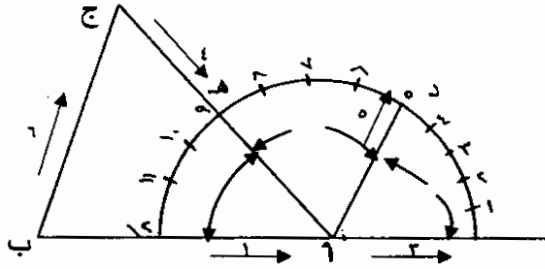


٩) طريقة رسم المثلث بمعلومية طول القاعدة

ونسب الزوايا مثلاً ٣ : ٤ : ٥

الطريقة :

١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. ارکز 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) مع أ .



٥. احسب 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 لينقطع مع امتداد الخط أ هـ في نقطة ج .
٧. أ ب ج هو المثلث المطلوب .

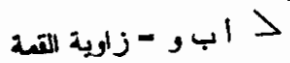
١٠) طريقة رسم المثلث بمعرفة طول القاعدة وأحد

الأضلاع وزاوية القمة

الطريقة :

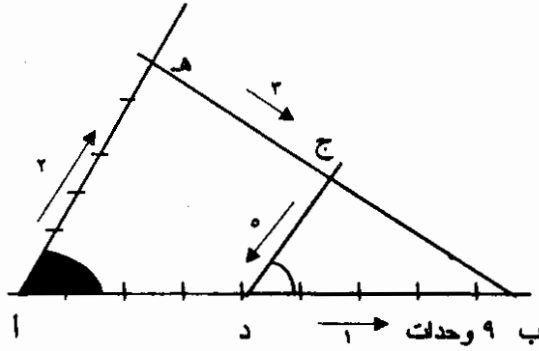
١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. من ب حدد زاوية أ ب و تساوي زاوية القمة كما في الشكل .
٣. من ب كذلك أرسم مستقيماً يكمل هذه الزاوية إلى ٩٠° ومده على استقامته .
٤. نصّف القاعدة أ ب بخط عمودي يتقاطع مع المستقيم السابق في النقطة ج .

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) .



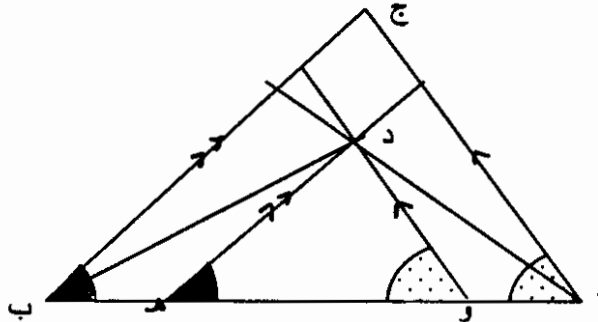
(١٢) طريقة رسم المثلث بمعلومية طول ضلع والزاوية المقابلة له ونسبة الضلعين الآخرين ٥ : ٩ مثلاً

١. أرسم خطاً أفقياً أ ب طوله ٩ وحدات .
٢. من النقطة أ وبواسطة المنقلة أرسم الزاوية المقابلة بطول ضلع 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

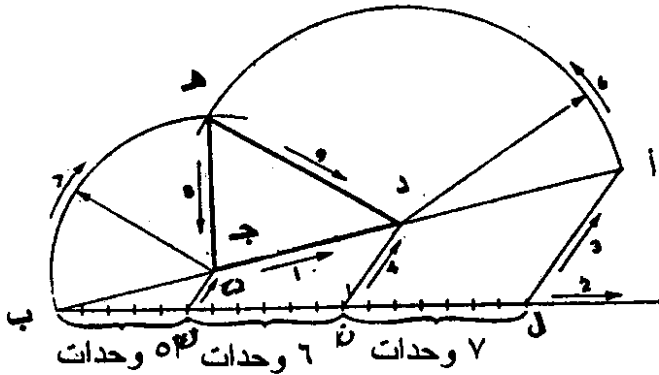
١. أرسم المستقيم أ ب يمثل محيط المثلث .
٢. من أ حدد إحدى الزوايا المعلومة .
٣. وكذلك من ب حدد الزاوية المعلومة الأخرى ليتقاطع خطا امتداد للزاويتين عند ج .
٤. نصف زاوية أ .
٥. ثم نصف زاوية ب ليتقاطع المنصفان عند د . من د أرسم مستقيماً موازياً للخط ج ب ليقطع المستقيم أ ب في هـ .
٦. أرسم الخط د و موازياً للخط أ ج ويقطع أ ب في و لتحصل على المثلث المطلوب 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 ليلقي أ ب في زاوية حادة وقسمه إلى ثمانية عشر جزءاً 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 أرسم قوساً ثم أركز البرجل على النقطة ج وبفتحة تساوي ج ب أرسم قوساً آخر لينتقاطع القوسان عند النقطة هـ .
٧. صل هـ د ، هـ ج لتحصل على المثلث المطلوب ج د هـ .

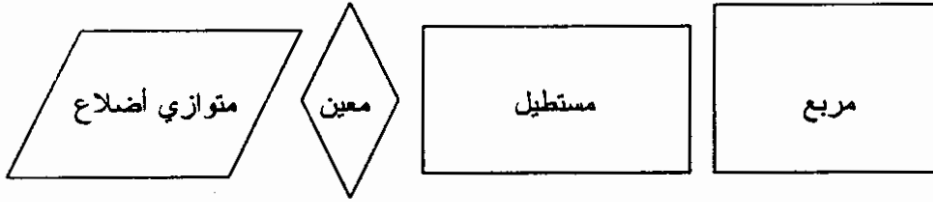
تمارين

١. أرسم المثلث أ ب ج إذا علمت أن طول قاعدته أ ب ٣ بوصة وارتفاعه $2\frac{1}{2}$ بوصة و $\angle أ ب ج = ٥٧^\circ$.
٢. أرسم المثلث أ ب ج بالمعطيات الآتية : -
أ ب = ٤ سم $\angle أ ب ج = ٦٠^\circ$ ارتفاع المثلث $3\frac{1}{2}$ سم .
٣. أرسم المثلث أ ب ج إذا علمت أن أطوال أضلاعه $4\frac{1}{2}$ ، ٤ ، ٤ ، $2\frac{1}{2}$ 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 ٦ سم و $\angle ب = ٥٥^\circ$ 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 ، $\angle ب ج = ٩٠^\circ$.
المطلوب رسم المثلث في الحالات التالية : -
(أ) عندما يكون الضلع ب ج = ٢ بوصة .
(ب) عندما يكون ارتفاعه $1\frac{1}{2}$ 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 .

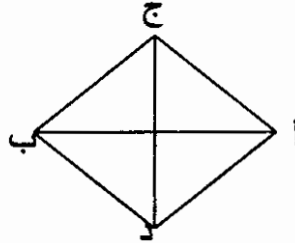
٩. أرسم المثلث أ ب ج الذي يبلغ ارتفاعه $2\frac{1}{2}$ بوصة وقاعدته أ ب وزاويتي القاعدة أ ب ج و ب أ ج 52° ، 67° على التوالي .
١٠. أرسم الخط الأفقي أ ب الذي طوله ١٢ سم ، ثم أرسم عليه المثلث الذي أضلاعه على النسب ٢ : ٣ : ٤ .
١١. أرسم المثلث أ ب ج الذي قاعدته أ ب $2\frac{1}{2}$ بوصة ، $\angle ب = 43^\circ$ ومجموع طولي الضلعين ب ج ، ج أ = $5\frac{1}{2}$ بوصة .

المتوازيات

متوازي الأضلاع هو عبارة عن شكل مغلق له أربعة أضلاع ، كل ضلعين متقابلين فيه متوازيين ومتساويين .
الأشكال المتوازية أذناه تبين المربع ، المستطيل ، المعين ومتوازي الأضلاع على التوالي . ولهذه الأشكال الخصائص التالية : -

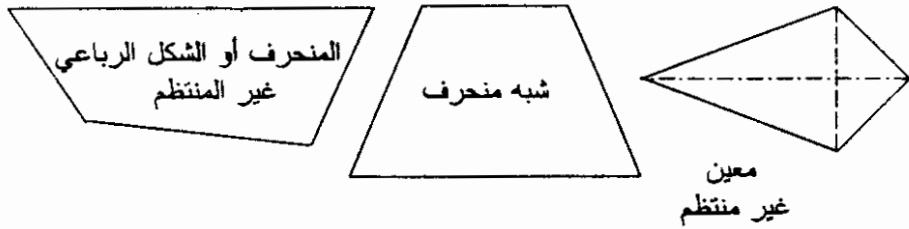


- الزوايا المتقابلة متساوية .
- الخطوط القطرية تتصف بعضها .
- كل خط أو مستقيم قطري يقسم الشكل إلى مثلثين متساويين ومتطابقين والمثلثات الأربعة في الشكل لذناه متساوية المساحة .



الأشكال الرباعية غير المنتظمة :

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

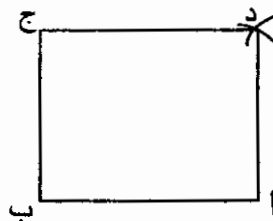


المعين غير المنتظم شبيه بالمعين المنتظم ، أحد قطريه أكبر من الآخر ، ينصف القطر الكبير القطر الصغير ويتساوى فيه كل زوجين من أضلاعه .

طريقة رسم مربع معلوم 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 البرجل في ج وبفتحة تساوي طول الضلع أرسم قوساً في الإتجاه الأفقي ليقطع القوس الأول في النقطة د .

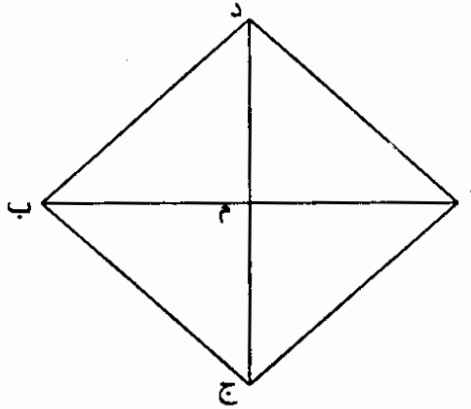


٥. صل د أ ، د ج لتحصل على الشكل المطلوب . نفس الطريقة تتبع لرسم المستطيل .

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

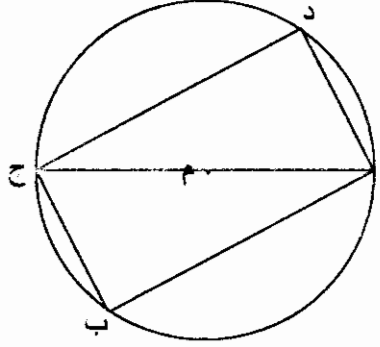
مثال :

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 .

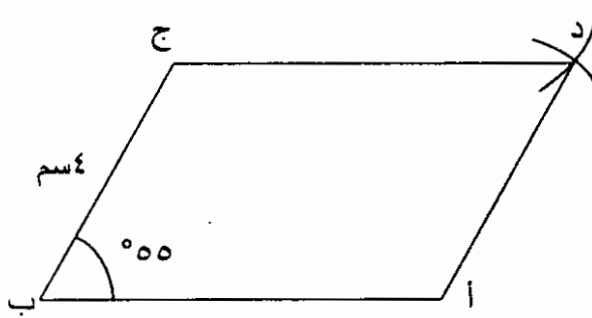
**طريقة رسم المعين المنتظم بمعلومية طول ضلعه
وواحدة من زواياه :-**

مثال :

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

الحل :

١. أرسم المستقيم ا 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 الاتجاه 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

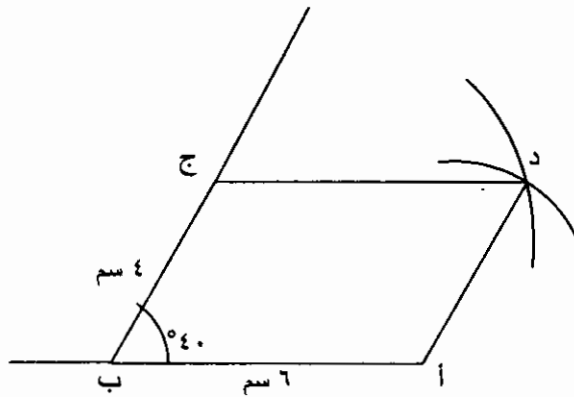
مثال :

أرسم متوازي الأضلاع أ ب ج د إذا علمت أن طول أ ب = ٦ سم
وطول ب ج = ٤ سم وزاوية أ ب ج = 40° .

الحل :

١. أرسم المستقيم أ ب بطول ٦ سم .
٢. من ب أرسم الزاوية أ ب ج 40° .
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 الأول في نقطة د .

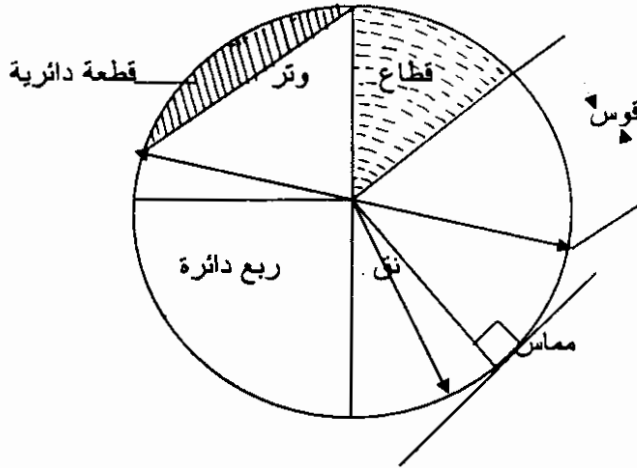
٦. صل د أ .
 ٧. صل د ج لتحصل على متوازي الأضلاع المطلوب أ ب ج د .



الدائرة

تعريف الدائرة :

١. الدائرة : عبارة عن سطح مستو محدود بخط منحن مقفل \bigcirc جميع نقاطه على أبعاد متساوية من نقطة ثابتة تسمى مركز الدائرة (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 ولا يمر بمركز الدائرة .



٤. القطاع الدائري : هو جزء من محيط الدائرة محصور بين قوس ونصف قطر .
٥. القطعة الدائرية : هي جزء من سطح الدائرة محصور 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 .

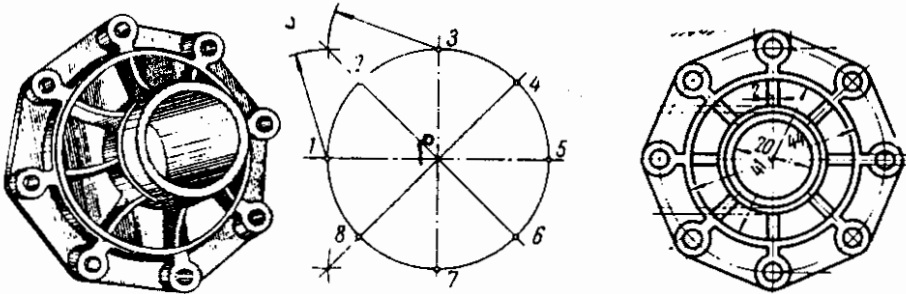
طريقة تقسيم الدائرة إلى أربعة أجزاء أو ثمانية أجزاء متساوية

مثال :

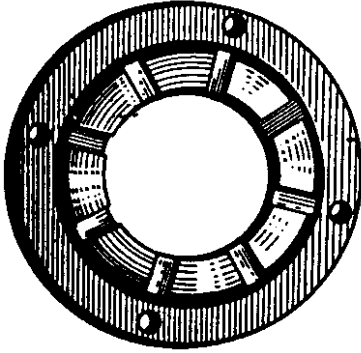
حدد مراكز ثمانية ثقب على محيط فلنشة دائرية قطرها ٦ سم على
مسافات متساوية .

الحل :-

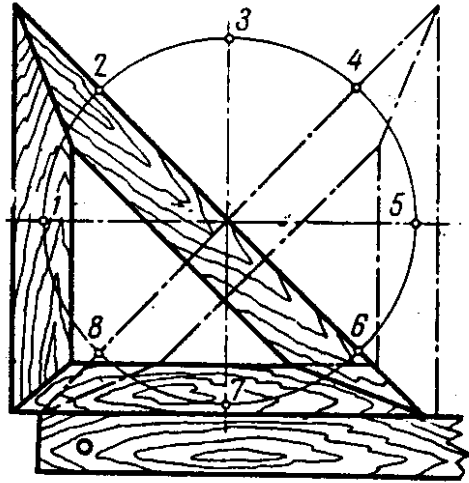
١. أرسم مستقيمين (أفقي ورأسي) طول كل منهما ٦ سم متقاطعين
عمودياً في النقطة م .
٢. أركز البرجل في النقطة م وأرسم الدائرة معلومة القطر .
٣. محيط الدائرة يقطع المستقيمين المتقاطعين في النقاط (١ ، ٣ ، ٥ ، ٧)
وهي تقسم الدائرة إلى أربعة أجزاء متساوية . يمكن الحصول
على النقاط الباقية (٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨) وذلك :



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 النقوب 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)



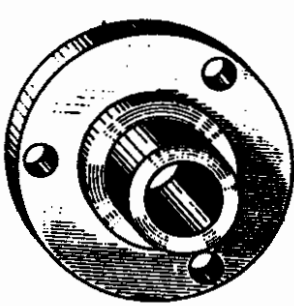
(b)

طريقة تقسيم الدائرة إلى ٣ ، ٦ ، ١٢ جزءاً متساوياً

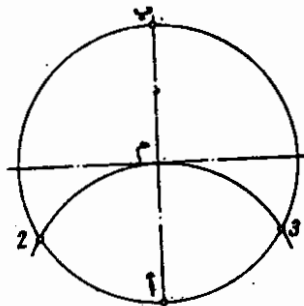
مثال :

لوجد مراكز ثلاثة نقوب على أبعاد متساوية على محيط دائرة قطرها ٧ سم.
الطريقة :

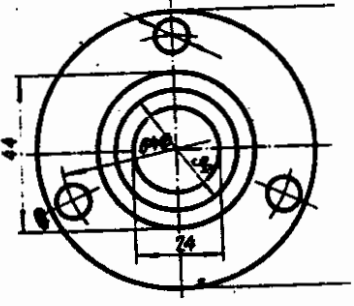
١. أرسم قطر الدائرة أ ب = ٧ سم ثم نصفه في م بمستقيم عمودي .
٢. أركز البرجل في م وارسم الدائرة ليتقاطع محيطها مع القطر في نقطتي أ ، ب .
٣. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي أ م أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطتين ٢ ، ٣ .



(أ)

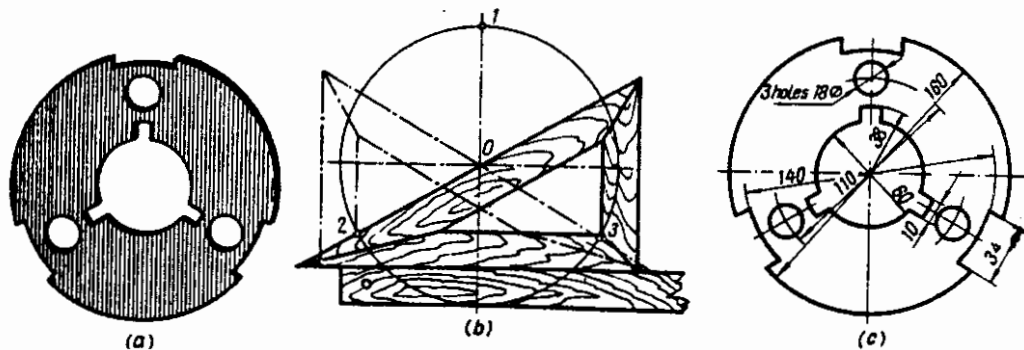


(ب)



(ج)

النقاط ب ، ٢ ، ٣ هي مراكز النقوب المطلوبة وهي التي تقسم الدائرة التي محيطها ٧ سم إلى ثلاثة أجزاء متساوية .
كذلك يمكن إيجاد مراكز هذه النقوب أو تقسيم الدائرة إلى ثلاثة أقسام متساوية بواسطة المثلث $30^\circ / 60^\circ$ كما مبين في الشكل التالي .

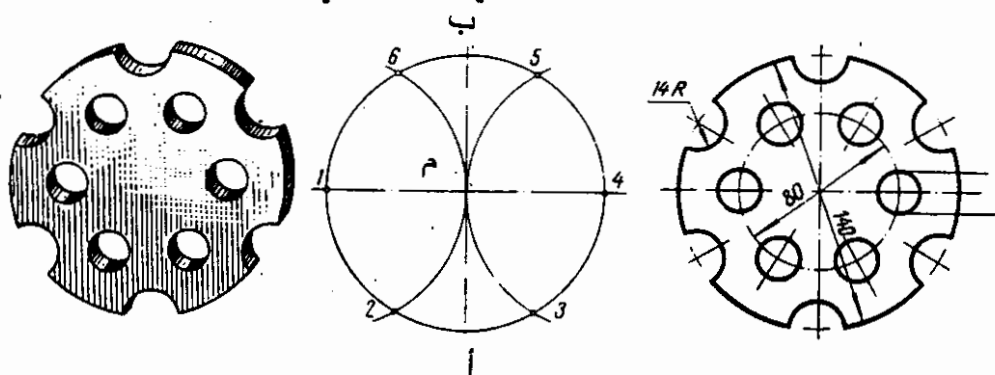


مثال :

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

الطريقة :

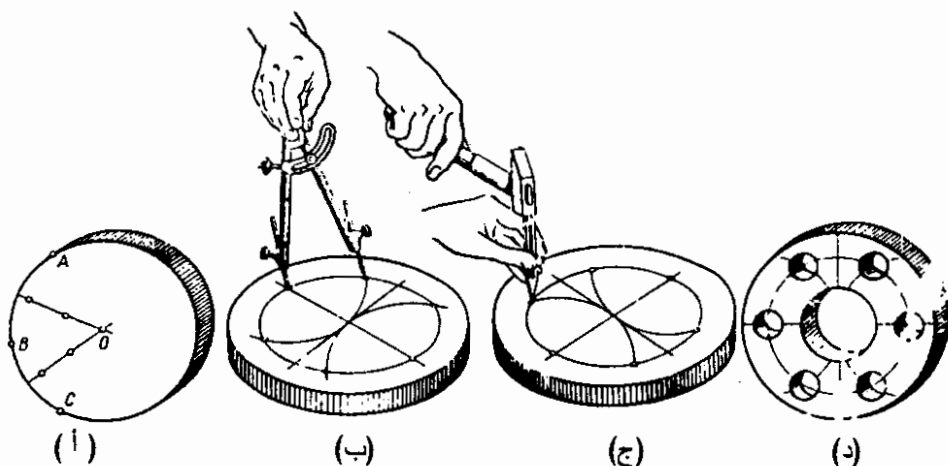
١. أرسم قطر الدائرة ٦ سم ورقم طرفيه ١ ، ٤ ثم نصفه في م بمستقيم أ.ب .
٢. أركز البرجل في النقطة ٤ وبفتحة تساوي نصف قطر الدائرة أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطتين ٣ ، ٥ .
٣. أركز البرجل في النقطة ١ وبفتحة تساوي نصف قطر الدائرة أرسم قوساً آخر يقطع محيط الدائرة في النقطتين ٢ ، ٦ . النقاط ١ ، ٢ ، ٣ ،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



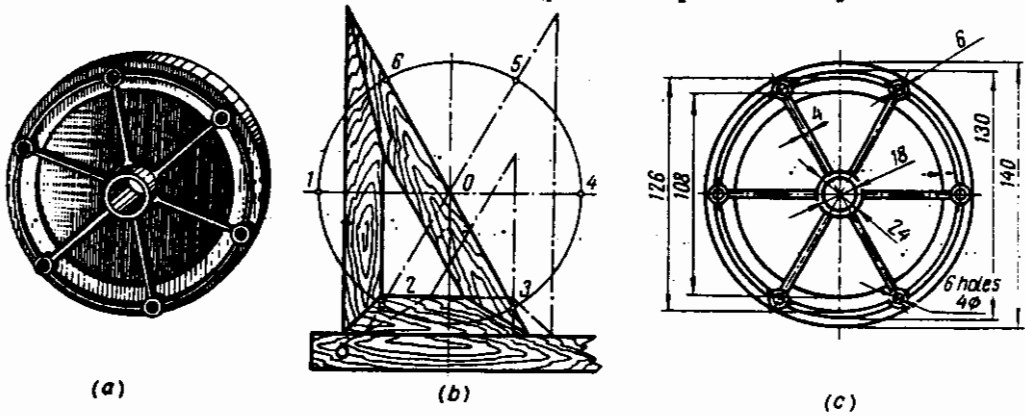
إن تقسيم الدائرة إلى عدة أجزاء مهم جداً في الرسم الهندسي ، وذلك لأن كثيراً من الفلنشات تتخذ الشكل الدائري ، كما أن الطالب يجد أن أكثر الأشكال التي يتعامل معها تكون دائرية الشكل (تروس الماكينات ، العجلات .. وغيرها).

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 بطريقة عملية باستخدام البرجل ثم باستخدام الأجنة والشاكوش .
(على الطالب أن يحاول ذلك عملياً) .

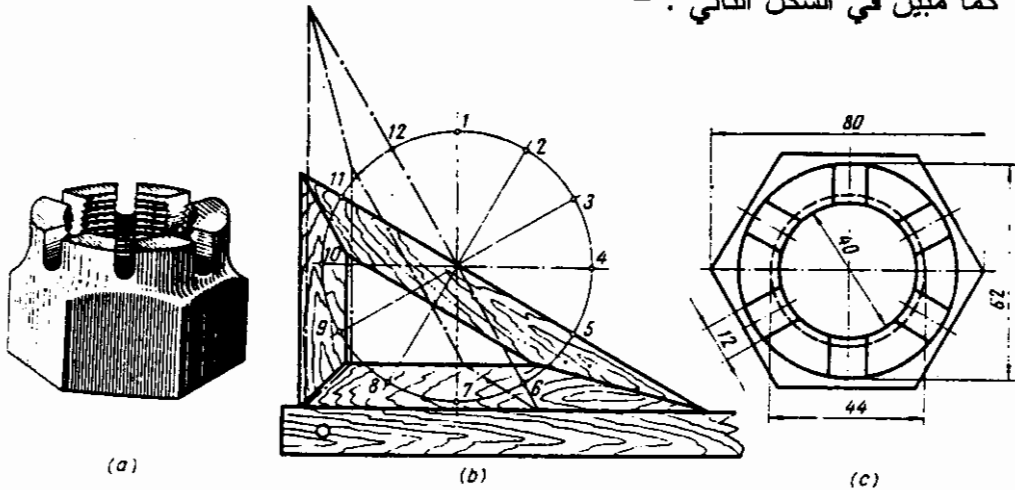


كما يمكن تقسيم الدائرة إلى ستة أجزاء متساوية باستخدام المثلث $٦٠/٣٠$ كما مبين في الشكل التالي .



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 تقسيم الدائرة إلى ١٢ جزءاً متساوياً باستخدام المثلث $٦٠/٣٠$ كما مبين في الشكل التالي : -

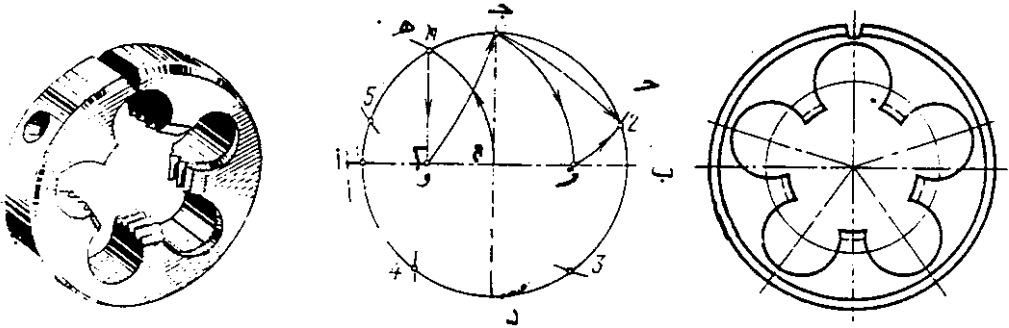


طريقة تقسيم الدائرة إلى خمسة أجزاء متساوية

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

الحل :

١. أرسم قطر الدائرة أ ب بطول ٦ سم ثم نصفه في النقطة م بمستقيم عمودي ج د.
٢. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي م أ أرسم 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 و ج 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 .

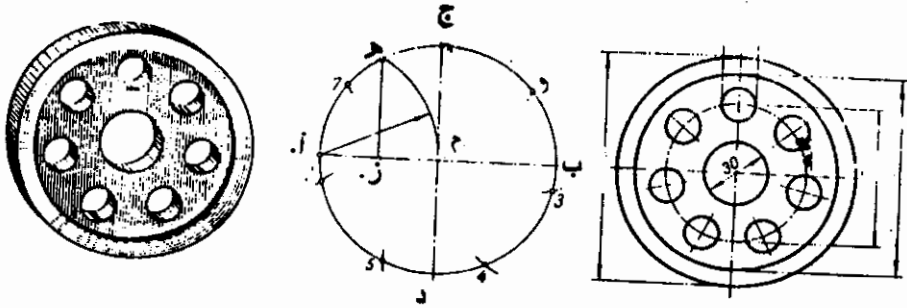


طريقة تقسيم الدائرة إلى ٧ أجزاء متساوية

مثال :

أوجد مراكز ٧ نقوب 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 للنقطة و (هـ ز = المستقيم ج و) .

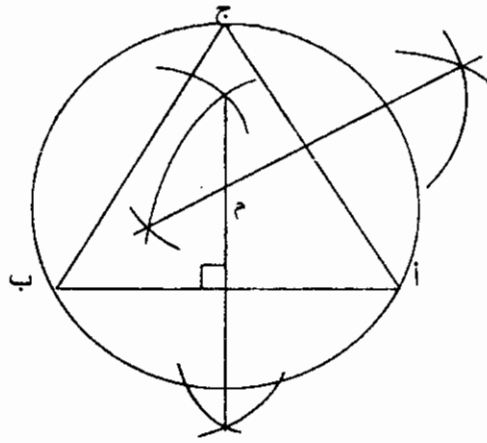


٦. أنقل البعد ج و على محيط الدائرة على التوالي لتحصل على مراكز النقوب المطلوبة. وبالتالي فإن هذه الطريقة تقسم الدائرة إلى ٧ أجزاء متساوية ، إلا أن هذه الطريقة تعتبر طريقة تقريبية فقط .

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 منصفَي 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 .

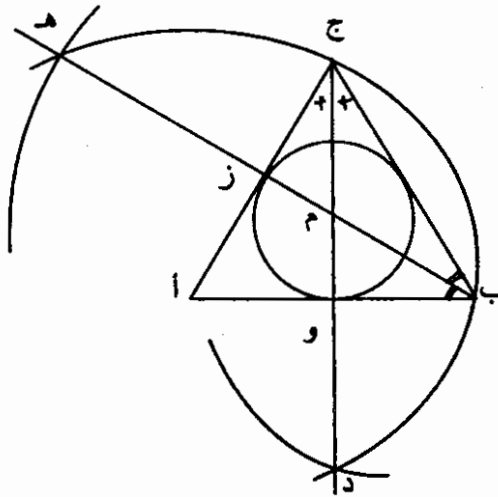
طريقة رسم دائرة داخل مثلث معلوم الزوايا والأضلاع

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 أرسم 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 .



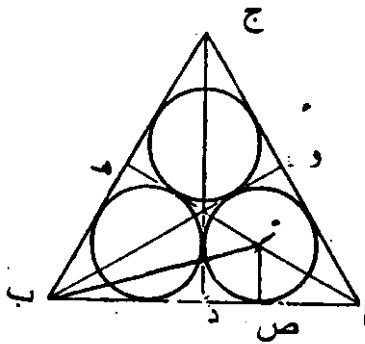
طريقة رسم ثلاثة دوائر متماسة داخل مثلث متساوي الأضلاع وكل دائرة تماس ضلعين من المثلث

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 التتصيف 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 تماس الضلعين أ ج ، أ ب .
٥. وبفس الطريقة يمكن رسم الدائرتين الأخرتين .



طريقة رسم دائرة داخل مربع معلوم الضلع

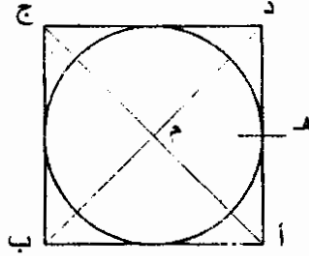
مثال :

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) لرسم الدائرة .



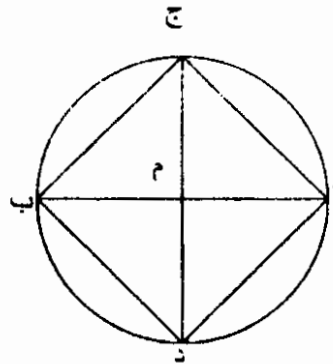
طريقة رسم مربع داخل دائرة .

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 لرسم دائرة .
٣. صل أ ج ، أ د ، د ب ، ب ج لتتوصل على المربع المطلوب كما مبين في الشكل التالي .



المماسات

كثير من أشكال أجزاء الماكينات والألات 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 للمستقيم 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 للمستقيم 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 :

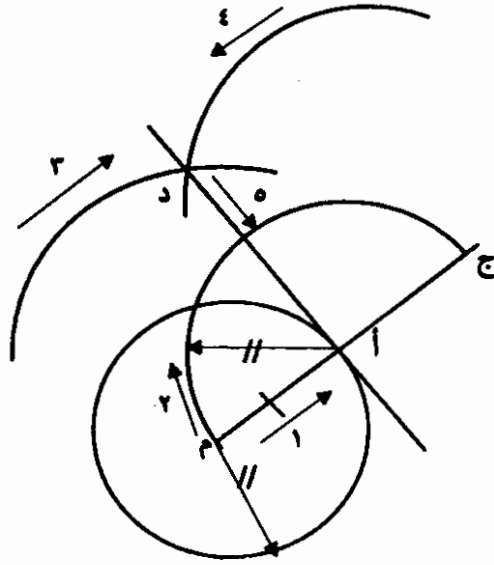
طريقة رسم مماس لدائرة معلومة القطر من نقطة معلومة على محيط الدائرة

مثال :

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

الطريقة :

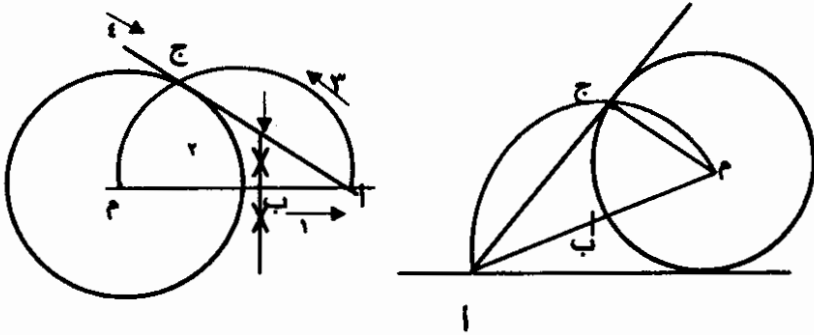
١. أرسم للدائرة التي مركزها م وحدد على محيطها النقطة أ .
٢. صل م أ واده على استقامته حتى ج بحيث يكون ج أ = أ م .
٣. لركز للبرجل في كل من م ، ج وبفتحة مناسبة أرسم قوسين يتقاطعان في النقطة د صل د أ لتتوصل على المماس المطلوب كما مبين في الشكل التالي .



**طريقة رسم مماس من نقطة معلومة
خارج محيط الدائرة**

مثال :

لرسم 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 .

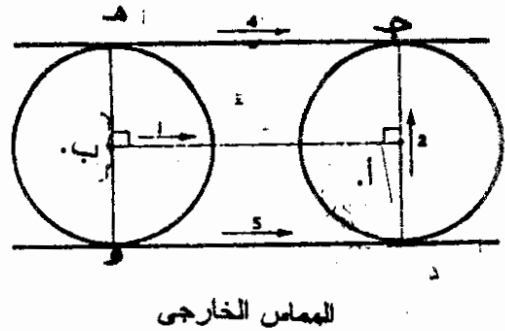
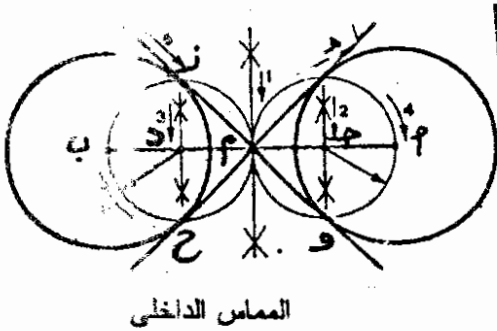
طريقة رسم مماس لدائرتين متساويتين القطرين على خط مستقيم

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 الخارجى .



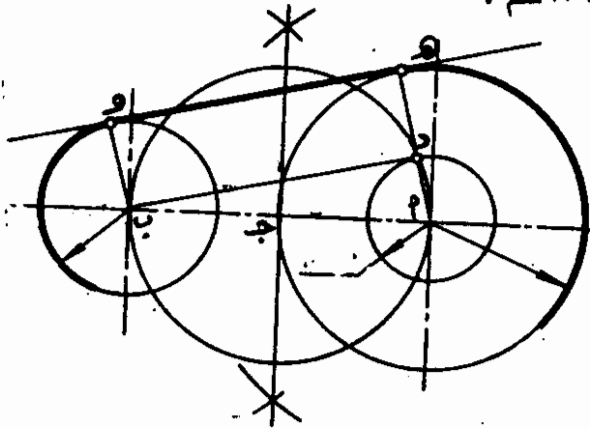
طريقة رسم المماس الداخلى لنفس المثال السابق

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 الأخرى ٤ سم والبعد بين مركزيهما ٨ سم .
الطريقة :-



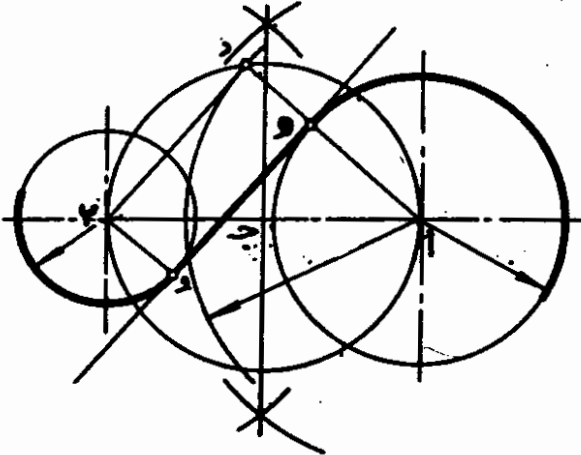
١. أرسم المستقيم أ ب = البعد بين مركزي الدائرتين ٨ سم .
٢. أرسم الدائرتين حسب مقياس قطريهما .
٣. نصف المستقيم أ ب في ج .
٤. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي نصف قطر الدائرة الكبيرة - نصف قطر الدائرة الصغيرة (٣ سم - ٢ سم) أرسم دائرة مساعدة .

٥. أركز للبرجل 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 النقطة 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 .

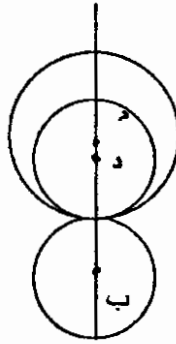
١. أركز للبرجل في النقطة ج وبفتحة تساوي ج أ لرسم قوساً يقطع الدائرة المساعدة في النقطة د .
٢. صل د أ ليقطع الدائرة الكبيرة في هـ .
٣. من النقطة ب أرسم خطاً مستقيماً موازياً للمستقيم أ هـ ليقطع الدائرة الصغيرة في النقطة و .
٤. صل هـ و بمستقيم وهو المماس المطلوب .



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 = $1\frac{1}{2}$ سم ، ج د = $1\frac{1}{2}$ 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 احتمالات 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 = نق ١ ، نق ٢ (نق ١ < نق ٢) ومركزيهما ١م ، ٢م .
- (٢) المسافة بين ١م ، ٢م = ل < نق ١ + نق ٢ .
- (٣) نصف قطر قوس المماس يساوي نق . (نق < نق ١ + نق ٢)

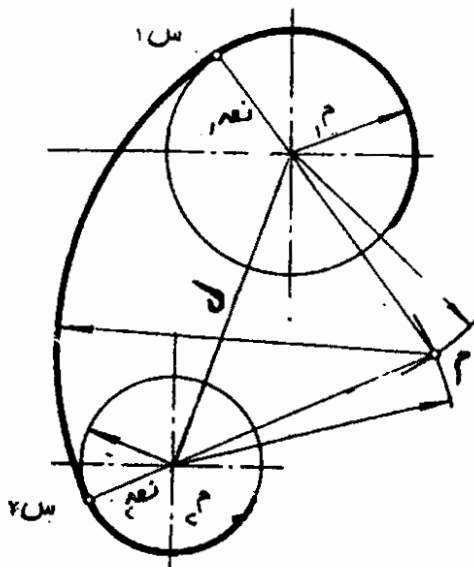
المطلوب :

- (١) تحديد موضع مركز قوس المماس
- (٢) إيجاد نقطتي التماس .

الطريقة :

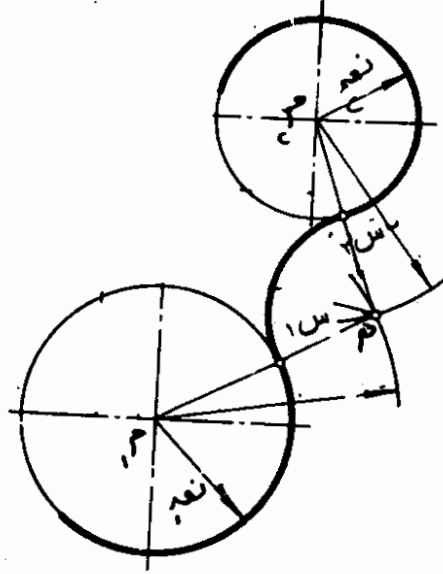
- (١) أرسم دائرتين نصفي قطريهما نق ١ ، نق ٢ ومركزيهما ١م ، ٢م بحيث يكون ١م ، ٢م = ل (ل < نق ١ + نق ٢) .
- (٢) أركز البرجل في م ١ وبفتحة بمقدارها نق - نق ١ أرسم قوساً .

- (٣) أركز البرجل في م ٧ وبفتحة بمقدارها نق - نق ٢ أرسم قوساً آخر ليلقي القوس الأول في م .
- (٤) من النقطة م وبفتحة تساوي نق أرسم قوساً يمس الدائرتين في س ١ ، س ٢ وهو المماس المطلوب .
- (٥) س ١ ، س ٢ هما نقطتي التماس .



الحالة الثانية :

أرسم القوس الذي يمس قوسين آخرين كما في الحالة الثانية



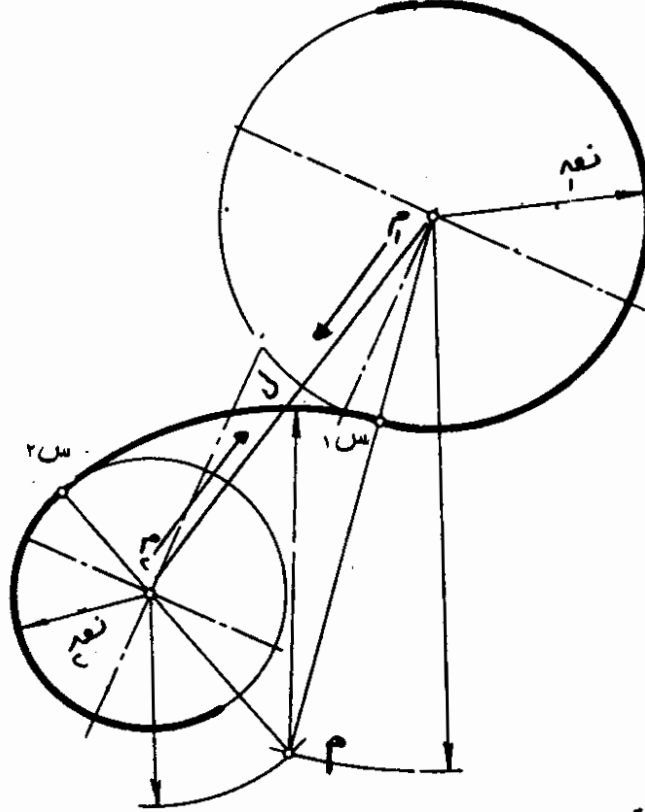
الطريقة :

١. بعد رسم الدائرتين كما في المثال السابق أركز البرجل في م_١ وبفتحة تساوي نق_١ + نق أرسم قوساً .
٢. أركز البرجل في م_٢ وبفتحة تساوي نق_٢ + نق أرسم قوساً آخر ليقطع القوس الأول في م .
٣. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي نق أرسم قوساً يمس الدائرتين في س_١ ، س_٢ وهو المماس المطلوب .

(ملحوظة : في هذه الحالة ليس بالضرورة أن يكون نق < نق_١ + نق_٢ 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 م_١ وبفتحة تساوي نق - نق_١ أرسم قوساً (نق < نق_١ < نق_٢) .
٢. أركز البرجل في م_٢ وبفتحة تساوي (نق + نق_٢) أرسم قوساً ليقطع القوس الأول في م .
٣. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي نق أرسم قوساً يمس الدائرتين في س_١ ، س_٢ 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 .

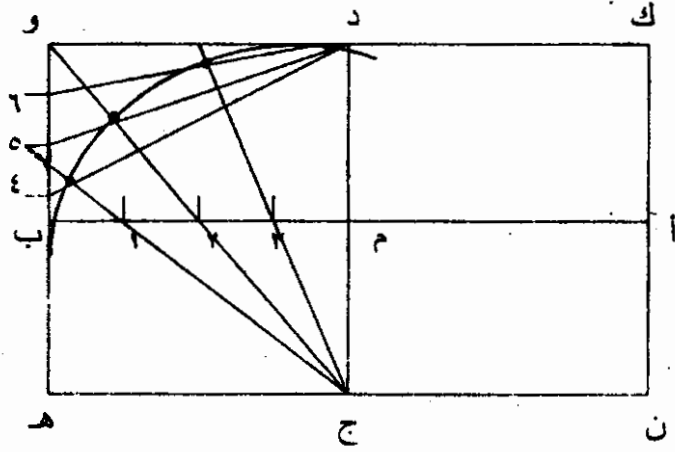
الطريقة الأولى :

مثال :

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

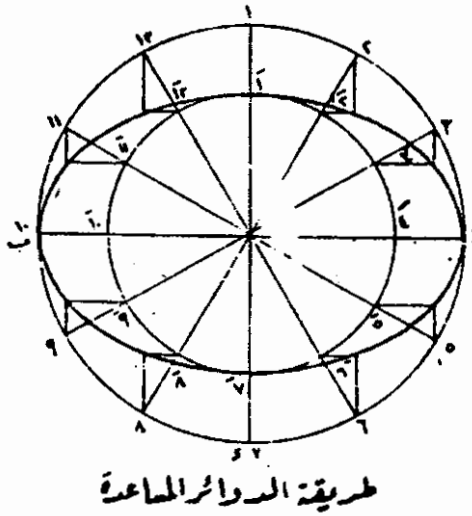
خطوات العمل :

١. أرسم المحور الأفقي أ ب = ١٠ سم، والمحور الراسي 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 . (مثلا 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 المساعدين 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 .

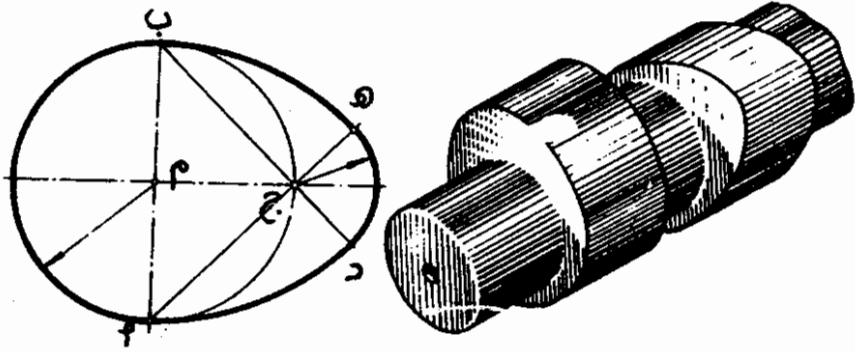
مثال :

أرسم الشكل البيضي الذي محوره ٨ سم .

الطريقة :

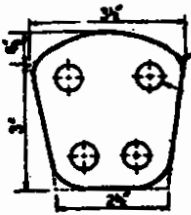
١. أرسم مستقيماً أفقياً وأقم عليه عموداً يتقاطع معه عند النقطة م .
٢. أركز البرجل في النقطة م وبفتحة تساوي نصف القطر (٤ سم) أرسم دائرة محورها العمودي أ ب ويقطع محيطها المستقيم الأفقي في النقطة ج .
٣. صل أ ج ومده على استقامته
٤. صل ب ج ومده على استقامته .
٥. أركز البرجل في النقطة أ وبفتحة تساوي أ ب أرسم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

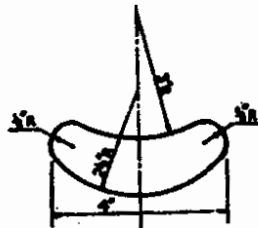


تمارين :

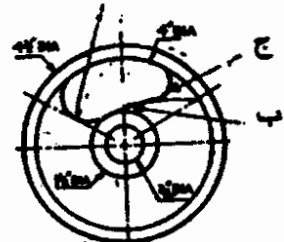
الشكل (١) يبين تفاصيل طارة لها ثلاثة أذرع تكونت من ثلاثة مماسات موزعة بالتساوي وتتكون الأقواس من أ ب ج كما مبين في الشكل . أ عبارة عن شبه دائرة . القوس ب نصف قطره ٤ بوصات ، القوس ج نصف قطره $\frac{3}{8}$ من البوصة . كل هذه المنحنيات تلتقي متماسة .



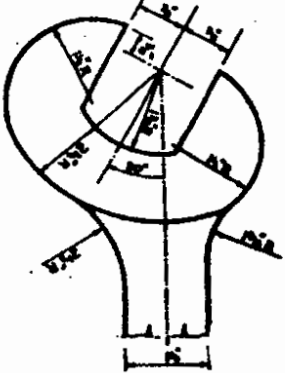
شكل (٢)



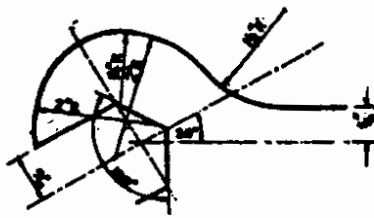
شكل (٣)



شكل (١)



شكل (٦)



شكل (٥)



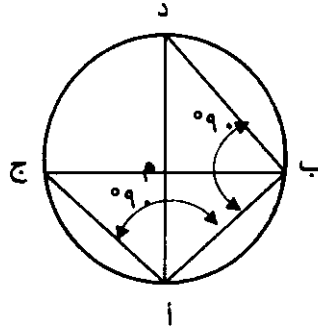
شكل (٤)

١. أرسم الشكل (١) كما مبين أعلاه . مبيّنا 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) مبيّناً حدودها بوضوح مع ترك خطوط الإنشاء ظاهرة .
٤. أرسم دائرة نصف قطرها ٢ بوصة تماس 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 لإيجاد :
 أ) مراكز أقواس المماسات
 ب) نقاط مماسات الأقواس
٧. أرسم القطع الناقص إذا علمت أن محوريه ٩٠ مم و ٦٠ مم على التوالي. اختر الطريقة المناسبة .
٨. أرسم الشكل البيضي الذي قطره ٦ سم .

إيجاد مركز الدائرة

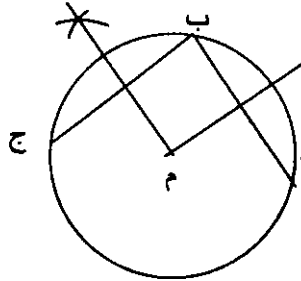
يمكن إيجاد مركز الدائرة بالطريقة الآتية :

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 كلا من المستقيمين أ ب ، ب ج .
٥. تقاطع المنصفين هو مركز الدائرة م .



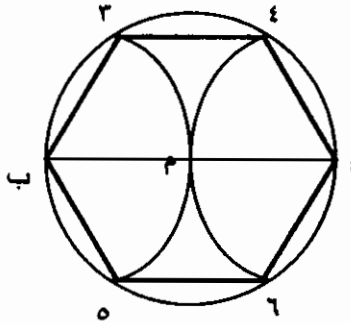
المضلعات المنتظمة

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 :

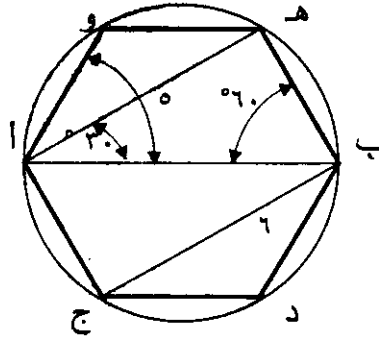
أرسم المضلع السداسي الذي تبلغ المسافة بين أركانه ٤ سم .
الطريقة :

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 المنثلث $30^\circ / 60^\circ$ لرسم وتر يقطع محيط الدائرة في النقطة ج .
٤. أ ج هو طول الضلع ، يمكن تكملة الشكل بالمنثلث $30^\circ / 60^\circ$ كما مبين في الشكل أو بنقل المسافة أ ج طول الضلع على محيط الدائرة ثم توصيل النقاط لتحصل على المضلع السداسي المطلوب .



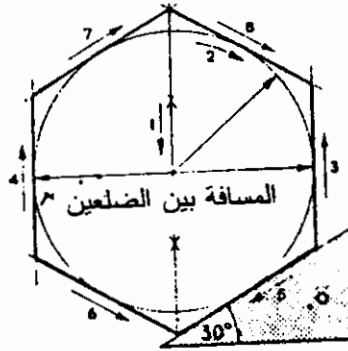
طريقة رسم السداسي بمعلومية المسافة بين الضلعين المسطحين

مثال :

- أرسم المضلع السداسي المنتظم إذا علمت أن 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 $30^\circ / 60^\circ$ أرسم مماسات لهذه الدائرة لتحصل على الشكل المطلوب كما مبين في الشكل أدناه .



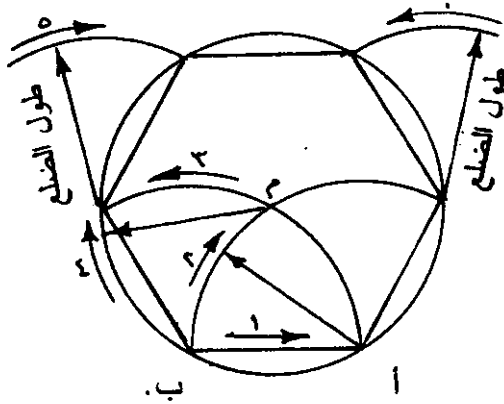
طريقة رسم مضلع سداسي بمعلومية طول الضلع

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

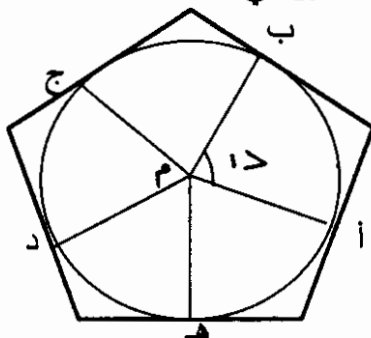
مثال :

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

الطريقة :

١. أرسم الدائرة معلومة نصف القطر ٢ سم والتي مركزها م .
٢. من م أرسم زاوية مقدارها $\frac{360}{5} = 72^\circ$.
- (وهذه قاعدة لمعرفة زاوية المضلع المنتظم) يقطع ضلعها الآخر محيط الدائرة في النقطة أ
٣. أرسم بقية الزوايا $2 > , 3 > , 4 > , 5 > .$ وبنفس قيمة $1 > ,$ 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 .

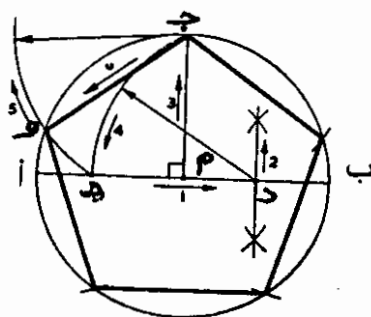


طريقة رسم مضلع خماسي داخل دائرة

مثال :

أرسم المضلع الخماسي المنتظم داخل الدائرة التي قطرها ٤ سم .
الطريقة :

١. أرسم قطر الدائرة أ ب الذي طوله ٤ سم ثم أرسم نصف القطر ج م متعامداً مع القطر أ ب في م وهي مركز الدائرة . ثم أرسم الدائرة نصف المستقيم م ب في النقطة د .
- ٢.



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 هذه النقاط لتحصل على الشكل المطلوب .

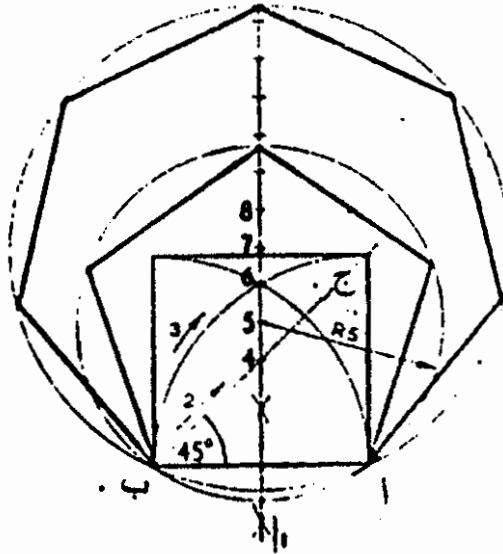
طريقة رسم المضلع الخماسي المنتظم بمعلومية طول الضلع

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 حتى 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 الضلع 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 العمود المنصف

للضلع أ ب في صورة تصاعدية . $\frac{1}{2}$ قطر أي دائرة تحتوي على أي

مضلع يساوي طول الخط الواصل بين رقم عدد أضلاع المضلع على المنصف

لعمودي 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

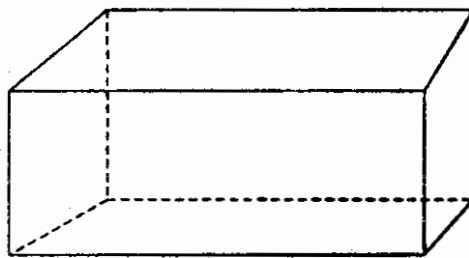
متوازي المستطيلات هو شكل ثلاثي الأبعاد مكون من ستة مستطيلات

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

الارتفاع العمودي على الوجه .



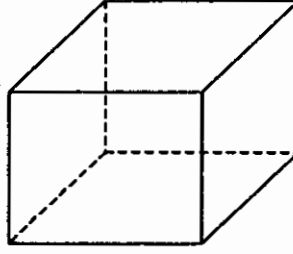
متوازي مستطيلات

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 .

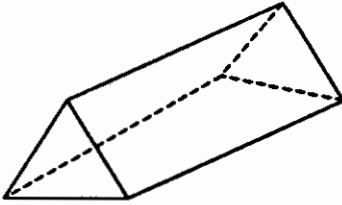


مكعب

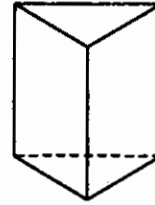
المنشور

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 ارتفاع المنشور .

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

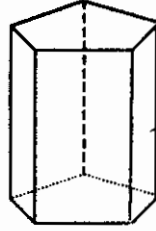


(ب)

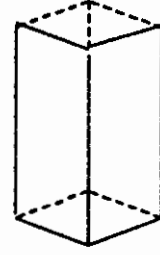


(أ)

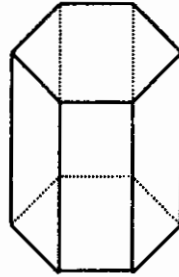
منشور ثلاثي



منشور خماسي

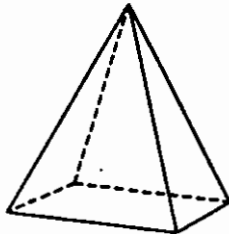


منشور رباعي

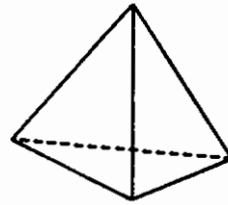


منشور سداسي

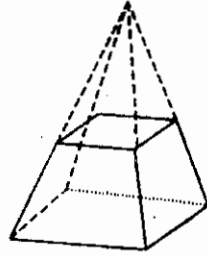
ويسمى المنشور هرمًا إذا كانت قاعدته مضلعة وأوجهه مكوّنة من مثلثات وترتفع أضلاعه في شكل مائل لتلتقي في نقطة واحدة تسمى رأس الهرم. ويسمى الخط الواصل من رأس الهرم إلى القاعدة "محور الهرم". ويسمى الهرم بعدد أضلاعه، ثلاثي، رباعي، خماسي، سداسي... الخ. كما يسمى الهرم إذا ما قطعت قمته هرمًا ناقصًا. كما مبين في الأشكال التالية ::



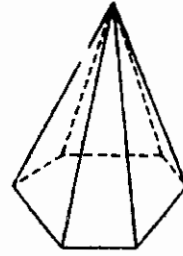
هرم رباعي



هرم ثلاثي



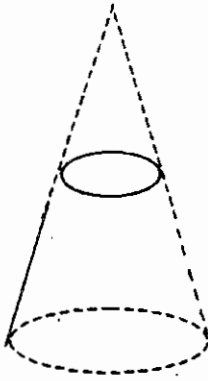
هرم رباعي ناقص



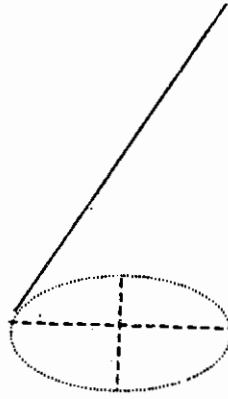
هرم سداسي

المخروط

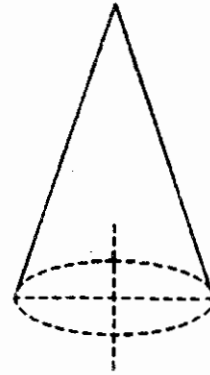
يسمى المنشور مخروطاً إذا كانت قاعدته دائرية . ويكون المخروط قائماً أو مائلاً . كما يسمى المخروط ناقصاً إذا قطعت قمة الهرم . كما مبين في الشكل أدناه .



مخروط ناقص



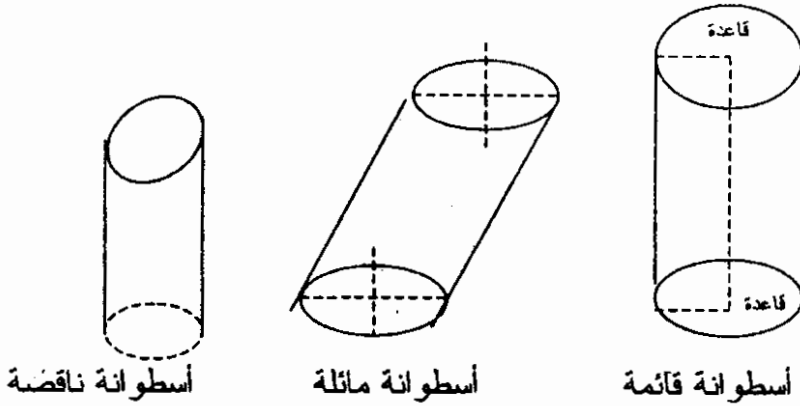
مخروط مائل



مخروط قائم

الأجسام الاسطوانية

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



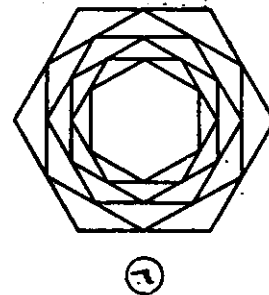
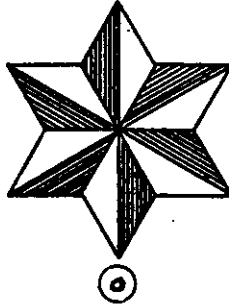
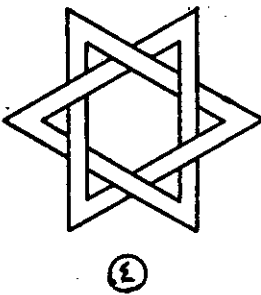
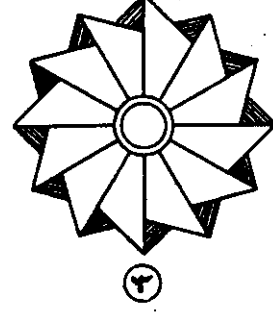
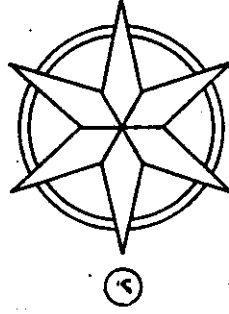
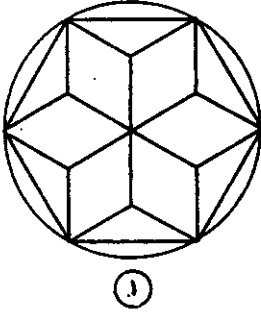
تمارين

١. أرسم سداسي منتظم داخل دائرة قطرها ٦ سم .

أ. مستخدماً البرجل فقط

ب. مستخدماً المثلث $30^\circ / 60^\circ$ فقط .

٢. أرسم الأشكال أدناه إذا علمت الآتي :



- يقوم الشكل رقم (١) على سداسي منتظم طول ضلعه $1\frac{1}{2}$ بوصة .
- الشكل رقم (٢) عبارة عن نجمة ذات شكل سداسي المسافة بين الأركان $2\frac{1}{2}$ بوصة .
- الشكل رقم (٣) يقوم على سداسي ولكن له ١٢ نقطة . المسافة بين الأركان $2\frac{1}{2}$ بوصة . أكمل التظليل باليد فقط .

- الشكل رقم (٤) عبارة عن مثلثين متداخلين يكونان مضلعاً سداسياً منتظماً، إذا علمت أن البعد بين الرأسين $2\frac{1}{2}$ بوصة وتخانة فراغ المثلث $1\frac{3}{8}$ من البوصة .
- أرسم النجمة المبينة في الشكل رقم (٥) إذا علمت أن المسافة بين الرأسين $2\frac{1}{2}$ 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 $2\frac{1}{2}$ 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 .

يعيننا 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 :

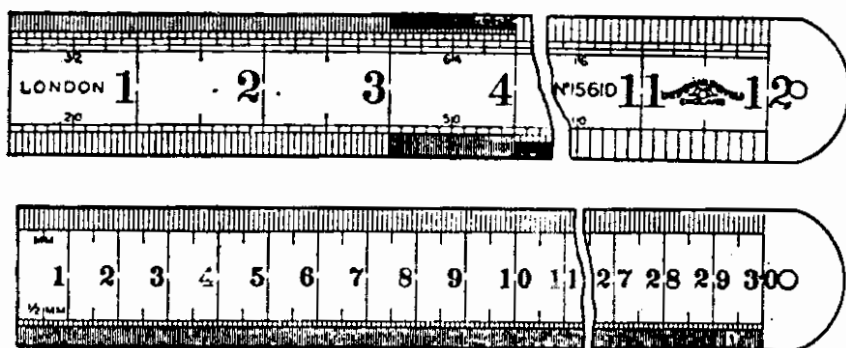
يصنع القدم من الحديد الصلب ويبلغ طول القدم ثلاثمائة (٣٠٠) ملليمتر . وهو من أكثر أدوات القياس استعمالاً نظراً لسهولة تناوله وسرعة قرأته . ويقسم سطح القدم إلى (٣٠) سم ثم يقسم كل قسم إلى عشرة (١٠) جزاء متساوية ليكون طول القسم الواحد ملليمتر واحد . وفي بعض الأقسام بدقة يقسم الملليمتر إلى جزعين فتبلغ دقة قراءة هذا النوع من الأقدام إلى نصف ملليمتر (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 (٢)

شكل (١)



المتري :

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

المتر الشريط :

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

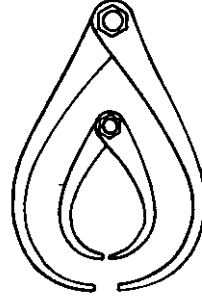
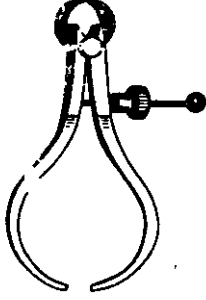
البراجل :

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

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

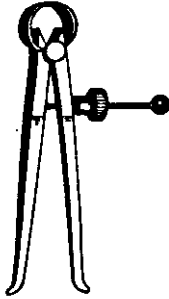
(أ) البرجل الخارجي :

وهو يستخدم لأخذ المقاسات الخارجية للأشكال الدائرية والمستطينة .
شكل (٣)



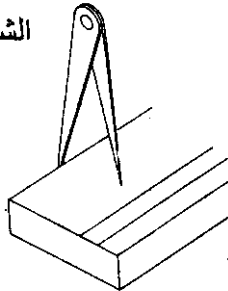
(ب) البرجل الداخلي :

يستخدم لأخذ مقاسات الأقطار الداخلية للأجزاء الأسطوانية وخلافها .
شكل (٤)



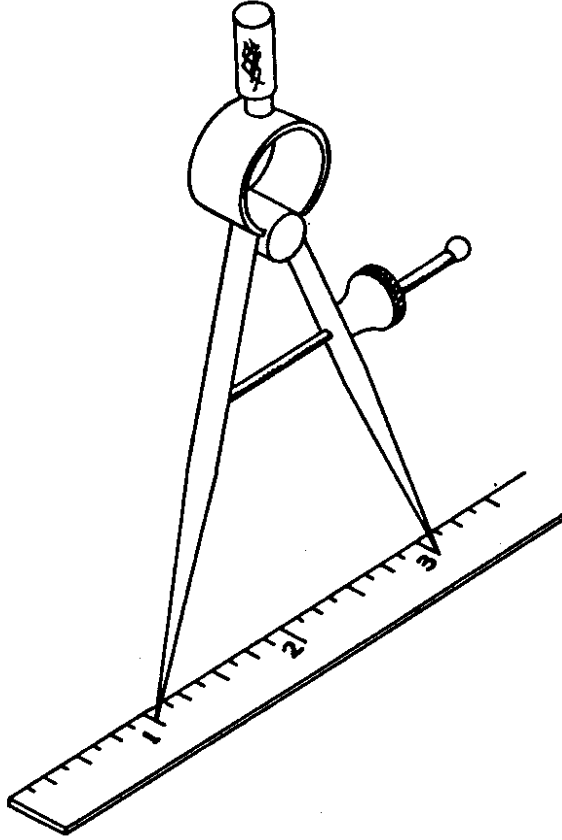
البرجل ذو الجناح :

الشكل (٥)



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

برجل التقسيم :
يستخدم لعمل خطوط الأقواس والدوائر
ونقل المقاسات المختلفة .
شكل (٦)

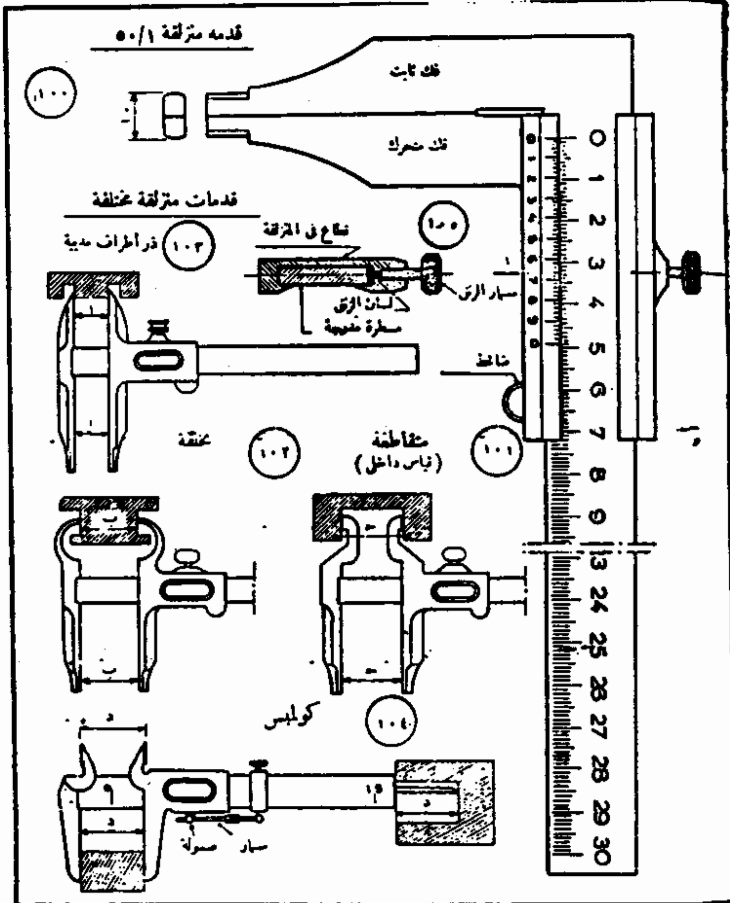


أدوات القياس الدقيقة :

(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 عادي (الشكل رقم ١٠٠)،

مقاطع (الشكل رقم ١٠١)، بحلقه (الشكل

رقم ١٠٢)، ذوات أطراف محدبة (الشكل رقم ١٠٣)،

مصنوعة من الصلب عديم الصدا .

• كولومبس (الشكل رقم ١٠٤) وبين (الشكل

رقم ١٠٠) القدمة مترلفة من النوع العادي (١/١٠٠)

مصنوعة من الصلب عديم الصدا .

وتستخدم القدمة الورنية للقياسات الدقيقة سواء كانت من الخارج أو الثقوب أو الأعماق وتختلف دقة قياس الورنية حسب نوعها .

نظرية الورنية :

١/ يقسم الساق على الدوام إلى ملليمترات ، فوحدة القياس فيه واحد ملليمتر وقد يقسم الملليمتر إلى جزئين فتصبح دقة القياس (٠,٥ مم) .

١- يقسم طول الورنية إلى عدد من الأقسام المتساوية حسب دقة قراءة

الورنية المطلوبة وفي العادة تكون الدقة $\frac{1}{10}$ مم أو $\frac{1}{20}$ مم

أو $\frac{1}{50}$ ودقة القراءة هي التي تحدد طول الورنية ففي الحالة الأولى

(دقة القراءة $\frac{1}{10}$ مم) يكون طول الورنية ٩ ملليمترات وتقسم

إلى عشرة أجزاء متساوية . وفي الحالة الثانية (درجة الدقة $\frac{1}{20}$ مم)

يكون طول الورنية ١٩ ملليمترًا تقسم إلى عشرين جزءًا متساويًا ، أما

في الحالة الثالثة (درجة الدقة $\frac{1}{50}$ مم) فيكون طول الورنية ٤٩

ملليمترًا تقسم إلى ٥٠ جزءًا متساويًا وعليه تكون القاعدة لمعرفة دقة

قراءة الورنية (د) كالآتي:-

$$د = \frac{1}{س(ل + ١)} \quad \text{حيث أن :}$$

د = دقة القراءة

س = وحدة القياس على ساق الورنية بالملليمتر .

ل = طول الورنية بالملليمترات .

وعليه فإن دقة قياس قراءم الورنية في الحالة الأولى .

$$د = \frac{1}{(١ + ٩) ١} = \frac{1}{١٠} \text{ مم}$$

وفي الحالة الثانية :

$$د = \frac{1}{(1+19)} = \frac{1}{20} \text{ مم}$$

وفي الحالة الثالثة :

$$د = \frac{1}{(1+49)} = \frac{1}{50} \text{ مم}$$

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 خدوة الحصان يثبت عليه من الجهة اليسرى عمود صغير يعرف بالسندان أو الفك الثابت .
- (٢) ويثبت على الإطار من الجهة اليمنى اسطوانة مجوفة ومقلوطة من الداخل .
- (٣) وعليها تقسيمات على طول جسمها الخارجي تعرف بذراع الإطار (يلاحظ أن كلا من السندان وذراع الإطار ثابت لا يتحرك) .

يركب في ذراع الإطار عمود نهايته مقلوطة يعرف بالمسمار اللولبي.

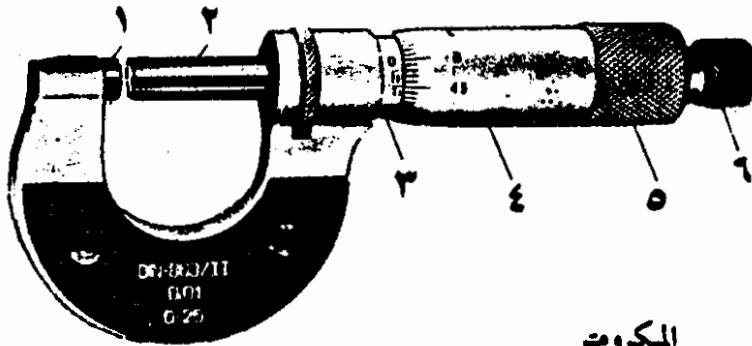
(٤) يتحرك داخل الذراع عند عملية القياس فتبرز نهاية المسمار اللولبي داخل الإطار في اتجاه السندان .

(٥) فيحدد 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 مصدبة .

(٨) تستخدم السقاطة لضبط دقة وحساسية القياس .



شكل (٨)

الميكرومتر

(١) فلك ثابت (٢) فلك متحرك (٣) ساق مدرجة

(٤) اسطوانة مدرجة متحركة (٥) جز مترتر

(٦) سقاطة مصدبة

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

$$\text{يعادل } ٠,٥ \times \frac{1}{50} \text{ أو } \frac{1}{100} = \frac{1}{50} \times \frac{1}{2}$$

تساوي ٠,٠١ مم وهي دقة قياس المايكرومتر المتري

طريقة قراءة المايكرومتر :

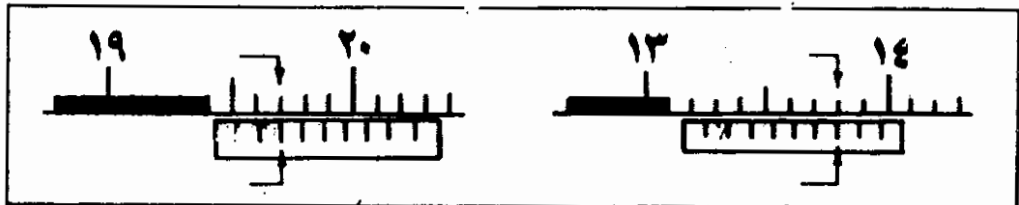
تقرأ الأرقام على ذراع الإطار بالمليمترات يضاف إليها الأرقام الكسرية من تقسيمات محيط الاسطوانة بقراءة الخط الذي يتطابق مع خط محور تقسيم ذراع الإطار .

أمثلة على قراءة المايكرومتر المتري :

شكل (٩)

(ب)

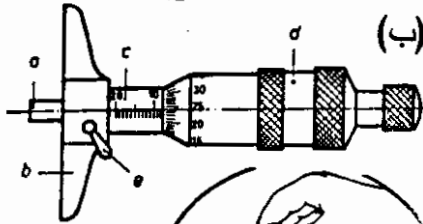
(أ)



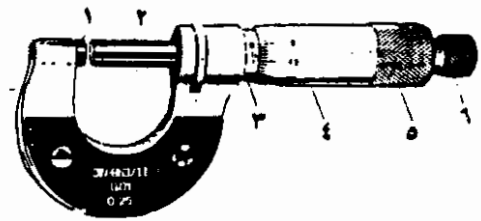
يصنف نوع المايكرومتر بمدى قراءته (٠ - ٢٥ مم) أو (٢٥ - ٥٠ مم) أو (٥٠ - ٧٥ مم) ، كما يصنف بنوعه مايكرومتر أبعاد أو مايكرومتر داخلي أو مايكرومتر لقياس الأعماق .

أنواع المايكرومتر :

شكل (١٠) (أ)

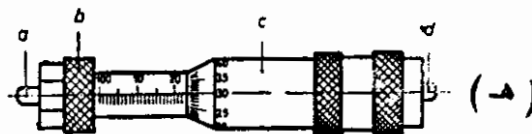


(ج)



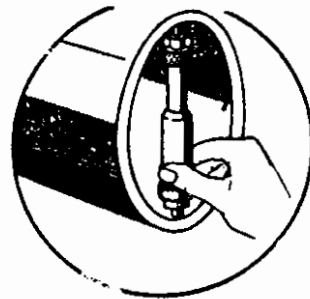
الميكرومتر
 (١) فلك ثابت (٢) فلك متحرك (٣) ساق مدرجة
 (٤) سطوانة مدرجة متحركة (٥) جز سنتر
 (٦) سقاطة مصدبة

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



(هـ)

٢ المعيار الداخلي اللولبي .
 (a) بروز ، (b) صامولة الشد ، (c) قشرة 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 وأحيانا تكون الدقة أكثر من ذلك .

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

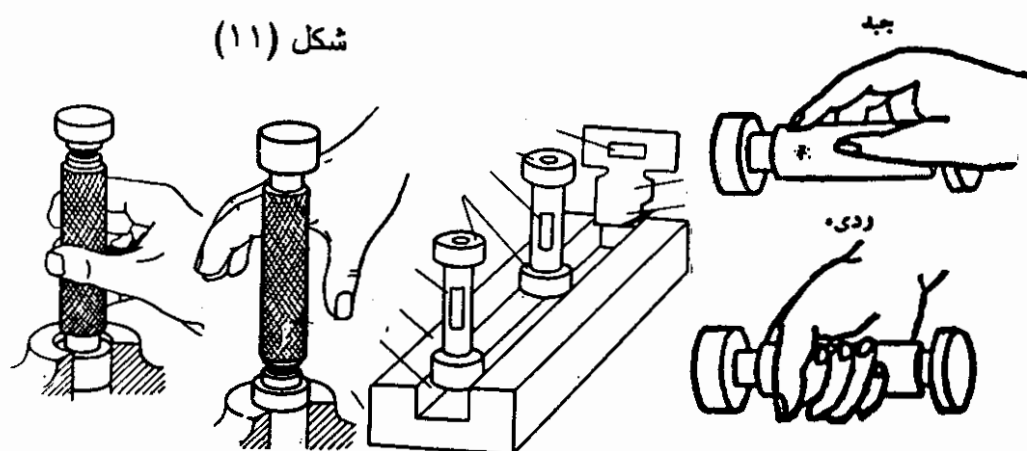
وبعد الاستعمال يجب تزييتها بطبقة خفيفة من الزيت أو الفازلين (الشحم) لمنع الصدأ .

فيما يلي بعض أنواع ضبعات القياس الشائعة الاستعمال وأماكن استخدامها :

أ / ضبعة القياس السدادي للثقوب:

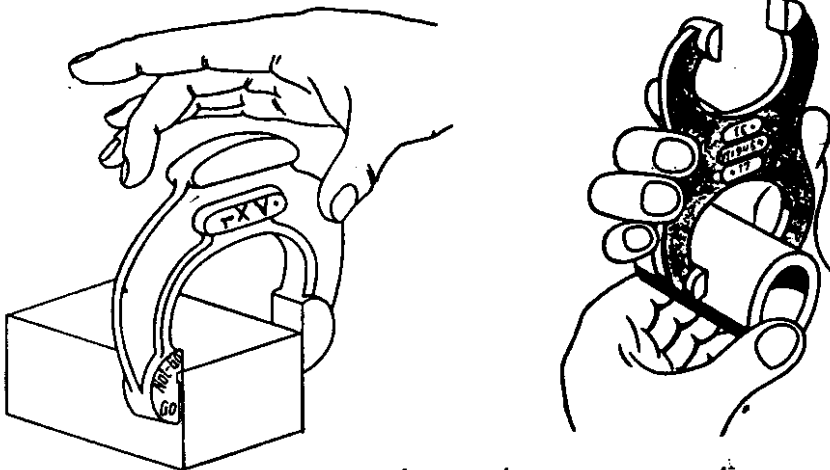
الشكل رقم (١١) يبين ضبعة قياس سدادي وهي تستخدم لفحص الثقوب الاسطوانية المستديرة القطاع ولفحص الثقوب غير النافذة ، يجب اتخاذ الاحتياطات الكفيلة بطرد الهواء الذي يجوز أن يضغط تحت تأثير جانب السداد المقبول ولذلك يجب عمل ثقب صغير في قرص محدد للمقياس نفسه لاستخراج الهواء المضغوط .

شكل (١١)



ب/ ضبغات قياس أطباقى 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/ ضبغات القياس للسلك (المجسمات):

تستخدم لقياس أقطار السلك وسمك الصاج .

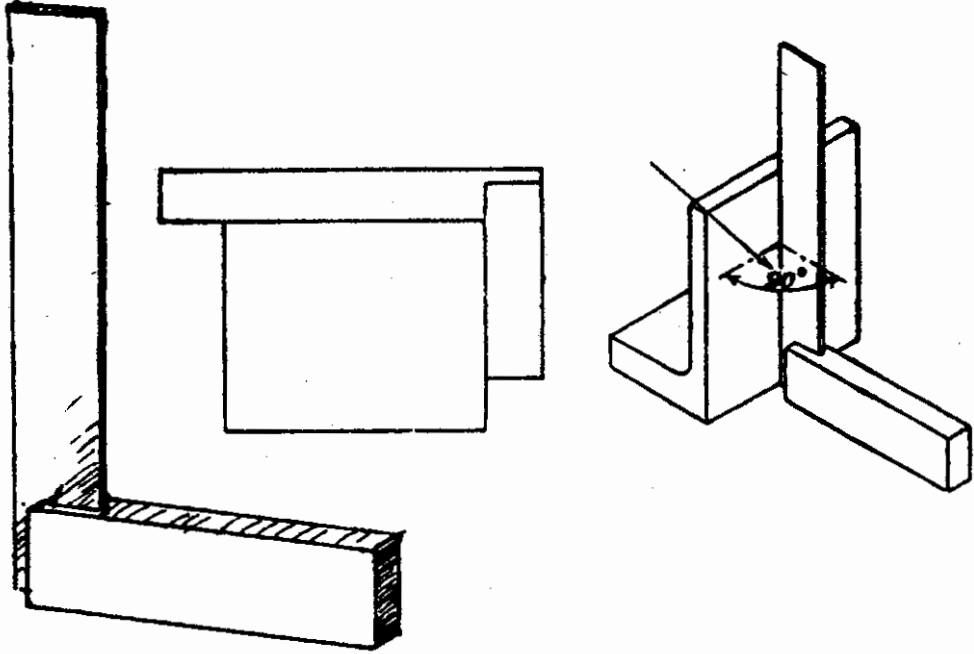
أدوات اختبار الزوايا :

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

وهي تتكون من جناحين متعامدين مختلفين في الشكل والطول ،
وتصنع من الحديد الصلب الكربوني المتوسط . وتعتبر الزاوية القائمة من
أحسن وأسرع الأدوات التي تستخدم لاختبار التربع. الشكل رقم (١٣)
يوضح طريقة واستعمال الزاوية القائمة وهي :

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

شكل (١٣)



الزاوية الجيدة تعتبر من الأدوات القيمة ولذلك يجب العناية الفائقة بها كما يجب مراعاة تجنب اصطدام الزاوية بأي جسم صلد ، ولو كان هذا التصادم ضئيلا ، وكذلك يجب تجنب احتكاكها مع العدد الأخرى .
الزاوية المركبة :

تحتوي على سلاح يمكن استخدامه في أي واحد من الزوايا الآتية :
أ/ الزاوية المزدوجة :

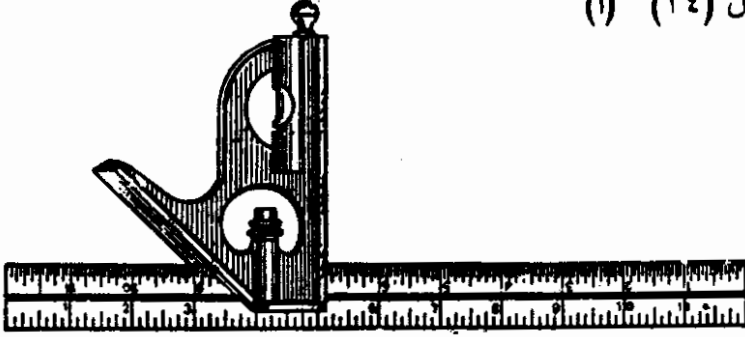
تستخدم لاختبار زاوية ٩٠° و ٤٥° .

ب/ للزاوية العامة :

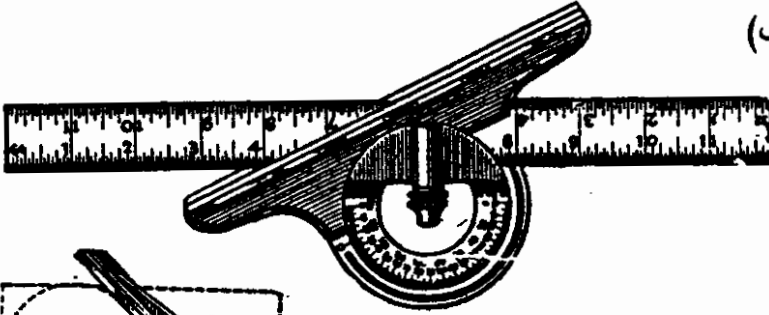
تستخدم لاختبار أي زاوية تقع في حدود من صفر إلى ١٨٠° درجة .

جـ/ زاوية المراكز (محددة المراكز):
تستخدم لتحديد المراكز للأجزاء الأسطوانية .

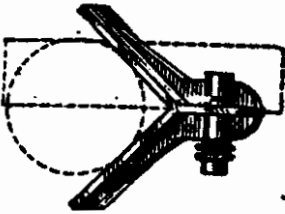
شكل (١٤) (أ)



(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

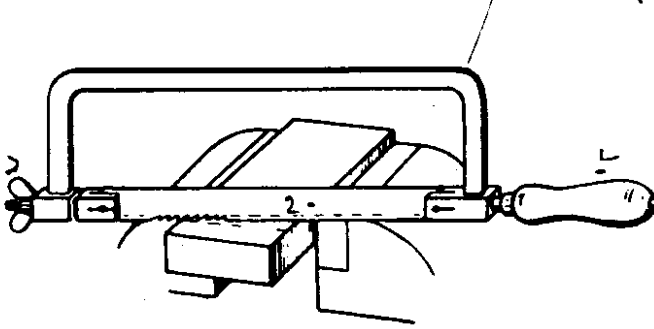
ثابت الطول أو قطعتين قابل للضبط يمكن ضبطه ليلائم أطوال

أسلحة المنشار المختلفة .

(ب) مقبض من المعدن أو اللدائن أو الخشب .

(ج) سلاح مسنن .

(د) صامولة لتثبيت السلاح .
شكل (١٥)



أنواع أسلحة منشار المعادن:

- تتقسم الأسلحة إلى عدة أنواع حسب عدد الأسنان في البوصة الواحدة (البوصة وحدة قياس تساوي ٢٥ ملم تقريبا) ومن أهم أنواع الأسلحة ما يلي :
- أ / السلاح ذات الثماني عشرة (١٨) سنا في البوصة الواحدة ويستعمل لقطع الالمونيوم والحديد المطاوع والنحاس .
 - ب/ السلاح ذات الأربع والعشرين (٢٤) سنا في البوصة الواحدة ويستعمل لقطع الأنابيب (المواسير) المعدنية السميكة والدعامات (الكمز) الحديدية المستعملة في المباني .
 - ج / السلاح ذات الاثني والثلاثين (٣٢) سنا في البوصة الواحدة وتستعمل لقطع الأنابيب (المواسير) المعدنية ذات السمك الرفيع .
- الطريقة الصحيحة لاستعمال منشار المعادن :**

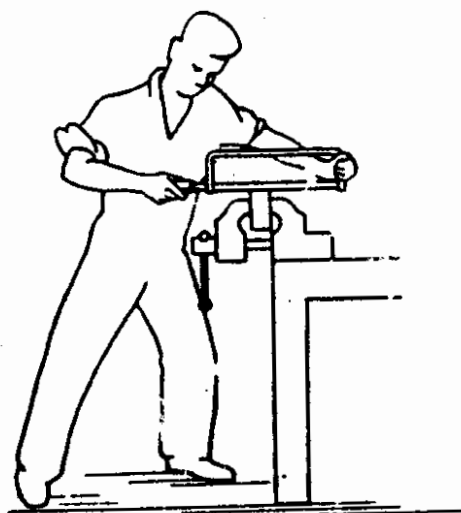
- عند استعمال منشار المعادن تتبع الخطوات التالية :-
- أ (تثبيت السلاح جيدا على أن يكون ميل أسنانه متجه نحو مقدمة المنشار .
 - ب) التأكد من أن المشغولة المراد قطعها مثبتة جيدا في المنجلة (الملزمة).
 - ج) البدء في عمل مجرى على سطح الشغلة مع الاستعانة بقطعة صغيرة من الخشب أو بإصبع الإبهام لتحديد خط القطع .

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 :

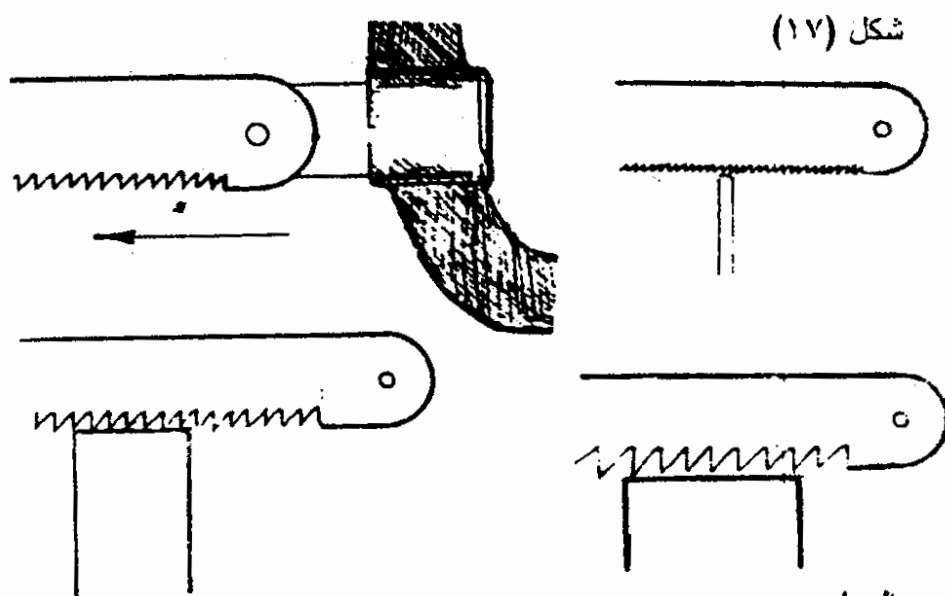
تصنع أسلحة المنشار من الصلب الكربوني أو صلب السرعات العالية وفي بعض الأحيان من صلب السبائك بأطوال مختلفة تتراوح بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠ مم ، ويقاس سلاح المنشار من خارج طرفي تقبي السلاح الذين يثبت بهما في الإطار ويفضل في بعض الأحيان أن يقاس طول السلاح من مركزى هذين التقبين. عرض سلاح المنشار ١٢,٥ ملليمتر تقريباً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

شكل (١٦)



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

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



من الصاج :

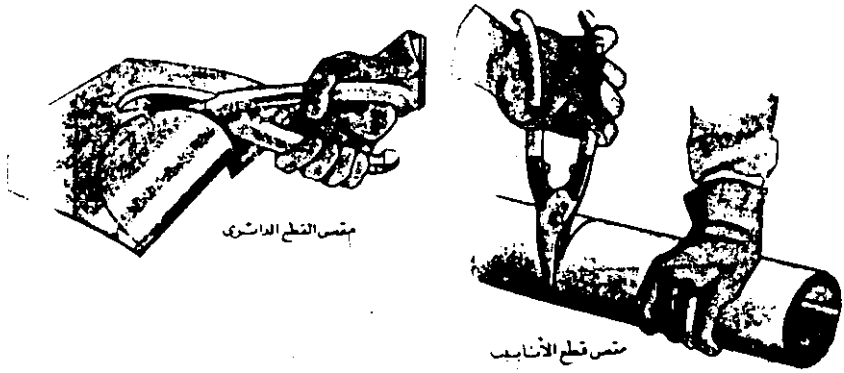
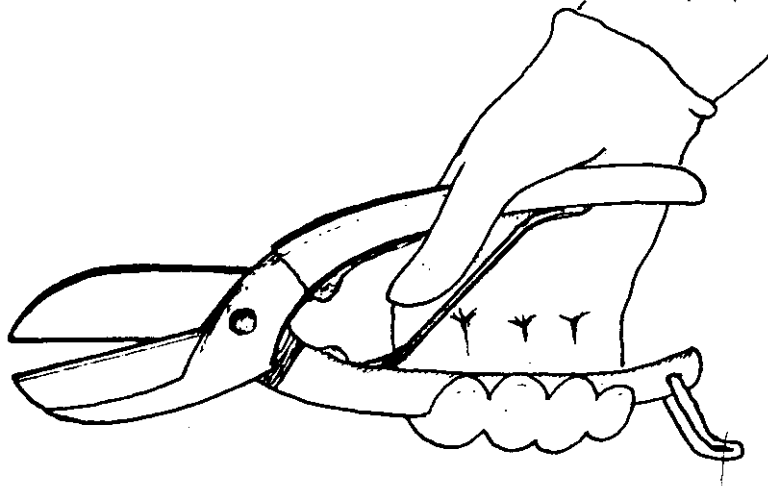
يتكون مقص الصاج كما في الشكل من ساقين طرفيهما الأماميين خاديين ،
يتثبتان مع بعضهما بمسمار برشام يسمح بحركتهما . تكون مؤخرتا الساقين
مقبض المقص . وبمقبض المقص ذراع مرنة (أو نابض) يساعد على فتح
المقبض ومثبك لإغلاق المقبض بعد الانتهاء من استخدامه .

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 .

الاجنة :

الأجنة واحدة من عدد القطع اليدوي وتستخدم في التشغيل لقطع المعادن بالطرق اليدوي على رأس الأجنة فيتغلغل حدها القاطع في معدن الشغلة .
تتخصص عمليات التأجين في ثلاثة أنواع من العمل :

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

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

ج / وتستخدم الأجنة كذلك لفتح مشقبيات الخوابير ، وقنوات الزيوت . ويتراوح طول الأجنة بين ١٠٠ مم إلى ٢٠٠ مم تصنع من صلب العدة الكربوني وتعالج مقدمة الأجنة التي يتراوح طولها بين ٢٥ - ٣١ ملمترا معالجة حرارية لتناسب قطع المعادن . يسن هذا الجانب على شكل زاوية تسمى زاوية السن ويختلف مقدار هذه الزاوية 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 والألومنيوم والنحاس	٢٠ - ٤٠

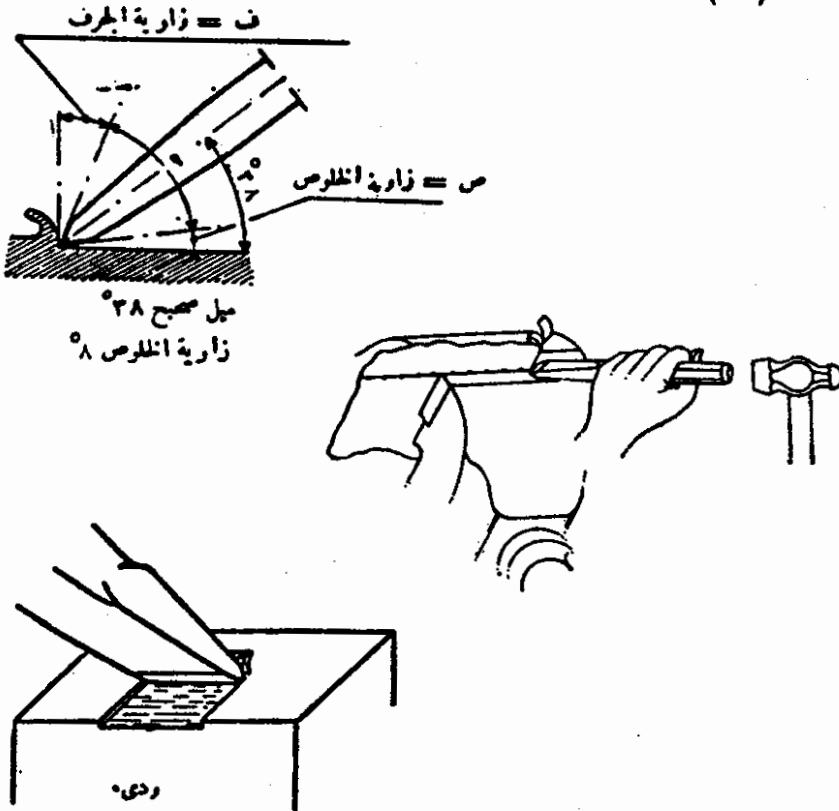
أما رأس الأجنة فيجلخ على شكل مسلوب بحيث لا يؤثر الطـرق عليه فيسبب فلتحته مما ينتج عنه تطاير رايش يسبب أضرارا جسيمة .
تمسك الأجنة على سطح القطعة المراد تشغيلها بزاوية معينة فينشأ من ذلك ثلاثة زوايا :

١ / الزاوية الخلوص: وهي الزاوية بين الشغلة وطرف الأجنة المائل على الشغلة .

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

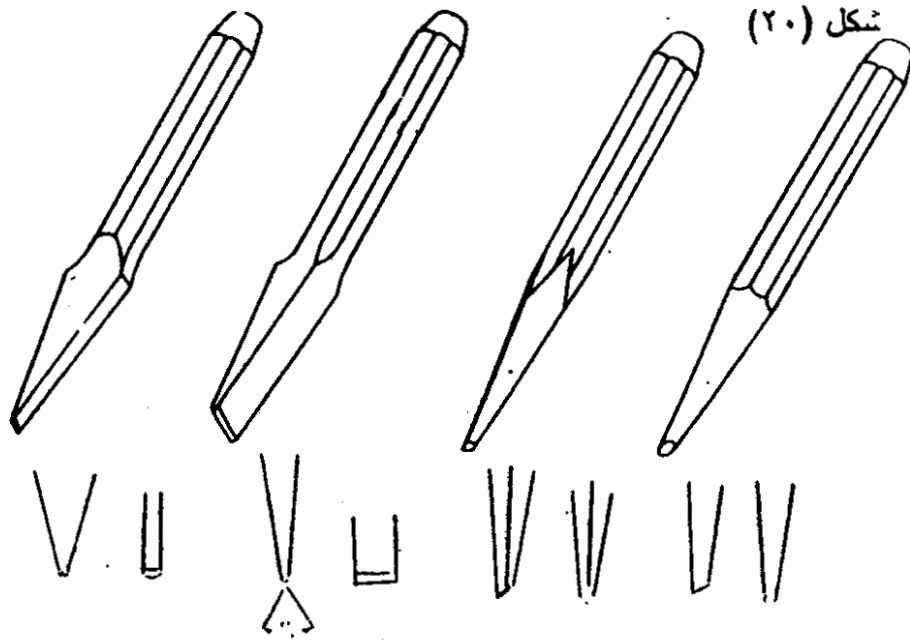
٣ / زاوية الرايش: وهي التي تنشأ من أعلى وضع الأجنة المائل على الشغلة .

شكل (١٩)



أنواع الأجنات :

- أ / هناك ثلاثة أنواع من الاجنات شائعة الاستعمال :
- ب / الأجنة المبطة: وتستخدم في تسوية السطوح وقطع الحافات .
- ج / قلم التاجين الضفيرة: ويستخدم لفتح المجاري .
- د / قلم التاجين : ويستخدم لفتح المشقبيات وقنوات التزيت ولقطع رؤوس مسامير البرشام ، كما يستخدم في القطع المبني قبل استخدام الأجنة المبطة .



ما يجب مراعاته عند عملية القطع بالأجنة :

- ١- يجب ربط الشغلة على المنجلة جيداً مع التأكد من أن تكون خطوط التعليم (الشنكر) موازية لفكي المنجلة ، ومرتفعة عنها بمقدار ثلاثة ملليمترات تقريباً .
- ٢- يجب مراعاة الوقفة الصحيحة عند القيام بعملية التاجين ، وذلك بوضع القدم اليسرى متقدمة على القدم اليمنى بحوالي قدم تقريباً ويجب أن تكون الأرجل بوضع مائل على بعضها بحوالي ٧٠ تقريباً
- ٣- يجب فحص الشاكوش بحيث يكون مثبتاً جيداً وخالٍ من الشظايا ونظيفاً من المواد التي تسبب الانزلاق كالزيت والشحم ... الخ .
- ٤- يجب فحص الأجنة والتأكد من أن حدها القاطع يكون جيداً ورأسها خالياً من الشظايا والمواد المسببة للانزلاق .
- ٥- يجب أن تقبض الأجنة باليد اليسرى على بعد ٢٥ ملليمتر من رأسها وتقبض الشاكوش باليد اليمنى .
- ٦- وضع الأجنة على سطح الشغلة بزاوية لا تقل عن ٣٠ ولا تزيد عن ٣٥ تقريباً ، ذلك لأن وضع الأجنة على سطح الشغلة يميل أكثر

من اللازم جعل الأجنة تتغرز 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 الأولى مبدئي بحيث لا يزيد الجزء المزال عن ٢ مم والثاني تشطبي (ناعما) ولا يزيد فيه الجزء المزال عن واحد ملليمتر .

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

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

١٠- عند تأجين المعادن الطرية كالنحاس مثلا 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 موازيا لفكي المنجلة ومرتفع عنها بما لا يزيد عن ثلاثة ملليمترات 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 حراريا ثم تقوم القطعة بالضغط لتكون مستوية ، ثم تشكل الأسنان بالتغزيز أم التنيخ .

أنواع المبرد :

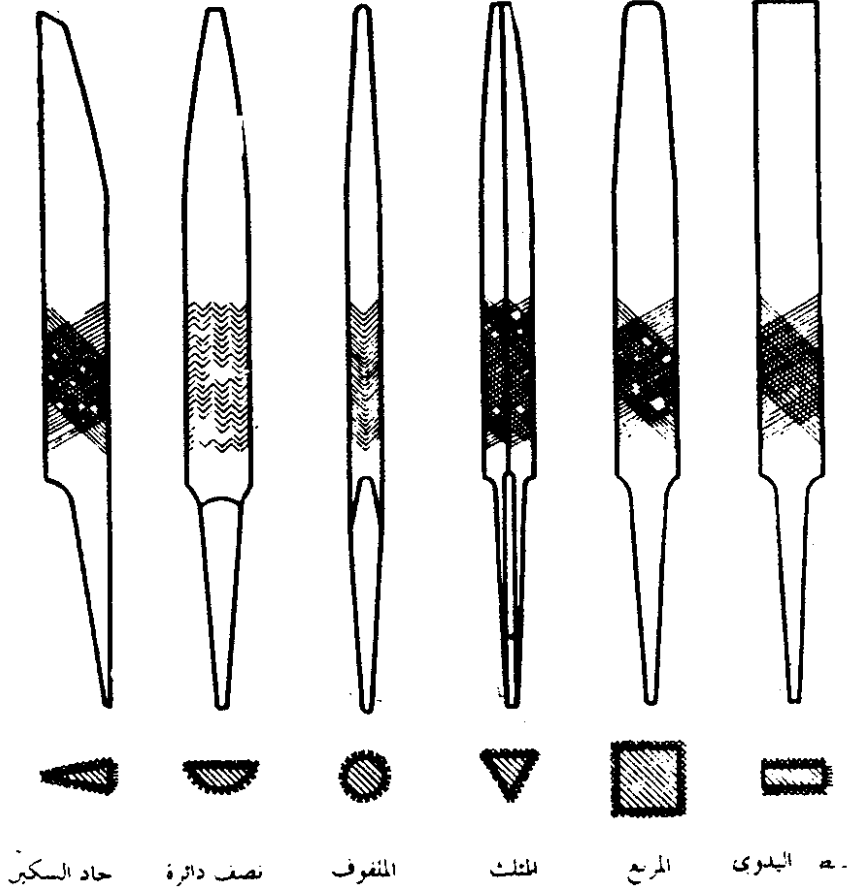
تتقسم المبرد من حيث الأسنان إلى :

- 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 المبرد 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 (خشـن جداً ، خشـن ، متوسط الخشونة ، ناعم ، ناعم جداً) .

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

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

شكل (٢١)



أما ، ناحية الشكل فتختلف أشكال المبارد تبعاً لاختلاف الأعمال التي تستخدم فيها ، على النحو التالي :

١/ المبرد المبسط :

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

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

٢/ المبرد المسطح اليدوي :

وهو مبرد مسطح متوازي العرض إلا أن سطحه مسلوب كالمبرد المبسط ، والأسنان في سطحه مزدوجة القطع ، تحتوي إحدى حافتيه على أسنان مفردة القطع ، وتترك الحافة الأخرى سليمة دون أسنان ، ولذلك سميت بالحافة السليمة ، ويستخدم هذا النوع من المبرد 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 تقطع في كل أضلاعه ، ويستخدم في تسوية الأركان والمشقيات .

٤/ المبرد الملفوف :

ويسمى كذلك (ذيل الفأر)

وهو مبرد دائري انمقطع ومسلوب في الثلث الأمامي يستخدم في توسيع الثقوب وتسوية الأقواس الداخلية والمنحنيات ، والمشقيات 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 المبرد متوسطة الخشونة .

٥/ المبرد نصف دائرة :

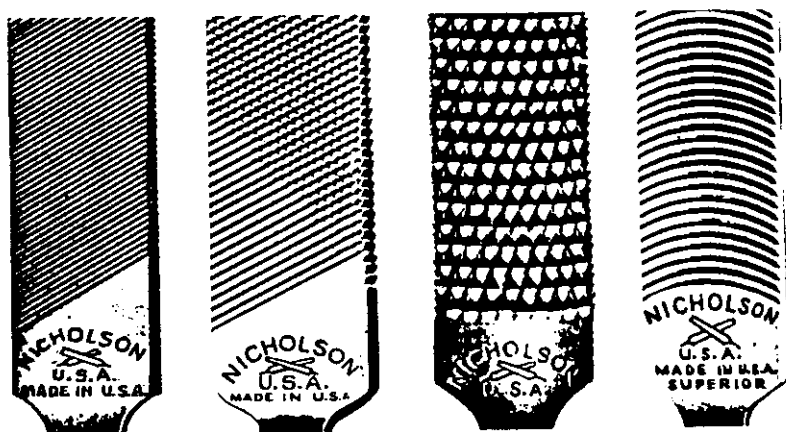
ويكون أحد سطحه مبسط عدل الأسنان فيه دائما مزدوجة القطع . ويكون السطح الآخر على شكل قوس والأسنان فيه مفردة القطع . وتكون دائما متوسطة الخشونة أو ناعمة ويستخدم السطح المقوس من المبرد في تسوية الأجزاء نصف الدائرية من الداخل أو الخارج .

٦/ المبرد المثلث :

وهو مبرد مثلث القطع ، الأسنان فيه مزدوجة القطع ويستخدم في تسوية الأركان التي 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 أنيا أو يدوياً بواسطة السمبك اليدوي .
- ٣- عمل الثقوب بواسطة المثاقب (البنطة) إما يدوياً بواسطة المثاقب اليدوي أو آلياً بواسطة ماكينة المثاقب .

المثاقب 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 .

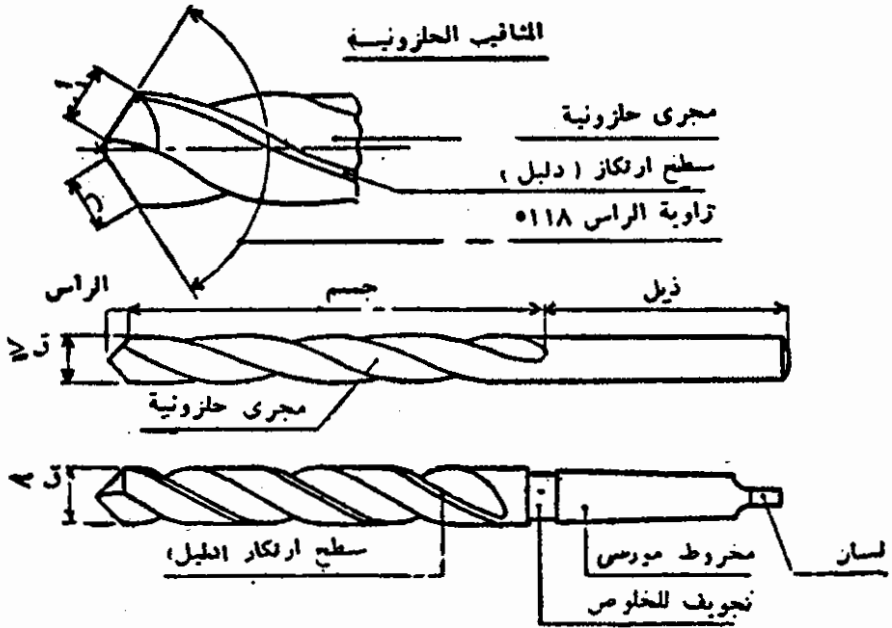
الشروط الواجب توافرها في البنطة :

- 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 ريش المعدن المزال بسهولة .
- ٥- أن يتساوى فيها طول إحدى القطع وأن يحصرها 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 المنصب :

وهو إما أن يكون أسطوانيا أو مسلويا وتعرف سلبة الذيل بسلبة مورس . وترقم سلبة مورس من ١ - ٦ وهي ثلاثم ظروف مورس التي تتركب عليها حتى يمكن تثبيتها في ظرف ماكينة المتقاب ومن هنا يتضح أن البنط المسلوية لا تستخدم إلا عند عمل ثقوب بواسطة المتقاب الكهربائي الثابت أو على المخرطة .

الجسم :

يتكون من ساق أسطوانية المقطع فتحت فيها قناتان حلزونيتان طويلتا الخطوة جدا ، ويشغل على الساق بواسطة التجليخ شريطان ضيقان أسطوانيان أملسان ، يتكون منهما سطح الارتكاز الدليل . ويقل قطر الرأس بالتدرج من الرأس إلى المنصاب محدثا سلبا بسيطة ٠.٠١% لحدوث خلوص يمنع تصلب البنية داخل الثقب .

الرأس :

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

التخویش أو الدشكلة :

وهي عملية توسيع وتسوية مداخل الثقوب إما على شكل أسطوانى أو مخروطى . ومن أهم أنواع التخویش ما يلي :

أ / التخویش الأسطوانى :

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

ب/ التخویش المخروطى :

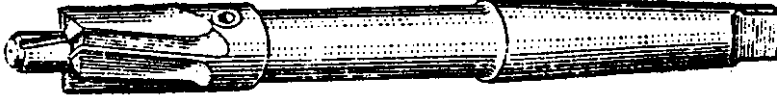
وهو عملية توسيع أحد مداخل الثقوب على شكل مخروطى وذلك لواحد من الأسباب الآتية :

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

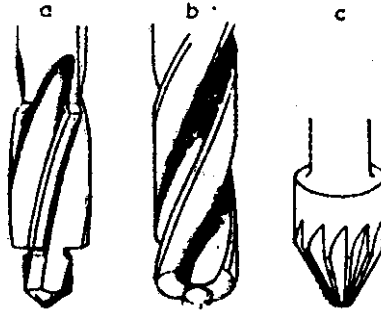
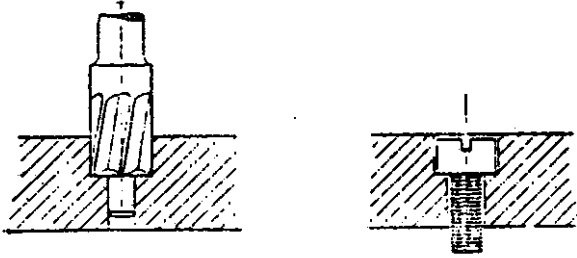
٢- إيجاد موضع لرؤوس مسامير البرشام .

٣- التخلص من الرايش والزوائد على حواف الثقوب .

شكل (٢٤)



(a) Counterboring Cutter.

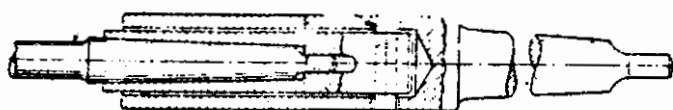
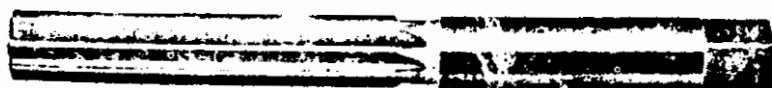


البرغلة والبرغل : عملية البرغلة :

هي عملية تشطيب (مرحلة نهائية) للتقوب التي فتحت بواسطة البنت سابقا لتفاوت سبق تحديده أو للحصول على سطح أملس للتقوب أو في الحالتين معا ، ذلك لأنه لا يمكن الاعتماد على البنتة للحصول على تقب 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 البنتة . بمعنى أنه لا ينشء تقبا ، ولكنه يتبع التقب المتقوب قبلا بالبنتة ، وهذا غالبا ما يكون أقل بقليل من المقاس

المطلوب فيضبط إلى المقاس المطلوب بواسطة البرغل وإذا كان الثقب به خطأ في انوضع أو الاتجاه ، فإن البرغل يتبع نفس مجرى الثقب ولا يزيل الخطأ .
البراغل لا تزال 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 تميزال 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 للاستعمال 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 مسلوكة تسمح بتركيبها في الماكينات مباشرة أو بواسطة جلب مورس المخروطية والأشكال (٢٥) توضح بعض أنواع البراغل اليدوية والبراغل التي تستخدم بواسطة الماكينات .

قطع اللولب (القلووظ):

القلووظ عبارة عن قنوات حلزونية تفتح على السطح الخارجي أو الداخلي لجسم أسطوانى أو مخروطي يدويًا 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 (المقلووظ) 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 :

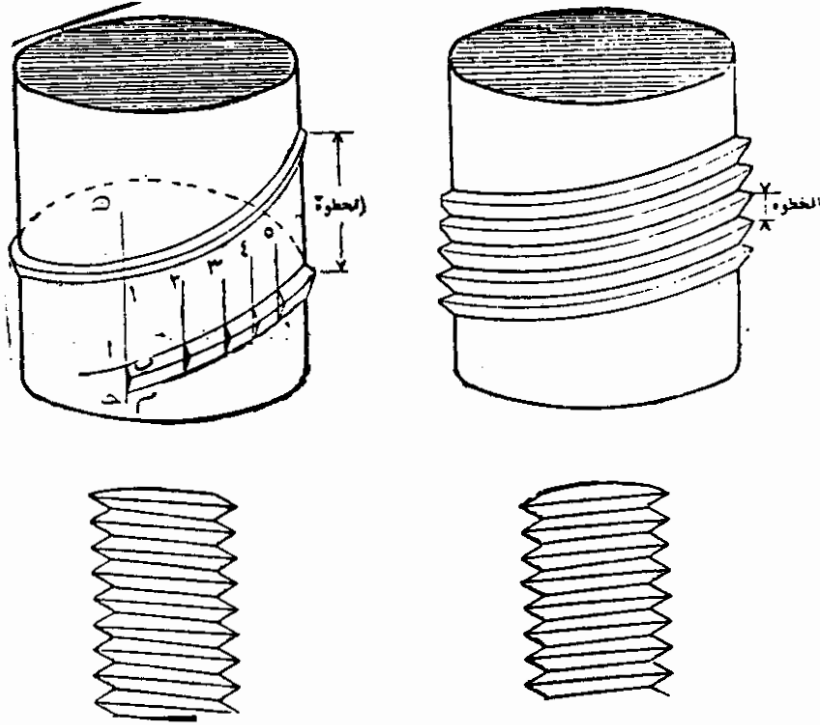
١/ شكل مقطع السن :

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 الاسمي أو الحقيقي للقلووظ والقطر الصغير الداخلي والشكل (٢٦) يبين النقاط سالفة الذكر ويستخدم القلاووظ في المجالات الآتية :

- ١- توصيل الحركة أو زيادة تأثيرها كما هو الحال في غريرة العربة أو الزرجينة مثلاً .
- ٢- تنظيم وضبط والتحكم في الحركة كما في المايكرومترات مثلاً .
- ٣- ربط الأجزاء مع بعضها في حالتها التجميع والتركيب كربط أجزاء 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 القلاووظ 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 . وقسني 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 فسي مقدمته كدليل لسهولة قطع اللولب في البداية .

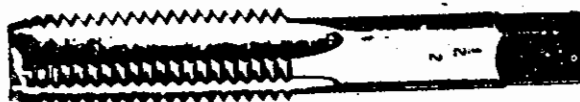
٢/ ذكر نصف سلبه :

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 التشطبيبي ويكون مستقيماً إلى طول
الجزء الذي به الأسنان القاطعة ، ويستخدم للتشطيب خاصة في لولبة
التقوب الغير نافذة والشكل رقم (٢٧) يبين طقم ذكر القلاووظ .
شكل (٢٧)



مسلوب



نصف مسلوب



عدل

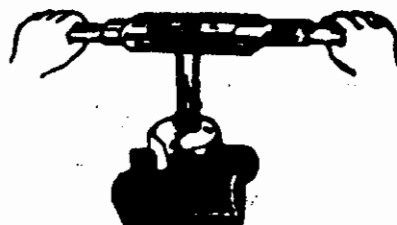


الترجي

المدرينة



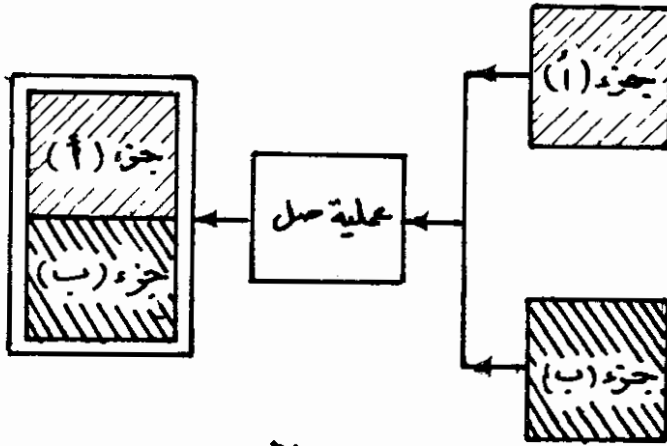
النقمة



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 منتجا مفيدا مركبا من تلك الأجزاء . ونعبر عن ذلك بمعادلة بسيطة كما هو مبين بالشكل .
شكل (٢٨)

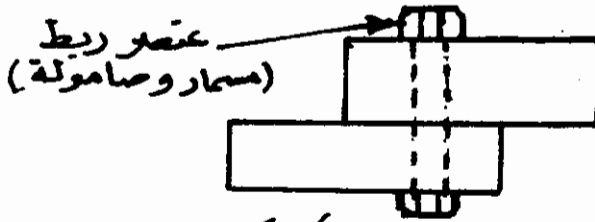
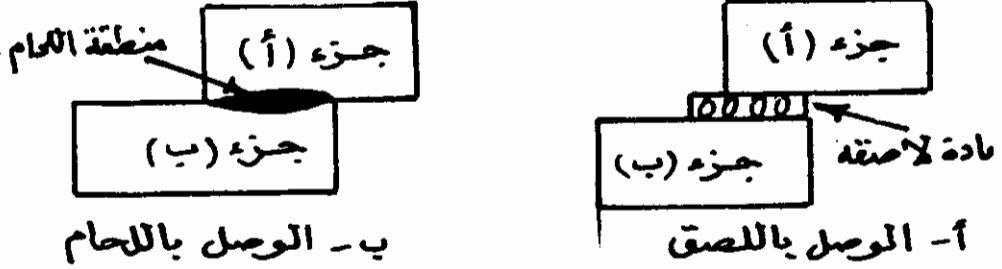


عملية الوصل

جزء (أ) + جزء (ب) $\xrightarrow{\text{عملية وصل}}$ 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

ج - الوصل بطريقة ميكانيكية

(أ) الوصل بالاصق :

وفيها يتم وصل جزئين مختلفين بواسطة مادة لاصقة مناسبة .

(ب) الوصل باللاحام :

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

(ج) الوصل بطرق ميكانيكية :

وفيها يتم وصل جزئين مختلفين عن طريق ربطهما معاً باستخدام عنصر ثالث مثل المسمار الملولة (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 للحديقة وأبراج الكهرباء للمصنوعة من قطع الصلب المختلفة . كذلك يتزايد الاعتماد على مختلف المواد اللاصقة والتي حققت تقدماً عظيماً وخصوصاً لوصل منتجات البلاستيك واللدائن الأخرى .

وصل المعادن بالطرق الميكانيكية :

الربط المؤقت :

يتم ذلك باستخدام عنصر ثالث وتعتبر المسامير المقلوطة والصواميل أهم وسيلة للربط المؤقت (أي الذي يمكن فكه عند الحاجة) ويمكن استعمال مسامير ملولبة (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 صنع 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 ومع انفصالهما كما في الشكل (٣٠).

شكل (٣٠)

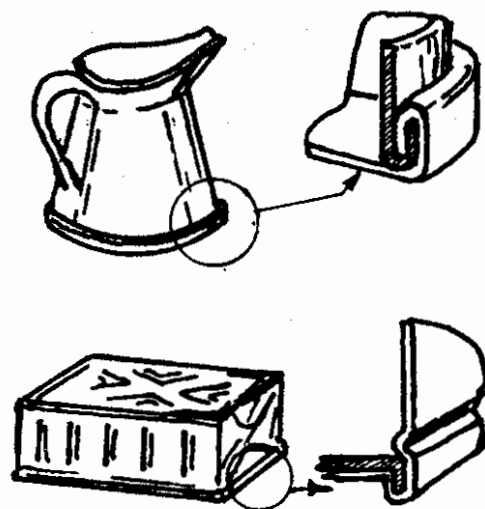


الربط بالبرشمة

والوصلات الناتجة بالبرشمة غير قابلة لللفك ولا يمكن فصل الأجزاء الموصلة بالبرشمة عن بعضها البعض إلا بتحطيم عنصر الاتصال وهو البرشام. 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 (الدمرة) :

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 الألواح المعدنية أو شغلة الصاج المطلوب وصلها ثم الضغط عليها بالطرق باستخدام مطارق خاصة .

اللحام بالغاز (خليط غازي الأكسجين والأستلين) :

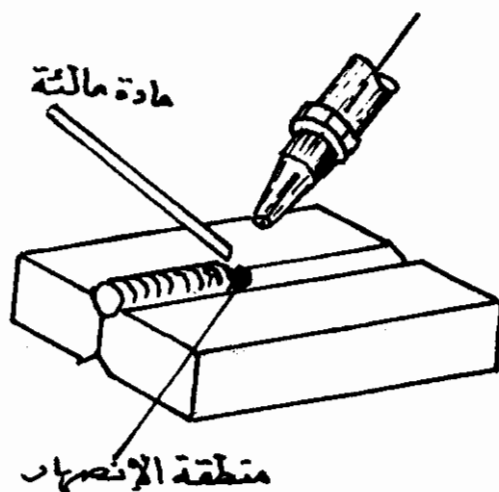
تتولد الحرارة في هذا النوع من اللحام عن طريق اللهب الصادر من مشعل (بوري) لحرق خليط من غازي الاستلين والأكسجين النقي شكله (٣٢) ويمكن اللحام بهذه الطريقة حتى بدون استخدام مادة تالئة وذلك بصهر طرفي وصلة اللحام وتجمدهما معاً في منطقة اللحام . وبعد التجمد تكون منطقة الوصلة متجانسة من حيث التركيب الكيميائي والخصائص الميكانيكية . ويجري اللحام عادة بتسخين طرفي وصلة اللحام بعد تنظيفها ثم تضاف سبيكة اللحام المصنوعة على هيئة سيخ لحام (مادة مألئة) والذي ينصهر طرفه بفعل اللهب ويخلط مع مصهور المعدن في منطقة الانصهار .

وبإبعاد اللهب تتجمد الوصلة الملحومة لتتصل الأجزاء ببعضها اتصالاً

دائماً .

الشكل (٣٢)

حراق (بوري)

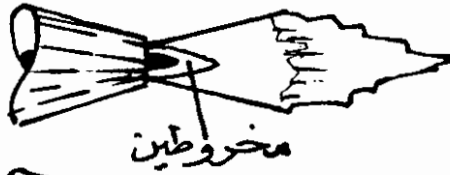


ويمكن التحكم في نوع اللهب الأوكسى استيلين عن طريق تحديد نسب خلط الاستيلين بالأكسجين وهناك ثلاثة أنواع من اللهب :

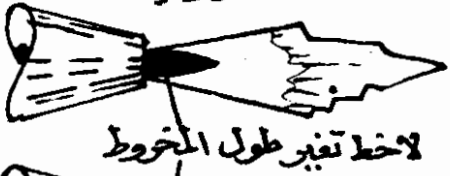
- ١- لهب متعادل : وفيه تتساوى نسبة خلط الأكسجين والاستيلين .
ويستخدم للحام الصلب الطري والنحاس والالمونيوم .
- ٢- لهب مكرين : وفيه تزيد نسبة خلط الاستيلين إلى الأكسجين ويستخدم للحام الصلب الذي يقاوم الصدأ وكذلك عند تصليد الأسطح .
- ٣- لهب مؤكسد : وفيه تزداد نسبة خلط الأكسجين إلى الاستيلين ،
ويستخدم للحام النحاس الأصفر والبرونز ويبين الشكل (٣٣) أنواع
لهب الاكس استيلين المختلفة .

ويتميز اللحام بالاكس استيلين بعدد من المزايا أهمها 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)



لهب مكرين



لهب متعادل



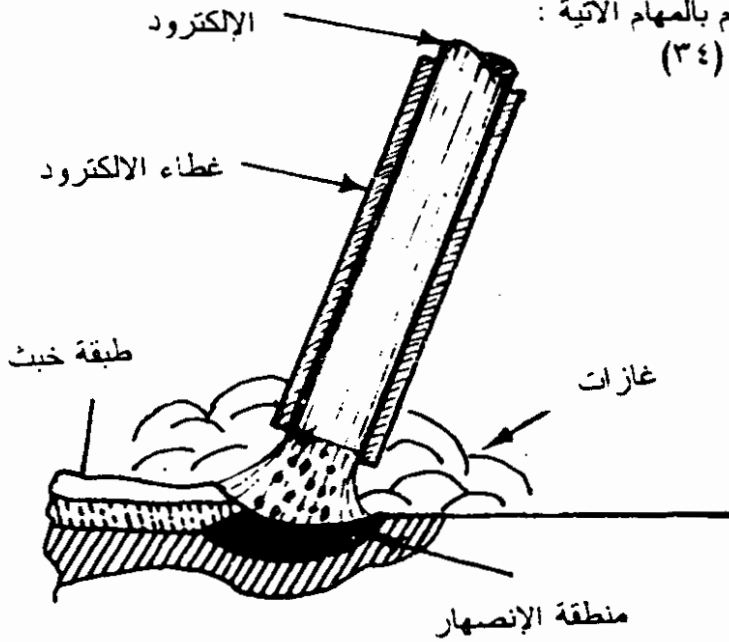
لهب مؤكسد

أنوع لهب الاوكسى استيلين

اللحام بالقوس الكهربائي :

يعتبر اللحام بالقوس الكهربائي من الطرق الشائعة لوصل المشغولات وفيه يستفاد من درجة الحرارة العالية للغاية للقوس الكهربائي والتي تصل إلى 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 يبلغ في بعض الحالات الخاصة إلى ١٠٠٠ أمبير . قد يستخدم في هذا السبيل تيار مستمر ولكن الشائع هو استعمال تيار متردد . يمكن الحصول على ذلك التيار بمحولات الجهد من ٢٢٠ فولتاً إلى ٣٠٠ فولتاً (وهو جهد شبكة الكهرباء) إلى أقل من ٥٠ فولتاً مما يسبب ارتفاع قوة التيار بالقدر اللازم للحام بالقوس الكهربائي . ويتولد القوس الكهربائي في الفجوة بين قطب كهربائي يسمى إلكترود وبين الشغلة . تبلغ تلك الفجوة حوالي ٣ - ٨ مم في غالبية الأحيان كما في شكل رقم (٣٤) .

ورغم وجود عدة أنواع من الإلكترودات وأساليب اللحام بالقوس الكهربائي إلا أنه يشيع استخدام الكترود معدني (مستهلك) مغطى بغلاف ينصهر أثناء اللحام كما هو مبين الشكل (٣٤) وهذا الغلاف مكون من عدة مركبات كيميائية تقوم بالمهام الآتية :



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 الأكس استلين) :

نبذة عامة :

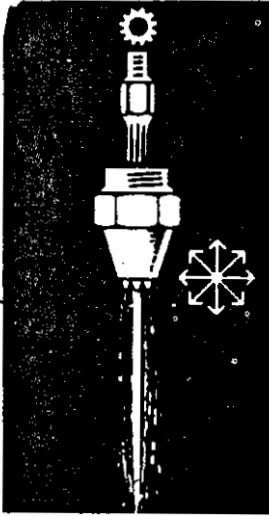
يمكن قطع المعادن بطرق مختلفة كما سبق كالنشر والتأجين (القطع بالأجنة) والتقطب ، والقص بالمقصات اليدوية (للألواح المعدنية الرقيقة) أو المقصات الزراعية . كذلك يمكن قطع المعادن باستخدام لهب مؤكسد .

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 .

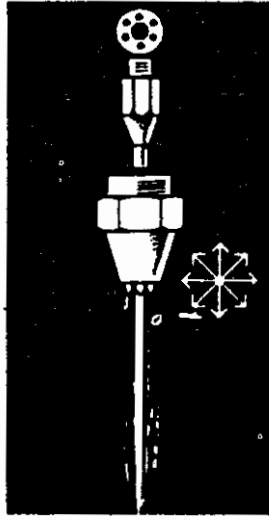
ونتحدث هنا عن غاز الأكس استلين (يتكون من تفاعل الأكسجين مع الاستلين) حيث يوجد كل غاز في أنبوبة (اسطوانة) منفصلة ويتم خلطهما عند مشعل القطع (البوري) .

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 يمكن 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 اللهب الضرورية لعملية التسخين لصهر المعدن ثم انفصاله . شكل (٣٥) .

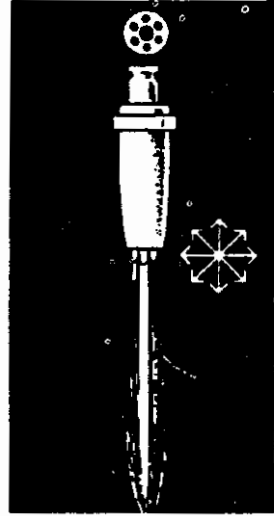
شكل (٣٥)



(أ)

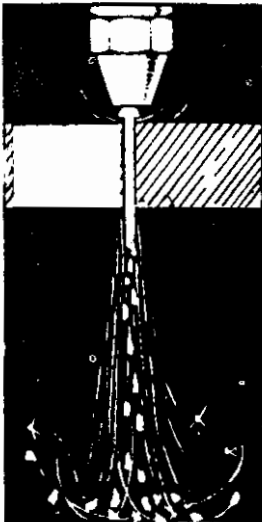


(ب)

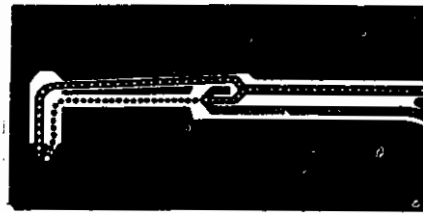


(١)

رأس قاطعة بفوهات متعددة الفتحات

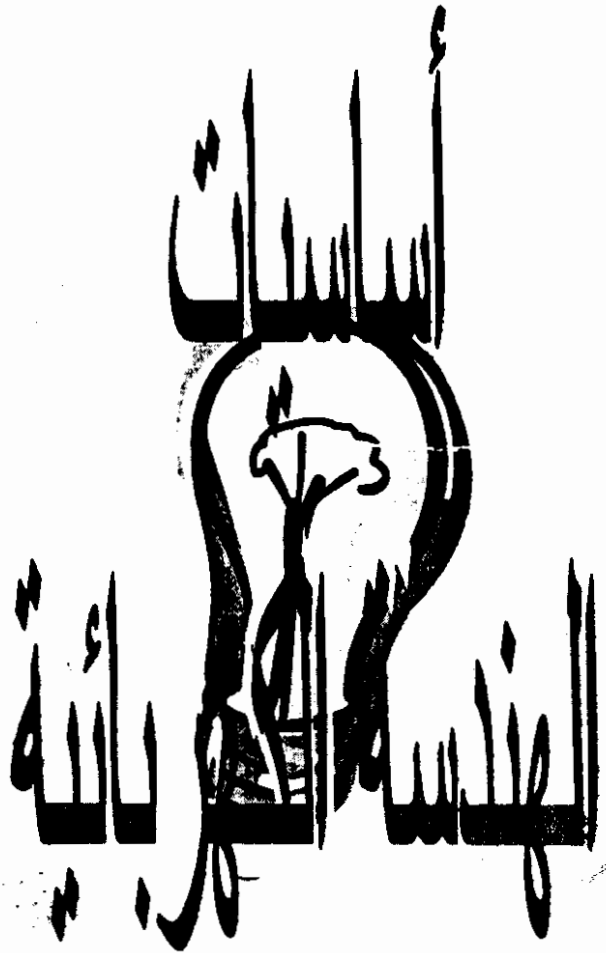


عملية شق



خليط غازي في رأس قاطع

الباب الثالث



مقدمة

قامت الثورة الصناعية الأولى عندما اكتشف الإنسان طاقة 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 التقنية 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 أن امتلاك التقنية 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 المكونات بقوات تزعزع مواقعها الطبيعية في الذرة .

فإن تفسير الظواهر الكهربائية في مجال الهندسة الكهربائية يتطلب معرفة التركيب الذري للمواد المستخدمة هندسياً ، والمؤثرات على مكوناتها والتغيرات التي تحدث لتتجم 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 .

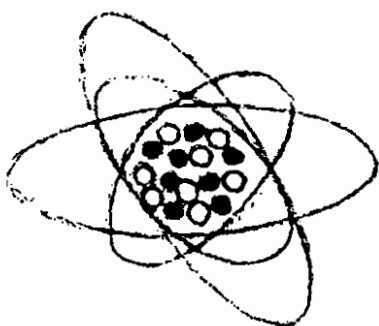
من مكونات الذرة النواة التي تقع ككتلة واحدة في وسطها. تتكون النواة من أجسام تسمى البروتونات وأخرى تسمى النيوترونات. تدور حول النواة

أجسام تسمى الإلكترونات. كتلة الإلكترون تساوي بالتقريب $\frac{1}{1840}$ كتلة

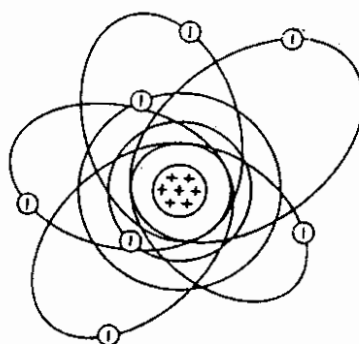
البروتون . مدارات الإلكترونات متعددة وبمسافات متفاوتة من النواة . تتميز المواد عن بعضها بعدد إلكتروناتها والتي تساوي عدد البروتونات وتتميز أيضاً بعدد الإلكترونات التي تدور في بعض مداراتها . توصف المدارات بأنها تمثل طبقات متفاوتة من الطاقة ، حيث أن الإلكترون في مدار معين يمكن إنتقاله إلى مدار آخر بإضافة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

الإلكترون بطبيعته جسم بشحنة كهربائية سالبة بمقدار 1.6×10^{-19} 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 الإلكترونات السالبة مع شحنات البروتونات الموجبة فيها .



نواة الأكسجين لها ثمانية بروتونات
 وثمانية نيوترونات



ذرة النايتروجين لها سبعة إلكترونات
 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 بانتشار خلال المادة أو الوسط الجديد .

في كثير من الحالات يحدث ما يعرف بالتأين (تحول المادة إلى أيونات) . الأيون هو جزء من الذرة أو الجزيء غير متعادل كهربياً نتيجة لتفكك أجزاء الذرة أو الجزيء . انفصال الإلكترون يكون أيون سالب الشحنة متمثلاً في الإلكترون وأيون موجب الشحنة متمثلاً في بقية الذرة أو الجزيء بفقدانها الإلكترون . التحلم الإلكترون الحر بذرة أو جزيء من مادة أخرى يؤدي إلى عدم تعادل شحنتها وتصبح الذرة أو الجزيء أيون سالب لزيادة عدد الكترونها . 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

الإلكترونات التي تؤثر عليها قوى دافعة ، أو تتأثر وتتشتت حركياً، هي التي تدور في المدارات البعيدة نسبياً من النواة . تعرف هذه بالإلكترونات الخارجية وهذه هي التي تربطها قوة ضعيفة نسبياً مع النواة . قابلية هذه الإلكترونات للانتقال تسبب توصيل الكهرباء . تتميز أحسن أنواع المواد الموصلة للكهرباء بكثرة عدد الكترونها الذرية وهي في الغالب مواد معدنية.

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

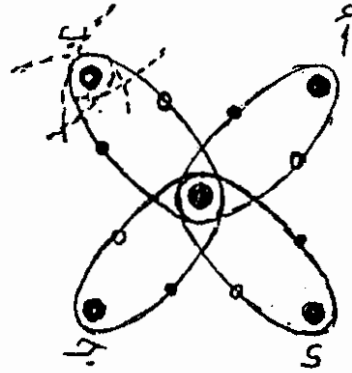
أحسن مواد موصلة للكهرباء توجد بين المواد المعدنية وبعض محاليل أملاح وحوامض معدنية . نذكر بعض هذه المواد في الجدول التالي :

المعادن : الفضة ، النحاس ، الخارصين ، الحديد ، الرصاص ، الألمنيوم

المحاليل	أيونات موجبة	أيونات سالبة
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 الإلكترونات 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)

الترباط التكافؤ الزوجي لذرات شبه الموصل
○ الكترونات الذرة الوسطى • الكترونات الذرات المجاورة

من مواد الأشباه ثلاثية التكافؤ الإنديوم وقاليوم وبورون ومن الشوائب خماسية التكافؤ الفسفور وأنتموني والأرسين . عند انتشار الشوائب ثلاثية التكافؤ خلال أشباه الموصلات لا تستطيع ذرات مواد الأشباه استكمال الترابط الزوجي للنقص في الكترونات الخارجية عن الأربعة وبذلك يتولد ما يسمى بالتقرب الذي يجذب الكترونات من ذرة مجاورة لإكمال الترابط . تعرف هذه الشوائب بالمتقبلات لتقبلها الكترونات وتعرف المادة الناتجة بشبه الموصل الموجب. أما عند انتشار الشوائب خماسية التكافؤ هناك الكترون فائض عن ما يحتاجه الترابط المذكور أعلاه . تتجول هذه الكترونات 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 جانبي 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)

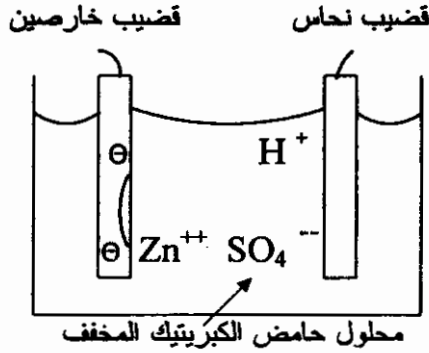
- (١) لماذا يمكن اعتبار وزن الذرة هو وزن النواة ؟
- (٢) ما هي مميزات التركيب الذري للمواد الموصلة من المواد العازلة ؟
- (٣) ماذا تعني بمستوى الطاقة للإلكترون ؟
- (٤) لماذا تسمى بعض المواد أشباه الموصلات ؟ أوجد أي بيانات لخواص تلك المواد تؤيد تلك التسمية . عين خاصية لهذه المواد تشد فيها عن المواد الموصلة المعدنية .
- (٥) تعرف مدارات الإلكترونات الخمسة الأوائل حسب ترتيب قربها من النواة بالترميز K ثم L ثم M ثم N ثم O . في أي هذه المدارات تتواجد الإلكترونات الخارجية ((التكافؤية)) ؟ وفي أي منها نجد الإلكترونات 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 $2 \times 1,602 \times 10^{-19}$ 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 حاملة الشحنات على بعضها . الأجسام ذات الشحنات المتماثلة تتشأ بينها قوة طاردة وذات الشحنات المختلفة تجذب بعضها البعض (أمثلة الشحن بالدلك والكاشف الكهربائي) . في خلية حوض حامض الكبريتيك المخفف بقضيب خارصين وآخر نحاس يوجد المحلول مفكك إلى أيونات كبريتات سالبة وأيونات هايدروجين موجبة . بتفاعل كيميائي ينوب الخارصين مطلقاً أيونات خارصين موجبة في المحلول وتبعاً لذلك يترك الكترولونات في قضيب الخارصين .



محلول حامض الكبريتيك المخفف
 H^+ أيونات هايدروجين موجبة ، SO_4^{--} أيونات كبريتات سالبة
 Zn^{++} أيونات خارصين موجبة ، \ominus الكترولونات

ينتج تجاذب بين أيونات الكبريتات السالبة وأيونات الخارصين الموجبة وكذلك بين أيونات الهيدروجين الموجبة والالكترونات في قضيب الخارصين . عند توصيل القضيبين خارجياً بموصل كهرباء تنتقل الالكترونات عبر الموصل الخارجي إلى قضيب النحاس لتعادل الشحنة الموجبة لأيونات الهيدروجين الموجود في المحلول بجانب قضيب النحاس . تتكون من ذلك ذرات هيدروجين يمكن رؤية فقاعات منها خارجة من المحلول . هناك إذن انتقال أيونات سالبة (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 إما 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 فاراداي . مقدار القوة الدافعة الكهربائية يعتمد على طول الموصل الفعال القاطع للفيض وسرعة الموصل وكثافة الفيض المغناطيسي .

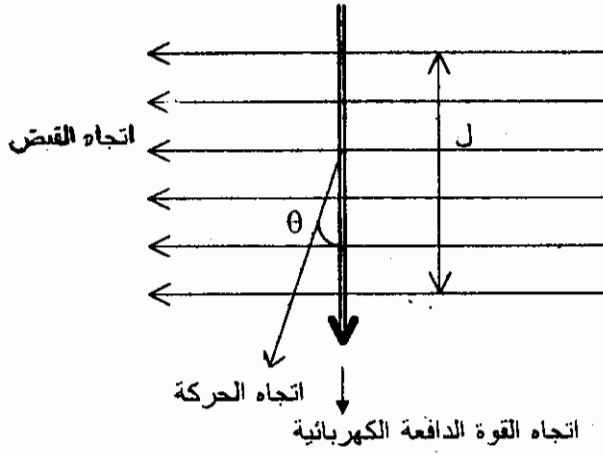
جـ - $\theta \times L \times C \times J$ فولت

ث كثافة المجال المغناطيسي

ل طول الموصل الواقع في منطقة الفيض

ع سرعة الموصل

θ الزاوية بين اتجاه خطوط الفيض واتجاه استقامة الموصل.



شكل (٤)

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

١. إتجاه القوة الدافعة الكهربائية

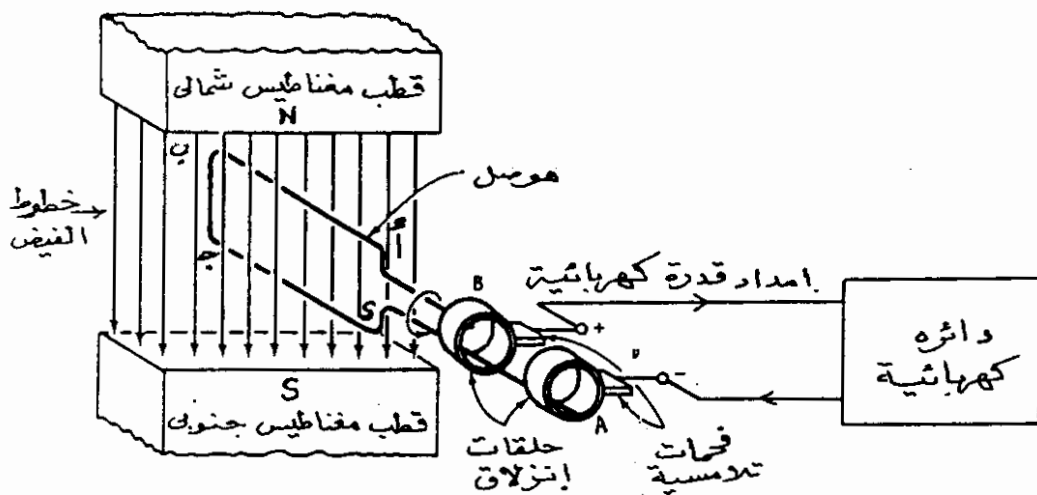


قاعدة فلمنج لليد اليمنى
شكل (٥)

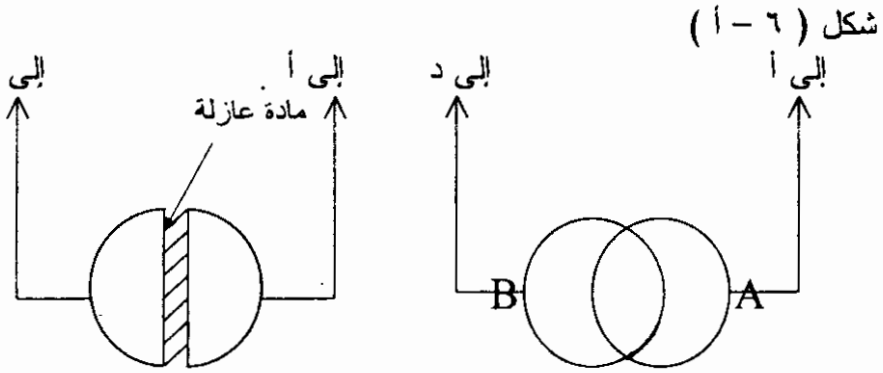
تُعرف هذه المصادر بالمولدات الكهربائية. وفيها يتم تحريك الموصلات (أو الأجسام حاملة الفيز المغناطيسي) من مصادر قوة ميكانيكية دافعة لتتم عملية قطع الفيز .

المولد البسيط

في الشكل أدناه S و N قطبا مغناطيس دائم ينتشر بينهما الفيز المغناطيسي اتجاهه من N إلى S. الموصل في شكل مستطيل بلفة واحدة ويدور بسرعة دوران ثابتة حول محور يمر بمنتصف ضلعين متقابلين (ب ج و أ د) وعمودي على اتجاه الفيز. عند توصيل لمبة كهربائية بين طرفي الموصل أ د يلاحظ توهج اللبة باعثة ضوءاً نتيجة لسريان تيار كهربائي فيها .

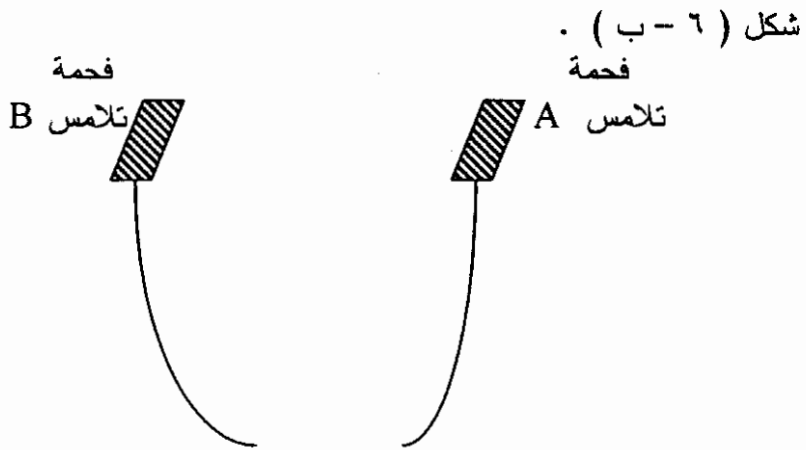


المولد البسيط للتيار المتردد
شكل (٦)



في حالة التيار المتردد
أعلاه ترتيب توصيل طرفي المولد أو المحرك البسيط

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



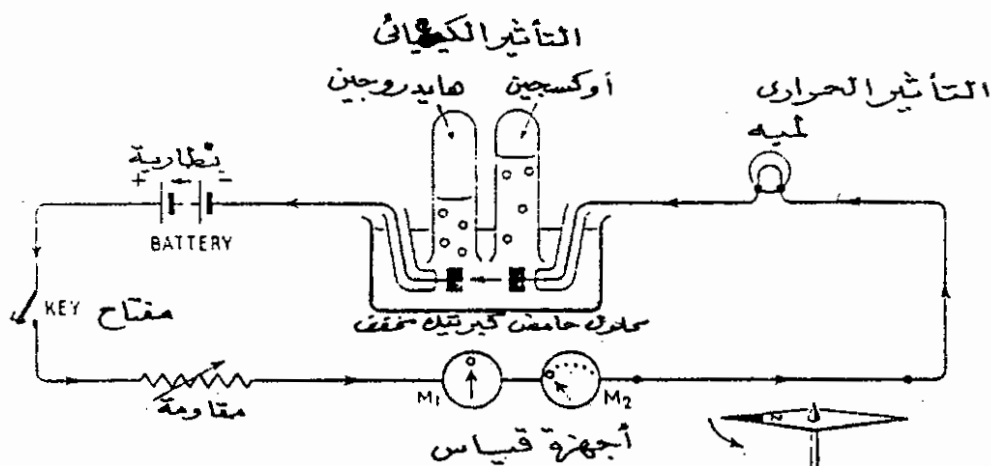
إمداد كهربائي
إلى دائرة في حالة مولد إلى دائرة في حالة محرك

باستخدام قاعدة فلمنج لليد اليمنى نجد أن القوة الدافعة الكهربائية المولدة في جانب الموصل أ ب تساعد تلك المولدة في الجانب ج 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 ج 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 خرج تياراً متردداً . وبتوصيلهما كل لنصف حلقة مشطورة لنصفين معزولين عن بعضهما يكون خرج 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 للتحويل إلى أشكال أخرى من الطاقة اعتماداً على تأثيرات التيار الكهربائي التي منها :

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



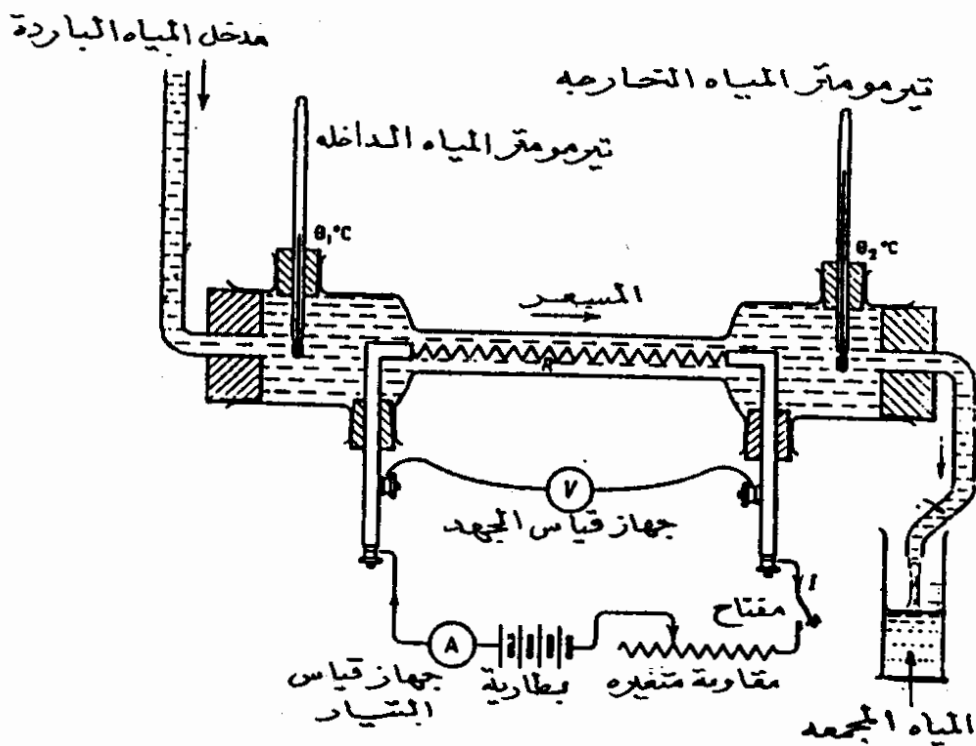
شكل (٧)

التأثير الحراري

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

وحدة كمية الطاقة الحرارية هي (الكالوري) . ووحدة الطاقة الكهربائية هي (الجول) . لتقويم الطاقة الحرارية سواءاً المستفاد منها أو الفائد 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 و T_2 هما جهازا تيرمو متر 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 (الكالوريمتر)
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 بالتواني .

يتم أخذ قراءات T_1 و T_2 و V و A -وبنها . 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 بالتواني.
الطاقة الحرارية هي حاصل ضرب وزن المياه التي جمعت والفرق في قراءتي T_1 و T_2 .

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

ووحدة هي الجول للكالوري الواحد .

قيمة المكافئ بعد إجراء عدة تجارب بالجهاز أعلاه تقارب 4,186 جول للكالوري الواحد.

التأثير المغناطيسي

ينتج عن مرور تيار كهربائي في موصل . المنطقة حول الموصل تتأثر فيها الأجسام المغناطيسية والأجسام القابلة للمغنط (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 متنوعة تبعاً لأشكال الموصل وتبعاً لخاصية خطوط الفيض التي لا تقاطع بعضها البعض . كثافة خطوط الفيض تعبر عن شدة المجال المغناطيسي . فالكثافة الكبيرة تمثل مجالا أكثر شدة . كذلك تعتمد شدته على قيمة التيار في الموصل وعدد الموصلات واتجاهات التيارات السارية فيها . تُستغل هذه الظاهرة في تصميم نببطة الكهرومغناطيس التي تستخدم كثيراً لخلق فيضاً مغناطيسياً . فالفيض الذي يدور فيه المولد البسيط والفيض الذي تعمل به المحولات الكهربائية والفيض لتوليد القوة الجاذبة للقار ع في الجرس الكهربائي أمثلة استخدامات هذا التأثير . يتم اختيار المواد الحديدية الطبيعة 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 . ا) عنط في المقام الأول .
 - ٢- اختيار مادة الوسط للفيض .
 - ٣- اختيار 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 الكهرومغناطيسي يعاكس فيضها الفيض المطلوب في منطقة معينة .
(انظر شكل (٩)) .

التأثير الكيميائي

عند مد الخلية الالكتروليتيّة بطاقة كهربائية من مصدر خارجي عبر القضيبتين 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 البلاتينيوم يتم تحلل الماء إلى أكسجين وهايدروجين .

لاحظ العالم فراداي أن كميات المواد المترسبة تعتمد على

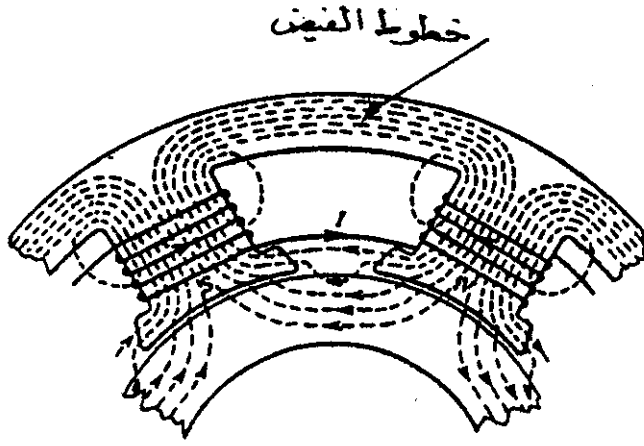
- ١- كمية الكهرباء
 - ٢- وعلى فترة التفاعل.
 - ٣- وعلى خاصية تعرف بالمكافئ الكهروكيميائي للمادة المتحصل عليها .
- يستخدم هذا التأثير في طلاء المواد بمعدن للقضيب المصعد (+) وأيضاً للحصول على مادة بنقاوة عالية وذلك بترسيبها خالية من الشوائب ، أو مكوناتها الأخرى في حالة أنها مادة مركبة .

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 ونحصل على طاقة كهربائية

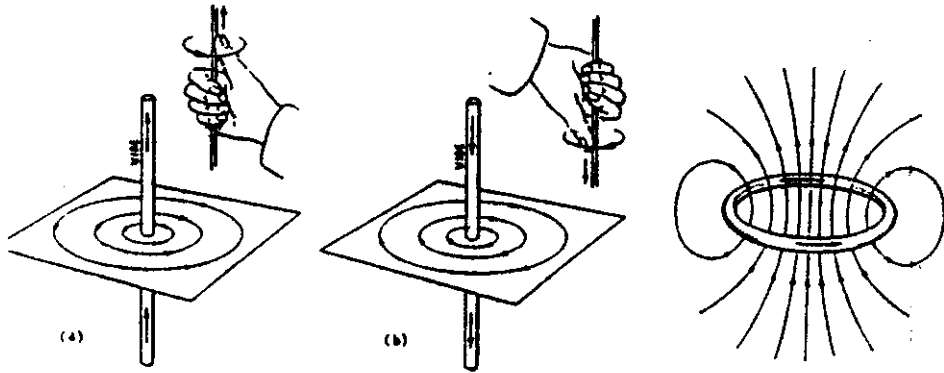
هناك حقيقة مفادها أن موصل حامل لتيار كهربائي يقع في مجال مغناطيسي تتولد فيه قوة دافعة ميكانيكية . تعتمد هذه القوة في مقدارها على

- ١- قيمة التيار.
- ٢- طول الموصل الفعال الواقع في الفيض المغناطيسي .
- ٣- وعلى كثافة ذلك الفيض .



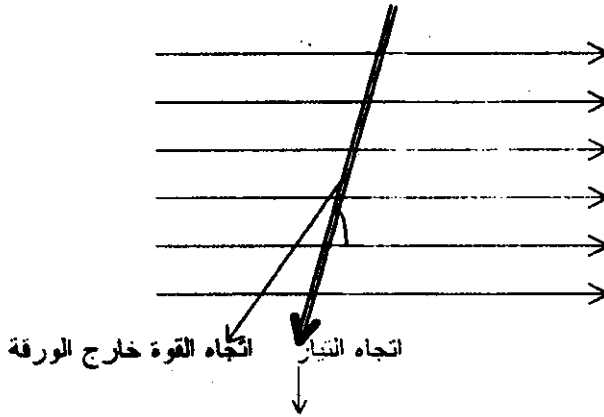
شكل (٩) شكل مسار الفيض المغناطيسي لكهرومغناطيس

الجرس الكهربائي مثال لاستخدامات هذا التأثير .
شكل (٩ - ١)

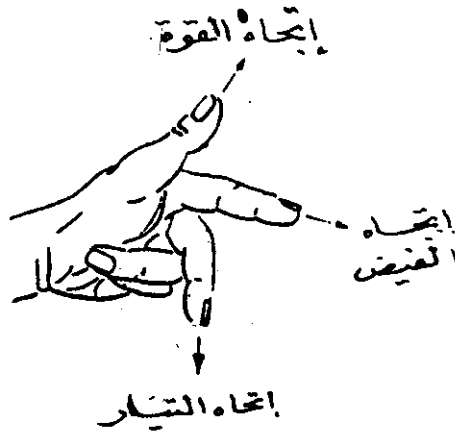


شكل خطوط الفيض لموصل دائري (١)
شكل خطوط الفيض لموصل مستقيم (ب)

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 تنويب ملح الحامض في كثير من الماء . ولصنع خلية بغمس 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. عرف المكافئ الميكانيكي للحرارة 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 (الكالوريمتر) 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 1.6×10^{-19} من الإلكترونات. أخذت وحدة التيار بمرور واحد كولوم في الثانية الواحدة ، وسميت 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 0.001118 جراماً من الفضة في الثانية الواحدة تحت ظروف معينة .

وفي التأثير الميكانيكي اعتبر 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 2×10^{-7} نيوتن للمتر الواحد لأي من الموصلين. التعريف من هذا التأثير لم يكن من الممكن تحقيقه عملياً ولكن تولدت على ضوئه فكرة الميزان التياراتي .

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 الكيمائي والتأثير الميكانيكي لمعايرة أجهزة قياس سهولة الصنع وسريعة الإستعمال مستخدمين بعض التأثيرات المختلفة للتيار الكهربائي

طريقة الميزان التلياري :

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

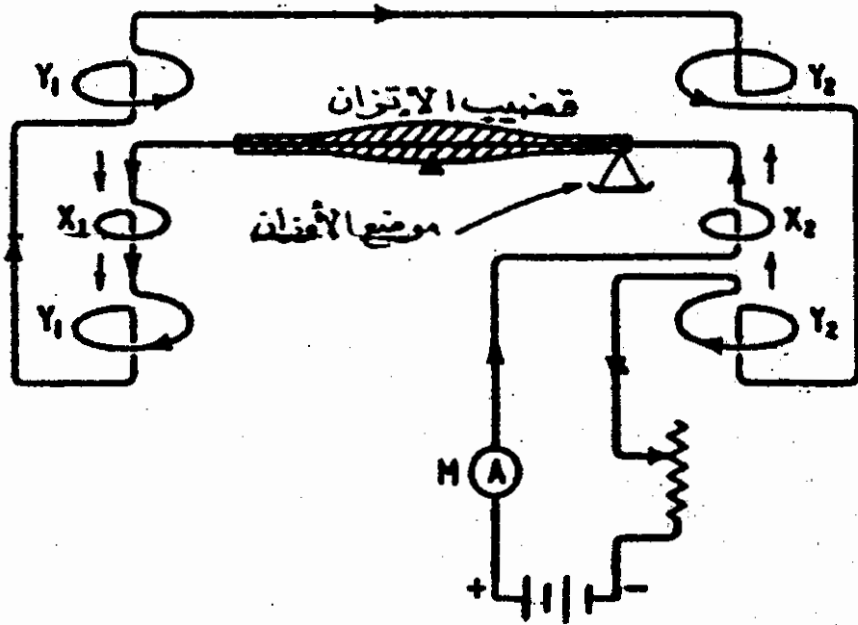
في ترتيب هذا الميزان تولد هذه القوة بنفس القاعدة التي يعمل بها المحرك البسيط المشروح سابقاً . وهي توليد قوة في موصل يحمل تياراً ويقع في فيض مغناطيسي . هذا الفيض ناتج من التأثير المغناطيسي لنفس التيار .

في الشكل إنذاه 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 :

المتر	وحدة الطول
الكيلو جرام	وحدة الكتلة
الثانية	وحدة الزمن
النيوتن	وحدة القوة
الجول	وحدة الطاقة
الجول للثانية الواحدة (الواط)	وحدة القدرة



الميزان الكهربائي
شكل (١٢)

تعريف مصطلحات

١- الشغل

الشغل في الكهرباء هو ما تقوم به القوة الدافعة الكهربائية في تحريك شحنة كهربائية من نقطة إلى أخرى .
قد تكون النقطتان طرفي مصدر تلك القوة 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 بتيار بينهما .
التيار الكهربائي يسري من نقطة ذات جهد معين إلى أخرى ذات جهد أقل . هذا الاتجاه هو عكس اتجاه 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)

$$\begin{aligned} \text{واط} &= \frac{\text{شغل}}{\text{شحنة}} \times \frac{\text{شحنة}}{\text{زمن}} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}} \times \frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}} \\ &= \frac{\text{شغل}}{\text{زمن}} = \frac{\text{جول}}{\text{ثانية}} \end{aligned}$$

الدائرة الكهربائية المقاومة

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 (تتناسب طردي) . وفيما يلي الصيغة الرياضية لقانون أوم :

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

ج - $V = I \times R$

ج - فرق الجهد بوحدة الفولت

ت - التيار بوحدة الأمبير

م - ثابت يعرف بالمقاومة ووحدته الأوم .

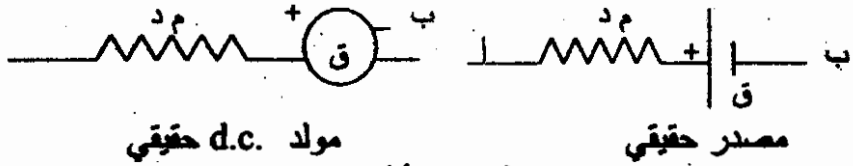
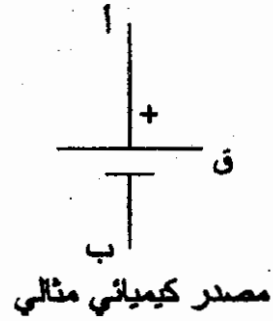
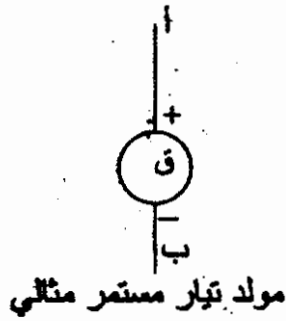
$$R = \frac{V}{I}$$

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 .

لأنه أشكال لبعض عناصر الدائرة :

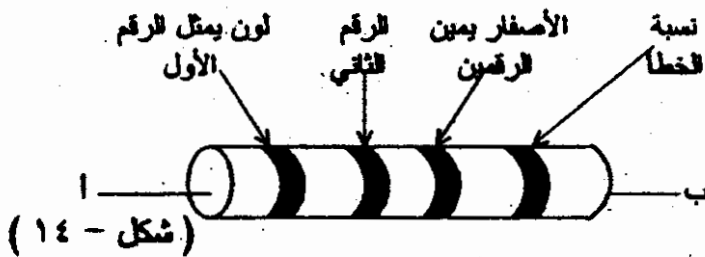


شكل (١٣ - ١)

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

مفتاح كهربائي ب ا شكل (١٣ - ب)

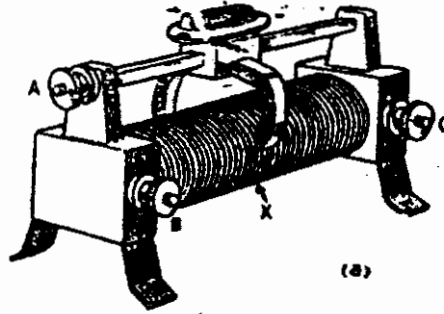
مقاومة ثابتة القيمة ب ا شكل (١٣ - ج)



مقاومة ثابتة من الكربون أو الخنف لاستعمالات القدرات الصغيرة

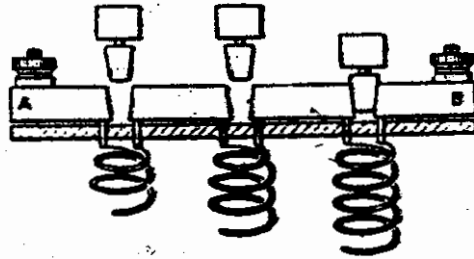
مقاومات متغيرة

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



شكل (١٥)

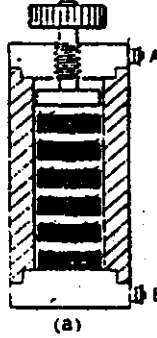
صندوق المقاومات : A و B طرفا التوصيل للدائرة بينهما عدد من المقاومات يمكن إدخالها في الدائرة بحنف الأجزاء من الثقوب وحذفها من الدائرة بإغلاق تلك الثقوب بتلك الأجزاء .



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 درجة حرارة معينة تعتمد قيمة المقاومة على طول الموصل (ل - بالأمتر) وعلى مساحة مقطعه (س - بالأمتر المربعة) وعلى المقاومة النوعية (من - أوم متر) التي هي خاصية للمادة التي صنع منها الموصل . تتناسب المقاومة مع هذه العوامل يبدو من المعادلة :

$$م = \frac{من \times ل}{س}$$

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

في الجدول التالي قيم المقاومة النوعية (من) لبعض المواد

المعامل الحراري للمقاومة عند ٢٠°م للدرجة الواحدة	المقاومة النوعية (أوم متر) عند درجة حرارة ٢٠°م	المادة
٠,٠٠٣٨	$10^{-8} \times 1,46$	الفضة
٠,٠٠٣٩٣	$10^{-8} \times 1,72$	النحاس
٠,٠٠٣٩١	$10^{-8} \times 2,83$	الألمنيوم
٠,٠٠٧	$10^{-8} \times 12,3$	الحديد
	٢٥٠٠	الميلكون (شبه موصل)
	10^{-11}	الورق
	$10^{-11} \times 5$	المايكا

بجانب اعتماد المقاومة على الأبعاد الشكلية فالمقاومة النوعية تعتمد أيضاً على درجة الحرارة للموصل . المقاومة ناتجة من اصطدام الإلكترونات عند تدفقها بالذرات وهذا يولد حرارة في المادة الموصلة . عند قيم تيارات عالية تنشط حركة الإلكترونات في اتجاهات مختلفة وتكثر الاصطدامات 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 مقسوماً على المقاومة عند درجة الحرارة المعينة . لحساب المقاومة عند درجة حرارة معينة (مثلاً ٢٠°) أنناه) نستخدم المعادلة الآتية :

$$٢٢ = ١ م \times [١ + (٢٥ - ١٥) \times \text{مع}]$$

٢٢ هي المقاومة عند درجة الحرارة ٢٥

١٢ هي المقاومة عند درجة الحرارة ١٥

مع المعامل الحراري للمادة المعينة عند درجة الحرارة ١٥ .

يعرف ١٥ بدرجة الحرارة للمقاومة

تعتبر قيم المقاومات محسوبة من المعادلة أعلاه تقريبية لكثير من المواد

عند درجات حرارة عالية ، فالنتاسب الطردي مع فرق درجتى الحرارة

(٢٥ - ١٥) لا يعطى 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 للمنيوم عند درجة حرارة ٢٠ مئوية هي $٢,٨٣ \times ١٠^{-٨}$ أوم متراً .

الحل :

$$\text{مساحة مقطع القطعة} = \frac{\pi}{4} \times \frac{(١,٦٢٦)^2}{١٠^{-٨}} \times \frac{٢٢}{٧} = \frac{\pi}{4} \times (١,٦٢٦)^2 \times ٢,٨٣ \times ١٠^{-٨} \times \frac{٢٢}{٧}$$

الطول = ١٠٠٠ متراً

$$\text{المقاومة} = \frac{١٠٠٠ \times (٢,٨٣ \times ١٠^{-٨})}{\frac{\pi}{4} \times (١,٦٢٦)^2 \times \frac{٢٢}{٧}} = ١٣,٦ \text{ أوم}$$

مثال (٢) :

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

الحل :

$$\text{مساحة المقطع بالأمتار المربعة} = (٣ \times ١٠^{-٢}) \times (\frac{١}{٢} \times ١٠^{-٢}) = ١,٥ \times ١٠^{-٤} \text{ متراً مربعاً}$$

من جدول المقاومات النوعية للنحاس عند درجة حرارة عشرون درجة مئوية هي $(١,٢٧ \times ١٠^{-٨})$ أوم متراً

$$\text{المقاومة المطلوبة} = \frac{(١,٢٧ \times ١٠^{-٨}) \times ٣}{١,٥ \times ١٠^{-٤}} = ٣٤٤ \times ١٠^{-٦} \text{ أوم}$$

مثال (٣) :

أوجد المقاومة النوعية (من) لمادة البلاتينيوم إذا كانت مقاومة مكعب أبعاده ١ سم هي 10^{-1} أوم .

الحل : مساحة المقطع = $(10^{-1} \times 10^{-1})^2 = 10^{-4}$ متراً مربعاً

الطول = $10^{-1} \times 10^{-1}$ متراً

$$\text{إن : } 10^{-1} \times 10^{-1} = \text{من} \times \frac{10^{-1} \times 10^{-1}}{10^{-4}}$$

$$\text{المقاومة النوعية من} = \frac{10^{-1} \times 10^{-1} \times 10^{-4}}{10^{-1}} = 10^{-9} \text{ أوم متر}$$

مثال (٤) :

سلك نحاس طوله ٠,٤ متراً ونصف قطره ٤ مم . مقاومته $10^{-1} \times 137,5$ أوم عند درجة حرارة عشرون درجة مئوية . أحسب المقاومة النوعية (من) للنحاس عند عشرين درجة مئوية .

الحل :

$$\text{مساحة المقطع} = \frac{10^{-1} \times 4}{2} \times \frac{22}{7}$$

$$\frac{10^{-1} \times 137,5}{\frac{22 \times \frac{10^{-1} \times 4}{2}}{7}} = \text{من} \times \frac{4}{2}$$

$$\text{من} = \frac{\frac{22 \times \frac{10^{-1} \times 4}{2}}{7} \times (10^{-1} \times 137,5)}{0,4}$$

$$= \frac{22 \times 10^{-1} \times 4 \times 10^{-1} \times 137,5}{7 \times 0,4}$$

$$\frac{22 \times 10^{-1} \times 137,5}{7} = \frac{22 \times 10^{-1} \times 4 \times 137,5}{1 - 10^{-4} \times 7}$$

المقاومة النوعية = $10^{-4} \times 4,32$ أوم.متراً

مثال (٥) :

المعامل الحراري للمقاومة لنوع من النحاس عند درجة صفر مئوية هو $0,00426$ للدرجة وعند درجة حرارة عشرون مئوية هو $0,00392$ للدرجة. لموصل من هذا النحاس مقاومة $0,6$ أوم عند درجة حرارة صفر مئوية و 6 أوم عند درجة حرارة عشرون مئوية . أحسب مقاومته عند درجة حرارة خمسة وثلاثون درجة مئوية أخذاً كل من درجتَي الحرارة أعلاه لمرجعية الاستنباط للمقاومة .

الحل :

إذا أخذنا الدرجة صفر كنزجة الاستنباط

$$\begin{aligned} \text{المقاومة} &= [(0 - 30) \times 0,00426 + 1] \times 0,6 \\ &= 30 \times 0,00426 \times 0,6 + 0,6 = 6,435 \text{ أوم} \end{aligned}$$

إذا أخذنا الدرجة عشرون مئوية كنزجة الاستنباط

$$\begin{aligned} \text{المقاومة} &= [(20 - 30) \times 0,00392 + 1] \times 6 \\ &= 0,1 \times 0,00392 \times 6 + 6 = 6,353 \text{ أوم} \end{aligned}$$

مثال : (٦)

ستلك نحاس مقاومته $0,00$ أوم عند درجة حرارة 10 مئوية . المعامل الحراري للمقاومة للنحاس عند درجة حرارة صفر مئوية هو $0,0043$ للدرجة أوجد مقاومته عند درجة حرارة 50 درجة مئوية .

الحل :

درجة الحرارة المرجعية لاستنباط هي صفر مئوية والمقاومة عندها م

$$\begin{aligned} \text{المقاومة عند درجة حرارة } 50 &= [(0 - 50) \times 0,0043 + 1] \times م \\ &= [(50) \times 0,0043 + 1] \times م \end{aligned}$$

$$\text{المقاومة عند درجة حرارة } 10 = \frac{[(0 - 10) \times 0,0043 + 1] \times \rho}{0,0043 + 1}$$

$$\text{بالقسمة} \quad \frac{\text{المقاومة عند درجة حرارة } 10}{\text{المقاومة عند درجة حرارة } 0} = \frac{[(0 - 10) \times 0,0043 + 1] \times \rho}{[(0 - 0) \times 0,0043 + 1] \times \rho}$$

إذا كانت المقاومة عند درجة حرارة 0 هي ρ .

$$\text{النسبة أعلاه} = \frac{0,0043 + 1}{0,0043 + 1} = \frac{0,0043 + 1}{0,0043 + 1}$$

$$\rho = 0,0043 + 1 = \frac{1,215 \times 0,0043 + 1}{1,0645} = \frac{(0,215 + 1) \times 0,0043 + 1}{1,0645 + 1} = 0,0043 + 1 = 0,0043 + 1$$

تمارين (٣)

١. كم عدد البروتونات في شحنة مقدارها $6,8 \times 10^{-12}$ كولوم ؟
٢. لوجد التيار الساري في مصباح إضاءة إذا تحركت شحنة :
 - I. ٦٠ كولوم في ٤ ثواني .
 - II. ١٥ كولوم في دقيقتين .
 - III. 10^{-2} 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 لحسب الزمن لتنفق
 - I. ٢٠ كولوم بتيار 10×10^{-10} أمبير
 - II. 12×10^{-10} كولوم بتيار 3×10^{-10} أمبير
 - III. $2,58 \times 10^{-10}$ إلكترون بتيار $10^{-10} \times 64,2$ أمبير

٥. أوجد مقاومة سلك تنجستان عند درجة حرارة ٢٠ مئوية إذا كان طوله خمسة أمتار وقطره ٠,٣٧٦ مم . 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 مئوية . 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 (ج فولت) على طرفيها . فالقدرة بالواط (قد) اعتمادها على ت أو ج كما يلي :

$$\text{قد} = \text{ج} \times \text{ت} \quad (\text{واط})$$

$$\frac{\text{ج}}{\text{م}} = \text{ت} \quad \text{من قانون أوم}$$

$$\text{ج} = \text{م} \times \text{ت}$$

بتعويض عن ت في معادلة قد أعلاه

$$\frac{\text{ج}}{\text{م}} = \text{قد}$$

وبتعويض ج في معادلة قد

$$\text{قد} = \text{ت}^2 \times \text{م} \quad (\text{واط})$$

هذه القدرة مبددة في شكل حرارة في المقاومة

مثال :

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

الحل :

$$\begin{aligned} \text{من قانون أوم} \quad \text{ج} &= \text{ت} \times \text{م} \\ \text{ج} &= ١٢٠ \text{ فولت} \\ \text{ت} &= ٠,٨٣٣٣ \text{ أمبير} \end{aligned}$$

$$P = \frac{120}{0,8333} = 144 \text{ واط}$$

$$P_d = P_j \times t = 0,8333 \times 120 = 99,99 \text{ واط}$$

وباستخدام القانون ($P_d = M \times t$)

$$\therefore P_d = M \times t = 0,8333 \times 144 = 99,99 \text{ واط}$$

مثال :

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

الحل :

$$P = 8,27 \text{ واط}$$

$$I = 13,9 \text{ أمبير}$$

$$P = M \times I$$

$$= 8,27 \times 13,9 = 115 \text{ فولت (لأقرب عدد صحيح)}$$

مثال:

في الدائرة الموضحة أدناه V جهاز يقيس فرق الجهد 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 للبطارية 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 :

$$P = M \times I$$

$$18 = 3 \times M$$

$$\therefore M = \frac{18}{3} = 6 \text{ واط}$$

إن المقاومة الكلية (م ك) ، حيث م ك = ٦ + م د
 الجهد المسلط على هذه المقاومة الكلية هو ٢٠,٢ فولت

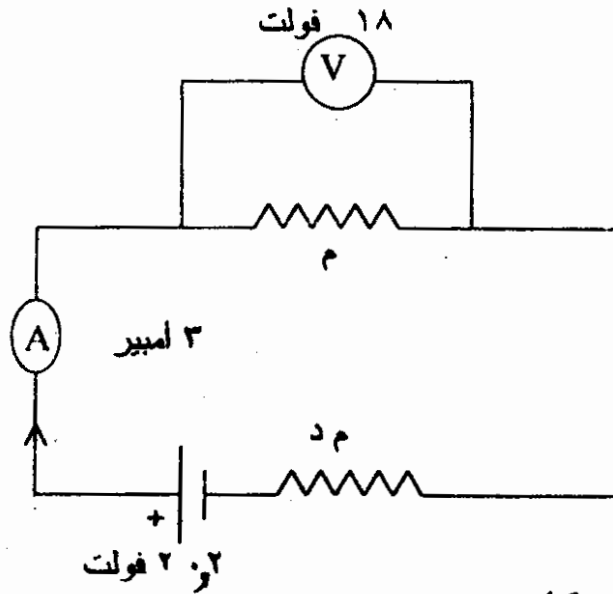
ج = ت × م ك

$$\text{من قانون أوم } ٢٠,٢ = ٣ \times م ك = ٣ \times (٦ + م د)$$

$$١٨ + ٣ م د = ٢٠,٢$$

$$\text{إن } ٣ م د = ٢٠,٢ - ١٨ = ٢,٢$$

$$م د = \frac{٢,٢}{٣} = ٠,٧٣٣٣ \text{ أوم}$$



الحل بطريقة أخرى :

القدرة في المقاومة م :

$$(١) \quad \text{قد} = ج \times ت = ١٨ \times ٣ = ٥٤ \text{ واط}$$

$$(٢) \quad \text{قد} = ت^2 \times م = ٣^2 \times ٠,٧٣٣٣ = ٦,٥٩٩٩ \text{ واط}$$

$$\text{قد} = ٣ \times ٣ \times ٠,٧٣٣٣ = ٦,٥٩٩٩ \text{ واط}$$

$$\text{قد} - 9 \text{ م} = 54 \text{ واط}$$

$$\therefore \text{م} = \frac{54}{9} = 6 \text{ لوم}$$

$$\text{قد} = \text{ج} \times \text{ت}$$

$$\text{القدرة الكلية في الدائرة قد} = 3 \times 20,2 = 60,6 \text{ واط}$$

$$\text{القدرة في (م د)} = \text{ت}^2 \times \text{م د}$$

$$= 3^2 \times \text{م د} = 60,6 - 54 = 6,6 \text{ واط}$$

$$\therefore \text{م د} = \frac{6,6}{9} = 0,7333 \text{ لوم}$$

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 .

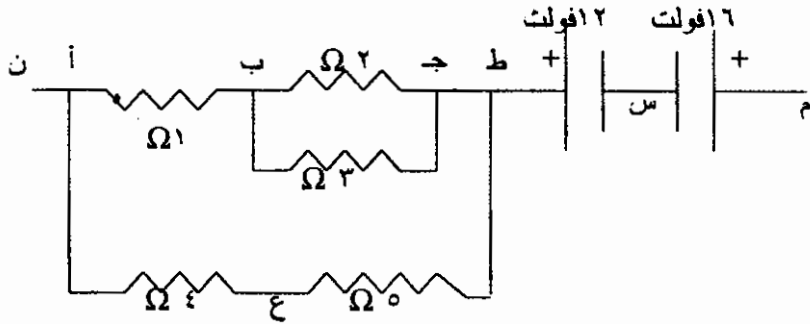
يستوجب هذا الاستبدال أن يكون تأثير وجود المصدر البديل أو المقاومة البديلة بين النقطتين نفس تأثير المجموعة المستبدلة وبذلك لا تتأثر قيم الكميات الكهربائية في الأجزاء الأخرى للدائرة الموصلة من عند النقطتين .

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

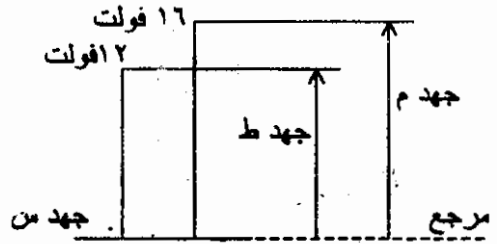
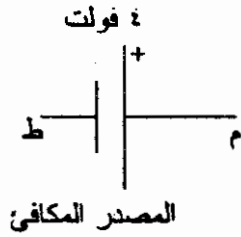
توصف التوصيلة بتوصيلة توازي عندما يكون طرف واحد لكل عنصر موصل إلى نفس النقطة مباشرة والطرف الآخر لكل منهم موصل مباشرة إلى نقطة واحدة ثانية .

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 :

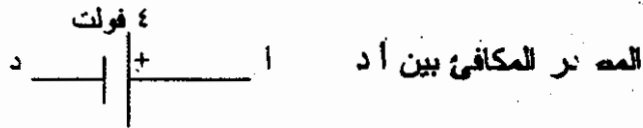
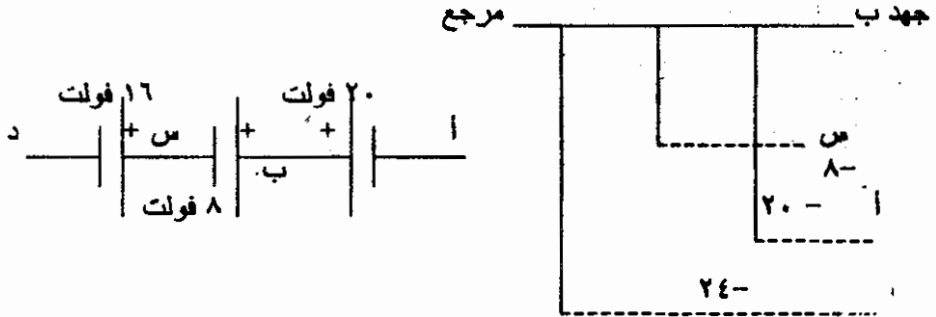


هناك مصدران بجهد ١٦ فولت و ١٢ فولت موصلين بالتوالي عند نقطة التوصيل س بتوصيل قطبيها السالبيين ببعض . نقصد بالمصدر المكافئ لهما المصدر الواحد الذي إذا وصل بين النقطتين م و ط يكون له جهد يساوي فرق الجهد بين هاتين النقطتين . معرفة هذا الفرق تستوجب جمع مخارج المصدرين جبرياً . ابتداءً من النقطة م ووصولاً إلى النقطة س هناك هبوط في الجهد مقداره 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.



بهذا نستنتج 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 (ج أ) وجهد النقطة د هو (ج د)

$$ج د = (ج ا) + ٢٠ - ٨ - ١٦$$

طرح (ج د) من (ج ا) يعطي المتبقي من جهد أ وهو

$$(١٦ + ٨ + ٢٠ -) = ٤ فولت$$

وإذا طرحنا جهد أ من جهد د نجد الباقي

$$٢٠ - ٨ - ١٦ = ٤ فولت . في الحالتين نلاحظ أن جهد النقطة أ اكبر$$

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. للمقاومتين ٤ و ٥ موصلتين بالتوالي

٢. للمقاومتين ٢ و ٣ موصلتين بالتوازي

٣. المقاومة ١ ليست لها توصيلة توالي أو توازي مع أي من المقاومات .

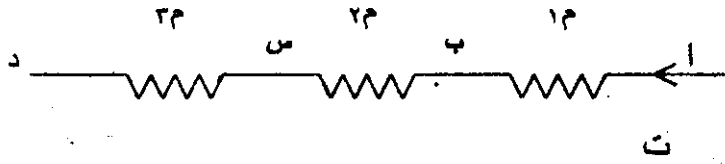
ليضا من المظاهر الموضحة لحالتي توصيلة التوالي والتوازي للمقاومات أنه في حالة توصيلة التوالي إذا سري تيار في واحدة من المقاومات الموصلة بالتوالي لا بد أن يسري نفس التيار في بقية المقاومات . وفي حالة التوازي كل المقاومات الموصلة بالتوازي لها نفس فرق الجهد بين أطرافها .

حساب المقاومة المكافئة :

المقاومات الموصلة بالتوالي

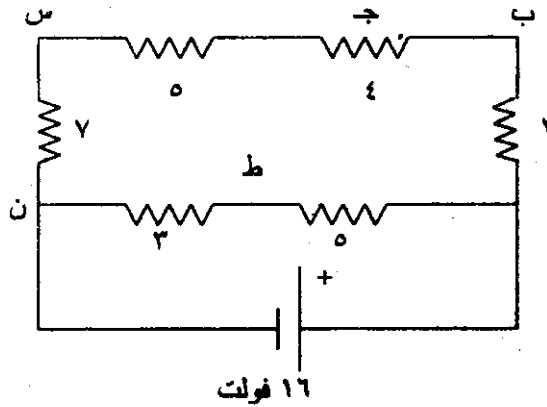
إذا أخذنا مقاومات ثلاث قيمها بالأوم ١^٤ و ٢^٤ و ٣^٤ والتيار المساري فيهم نتيجة لوجودها في دائرة كهربائية هو ت أمبير وفرق الجهد على طرفي كل منها بالترتيب هو (ت × ١^٤) و (ت × ٢^٤) و (ت × ٣^٤) فولت .
فرق الجهد الكلي ج فولت هو

$$ج = ت \times (١^٤ + ٢^٤ + ٣^٤) \text{ لوم}$$



إذا كتبنا مج م = (١م + ٢م + ٣م) لوم
 إذن ج = (ت × مج م) فولت

في الشكل أعلاه نستطيع أن نقول أنه إذا استبدلنا المقاومات الثلاث بمقاومة واحدة قيمتها مج م تساوي (١م + ٢م + ٣م) يسري فيها التيار ت سيكون فرق الجهد هو ج . 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 :

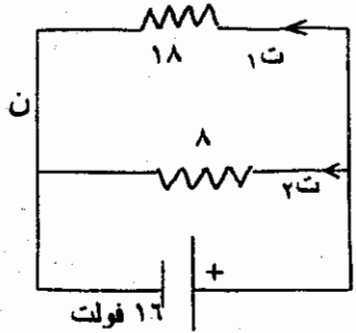


لوجد المقاومة المكافئة للمقاومات الموصلة على التوالي في الدائرة أعلاه ومن ثم أحسب التيار الساري في كل مقاومة .

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 I_1 وفي الفرع الثاني هو I_2

$$I_1 = \frac{16}{18} = ٠,٨٨٨٩ \text{ أمبير}$$

$$I_2 = \frac{16}{8} = ٢ \text{ أمبير}$$

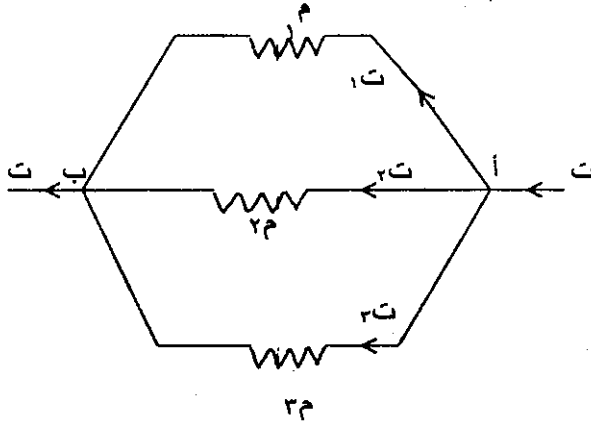
بما أن المقاومات الموصلة بالتوالي يسري فيها نفس التيار فالتيار
الساري في جميع المقاومات في الفرع أ ب جـ س ن هو $٠,٨٨٨٩$ أمبير
والساري في المقاومتين في الفرع أ ط ن هو ٢ أمبير .

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 ج بالفولت ، والتيارات في المقاومات هي I_1 و I_2 و I_3 من القانون ج = $I \times R$.

$$ج = I_1 \times R_1 = I_2 \times R_2 = I_3 \times R_3$$

من هذا :



$$I_1 = \frac{ج}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{ج}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{ج}{R_3}$$

التيار الكلي $I = I_1 + I_2 + I_3$
بالتعويض عن التيارات الثلاثة

$$I = \frac{ج}{R_1} + \frac{ج}{R_2} + \frac{ج}{R_3}$$

$$I = ج \times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

إن

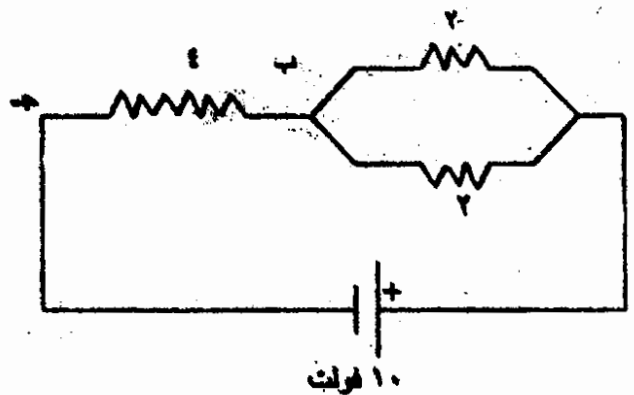
$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{I}{ج}$$

من قانون أوم ($\frac{U}{R}$) هو معكوس مقاومة . إذن إذا وجدت مقاومة معكوسها يساوي ($\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$) فستكون النسبة ($\frac{U}{R}$) لها نفس القيمة بوجود هذه المقاومة البديلة بين أ ب . ولن تتأثر بقية الدائرة الموصلة بين أ ب . هذه هي المقاومة المكافئة (R_m) للمجموعة الموضحة أعلاه . تحسب في هذه الحالة من المعادلة $\frac{1}{R_m} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ تقع هذه النتيجة على أي عدد من المقاومات موصلة بالتوازي

أمثلة :

مثال (١) :

في الدائرة لنأخذ المقاومة المكافئة بين النقطتين أ و ب . ومن ثم لحسب التيار الساري فيها وفرق الجهد بين أ ب و ب ج .

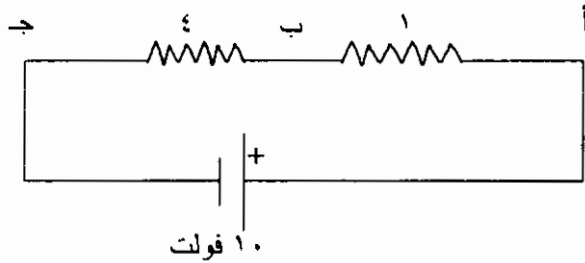


الحل :

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

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{1}{M}$$
$$M = 1 \text{ أوم}$$

تصبح الدائرة المكافئة الآن:



المقاومة المكافئة بين أ ب = 4 + 1 = 5 أوم

$$\text{التيار (ت) } = \frac{10}{5} = 2 \text{ أمبير}$$

من قانون أوم :

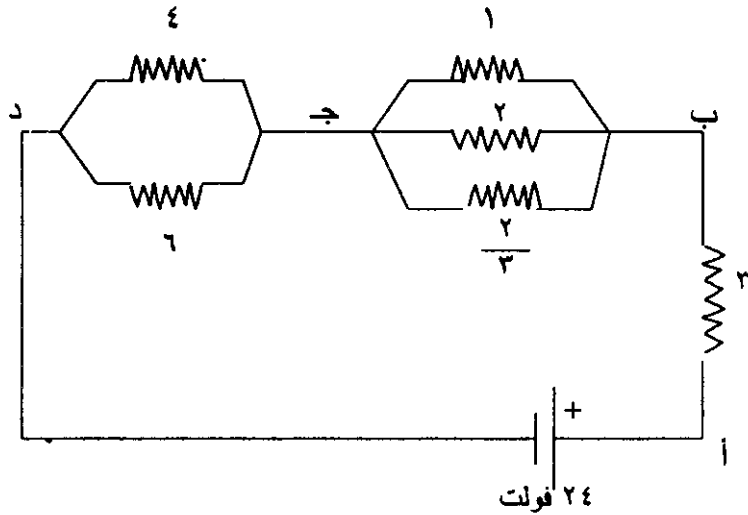
$$\text{فرق الجهد بين أ ب} = 2 \times 1 = 2 \text{ فولت}$$

$$\text{فرق الجهد بين ب ج} = 4 \times 2 = 8 \text{ فولت}$$

$$\text{أو فرق الجهد بين ب ج} = 10 - \text{فرق الجهد بين أ ب} = 10 - 2 = 8 \text{ فولت}$$

مثال (٢) :

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



الحل :

نرمز للمقاومة المكافئة بين ب ج بالرمز (R_{BG}) وبين ج د بالرمز (R_{GD}) .

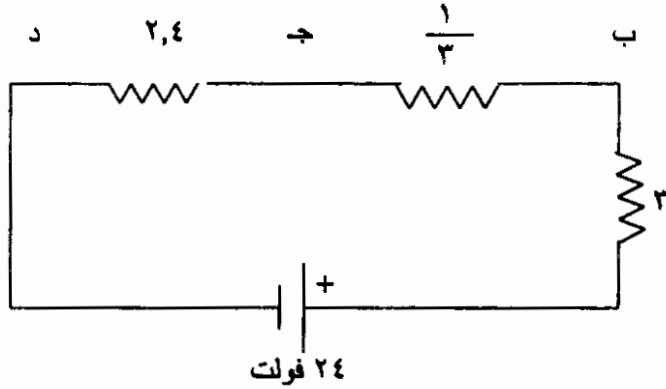
$$R_{BG} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{\frac{2}{3}}} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{3}{2}} = \frac{1}{\frac{5}{2}} = \frac{2}{5} \text{ أوم}$$

$$R_{GD} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{1}{6}} = \frac{1}{\frac{3}{12} + \frac{2}{12}} = \frac{1}{\frac{5}{12}} = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ أوم}$$

$$R_{BD} = R_{BG} + R_{GD} = \frac{2}{5} + 2.4 = 2.8 \text{ أوم}$$

$$I = \frac{V}{R_{BD}} = \frac{24}{2.8} = 8.57 \text{ أمبير}$$

المقاومة المكافئة بين أ د = $3 + \frac{1}{3} + 2,4 = 5,733$ أوم
 التيار في الدائرة = $\frac{24}{5,733} = 4,186$ أمبير



فرق الجهد بين ب ج = $\frac{1}{3} \times 4,186 = 1,3953$ فولت
 التيار في المقاومة 1 أوم = 1,3953 أمبير

التيار في المقاومة 2 أوم = $\frac{1,3953}{3} = 1,6977$ أمبير

التيار في المقاومة $\frac{2}{3}$ أوم = $\frac{1,3953}{\frac{2}{3}} = 2,093$ أمبير

فرق الجهد بين طرفي ج د = $4,186 \times 2,4 = 10,0464$ أمبير

التيار في المقاومة 4 أوم = $\frac{10,0464}{4} = 2,5116$ أمبير

التيار في المقاومة 6 أوم = $4,186 - 2,5116 = 1,6744$ أمبير

التيار في المقاومة 3 أوم = 4,186 أمبير

القدرات المستهلكة في المقاومات :

$$P = I^2 \times R$$

$$\text{في المقاومة ٣ أوم} = 24,186 \times 3 = 17,523 \times 3 = 52,568 \text{ واط}$$

$$\text{في المقاومة ١ أوم} = 24,186 \times 1 = 1,947 \text{ واط}$$

$$\text{في المقاومة ٢ أوم} = 24,186 \times 2 = 0,9736 \text{ واط}$$

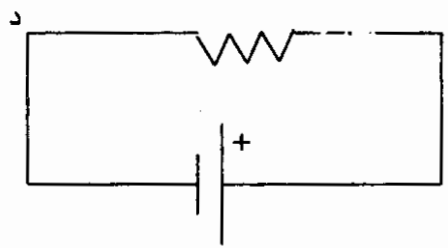
$$\text{في المقاومة } \frac{2}{3} \text{ أوم} = 24,186 \times \frac{2}{3} = 2,9204 \text{ واط}$$

$$\text{في المقاومة ٤ أوم} = 24,186 \times 4 = 25,233 \text{ واط}$$

$$\text{في المقاومة ٦ أوم} = 24,186 \times 6 = 16,822 \text{ واط}$$

الدائرة المكافئة المبسطة هي كما يلي في الشكل أدناه :

$$(\text{المقاومة المكافئة بين أ ، د}) = 5,733$$



٢٤ فولت

بما أن الدائرة المكافئة تمثل الدائرة الأصلية يمكن الحصول على :

$$I. \text{ القدرة في مجموعة المقاومات بين ب ج} = 24,186 \times \frac{1}{3} = 5,84 \text{ واط}$$

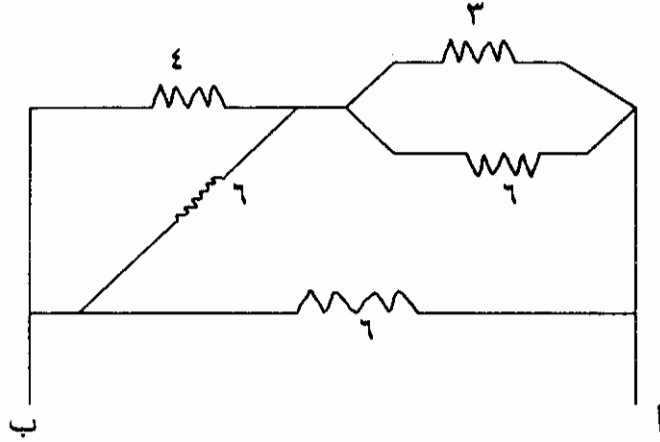
$$II. \text{ القدرة في المقاومتين بين ج د} = 24,186 \times 2,4 = 42,05 \text{ واط}$$

$$III. \text{ مجموع القدرات في جميع المقاومات} = 24,186 \times 24 = 100,464 \text{ واط}$$

$$\text{كذلك القدرة الكلية} = 24,186 \times 5,733 = 100,46 \text{ واط}$$

تمارين (٤)

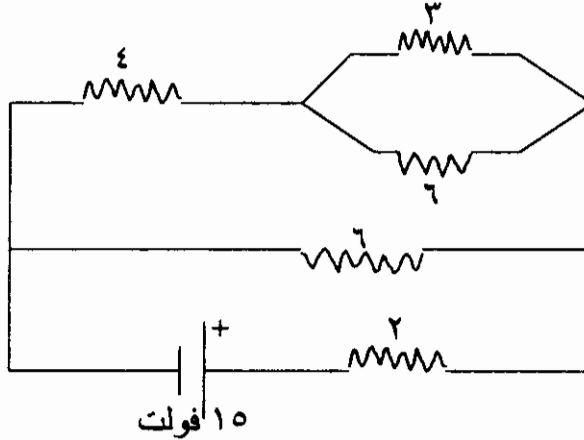
١. أوجد المقاومة المكافئة للمقاومات بين أ ب في الدائرة أدناه .

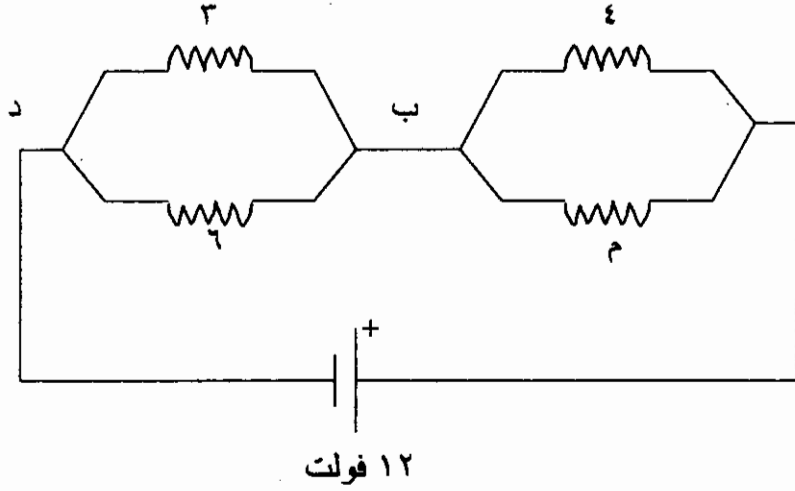


٢. في الدائرة للسؤال (١) أعلاه إذا كان هناك تيار ٦ أمبير في المقاومة ٤ أوم أوجد فرق الجهد بين أ ب .

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 .

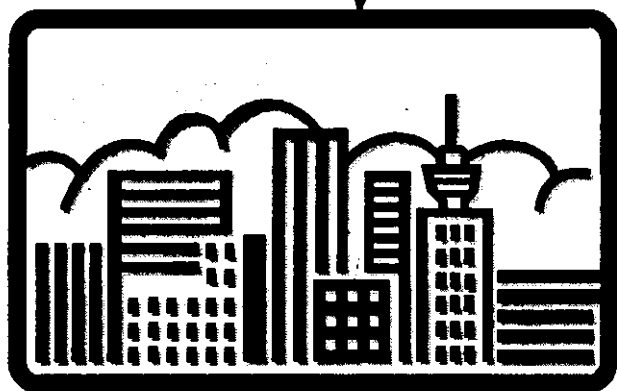




٧. في الدائرة للسؤال (٦) أعلاه أحسب المقاومة م إذا كانت نسبة فرق الجهد بين أ ب مقسوماً على فرق الجهد بين ب د هي $\frac{4}{V}$.
- أحسب التيار الذي سيمر في الدائرة في هذه الحالة .

الباب الرابع

الهندسة



المدينة والعمارة

مقدمة الهندسة المدنية والعمارة

تسعى 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 والأجر 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 ومبديعيها . فمثلاً استخدم السابقون الأخشاب مع الطوب النيئ والحجارة للبناء والتشييد بالإضافة للتبن والكلأ ، وشيد الأقدمون الأبنية والقصور ودور العبادة من الحجارة (الأهرامات في مصر والبارثيون في اليونان والكلوسيوم في روما) ، ثم استخدم الإغريق مونة الجير ، واستتبطن الرومان مونة الأسمنت الهيدروليكي لبناء القباب والقصور والمسارح والحمامات والفنّي المائية لأغراض الري والشرب والصرف ، وطور الفينيقيون صناعة الزجاج بالنفخ ، مما مكن الرومان من صنع الألواح الزجاجية . وطور جون سميثون 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 وتحمل الأخرى إجهادات الضغط لزيادة الكفاءة والتحمل .

وتفرّدت 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 الدواب إلى السيارة فالقاطرات

فالتصاريخ فالمكوك وارتياذ الفضاء مما تطلب معه تطور صناعة تعبيد الطرق وشق الأنفاق وعلوم النقل عبر الموانع (السواحل 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 الموانع) وهندسة النقل والاتصالات (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 لفنروفيوس) . 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 ، وكنييسة 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 بأروقته 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 وتتادي بالتواضع وتبشر بالمساواة وتدعو للسلام .

(١) مواد البناء اللاصقة

أ - الأسمنت

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 حوالي ١٥٠ متر وبقطر يبلغ ٤ أمتار . وتدور هذه الأسطوانة مائلة على محورها ببطء شديد حتى تتساب 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 الجبس 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 الواحد منها ٥٠ كيلو جرام .

أنواع الأسمنت

١ - الأسمنت البورتلاندي العادي - Ordinary portland cement

هو الأسمنت البورتلاندي العادي والسريع التصلد المستعمل في جميع الأعمال .

٢ - الأسمنت الأبيض : يستعمل للزينة وهو من أجود الأصناف ومستوفياً 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 الجبس 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 المطفا (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 يطفا الجير الحي بالماء العذب قبل استعماله بوقت كافٍ لتبريده . وأن تتوفر فيه صفات التجانس والاندماج والليونة وأن ينخل قبل الاستعمال وذلك للتخلص من المواد الصلبة والشوائب .

- الجير المطفاً 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 فيه عن ٩٥ % منه.

ج - الجبس والمصيصة

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 المصيصة 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 بطيء التصلد مقارنة بالجبص العادي . إذ أنه يتصلد بعد مضي إثنتي عشرة ساعة بعد مزجه بالماء .

د - أنواع المونة :

١ - 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 وفعاليتها 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 لاكماله . فزيادة نسبة الماء تضعف المونة لأنها تنتج

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

كما أن زيادة نسبة الأسمنت مضرة تماماً كقلته لذلك يجب قياس هذه المواد ((الأسمنت والرمل والماء)) قياساً مبنياً على أسس علمية صحيحة .
ومواد المونة تقاس بالوزن وبال حجم . وفي الأعمال البسيطة التي لا تحتاج لدقة متناهية تقاس نسب خلطة المونة بالصفحة . فكيس الأسمنت (سعة ٥٠ كيلو جرام) به صفيحتان من الأسمنت ويقدر المتر المكعب من المونة أو الرملة أو الخرسانة بثمانية وأربعين صفحة مع ملاحظة أن هذه المواد تتكامل مع بعضها لتقيل الفجوات الناتجة لتتصهر في كتلة واحدة حجمها ٤٨ صفحة وعندما يتبخر الماء تكون هناك مسامات .

وعليه فان مونة الأسمنت تحسب مكوناتها كالآتي :

١ - مونة الأسمنت ١ : ٢

أي صفحة 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)) لتقيل عيون المياه الجوفية غير المرغوب فيها في المساحات المرشحة لقيام المباني الشاهقة .
والمتر المكعب من هذه المونة يحتاج من الأسمنت حسب المعادلة التالية : -

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

$$\text{كمية الأسمنت} = \frac{48}{2} = 24 \text{ صفحة أسمنت}$$

أي ١٢ كيس أسمنت

ب - مونة أسمنت ١ : ٣

تستعمل هذه المونة في أحواض التحليل اللاهوائي كمونة بياض .
وكمية الأسمنت في المتر المكعب منها = $\frac{48}{3} = 16$ صفحة أسمنت
أي ٨ أكياس أسمنت

ج - مونة أسمنت ١ : ٤

تستعمل هذه المونة عادةً لتثبيت ((لزق)) أنواع من البلاط كالبلاط الصيني ((القبيشاني)) ولكن أحياناً نستعملها كلباني لخياطة شقوق الصخور القابلة للتأسييس عليها وأحياناً نستعملها في مرمرات 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 وهي الأكثر شيوعاً .

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 الذي تخطط فيه المونة ويسمى (الملطم) ملئ بالحركة حيث تصنع المونة الأسمنتية والجيرية والخرسانية وكل أنواع المونة لتغطية السقوف والحيطان (لطليات) أو لزوم المرمرات أو كسر حافة الأركان والحواف الحادة المثلثة .

وبه من 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 لبعدها البعض أو المجموع بالحجم أو بالوزن يقود إلى عواقب وخيمة . مسؤوليات جسام يصعب تلافيها أو إصلاحها .

وعليه يجب إبعاد الملطم من مهب الرياح وأن يكون على مكان مرتفع عن سطح الأرض ويجب أن تتظف 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 بوحدة 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 البنين .

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

أما حجم البنين فيساوي طول البنين × إرتفاعه × سمكه

وعادة يعبر عن سمك البنين : بطوبة، وطوبة ونصف، وطوبتان . ومقاس الطوبة الواحدة في للبنين يساوي ٢٥ سم أي $\frac{1}{4}$ متر . وطوبة ونصف يساوي $\frac{1}{3}$ متر وطوبتان يساوي السمك $\frac{1}{2}$ متر .

مثال :

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

الحل :

حجم البنين = الطول × الإرتفاع × السمك

$$= ١٨ \text{ متر} \times ٢ \text{ متر} \times \frac{1}{3} \text{ متر} = ١٢ \text{ متر مكعب}$$

والمتر المكعب من البنين يحتاج إلى كيس واحد من الأسمنت في

الخلطة ١ : ٨

∴ كمية الأسمنت المطلوبة = $١٢ \times ١ = ١٢$ 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 بإفرازات المصانع والحيوان ومخلفات النبات .

وهي عدة أنواع منها :

أ - خرسانة مسلحة ١ : ١/٢ : ٣

(وتعني صفيحة أسمنت + ١/٢ صفيحة رمل + ثلاث صفائح حصى) .

تستعمل هذه الخلطة في أعالي الأعمدة ((الخوازيق)) الخرسانية التي يراد إرسالها 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 للنسب الآتية :

$$\text{مجموع النسب} = ٢ : ٣ : ٦ = ١١$$

$$\therefore \text{كمية الأسمنت} = \frac{٢ \times ٤٨}{١١}$$

$$\text{كمية الرمل} = \frac{٣ \times ٤٨}{١١}$$

$$\text{كمية الزلط} = \frac{٦ \times ٤٨}{١١}$$

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 ١/٢ : ٥
تستعمل هذه الخلطة كثيراً لتشييد خرسانة الأرضيات في مناطق التربة الطينية السوداء (Cotton soil) - فمن الخصال السيئة لهذه التربة أنها (تمتص) الرطوبة الموجودة في الهواء - فتتفخ 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 تسلك 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) الأساسات

هذا هو جزء المبنى الملامس للأرض والذي 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 . وفي الحقيقة فإن علاقة الأساس بالتربة هي علاقة لصيقة - أي لا يمكن أن تذكر الأساس بدون أن يدور بخلدك نوع التربة - حجرية ، رملية ، مخلوطة من الحجرية والرملية أو الطينية - ومدى تعرض التربة للمياه. ولذلك فإن 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 لإنشاء 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 الاختبار لمعرفة العمق الذي توجد فيه للتربة 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 تتركز على تربة صخرية تعتبر أساسات صناعية. فالصخر يمكن البناء عليه مباشرة بعد خياطة الشقوق الناتجة عن وهج الشمس باللبناني الثقيل ((مونة كمية الأسمنت فيها كبيرة - ١ : ٣)) .
أما الأساسات الصناعية فهي كل أنواع الأساسات المصنوعة من المواد البنائية المختلفة وتختصر في نوعين رئيسيين :

- أ - أساسات عادية بوضع فرشاة تحت البناء من الخرسانة العادية أو المسلحة .
- ب - أساسات عميقة من الخوازيق ((عمدان خرسانية)) .

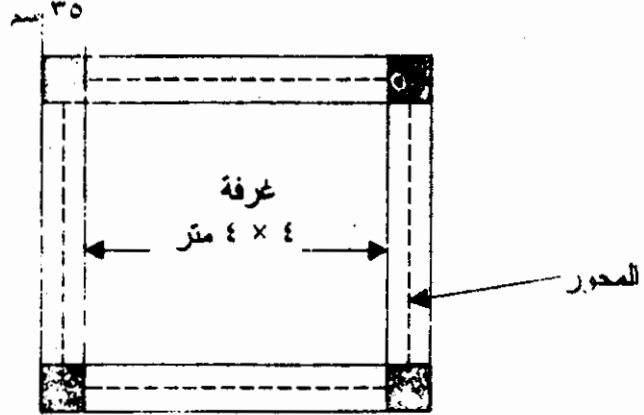
وقد بنيت نظرية الفرشاة على توزيع الحمل الكلي على مسطح من التربة بشرط ألا تزيد شدة الضغط الناتجة على وحدة السطوح تحت الأساسات على ما تتحملة هذه التربة بأمان. وعلى ذلك تكون مساحة الأساس أكبر من مساحة حائط المنشأ نفسه فتبرز الفرشاة عنه في جميع الاتجاهات .
وتقوم الخوازيق بنقل الحمل إلى الطبقات التي تدق إليها، إما للارتفاع بصلابتها وكبر قوة تحملها، وإما للارتفاع 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. الخوازيق الخشبية.
- وقد استعملت الخوازيق الخرسانية لمباني المجمعات السكنية لكثير من المباني في السودان .

طرق استخراج المحور

- ١- طريقة استخراج المحيط لغرفة 4×4 متر مبنية بقلاب ونصف ($1\frac{1}{2}$ طوبة). أي سمك ٣٥ سم



المحور هو (طول الخط الذي يمر بم منتصف الحائط زوايا الأركان الأربعة) وبدونه لا يمكننا أن نقوم بعمليات التكعيب المختلفة - يعنى كمية الحفر بالمتر المكعب للغرفة أعلاه يستوجب معرفة المحور أولاً ثم ضربة في عمق وعرض الحفر .

والمحور للغرفة الموضحة = الطولين + العرضين + ٤ أركان وتكتب هذه المعلومة بأسلوب المقاييس هكذا :

$$17,40 = 1,4 + 16 = 4 \times 0,35 + 2 \times 2 \times 4$$

- ٢- طريقة استخراج المحور لغرفة 4×4 متر مبنية بقلاب واحد ((طوبة واحدة)) أي ٢٥ سم

وفي هذه الحالة يكون المحور $17,00 = 4 \times 0,25 + 2 \times 2 \times 4$ متر طولي .

(٣) المقاييسات والتثمين

التكعيب

التكعيب هو أن نتعامل مع العمق الثالث. وهو الوسيلة المفضلة لمعرفة كمية الخام والمصنع من المواد البنائية . فإذا عُرفت 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 والرمل والظلط في عشرة أمتار مكعبة من الخرسانة المسلحة بعد الإطلاع على القطاعات والمواصفات .

١ - طريقة إيجاد كمية الحفر اللازمة لعرفه $4 \times 4,5$ متر من قنابل ونصف إذا كان عمق الحفر $1,2$ متراً وعرض الأساس 80 سم
الحفر = | محور الأساس \times عمق الحفر \times عرض الأساس |

المحور = الطولين + العرضين + ٤ أركان

المحور = $4 \times 2 + 4,5 \times 2 + 4 \times 0,35 = 18,4$ متر

وعليه تكون كمية الحفر = المحور \times العمق \times عرض الأساس

$18,4$ متر $\times 1,2$ متر $\times 0,8$ متر = $17,664$ متر مكعب

نحسب تكلفة الحفر وفقاً للقاعدة الآتية :-

كمية الحفر بالمتر المكعب \times سعر حفر المتر المكعب

إذا افترضنا أن سعر حفر المتر المكعب 550 ديناراً فإن تكلفة حفر

الأساس أعلاه تكون

$17,664 \times 550 = 97102$ ديناراً

ب - إيجاد كمية الخرسانة المسلحة في بيم الأرض لنفس الغرفة في المثال أعلاه إذا كان عرض ((بيم الأرض)) ٣٠ سم وعمقه ٤٠ سم

بنفس الطريقة تكون كمية الخرسانة المسلحة = المحور × عرض البيم × العمق
 $= ١٨,٤ \times ٠,٣٠ \times ٠,٤٠ = ٢,٢١$ متر مكعب.

فإذا كانت نسبة الظلط في الخرسانة هي ٨٠ % والرمل ٤٠ % أحسب كمية الظلط المطلوبة .

إذا كان هذا البيم مسلح بثلاث سيخات فوق وأربع تحته من الحديد $\frac{1}{2}$ بوصة حسب العادة المتبعة أو الغالبة فإن كمية الحديد نصف بوصة المطلوبة = المحور × عدد السيخات

$$= ١٨,٤ \times ٧ = ١٢٨,٨ \text{ أي } ١٢٩ \text{ متر طولي}$$

وبما أن طول السيخة دائماً ٦ متر فإن الحديد المطلوب هو .

$$\frac{١٢٩}{٦} = ٢٢ \text{ سيخة } \frac{1}{2} \text{ بوصة طول } ٦ \text{ متر}$$

ج - التبريع

لفظ المتر المربع يستعمل كوحدة إنتاج لكثير من البنود كالبنين والبلاط والبياض... إلخ

١ - حساب البلاط لغرفة ٤ × ٤ متر
 بسمك قالب ونصف

$$\text{فكمية البلاط} = ٤ \times ٤ = ١٦ \text{ متراً مربعاً بلاط}$$

٢ - حساب كمية البياض للمثال السابق لارتفاع ثلاثة أمتار
 داخلياً وأربعة أمتار من سطح الأرض خارجياً

$$\text{مساحة الجدران} = \text{المحيط} \times \text{الارتفاع}$$

$$= 4 \times 4 \times 3 = 48 \text{ متراً مربعاً}$$

∴ كمية البياض = 48 متراً

ومن المتبع أن مساحة فراغات الأبواب والشبابيك لا تخصم من المساحة الكلية للبياض الداخلي إلا إذا زادت مساحة الباب أو الشباك عن 2 متر مربع. لأننا لو خصمنا سوف نضيف مساحة الكتوفة والمعايير والجلس وهي مساوية لمساحة الباب أو الشباك عادة .

والمونة المستعملة للبياض الداخلي هي 1 : 8 وللبياض الخارجي 1 : 6 مع ملاحظة أن الرملة المستعملة هنا هي نفس الرملة المستعملة للخرسانة - أي الرملة الخشنة .

والمتر المكعب من المونة يكفي عادة 30 متراً مربعاً بياض . كما يكفي 50 متراً مربعاً بلاط .

3 - حساب كمية الطوب

حساب كمية الطوب بالآلاف لحائط ارتفاعه ثلاثة أمتار وطوله 20 متر وسمكه 30 سم ((قالب ونصف))

$$\text{فعدد الأمتار المكعبة} = 20 \times 3 \times \frac{1}{2} = 20 \text{ متر مكعب}$$

مع ملاحظة أن القالب ونصف تعتبر $\frac{1}{2}$ متر والقالب الواحد $\frac{1}{4}$ متر والقالبين $\frac{1}{2}$ متر على التوالي .

والمتر المكعب من الطوب به 500 طوبة إذا اعتبرنا أن مقاسات الطوب : $9 \times \frac{1}{2} \times 4 \times 3$ أي $25 \times 12,5 \times 7,5$ سم

وعليه فإن عدد الطوب في المثال أعلاه

$$= 20 \times 500 = 10,000 \text{ طوبة}$$

رقم الإيداع: 743|2008