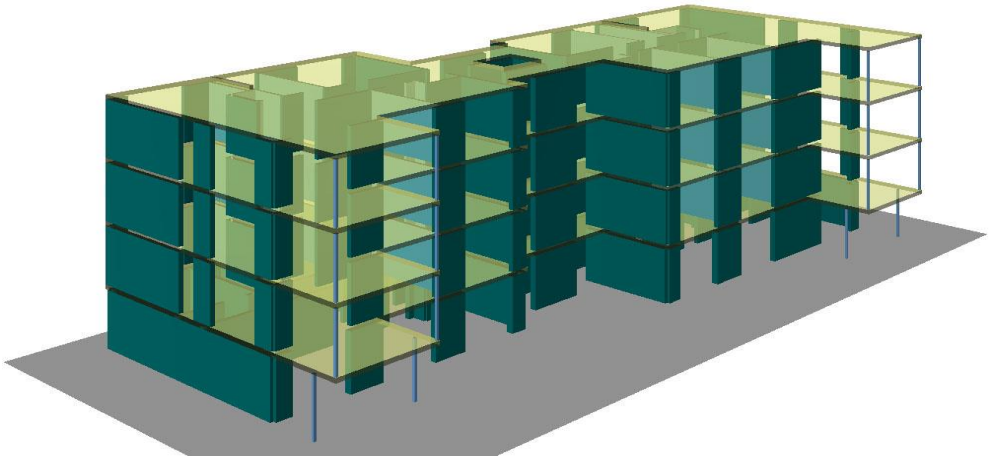
شريف عبد المجيد

المفيد في مادة التكنولوجيا
لطلبة الهندسة المدنية



السنة 2 ثانوي
(دروس وتمارين)

هذا الكتاب

يفتقر طلبة الشعب التقنية المستحدثة ضمن إعادة هيكلة التعليم الثانوي إلى الكتب والمراجع التي تستجيب إلى تطلعاتهم وتنمّي معارفهم.

ضمن هذا السياق تجدر الإشارة إلى تميز برنامج مادة التكنولوجيا الموضوع بين يدي طلبة السنة الثانية الذين يختارون التوجه إلى شعبة الهندسة المدنية بالثراء والتنوع؛ غير أنهم لا يجدون الكتاب الذي يرغّبهم في الاستزادة من الاطّلاع والتحصيل .

استجابة لهذه الحاجة الملحة يأتي هذا الكتاب ليمثل باكورة متواضعة تتضمن جملة دروس السنة الثانية لطلبة شعبة الهندسة المدنية مدعمة بأمثلة توضيحية وبتمارين اختبارية تسمح للتلميذ بتقييم مدى تحصيله واستيعابه من خلال مجهوداته الذاتية؛ ثم الاطلاع بعد حلها على الأجوبة المفترض أن يتوصل إليها.

أضع هذا الكتاب بين يدي زملائي الأساتذة وأبنائي التلاميذ راجيا أن أكون قد أسهمت بقسط – وإن كان متواضعا- في إفادتهم بشيء للتوصل إلى الأهداف المرجوّة في الحصول على مبتغاهم و رفع مستوى تحصيلهم ؛ والله الموفق والهادي إلى سبيل الرشاد .

شريف عبد المجيد

باب عموميات حول الهندسة المدنية

مدخل إلى الهندسة المدنية

1-نظرة تاريخية :

تعدّ الهندسة المدنية من أعرق العلوم وأكثرها ارتباطا بنشأة الإنسانية وتطورها،باعتبارها تعنى بحياة الإنسان وبتطويع البيئة المحيطة به بما يتلاءَمُ وينسجم مع رغباته وحاجاته .
فعندما كان الإنسان القديم يلوذُ بالكهوف أو يبني مأوى يحتمي به من عوامل الطقس المتقلبة ومن فتك الحيوانات المفترسة أو عندما يستغلّ جذوع الأشجار ليتّخذها جسورا بين الجبال وفوق الأنهار،فإنه كان يؤسّس للهندسة المدنية.

ولعلّ أصل التسمية يعود إلى الحضارة الرومانية القديمة، فإنها صنّفت الهندسة إلى فرعين هما :

- الهندسة العسكرية : وكانت تعنى بالقلاع والحصون وتطوير الأسلحة.
- الهندسة المدنية :وكانت تعنى ببناء المساكن وتعبيد الطرق ومدّ الجسور وشقّ قنوات الريّ .

وعبر العصور والسنين كانت الهندسة المدنية الشاهد الأول على حضارات الشعوب و مدنيّتها؛ وما عجائب العالم السّبعة إلا معالم من منجزات مهندسي تلك الحضارات .

2-تعريف الهندسة المدنية :

الهندسة المدنية علمٌ ينصرفُ إلى دراسة وتصميم وتحليل وتنفيذ المشاريع؛ كالعمارات والطرق والجسور والأنفاق والمطارات والموانئ والسدود.
لا تقتصر الهندسة المدنية على مرحلة التصميم فقط، بل ترتبط بكافة المراحل ،ابتداءً من أعمال التخطيط والدراسات، مرورًا بأعمال التنفيذ والانجاز ،وانتهاءً بأعمال التشغيل والصيانة .
هذا وقد عرفت الهندسة المدنية -كسائر العلوم -تطوّرا مستمرا وكبيرا مع التطور الصناعي الحديث، تجلى في الضوابط والقوانين الحسابية،وفي مواد البناء الجديدة والمتطورة التي تستجيب للمتطلبات المتزايدة للطرق السريعة والمطارات الدولية والأبراج العالية،وغيرها مما تتنافس الدول على إنشائها لتكون من معالمها المميزة.

3-علاقة الهندسة المدنية مع العلوم الأخرى :

نظرا لارتباط الهندسة المدنية بكلّ ماله علاقة بالمدينة والمدنية،من إنشاءٍ وموادٍ وتربة ومياهٍ ومساحةٍ فإنه على المهندس المدني أن تتوافر لديه خلفية علمية ضرورية في الرياضيات والفيزياء والكيمياء ،إضافة لعلم طبقات الأرض (الجيولوجيا).
وبخصوص هذا الأخير فإنه لا يخفى الترابط بين الجيولوجيا والهندسة المدنية ؛فإنّ معرفة المكوّنات الجيولوجية للتربة والصخور وتحديد مناطق الضعف والفجوات الداخلية والصّدوع والانزلاقات والمياه الجوفية يساعدُ في معرفة مدى توازن المنشآت المدنية وديمومتها،وكذلك فإنّ التنقيب وإجراء الفحوص المخبرية والموقعية يساعد في اختيار المواقع الافتراضية المناسبة،وفي إيجاد الحلول المناسبة لتفادي المشاكل المتوقعة عند الشروع في البناء .

4-تصنيف منشآت الهندسة المدنية:

يتمّ تصنيف منشات الهندسة المدنية حسب عدة تصنيفات ممكنة؛ من ذلك تصنيفها حسب:

1.4) الهدف أو الغرض: ضمن هذا الإطار تنقسم منشآت الهندسة المدنية إلى قسمين رئيسيين هما:

- **منشآت البناء:**ونقصد بها كل المنشآت التي تنجز من أجل استقبال أو إيواء الأشخاص بشكل مؤقت أو دائم وتنقسم إلى:

- المباني السكنية الفردية:تتميز بتنوعها واختلافها حسب الأذواق والثقافات والإمكانات والمناخ.
- المباني الجماعية:قد تكون سكنية أو ذات طابع عمومي أو خدماتي،ويتميز شكلها المعماري ببساطته نظرا للمتطلبات الوظيفية .
- المنشآت الخاصة:وهي التي تستقبل حشودا كبيرة من الجماهير ،وبالتالي فهي ذات فضاءات داخلية واسعة ،مثل قاعات المحاضرات والقاعات الرياضية وقاعات الانتظار في المطارات.

- **منشآت الأشغال العمومية:**ونقصد بها المنشآت التي تنجز من أجل المصلحة العامة من طرف شخص معنويّ (إداري)،وتغطي كل مجالات حياتنا ،وتشمل :

- النقل:الذي له الحصّة الأكبر،مثل الطرق والسكك الحديدية و الجسور و الأنفاق .
- السّدود:وخزانات المياه ومحطات التطهير .

- الصناعة:ونقصد بها المصانع ووحدات الإنتاج والمخازن .

2.4) مادة البناء:ضمن هذا الإطار نذكر :

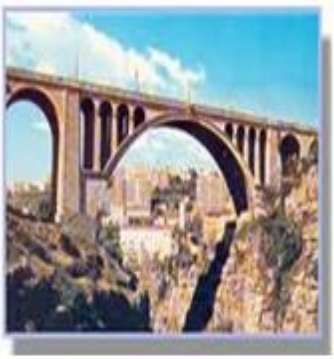
- **المواد التقليدية :مثل الخشب والطين والطوب والحجارة المصقولة؛التي وإن ارتبطت بالأرياف والقرى،فإنها كانت خزّانا مهمّا لإنشاء مجمّعات ومنتجعات سياحية على حد تعبير المهندس المعماري حسن فتحي :"خذوا طين الأرض من تحتكم وابنوا به"**
- **الخرسانة: هي مادّة بناء اصطناعية تعدّ الأحدث والأكثر استعمالاً حاليا،نظرا لما توفّره من خصائص ميكانيكية عالية ومن قابلية للتشكيل ،فضلا عن كلفتها المنخفضة نسبيًّا.**
- **الفولاذ: هو مادة بناء تستعمل بالدرجة الأولى في المنشآت الصناعية والجسور .**

3.4)الأهمية : تقدر حسب تكلفتها المادية وحسب مردودها الاقتصادي،وضمن هذا الإطار تُصنّف إلى:

- **منشآت قليلة الأهمية: مثل السكنات الفردية والمحلات التجارية الصغيرة .**
- **منشآت متوسطة الأهمية :مثل العمارات السكنية والمباني الإدارية القليلة والمتوسطة الطوابق.**
- **منشآت كبيرة الأهمية:مثل الجسور والسدود والمطارات والمنشآت التي تستقبل أعدادا غفيرة من الأشخاص.**

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول: تعرّف على المنشآت التالية :



- صنفها حسب انتمائها إلى ميدان البناء أو الأشغال العمومية ؟
- صنفها حسب مادة البناء ؟

التمرين الثاني:

نقترح عليك مجموعة من المنشآت:

- صنف هذه المنشآت حسب المادة المكونة وحسب الأهمية ؟

الأجوبة

التمرين الأول :

المنشأ	بناء/أشغال عمومية	المادة
مقام الشهيد	بناء	خرسانة
جسر سيدي راشد	أشغال عمومية	حجارة
مطار هواري بومدين	بناء	خرسانة
برج إيفل بفرنسا	بناء	معدنية
الكولوسيوم بروما	بناء	حجارة
الأهرامات بمصر	بناء	حجارة

التمرين الثاني:

المنشأ	المادة الأولية	الأهمية
سكة حديدية	معدنية	كبيرة
كوخ صغير	خشبي	صغيرة
جسر	معدني	كبيرة
متحف	حجارة	كبيرة
مصنع اسمنت	خرساني	كبيرة
عمارة سكنية	خرسانية	متوسطة

.....

الأطراف المتدخلون في عملية البناء

1) تمهيد :

لم يعد فعلُ البناء بنفس السهولة التي كان عليها في الماضي، إذ كان يكفي الإنسان أن يمتلك قطعةَ أرض ومبلغًا كافيًا من المال ليقوم بعملية البناء بنفسه أو ليكلّف مقاولاً بذلك نظير مقابلٍ ماديٍّ عن عمله.

ولم يكن يشترط عليه الشروط الموجودة حاليا،حيث كان يكتفي بمعرفة السعر وتوزيع غرف المنزل لتناسب أسرته وضيوفه،وفي غالب الأحيان كانت العقود شفوية .

أما الآن وبحكم تفرّع المعرفة إلى تخصّصات ومهن لا يتقنها إلا المتكوّن فيها،وبحكم ما تمليه القوانين التي سنّتها الهيئات التشريعية والتنفيذية ،بما جعل القانون يتدخل في الملكية والتجارة والصفقات وأمن المنشآت وغيرها ،فإنه بالمقابل حدّد الأطراف المتدخلة في عملية البناء وحدّد لكلٍّ منها مسؤولياتها وصلاحياتها، كما ضبط العلاقات العملية والتعاقدية فيما بينها.

2) الأطراف المتدخلون في عملية البناء :

- المالك:ويسمى أيضا "صاحب المشروع"،وهو الطرف الرئيسي في عملية البناء ،وقد يكون شخصا ماديا أو هيئةً تنتمي إلى القطاع العام أو الخاص،وتتمثل مهامه في :

- إبداء الرغبة : إن جميع المشاريع-بغض النظر عن طبيعتها أو حجمها- تبدأ بفكرة أو حاجة أو ضرورة،قد تكون فكرة لدى مستثمر لإنشاء مجمّع تجاري أو تقوم وزارة التربية بطلب بناء مدرسة تستجيب لاحتياجات السكان المتزايدة،أو تقوم إدارة الأشغال العمومية باقتراح تعبيد طريق لفكّ العزلة عن منطقةٍ مَا .
- دراسة الجدوى:بمعنى التعرف على الظروف السائدة والتوقعات المستقبلية والنتائج المرجوّة.

وعلى سبيل المثال؛فإنّ شركة متخصصة في مجال السياحة قبل رصدها لمبلغ ماليٍّ لبناء فندق،تقوم بدراسة وتقييم الوضع الاقتصادي ،ونمو السكان والحركة السياحية ،ووضعية الفنادق المنافسة ومدى مردوديتها،وكذا الأسعار المطبقة المحلية.

- توفير الغلاف المالي:بالرغم من أن التفكير ينصرف غالبا إلى اختيار العرض الأقل سعرا ،إلا أن هذا الاختيار قد يقلل من جودة الأعمال المنفذة وأحيانا إلى ارتفاع تكلفة المشروع إذا تأخر تنفيذه أو وقع الاختيار على مقاول غير كفء.

لذا فإنه على المالك استشارة أهل الاختصاص لتنفيذ المشروع بجودة عالية وبالشروط الفنية المتفق عليها وبمبلغ تنافسيّ ،ليس بالضرورة أن يكون الأقلّ.

- استلام المشروع :بعد تأكد المالك لمطابقة المشروع المنجز حسب المواصفات المنصوص عليها في دفتر الشروط يستلم المنشأ و يشرع في استغلاله .
- مكتب الدراسات : ويسمى أيضا "صاحب الأشغال"؛وهو الطرف الثاني في عملية البناء حيث يتصل به المالك ليقوم بدراسة المشروع وتحديد طبيعته وحجمه واحتياجاته؛ويضطلع بعدة مهام أهمها :

- إعداد التصاميم الأولية:التي تتضمن وصفا ابتدائيا للمشروع وكذا تقدير الكلفة الأولية للمشروع والأطر العامة لمواصفات المواد التي يتم استخدامها .
- تطوير التصاميم :تعرض التصاميم السابقة على المالك للإثراء والمناقشة ،ثم يتمّ التحول إلى التفاصيل والتعديلات الضرورية على المخططات وبرنامج العمل والميزانية المطروحة.
- انجاز الوثائق التنفيذية والتصاميم النهائية:التي تصف بشكل دقيق مكونات المشروع الإنشائية والمعمارية والكهربائية والصحية من خلال المخططات و التفاصيل والمقاطع والجداول التي تقدر الكلفة الإجمالية للمشروع على اكبر قدر من الدقة ؛والتي يتم –بناء عليها –استدراج عروض المقاولين .
- متابعة المشروع:يقوم مكتب الدراسات- بناء على طلب المالك-بإعداد شروط التعاقد وصيغته،كما يقوم بالتنسيق بين مختلف المصالح التقنية والتكفل بالإجراءات الإدارية بالإضافة إلى الإشراف على التنفيذ وتقديم تقارير دورية للمالك.

ونظرا لتشعّب وتعدّد مهام مكتب الدراسات فإنه يتكون من جملة من الأشخاص ،يضطلعُ كلّ واحد منهم بمهام محددة، وهم :

- المهندس المعماري:ينجز المشروع التمهيدي ليعرضه على المالك للمناقشة والتعديل،ليتوّج عمله بالمشروع النهائي الذي يحتوي مختلف المخططات المعمارية .
- المهندس المدني:يقوم بمساعدة المهندس المعماري في اختيار طبيعة ووضعية العناصر المقاومة(الحاملة) في المنشأ، ثم يأتي دوره في إجراء الحسابات اللازمة لتحقيق مقاومة واستقرار المنشأ.
- الممتّر:يقوم بوصف المشروع وتحديد كميات مختلف المواد الأولية المستعملة ،وتقدير الكلفة الإجمالية للمشروع .

- الرسّام:يقوم بإنجاز المخططات الهندسية اعتمادا على معطيات المشروع التمهيدي للمهندس المعماري ونتائج حسابات المهندس المدني.
- الطبوغرافي :يحدّد طبيعة وتضاريس الموقع المؤهّل لاستقبال المشروع بالاعتماد على طرق الرفع .

- المقاول: هو المتدخل الثالث في عملية البناء، ويأتي دوره في مرحلة تنفيذ المشروع ؛حيث يقوم صاحب المشروع باختيار المقاول بإحدى الطريقتين:
  - طريقة المناقصة: بنشر إعلانات في الجرائد ووسائل الإعلام .
  - طريقة الإسناد المباشر:أو ما يعرف بطريقة التراضي .

ويتم اختيار المقاول الأنسب بناء على :

-خطة التنفيذ والجدول الزمني ،والميزات الفنية للعرض المقدم ،وتكاليف المشروع.

-مستوى ونوعية الدعم المادي والبشري الذي يوفره المقاول .

-مؤهلات المقاول وخبرته في تنفيذ مشاريع ذات طبيعة وحجم مماثلين .

وبعد تعاقد المالك مع المقاول يلتزم هذا الأخير بجملة من المهام أهمها:

- الإعداد للتنفيذ:حيث يقوم بشراء المواد والتجهيزات وتصنيع وإعداد المواد،وخلال هذه المرحلة يقوم المقاول بإعداد برامج سير العمل وسجلات وطلبات العمل ودليل الصيانة لمختلف المراحل.
- توفير المعدات و الآلات المطلوبة:وتسخير أفضل وأكبر قدر ممكن من إمكانيات وسائل التنفيذ .
- توفير اليد العاملة الكافية والمدرّبة وذات الخبرة.
- تنفيذ المشروع:حسب المخططات والمواصفات المتفق عليها.
- الالتزام بشروط الجودة والتأمين والسلامة .
- الوفاء بشروط العقد وتسليمه في آجاله؛وفي بعض المشاريع قد يكون المقاول ملزَما –في مرحلة ما بعد التنفيذ- بتشغيل وصيانة بعض المعدّات والأجهزة وتدريب إطارات المالك على استخدامها.

.....

مقاولة البناء

1) تعريف المقاولة:المقاولة عبارة عن وحدة أو جهاز اقتصادي مستقل، يقوم بنشاط منظم مبرمج،قائم على تكرار الأنشطة على وجه الاعتياد أو الاحتراف،تلبية لحاجات المستهلك أو الزبون،وبالمقابل فإنها تحقق هامشا من الربح.

وبالنسبة للنشاط الذي تقوم به المقاولة فإنه يتم بناء على جملة من الشروط الواجب توفرها،منها التصميم والتنظيم والإدارة البشرية،والتجهيزات ورأس المال واليد العاملة والوسائل المالية والمعنوية والقانونية الضرورية لتحقيق غرض معين،صناعي أو تجاري أو حرفي أو خدماتي يكون هو الهدف من المقاولة أو المشروع.

2)تصنيف المقاولات :يتم تصنيف المقاولات بالنظر لعدة اعتبارات أهمها:

- **الإطار القانوني :يتحدد بالنظر إلى ملكية رأسمال المقاولة ،وعلى ضوءه نميز المقاولة العمومية التي تعود ملكيتها للدولة أو للجماعة المحلية ،والمقاولة الخاصة التي تعود ملكيتها لشخص أو لمجموعة من الأشخاص.**
- **حجم المقاولة :يتحدد بالنظر إلى عدد المستخدمين ورأسمال المقاولة وحجم إنتاجها ،وضمن هذا الإطار نجد المقاولة الصغرى والمقاولة المتوسطة والمقاولة الكبرى**
- **قطاع النشاط :يتحدد بالنظر إلى نوعية الخدمة التي تقدمها المقاولة،وضمن هذا الإطار نميز القطاع الأولي المعتمد على الموارد الطبيعية على غرار الفلاحة والصيد البحري والغابات،والقطاع الثانوي المعتمد على الموارد التصنيعية على غرار النجارة واللحام وتركيب السيارات وتكرير البترول والبناء ،والقطاع الثلاثي المعتمد على تقديم الخدمات على غرار النقل والاتصال والتعليم والثقافة والسياحة.**

3)مقاولة البناء :تتميز مقاولة البناء بكونها الفاعل الحقيقي في ميدان صناعة البناء،باعتبار أن المقاول يمارس نشاطا ذا طابع تنفيذي، يقوم بمقتضاه بتنفيذ التصاميم والمخططات الهندسية وإخراجها إلى حيز الواقع؛ فهو الذي يتولى تنفيذ محتوى عقد المقاولة فَيُعهد إليه من طرف مكتب الدراسات أو صاحب العمل بالتصاميم والمخططات الهندسية للبناء،ويقوم هو بالتنفيذ العملي بما يمليه عليه العمل من إدارة وإشراف ومتابعة ومراقبة إلى غاية إتمام المشروع وتسليمه .

ومن الطبيعي أن تؤدي المقاولات المهيكلة والمنظمة عملها بفاعلية وتنافسية ،بمعنى أن تنجز المشاريع التي تستفيد منها على المستوى المطلوب،وأن توفر هذا المنتوج بأسعار معقولة في السوق.

4)إجراءات اختيار المقاول :لضمان نجاح المشروع وانجازه في أحسن صورة ممكنة يجب إتباع أسلوب علمي دقيق في اختيار المقاول الأنسب لتنفيذ المشروع؛وغالبا ما يطلب من المقاولين الذين يتقدمون للمشاريع تعبئة نماذج خاصة تحتوي على معلومات تفصيلية عن كلٍّ منهم،ويتم التركيز عند تقديم العروض على :

- **خبرة المقاول في تنفيذ مشاريع ذات طبيعة وحجم مماثلين للمشروع .**
- **الميزات الفنية للعرض المقدم .**
- **خطة التنفيذ والجدول الزمني .**
- **تكاليف المشروع التفصيلية للانجاز والتشغيل والصيانة.**
- **مستوى ونوعية الدعم الذي يوفره المقاول .**

5)أنماط تدخل المقاولة في فعل البناء:

يتم إبرام عقد المقاولة عن طريق المناقصة- ولاسيما الأعمال الكبيرة-،حيث يعلن صاحب المشروع عن المنافسة عبر الصحف ووسائل الإعلام، التي تتضمن دعوة كل المقاولين المهتمين إلى تقديم عروضهم لبيان الأسعار والأعمال المفصلة في المناقصة؛على أن يفوز بالمناقصة المقاول الذي يقدم العرض الأنسب.

وعندها يتم التعاقد بين صاحب العمل والمقاول،وغالباً ما تكون عقود مقاولات البناء مصحوبة بمجموعة من الوثائق التي يوافق عليها الطرفان وهي:

- **التصاميم: الذي يجري العمل بمقتضاها.**
- **الكشوف: المفصلة للأعمال والمواد والأسعار.**
- **دفتر الشروط :ويتضمن طريقة التنفيذ وآجاله .**

مما يضيق أسباب النزاع ويساعد على الوفاء بالعقد ويدفع كل سوء فهم أو تأويل.

ويتميز عقد المقاولة بكونه ملزما للطرفين، بمعنى أن :

- **يلتزم المقاول بإنجاز العمل المطلوب وتسليمه لصاحبه في الزمان والمكان المحددين حسب الشروط المتفق عليها،كما يلتزم بضمان سلامة العمل وخلوه من العيوب وصلاحيته للانتفاع به بعد تسليمه لمدّةٍ يُتفَّق عليها في العقد.**
- **يلتزم صاحب العمل باستلام العمل بعد إنجازه من قبل المقاول ودفع الأجر المتفق عليه.**

- **يجوز أن يتضمن عقد المقاولة "شرطاً جزائياً" يلتزم من خلاله كل من أخلّ بالعقد التعويض عن الضرر الفعلي أو الخسارة الحقيقية التي لحقت بالطرف الآخر.**

ويبقى أن نشير إلى أنماط تدخل المقاولات في فعل البناء، يعود إلى حجم وطبيعة المقاولة ، كما يعود إلى طبيعة العقد المبرم ، وهي على طريقتين :

- **المقاولة المباشرة أو الأصلية: وهو عقد المقاولة مباشرة بين المقاول وصاحب العمل، وفي هذه الصورة يتعهد المقاول بتنفيذ العمل المطلوب منه- بحسب المواصفات والمقاييس المتفق عليها- بنفسه دون حاجة إلى التعاقد مع غيره لتنفيذ ما تم الاتفاق عليه في العقد .**
- **المقاولة من الباطن: أجازت القوانين المدنية للمقاول أن يقاول من الباطن- ما لم يمنعه من ذلك شرط في العقد-بمعنى أن يتفق مع مقاول آخر مقابل هامش من الربح على تنفيذ جزء من العمل؛قد يكون عملاً فنياً أو نجارة أو كهرباء؛وعهِد إليه لمهارته وإتقان عمله وسمعته الحسنة،غير أن هذا لا يعفي المقاول الأول من المسؤولية التي تبقى قائمة أمام صاحب العمل .**

6)سير عملية البناء :تتميز مشاريع البناء والأشغال العمومية بتنوعها ،غير أن هذه المشاريع تشترك في المحاور الكبرى لطرق التنفيذ،التي يمكن تلخيصها في 3 أطوار و9 مراحل كما يلي:

الأطوار	المراحل
• التخطيط	1- فكرة المشروع
	2-إمكانية وجدوى المشروع
	3- تعريف المشروع .
• الإنجاز	4- المنافسة المعمارية
	5- المخططات والكشوف
	6- الإعلان عن المناقصة
	7- أشغال المقاولة
	8- إنهاء وتسليم المشروع
• الخدمة	9- استغلال المشروع .

.....

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول: أراد نادي اتحاد عنابة أن ينجز-على موقع مجاور لنادي الفروسية- مركبا رياضيا يتكون من ثلاث حصص هي:

- قاعة متعددة الرياضات
- نادٍ رياضي للفريق.
- إقامة للفريق.

فكان أن اتصل بمكتب الدراسات "جزيرة الإبداعات الهندسية" الذي تكفل بكل الإجراءات الإدارية والتقنية إلى غاية عرض المشروع (في وسائل الإعلام) للانجاز على المقاولين،حيث فازت كل من الشركات العمومية GTP و COSIDER وBATIGEC بالصفقة،وتم الاتفاق مع CTC لمراقبة نوعية الأشغال .

نقترح عليك مراحل المشروع كما يلي :

أ. مجموعة من المقاولات تدرس عرض انجاز المركب الرياضي -كل على حدة- وتتنافس عليه.

ب. المقاولات الفائزة بصفقة انجاز المركب الرياضي تحضر ورشات البناء.

ت. صاحب الأشغال يتابع ويراقب أشغال انجاز المركب الرياضي بمعية المراقبة التقنية للبناء.

ث. صاحب الأشغال يدرس مشروع المركب الرياضي ويعد الملف الإداري ويحصل على رخصة البناء.

ج. صاحب المشروع يتسلم المركب الرياضي .

ح. صاحب المشروع أو من ينوبه (صاحب الأشغال) يقوم بالدعوة إلى المنافسة.

خ. المقاولات الفائزة بالصفقة تقوم بانجاز المركب الرياضي.

د. صاحب المشروع أو من ينوبه(صاحب الأشغال) ينتقي المقاولات التي قدمت أحسن العروض.

المطلوب:

- أذكر كلاً من صاحب المشروع وصاحب الأشغال والمقاولات الفائزة بالمناقصة والهيئة المراقبة في هذا المشروع ؟
- أعد ترتيب هذه المراحل باستخدام الجدول التالي :

1	2	3	4	5	6	7	8

التمرين الثاني: قررت بلدية العيون انجاز مشروعين تنمويين :

- الأول: مجمع سكنيّ يحتوي 100 وحدة سكنية وحديقة عامة ومركب رياضي.

- **الثاني:انجاز طريق يربط بين هذا المجمع ووسط المدينة مع تزويده بالإنارة على طول حافتي الطريق ،ولأن هذا الطريق يمرّ بالقرب من مدرسة ابتدائية فقد تقرر انجاز جسر معدني كمعبر للتلاميذ وللراجلين يمر فوق الطريق.**

نقترح عليك مجموعة المتدخلين في المشروعين:

بلدية العيون/مقاولة بناء/مقاولة مختصة في الكهرباء/مقاولة أشغال عمومية/مقاولة مختصة في التهيئة الجوارية/مقاولة مختصة في البناء المعدني/ المصالح التقنية البلدية .

- **المطلوب: إنجاز رسم بياني لكلٍّ من المشروعين ، مبيّنا مختلف المتدخلين في الانجاز وطبيعة العلاقة التي تربط بينهم.**

التمرين الثالث: نعرض عليك مجموعة متدخلين في مشروعين ،احدهما بناء وحدة إنتاج صناعي تحتوي على جناح إداري وورشة إنتاج ومساحة كبيرة معبدة لحركة الشاحنات،والآخر انجاز طريق يربط بين حيين متجاورين .

والمتدخلون هم : مقاولة مختصة في البناء المعدني /مديرية النقل/ مقاولة أشغال عمومية/المصلحة التقنية للبلدية /مقاولة بناء/مكتب دراسات هندسة معمارية وهندسة مدنية/وزارة الصناعة

- **المطلوب:إعداد رسم بياني لكلّ من المشروعين مبينا المتدخلين فيه وطبيعة العلاقة التي تربط بينهم .**

الأجوبة

التمرين الأول:

- **الجواب الأول:**

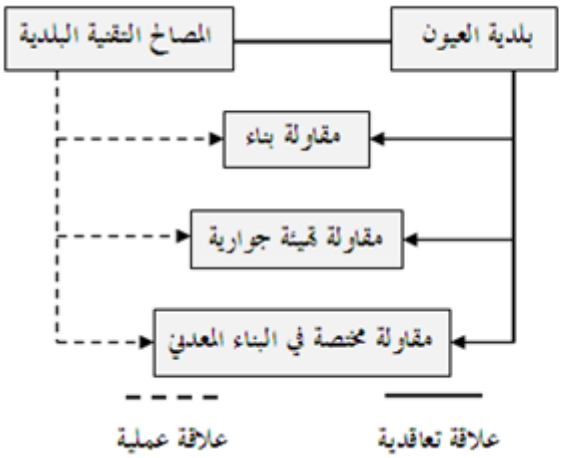
- **صاحب المشروع هو:نادي اتحاد عنابة.**
- **صاحب الأشغال هو:مكتب الدراسات"جزيرة الإبداعات الهندسية"**
- **المقاولات الفائزة بالمناقصة هي: الشركات العمومية GTP و COSIDER وBATIGEC.**
- **الهيئة المراقبة هي: CTC .**

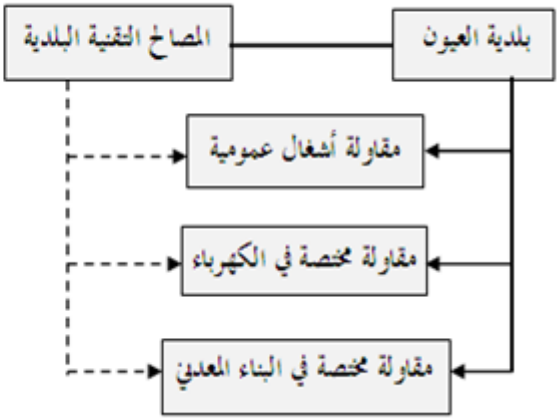
- **الجواب الثاني:**

1	2	3	4	5	6	7	8
ث	ح	أ	د	ب	خ	ت	ج

التمرين الثاني:

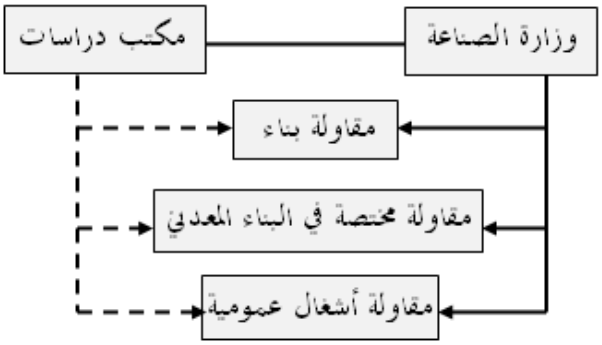
المشروع الأول :مجمع سكني **المشروع الثاني: جسر معبر للتلاميذ والراجلين**



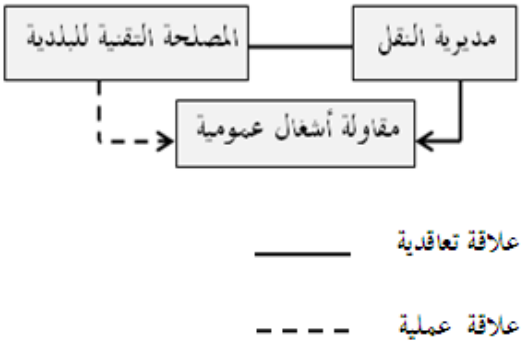


التمرين الثالث :

رسم بياني لبناء وحدة إنتاج صناعي



رسم بياني لانجاز طريق بين حيين متجاورين



الملف التقني

1- مقدمة:

بعد بلورة فكرة المشروع المتمثلة في انجاز مسكن فردي عائلي على سبيل المثال،يقوم المالك بشراء قطعة أرض مهيأة للبناء وتنتمي إلى النسيج العمراني لكي تستقبل المشروع.
ولا يكفي الإعجاب بالمنطقة وحسن الجوار للمبادرة بشراء قطعة الأرض،بل ينبغي مراعاة سهولة تزويد الأرضية بشبكات التوزيع الضرورية المتمثلة في الماء والكهرباء وغاز المدينة وقنوات صرف المياه والتطهير.
بعد الحصول على ملكية الأرض عن طريق عقد موثق،ولإنجاز المشروع يبادر المالك إلى الاتصال بمكتب دراسات لتكوين ملف إداري(تقني)يدفعه إلى المصالح البلدية المختصة من أجل الحصول على رخصة البناء.
وتتمثل مهمة مكتب الدّراسات في منح المشروع الدراسة والمواصفات التقنية المطابقة للمقاييس المعمول بها من حيث القياسات و المواد المستعملة و طرق الإنجاز.

2- الملف الإداري(التقني):

إن نجاح عملية البناء يرتبط بحسن التصميم ودقته وتفاصيله ،وبتحديد مهام المتدخلين في عملية البناء وبضبط العلاقات بين مختلف هؤلاء المتدخلين .
وعليه فإنّ الملف التقني-بالإضافة إلى كونه المعْبَرَ لرخصة البناء- هو عبارة عن وسيلة اتصال بين مختلف المعنيين بعملية البناء؛ وتتضمن:

- التصاميم والمخططات : وهي عبارة عن رسومات تخطيطية بمقياس رسم معيّن تعبر عما يصمّمه المهندسون من مباني ومشاريع عمرانية ،و تتميز المخططات بكونها اللغة العالمية والوسيلة التي يتفاهم بها المهندسون- بعضهم مع بعض-في مجال الإنشاءات؛وتوضح ما يفكر به المهندسون من ناحية التصميم والتنفيذ والمتابعة.
- الكشوف : وهي عبارة عن وثائق مكتوبة تستخدم كمراجع نظرية متمّمة للمخططات ،وتحدد مواصفات وكميات وأسعار الأشغال المشمولة في المشروع .

3- المخططات :

المخططات الطبوغرافية:

- مخطط الموقع: هو مخطط يوضح موقع قطعة الأرض المخصصة للمشروع في البلدية استنادا على المعالم الشهيرة والمباني المجاورة وعروض الشوارع المحيطة بالمشروع.

ويُشترَط تحديد الشمال الجغرافي على هذا المخطط؛بحيث يمكن من خلال هذه الإشارة التعرف على اتجاهات الأرض وجهة شروق الشمس وغروبها (واتجاه الرياح

السائدة)حيث يؤثر ذلك على التصميم وتوجيه المبنى .المقياس المستعمل فيه غالبا هو: 1\5000

- مخطط الكتلة: هو مخطط مبسط يؤشر رقم القطعة الأرضية؛ويتضمن الأبعاد الخارجية للقطعة وأبعاد المبنى أي نسبة البناء المسموح به ومساحته،كما يوضح الجوار الملاصق للقطعة ومسلك الدخول إليها و مواضع الشبكات (ماء-غاز-كهرباء-شبكة التطهير)، بالإضافة إلى شبكات الطرق العمومية القريبة من قطعة الأرض.

يبرز على هذا المخطط -كما في مخطط الموقع- الشمال الجغرافي؛ والمقياس المستعمل فيه غالبا هو 1\500.

- المخططات الإجمالية:وتسمى أيضا مخططات الهندسة المعمارية ،وهي :

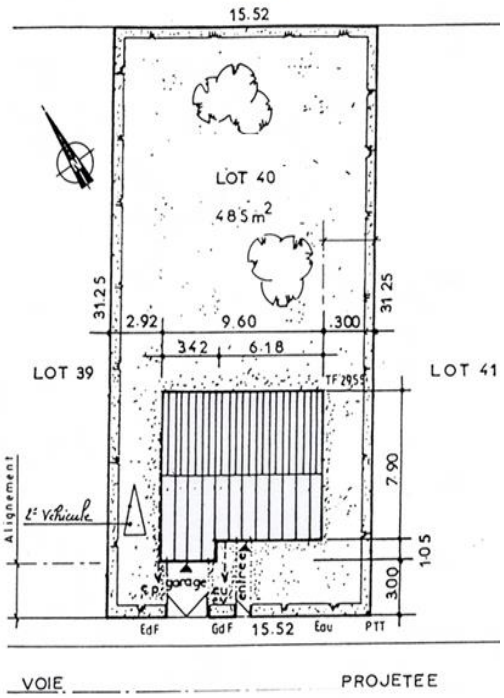
- مخططات التوزيع : هي عبارة عن تصاميم يكون عددها بعدد الطوابق المختلفة في المشروع، وهي مقاطع أفقية للطابق تمر بمستوى نوافذ المبنى،وكأننا نقصّ المبنى أفقيا عند المستوى المذكور ثم ننظر إلى الأسفل .

تبين هذه المخططات تقسيم الفضاء الداخلي لكل طابق(مطبخ-قاعة استقبال-غرفة نوم) بالأبعاد الحقيقية، كما تبين سمك الجدران والمدارج ورموز الأبواب والنوافذ.

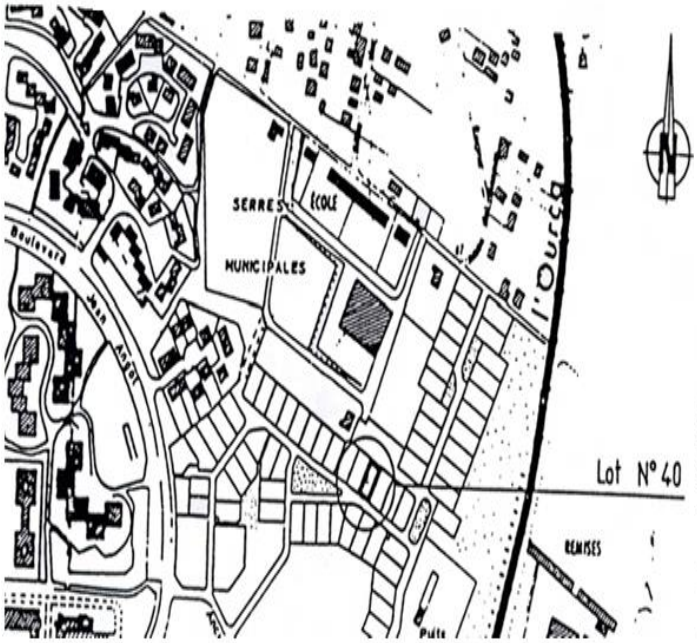
المقياس المستعمل غالبا هو :50/1

- مخططات المقاطع العمودية:هي مقاطع تنُجَز لتكمّل المعلومات التي لا تبرزها مخططات التوزيع،وهي عبارة عن مقاطع شاقولية تتم في الاتجاهين:الطولي والعرضي،وتتضمن مختلف مستويات و ارتفاعات الطوابق الداخلية للمنشأ،وسمك الأرضيات والبلاطات وارتفاعات الأبواب والنوافذ والمدارج.
- مخطط السقف: أو مخطط السطح ،وهو مخطط أفقي يُظهِر نوع السطح الذي هو آخر أرضية في البناية (مستغل أو غير مستغل)، كما يظهركيفية صرف مياه الأمطار، فنجد ميول هذه الأرضيات وأماكن التصريف وأقطار الأنابيب المستعملة بها و اتجاه الصرف.
- مخططات الواجهات: هي عبارة عن رسوم تبين المظهر الخارجي الذي سيكون عليه المبنى في الواقع؛و لإبراز ذلك تظهر لنا الواجهات ارتفاعات المبنى وفتحات النوافذ والأبواب الخارجية،بالإضافة إلى إسقاطات الظل و الأشكال المجسمة كالإنسان و الأشجار و السيارات.

مخطط الكتلة

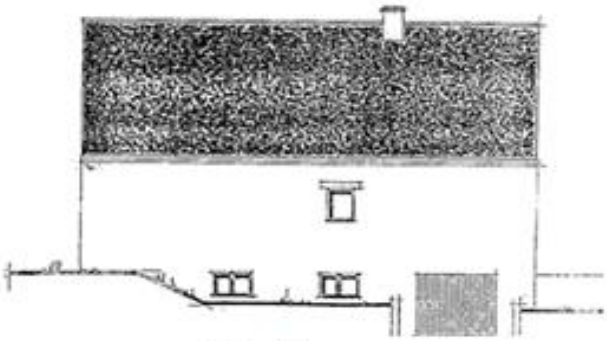


مخطط الموقع



واجهة أمامية

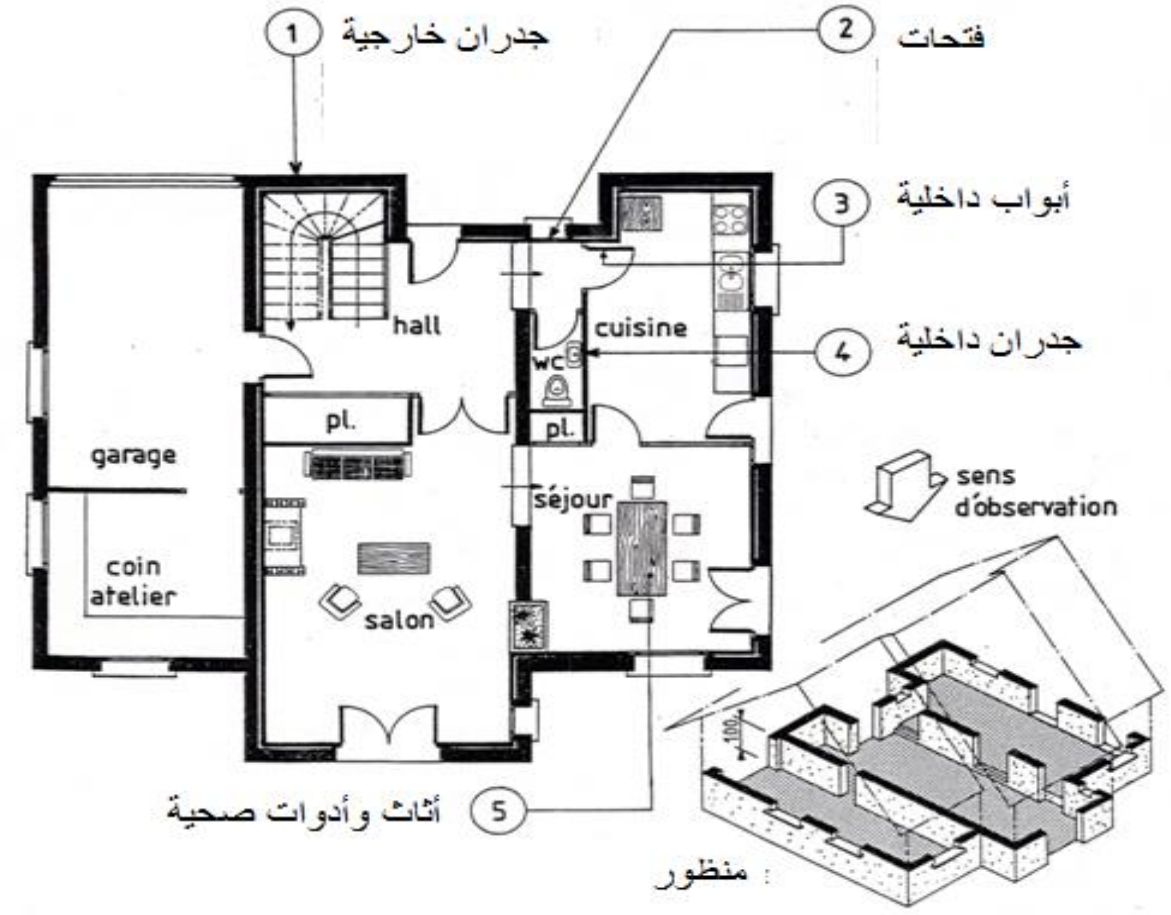
واجهة جانبية- يسرى-



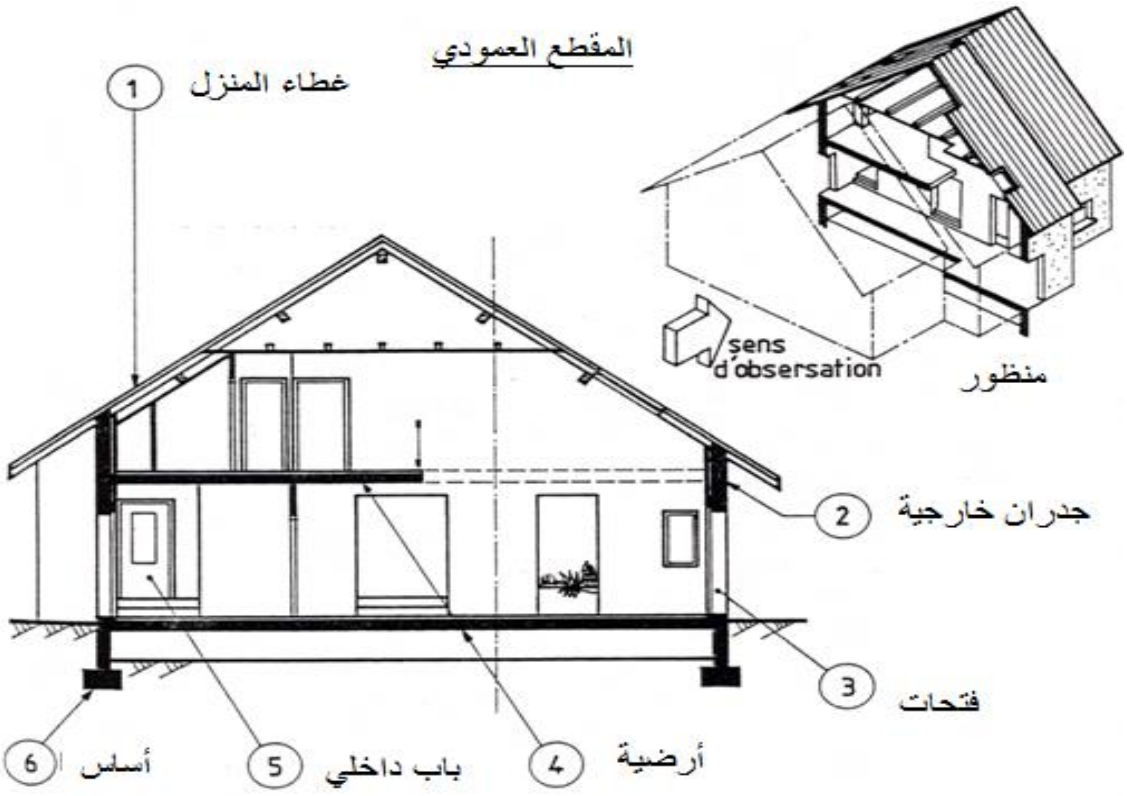
واجهة خلفية

واجهة جانبية- يمنى-

مخطط التوزيع



المقطع العمودي



المخططات التنفيذية: وتسمى أيضا مخططات الهندسة المدنية ،وهي :

- **مخطط الأساسات: يبين وضعية و شكل أساسات المنشأ،كما يبين أبعاد الأساسات (طول وعرض)،كما يبين الروافد الأرضية(الكمرات)،كما يبين مقاطع الأعمدة الصاعدة منها.**
- **مخططات الخرسانة المسلحة:وتسمى أيضا بمخططات القولبة والتسليح ، باعتبارها تبين القياسات الداخلية للقولبة التي ستستقبل الخرسانة السائلة لعناصر البناية،كما تبين كيفية تسليح العناصر المقولبة (الأعمدة ، الروافد،المدارج،الجدران الأرضيات...) فتظهر عدد القضبان الفولاذية و أقطارها و نوعها.**

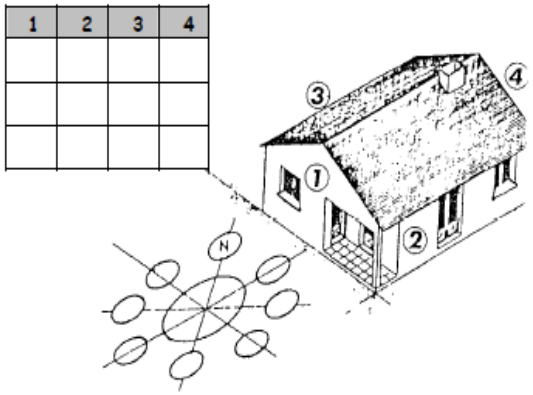
4- الكشوف:

- **الكشف الوصفي:هو وثيقة مكملة للمخططات تصف رقعة الأرض التي سيقام عليها المشروع،مع توضيح ما يجاورها من كل الجهات،بالإضافة إلى وصف كل عنصر من عناصر المبنى،من حيث كيفية إنجازه و المواد الأولية المستعملة،بالإضافة إلى التوصيات التي يجب على المقاول الامتثال لها.**
- **الكشف الكمّي- السّعري: هو وثيقة تنجز بالرجوع للمخططات والكشف الوصفي، وفيه تبرز الكميات اللازمة من مواد و أشغال و أسعارها، فتبرز لائحة الأسعار الأحادية، و من ثم الكلفة الإجمالية للمشروع مع احتساب كل الرسوم.**
- **ملاحظة :يرفق مع الوثائق المكتوبة السالفة الذكر:**
  - ✓ **عقد الملكية: هو وثيقة تثبت ملكية القطعة الأرضية.**
  - ✓ **وثيقة التقرير الجيوتقني: تبين صلاحية الأرض للبناء عليها .**
  - ✓ **طلب خطي: يبرّر في هذا الطلب -وفق نموذج عام- الرغبة في الحصول على رخصة تسمح له بإنجاز مسكنه.**

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول:

ليكن لديك منظور المنزل وسهم التوجيه(الشمال الجغرافي) .

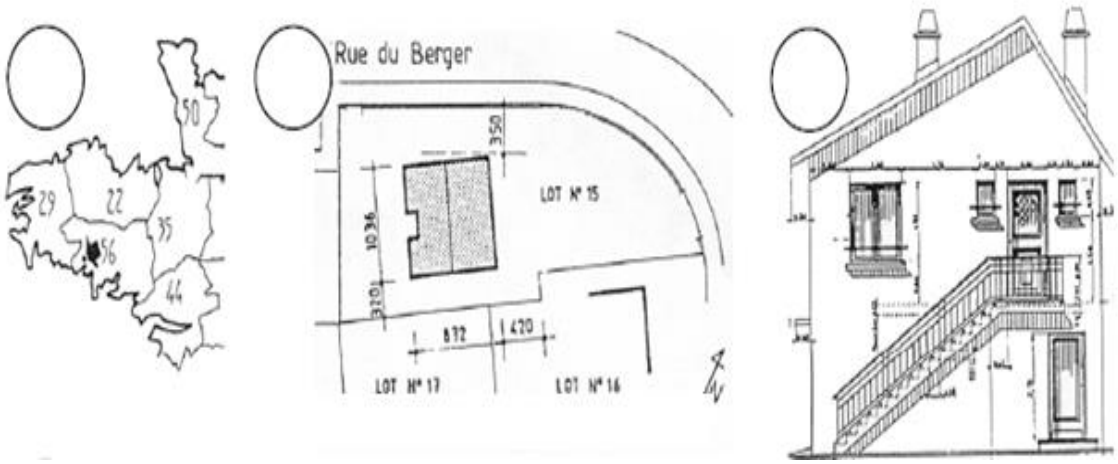


حدّد- داخل الجدول المرفق -الواجهات التي تتعرض لأشعة الشمس عند :

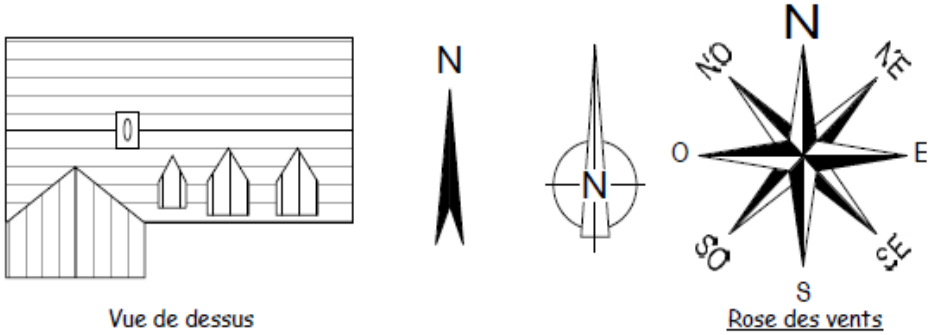
- **طلوع النهار .(شروق الشمس)**
- **منتصف النهار(الزوال)**
- **نهاية النهار(مغرب الشمس)**

التمرين الثاني:

تعرّف على المخططات التالية بكتابة الحرف الأول من تسميتها(مثلا حرف-ك- لمخطط الكتلة).



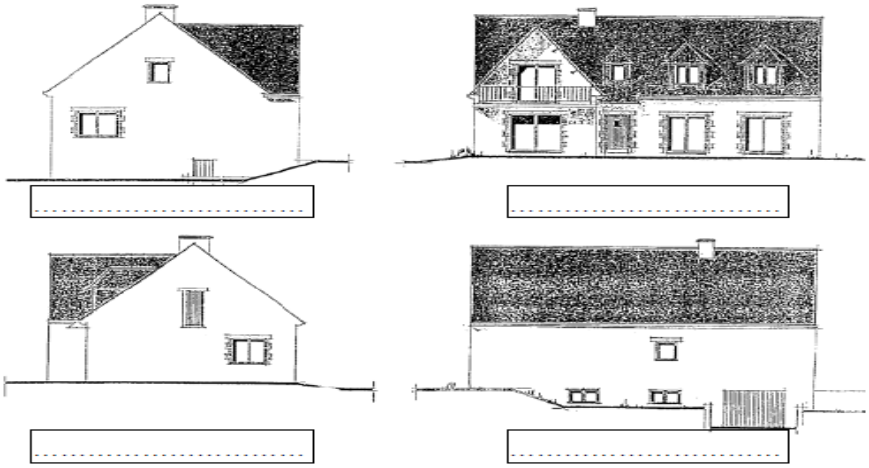
التمرين الثالث: ليكن لديك الشكل التالي :



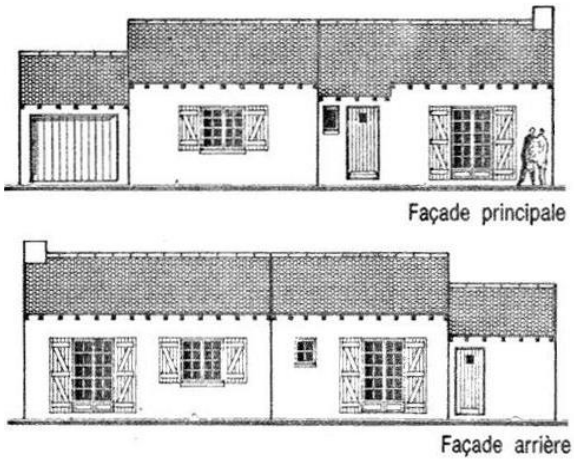
Vue de dessus

Rose des vents

بالاعتماد على سهم الشمال الجغرافي (التوجيه) و النظرة العلوية للمنزل المبيّنة أعلاه ،حدد تسمية واجهات المنزل التالية (مثلا:الواجهة الشمالية.)

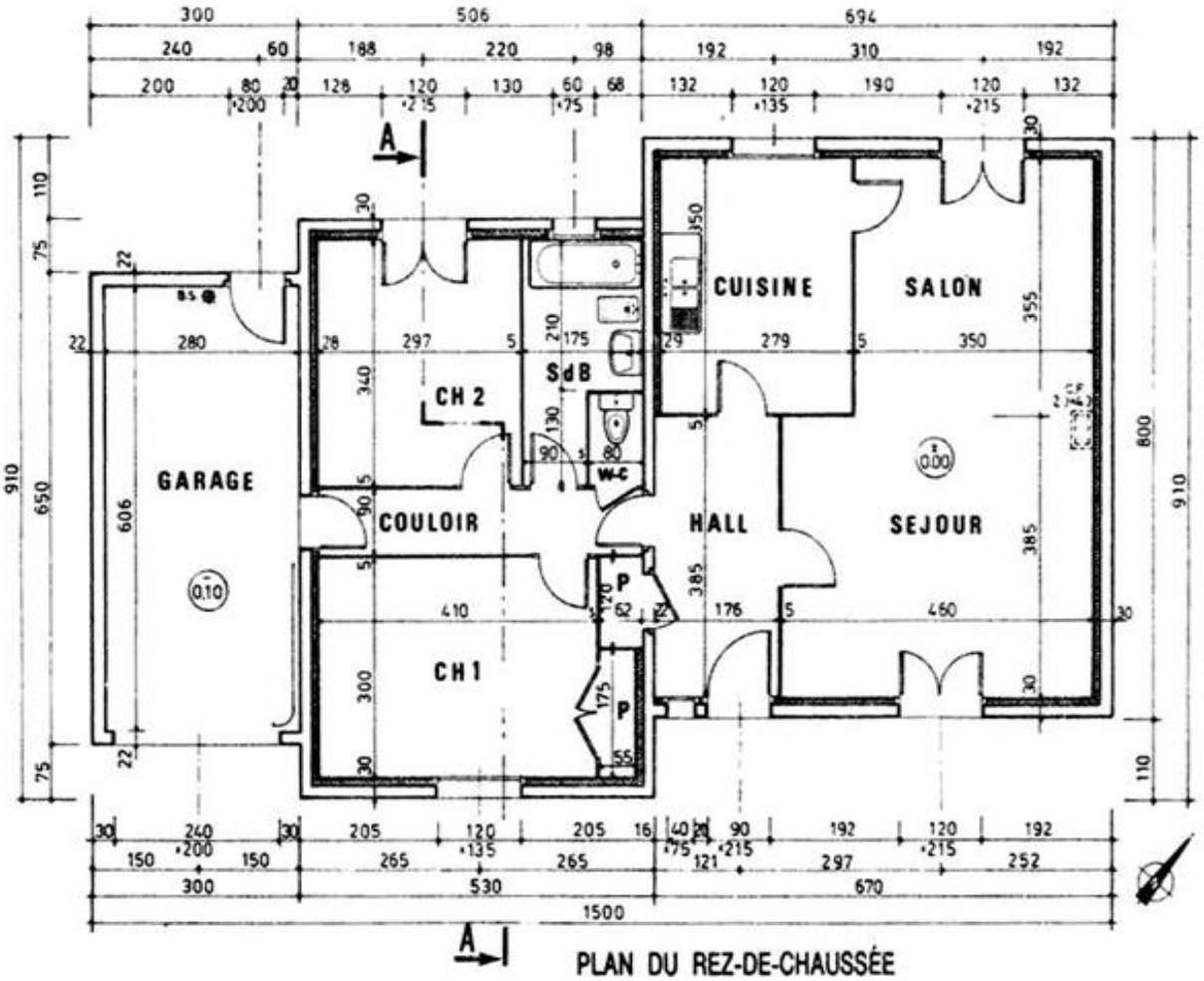


التمرين الرابع :



بالاعتماد على مخططي الواجهتين المقابلتين ، ومخطط التوزيع (المقطع الأفقي) أسفله وبعد القراءة الجيدة لهذه المخططات

- **أجب عن الأسئلة المطروحة (املأ الخانات المفرغة)**



PLAN DU REZ-DE-CHAUSSÉE

الواجهة	الرئيسية	الخلفية	اليمنى	اليسرى
التوجيه				

	باب المدخل	باب المرآب	نافذة المطبخ	كوة الحمام
العرض				
الارتفاع				

مستوى المرآب (النهائي):.....

	Ch-2	*w-c*	*cui*	*hall*
الطول				
العرض				

الأجوبة

التمرين الأول:الواجهات التي تتعرض لأشعة الشمس حسب أوقات النهار هي:

الواجهات	1	2	3	4
الصباح		x		x
الزوال	x	x		
المساء	x		x	

التمرين الثاني : المخططات هي- على الترتيب-: مخطط موقع-مخطط كتلة- مخطط واجهة.

التمرين الثالث: تسمية الواجهات هي كما يلي :

واجهة جنوبية	واجهة غربية
واجهة شمالية	واجهة شرقية

التمرين الرابع:

الواجهة	الرئيسية	الخلفية	اليمنى	اليسرى
التوجيه	S-E	N-O	S-O	N-E

	باب المدخل	باب المرآب	نافذة المطبخ	كوة الحمام
العرض	0.90	2.40	1.20	0.60
الارتفاع	2.15	2.00	1.35	0.75

	Ch-2	w-c	cui	hall
الطول	3.40	1.30	3.50	3.85
العرض	2.97	0.80	2.79	1.76

مستوى المرآب (النهائي): -0.10 m

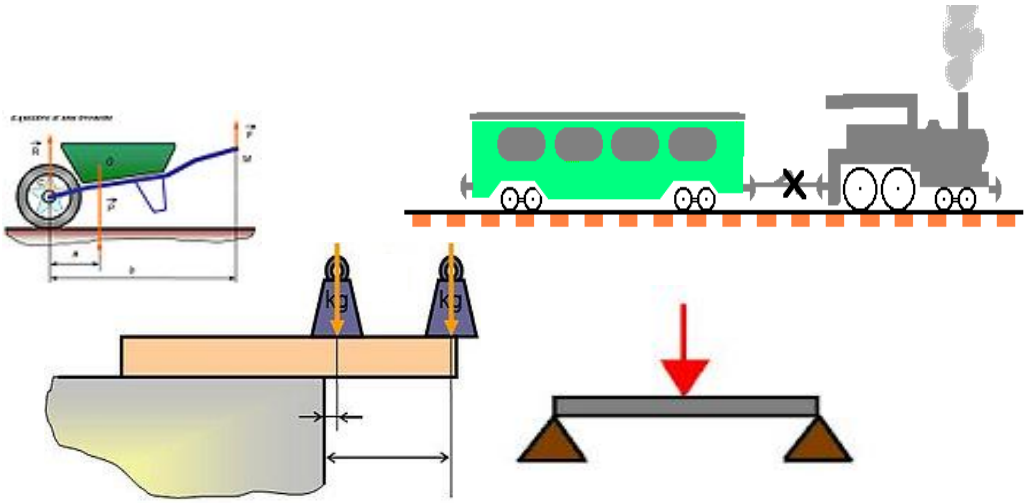
.....

باب علم السكون
والخصائص الهندسية للمقاطع

مفاهيم حول القوى

1 - مفهوم القوة :

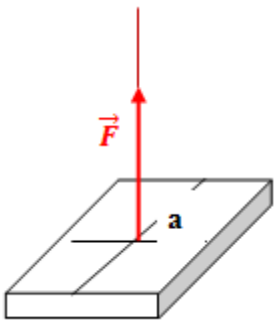
- القوة هي كلّ سبب أو مؤثر خارجي، يقوم بتحريك الجسم أو بتغيير اتجاه حركته أو بتغيير شكله (انظر الأشكال).



- القوة مقدارٌ شعاعي يتميز بأربعة عناصر هي :

- نقطة التطبيق (التأثير).
- الحامل.
- الاتجاه.
- الشدة.

فمثلا في حالة رفع كتاب بقوة عضلية :



- نقطة تأثير القوة : هي النقطة a
- حامل القوة : هو استقامة الخيط الشاقولي.
- اتجاه القوة : من الأسفل إلى الأعلى.
- شدة القوة : تتعلق بالجهد المبذول لرفع الكتاب نحو الأعلى.

- وحدة القوة في الجملة الدولية هي:النيوتن،ويرمز لها اختصارا بالحرف *N*.

تطبيقيا يمكن استعمال الكيلو غرام ثقلي حيث :

$$1\ kgf = 9.81\ N$$

بالإضافة إلى مضاعفات النيوتن الأكثر استعمالا :

$$1daN = 10N$$

$$1KN = 1000N$$

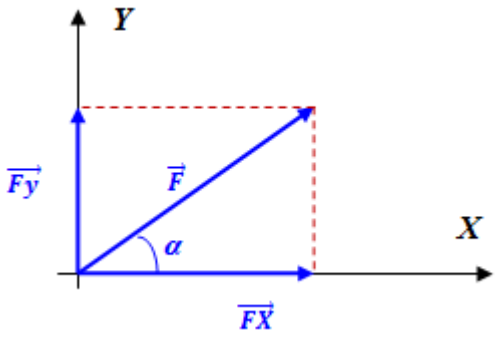
2 -تحليل القوى :

- حالة قوّة وحيدة:لتكن قوة كيفية $\vec{F}$ تنتمي إلى جملة محورين متعامدين ؛ومعرّفة بشدتها وبزاوية ميلها .

إن تحليل القوة $\vec{F}$ يكون إلى قوتين يطلق عليهما "المركّبتان"،وهما عبارة عن :

- قوة أفقية : حسب محور الفواصل ويرمز لها F_X.
- قوة عمودية :حسب محور التراتيب ويرمز لها F_Y.

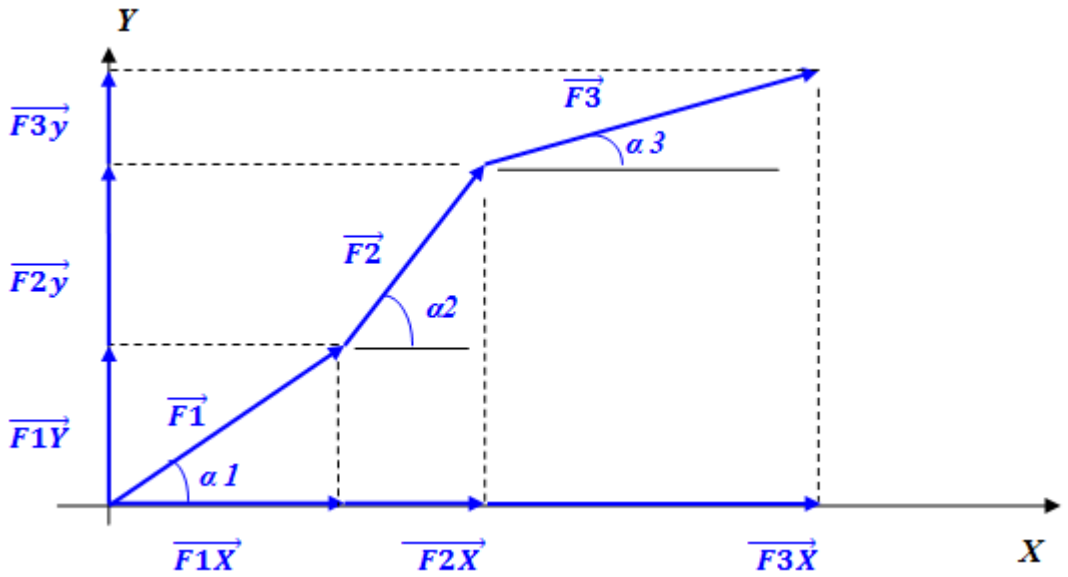
نحصل على قيم المحصلتين بالاعتماد على نظرية الزوايا:



$$\sin\alpha = \frac{Fy}{F}$$
$$Fy = F.\sin\alpha$$
$$\cos\alpha = \frac{Fx}{F}$$
$$Fx = F.\cos\alpha$$

- حالة عدة قوى :لتكن لدينا جملة قوى $\vec{F3}، \vec{F2}، \vec{F1}$ زوايا ميلها على التوالي هي:α1، α2،α3

إن تحليل جملة القوى يتم بنفس طريقة قوة وحيدة؛ونكتب :



$$Fx = F1x + F2x + F3x$$
$$Fx = F1.\cos\alpha1 + F2.\cos\alpha2 + F3.\cos\alpha3$$
$$Fx = \sum_{i=1}^{n} Fi.\cos\alpha i$$
$$Fy = F1y + F2y + F3y$$

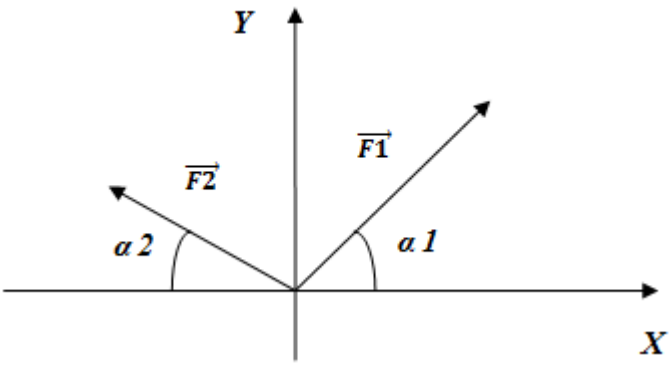
$$Fy = F1.\sin\alpha 1 + F2.\sin\alpha 2 + F3.\sin\alpha 3$$

$$Fy = \sum_{i=1}^{n} Fi.\sin\alpha i$$

-تنبيه:تجدر الإشارة إلى أنه يجب أخذ الإشارات (الموجبة أو السالبة) بعين الاعتبار، أثناء حساب قيمتي المركبتين : Fx و Fy ، وذلك حسب اتجاه ووضعية القوة أو القوى التي نقوم بتحليلها.

- مثال : قوتان معرّفتان بشدّتيهما : F1= 40N و F2= 20 N

وبزاويتي ميلهما على التوالي : α1=45° و α2= 30°



لحساب مركبتي القوتين نكتب :

$$Fx = F1.cos\alpha 1 - F2.cos\alpha 2$$

$$Fx = 40.cos45 - 20.cos30 = 10.96N$$

$$Fy = F1.sin\alpha 1 + 20.sin\alpha 2$$

$$Fy = 40.sin45 + 20.sin30 = 38.28N$$

3 - تركيب القوى المتقاطعة (المحصلة):

- إذا كانت لدينا قوتان متقاطعتان أو مجموعة من القوى المتقاطعة تؤثر في جسم؛فإنه يمكن تعويض هذه القوى بقوة وحيدة تقوم مقامها، بحيث يكون تأثيرها مساويا لتأثير القوى مجتمعة ،وتدعى هذه القوة المكافئة :"المحصّلة " ونرمز لها بالحرف $\vec{R}$

وفي الواقع فإن عملية تركيب القوى هي عكس عملية تحليل القوى.

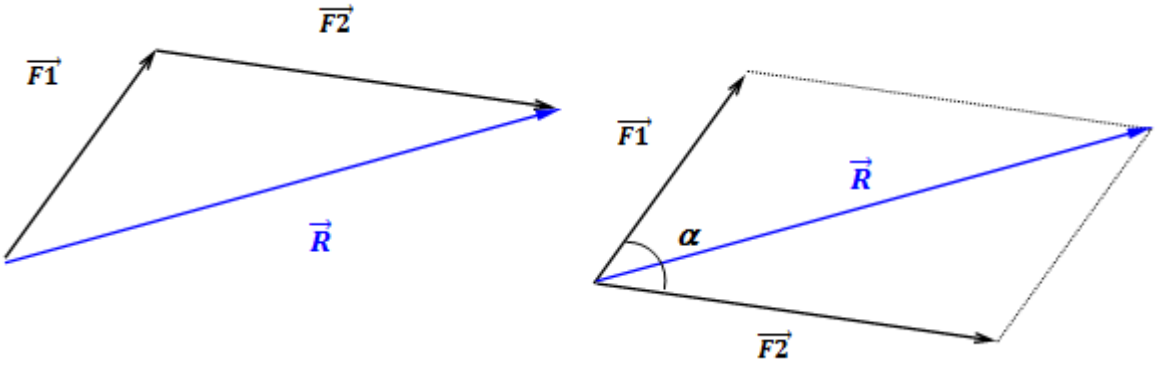
ولتحديد هذه المحصلة توجد طريقتان هما : الطريقة البيانية والطريقة الحسابية.

- الطريقة البيانية :

- نفرض أنه لدينا قوتان : $\overrightarrow{F1}$ و $\overrightarrow{F2}$ ؛ الزاوية بين حامليهما α.

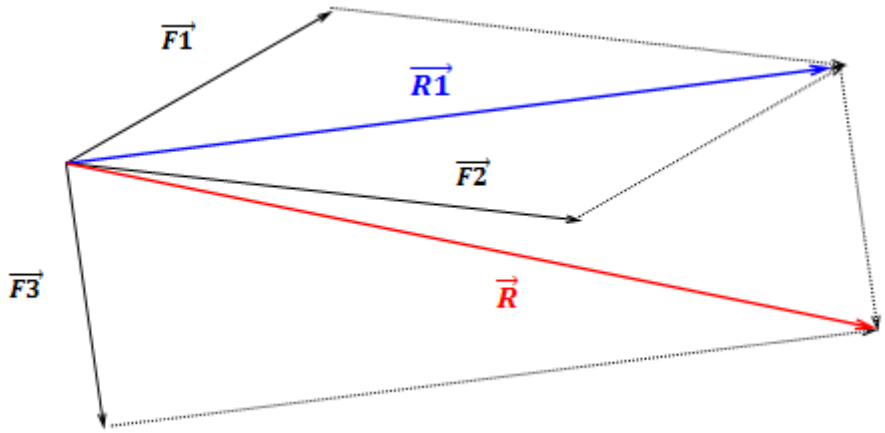
ـ نحصل على محصلة هاتين القوتين برسم قطر متوازي الأضلاع الذي ضلعاه: $\overrightarrow{F1}$ و $\overrightarrow{F2}$.

- يمكن أيضا الحصول على المحصلة $\vec{R}$ بطريقة أخرى؛تتمثل في سحب $\overrightarrow{F2}$وتمثيلها ابتداء من نهاية $\overrightarrow{F1}$ ،وللحصول على $\vec{R}$ نقوم بربط بداية $\overrightarrow{F1}$ بنهاية $\overrightarrow{F2}$

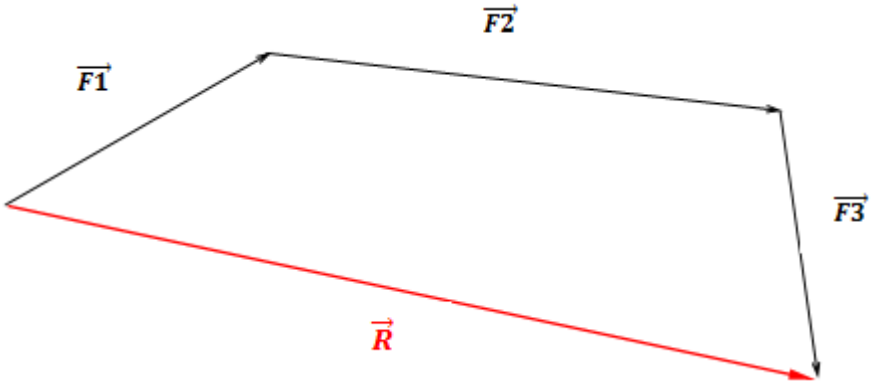


- في حالة وجود عدة قوى: يمكن تعميم القاعدة السابقة فنقوم في حالة القوى المرسومة أسفله :

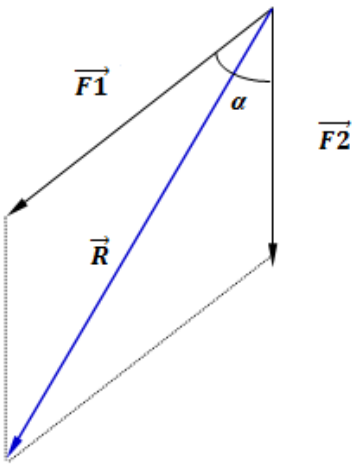
- بتحديد محصلة القوتين : $\overrightarrow{F1}$ و $\overrightarrow{F2}$ ، ولتكن $\overrightarrow{R1}$
- بتحديد محصلة القوتين : $\overrightarrow{R1}$و $\overrightarrow{F3}$ ، ولتكن $\vec{R}$.



يمكن أيضا الحصول على المحصلة $\vec{R}$: بتمثيل $\overrightarrow{F2}$ ابتداء من نهاية $\overrightarrow{F1}$ ، ثم بتمثيل $\overrightarrow{F3}$ ابتداء من نهاية $\overrightarrow{F2}$ ،وبربط بداية $\overrightarrow{F1}$ بنهاية $\overrightarrow{F3}$ نتحصل على $\vec{R}$.



- مثال: قوتان : $\overrightarrow{F1}$ و $\overrightarrow{F2}$ ، شدتهما على التوالي : 1500 N و 1200 N. الزاوية المحصورة بين حامليهما $\alpha = 45°$.



ـ لتحديد محصلتهما R نختار سلّما مناسبا لتمثيل شدة القوتين، وليكن :

1cm ⟶ 300N

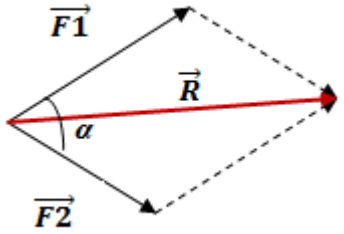
ـعلى ورقة ميليمترية نرسم القوى بطولي: 5cm و4cm على التوالي،ثم نقيس الطول $\overrightarrow{R}$ فنجده : 8.30cm

هذا يكافئ شدّة المحصلة :

$$R \approx 8.30 \times 300 \approx 2490N$$

الطريقة الحسابية :

- لتكن القوتان : $\overrightarrow{F1}$ و $\overrightarrow{F2}$ ، الزاوية بين حامليهما α.



إن شدة محصلة هاتين القوتين تعطى بالعلاقة الرياضية :

$$R = \sqrt{F1^2 + F2^2 + 2.F1.F2.\cos\alpha}$$

نلاحظ أنه يمكن استنتاج بعض الحالات الخاصة :

ـففي حالة تعامد القوتين (α=90°) تؤول هذه العلاقة إلى : $R = \sqrt{F1^2 + F2^2}$

- وفي حالة توازي القوتين (α=0°) تؤول هذه العلاقة إلى : $R = F1 + F2$

ـوفي حالة تعاكس القوتين (α=180°) تؤول العلاقة إلى : $R = F1 - F2$

- في حالة وجود عدة قوى : ($\overrightarrow{F1}$ ، $\overrightarrow{F2}$ ، $\overrightarrow{F3}$ ...) ونظرا لطول الطريقة الحسابية السابقة التي تعتمد على التعامل مع القوى مثنى مثنى؛ مما يؤدي إلى طول الحسابات وتعقيدها؛ فإننا نقترح عليك الطريقة العملية المتمثلة في إسقاط القوى على محورين متعامدين ، وحساب :

$$Fx = F1x + F2x + F3x = F1.cos\alpha1 + F2.cos\alpha2 + F3.cos\alpha3$$

$$Fy = F1y + F2y + F3y = F1.sin\alpha1 + F2.sin\alpha2 + F3.sin\alpha3$$

ونلخّص:

$$Fx = \sum_{i=1}^{n} Fi.\cos \alpha i$$

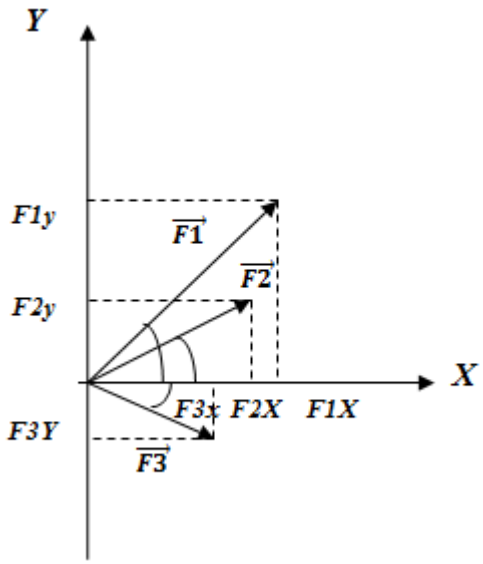
$$Fy = \sum_{i=1}^{n} Fi.\sin \alpha i$$

وللحصول على المحصلة $\vec{R}$ نكتب :

$$R = \sqrt{Fx^2 + Fy^2}$$

و تحسب زاوية ميلها α كما يلي :

$$\tan \alpha = \frac{Ry}{Rx}$$



- **مثال :**

لتكن لدينا ثلاثة قوى :

$F3=3N$ ، $F2=4N$ ، $F1=6N$

وزوايا ميلها :

$$\alpha 3 = -\frac{\pi}{6} , \alpha 2 = \frac{\pi}{6} , \alpha 1 = \frac{\pi}{4}$$

والمطلوب :

ـ حساب محصلة هذه القوى $\vec{R}$؟

ـ حساب زاوية ميلها α ؟

للإجابة على المطلوب :

ـ نقوم أولا بحساب المركبات حسب المحورين OX، OY:

$$Fx = F1.cos\alpha 1 + F2.cos\alpha 2 + F3.cos\alpha 3$$

$$Fx = 6.cos\left(\frac{\pi}{4}\right) + 4.cos\left(\frac{\pi}{6}\right) + 3.cos\left(-\frac{\pi}{6}\right)$$

$$Fx = 10.30N$$

$$Fy = F1.sin\alpha 1 + F2.sin\alpha 2 + F3.sin\alpha 3$$

$$Fy = 6.sin\left(\frac{\pi}{4}\right) + 4.sin\left(\frac{\pi}{6}\right) + 3.sin\left(-\frac{\pi}{6}\right)$$

$$Fy = 4.74N$$

ـثم نحسب المحصلة :

$$F=\sqrt{F1x^2+F2y^2}$$

$$F=\sqrt{10.30^2+4.74^2}=11.34N$$

-و أخيرا نحسب زاوية ميلها :

$$\tan\alpha=\frac{Fy}{Fx}=\frac{4.74}{10.30}=0.46$$

$$\Rightarrow \quad \alpha\approx 24.71°$$

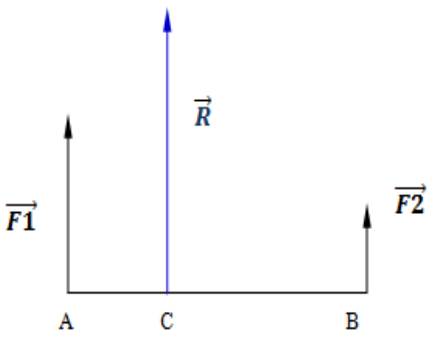
4-تركيب القوى المتوازية :

- القوى ذات نفس الجهة :إن محصلة قوتين $\overrightarrow{F1}$ و $\overrightarrow{F2}$ لهما نفس الجهة،هي قوة لها نفس اتجاههما.
  - وشدّتها :

$$R=F1+F2$$

  - ونقطة تطبيقها تتواجد بين القوتين ،

وتحسب بالعلاقة التالية :



$$F1.\overline{AC}=F2.\overline{BC}$$

$$F1.\overline{AC}=F2.(\overline{AB}-\overline{AC})$$

$$F1.\overline{AC}+F2.\overline{AC}=F2.\overline{AB}$$

$$.(F1+F2)=\text{F2}.\overline{AB}\overline{AC}$$

$$\overline{AC}=\overline{AB}.\frac{F2}{(F1+F2)}$$

$$\overline{AC}=\overline{AB}.\frac{F2}{R}$$

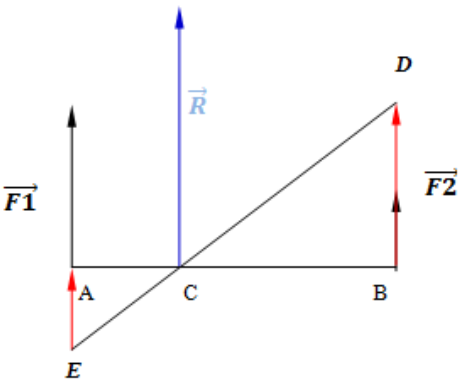
- كما يمكن تحديد نقطة تطبيق المحصلة بيانيا.

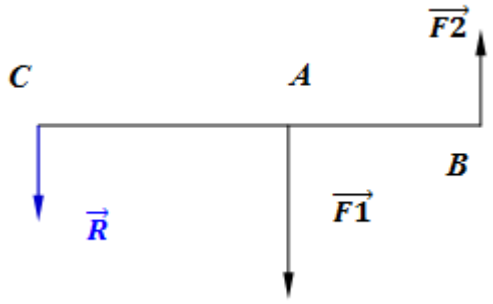
- برسم :

$$=\overrightarrow{\text{F1}}\overline{\text{BD}}$$

$$=\overrightarrow{\text{F2}}\overline{\text{AE}}$$

- ثم نقوم بربط النقطة Dبالنقطة E
- وأخيرا تكون النقطة C نقطة تقاطع المستقيمين : $\overline{AB}$ و $\overline{DE}$ هي نقطة تأثير المحصلة : $\vec{R}$





- ونقطة تطبيقها تتواجد في جهة القوة الكبرى وتحسب بالعلاقة:

$$F1.\overline{AC} = F2.\overline{BC}$$

$$F1.\overline{AC} = F2.\left(\overline{AB} + \overline{AC}\right)$$

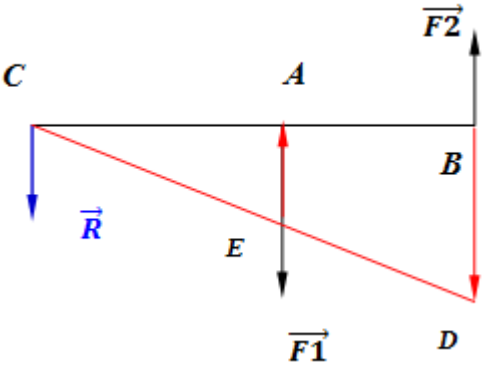
$$F1.\overline{AC} - F2.\overline{AC} = F2.\overline{AB}$$

$$.(F1 - F2) = F2.\overline{AB}\overline{AC}$$

$$\overline{AC} = \overline{AB}.\frac{F2}{(F1 - F2)}$$

$$\overline{AC} = \overline{AB}.\frac{F2}{R}$$

- يمكن تحديد نقطة تأثير المحصلة بيانيا



- برسم : $\overrightarrow{F1}\overline{BD}=$

$\overrightarrow{F2}\overline{AE}=$

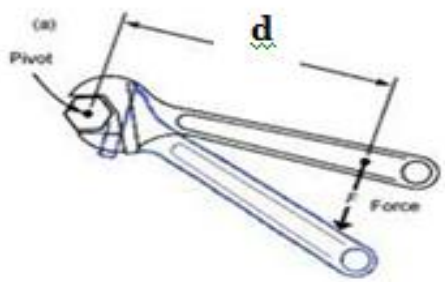
-وننشئ المستقيم الذي تنتمي إليه النقطتان : D وE إلى غاية تقاطعه مع امتداد

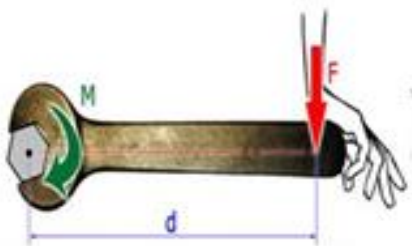
المستقيم : $\overline{AB}$.

-نقطة تقاطع المستقيمين C هي نقطة تأثير المحصلة $\vec{R}$.

5 - عزم القوة :

إن أبسط الأمثلة لعزم القوة حول محور أو حول نقطة هي حركة تدوير مفتاح البراغي.



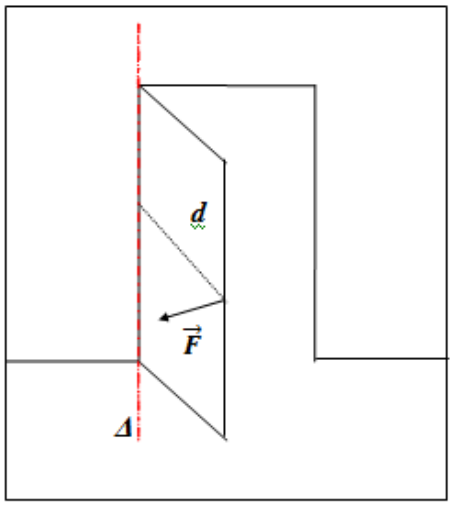


ومن أجل استيعابٍ أفضل لمفهوم عزم القوة، نفرض أنه لدينا بابٌ ندرس حركته .

-إن الحركة الوحيدة التي يمكن لهذا الباب القيام بها هي الحركة الدورانية حول المحور العمودي الثابت Δ.

-من أجل تدوير هذا الباب حول المحور نطبق عليه قوة $\vec{F}$.

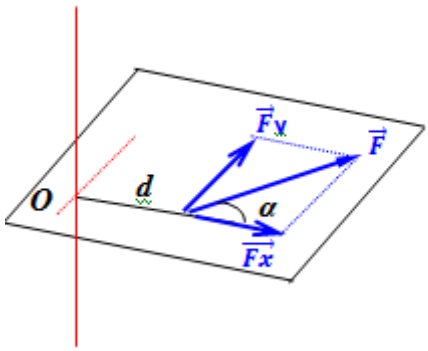
-إن مفعول هذه القوة المتمثل في المقدار الفيزيائي المؤدي إلى الحركة الدورانية حول المحور Δ يسمى بعزم القوة.



- تساوي شدة عزم القوة $\vec{F}$بالنسبة للمحورΔ حاصل جداء شدة القوة في ذراع القوة ؛ ونكتب:

$$M_F/\Delta = F.d$$

- يقدر العزم في الجملة الدولية : $N.m$
- في الحالة العامة قد تكون القوة $\vec{F}$كيفية :



- يمكن تحليل القوة $\vec{F}$إلى مركبتين : Fx و Fy؛ ونلاحظ بأن :

$M_{Fx}/\Delta = 0$ لأن خط عمل Fx يلاقي نقطة الدوران .

$$M_{Fy}/o = Fy.d$$

مع : $Fy = F.\sin\alpha$

ونكتب العلاقة العامة لحساب العزم:

$$M_F/o = F.d.\sin\alpha$$

- نرفق بعزم القوة بالنسبة للمحور إشارة،وهكذا سنختار(اصطلاحا) اتجاها موجبا للدوران، ويكون عزم القوة:

- موجبا:إذا كانت $\vec{F}$ تقوم بتدوير الجسم -حول نقطة الدوران- في اتجاه عقارب الساعة.

- سالبا:إذا كانت القوة$\vec{F}$تقوم بتدوير الجسم-حول نقطة الدوران-عكس اتجاه عقارب الساعة.

- من المفيد أن نعلم بأنّ مجموع عزوم جملة من القوى بالنسبة لمحور أو لنقطة دوران يكون مساويا لعزم محصلة هذه القوى بالنسبة لنفس المحور أو نقطة الدوران ،وهذا ما يطلق عليه اسم "نظرية فارينيون "

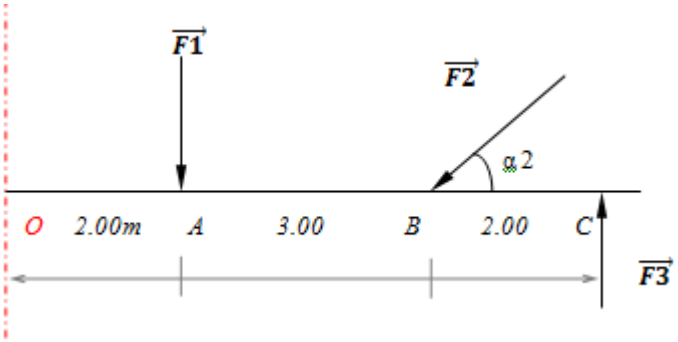
مثال :

- أحسب عزم مجموعة القوى F3،F2،F1 بالنسبة إلى نقطة الدوران o

نعطي : F1=15daN

F2=20daN و $\alpha_2=30°$

F3=10 daN



الحل :

بالنسبة إلى نقطة الدوران O نعلم :

$$\sum M/o = Mf1/o + Mf2/o + Mf3/o$$

$$Mf1/o=F1.d1=+30$$

$$Mf2/o=+F2.d2.sin\alpha2=+50$$

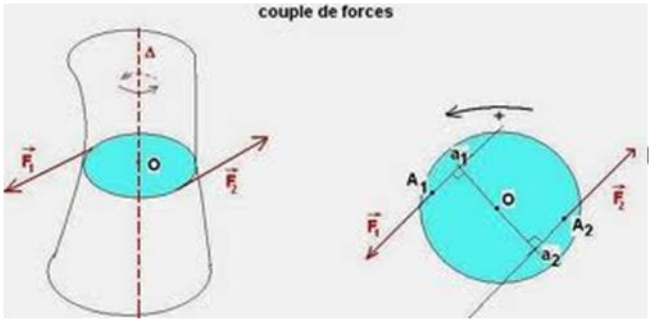
$$Mf3/o=-F3.d3=-70$$

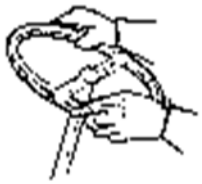
وبجمع العزوم نجد: $\sum M/O = 10daN.m$

6 - عزم المزدوجة :

- المزدوجة هي مجموعة قوتين متوازيتين، لهما اتجاهان متعاكسان،ولهما نفس الشدة.

وتبعا لهذا التعريف فإن المزدوجة لا تُحدِث حركة انتقالية ،باعتبار المحصلة تساوي صفرًا،بل تُحدِث حركة دورانية على مستوي المزدوجة.



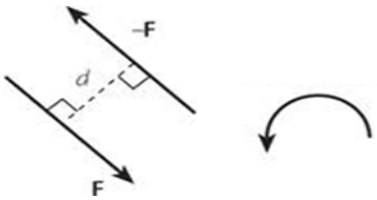


يتم تمثيل المزدوجة كما هو موضّح ،ويعرّف عزمها بالعلاقة :

$$|M| = |F|.d$$

حيث:- *F*: إحدى القوتين.

- *d* : ذراع المزدوجة (المسافة بين القوتين).



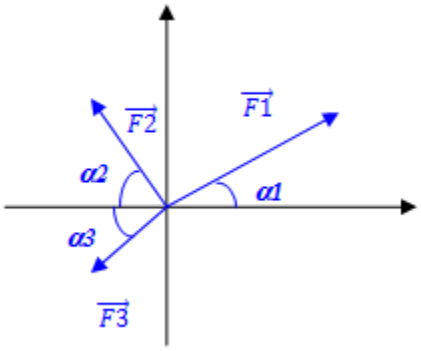
تمارين و تطبيقات

التمرين الأول:

اعتمادًا على الرسم وعلى المعطيات التالية:

$F1=915\ N, F2=750\ N, F3=450\ N$

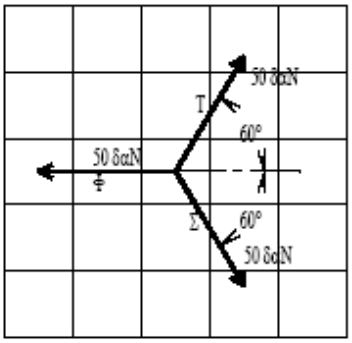
$\alpha 1=30°,\ \alpha 2=60°,\ \alpha 3=45°$

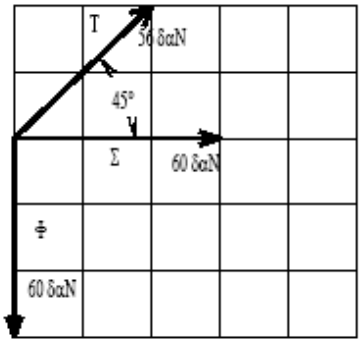


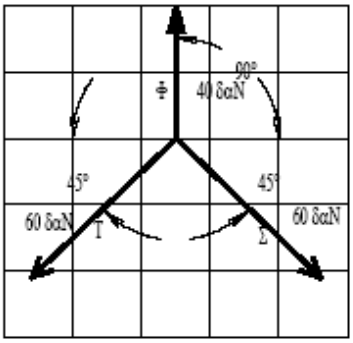
- أحسب مركبتي المحصلة $\overrightarrow{RX}$ و $\overrightarrow{RY}$؟
- أحسب قيمة المحصلة $\overrightarrow{R}$ ؟
- أحسب زاوية ميلها β ؟

التمرين الثاني :

أوجد بالطريقة البيانية و الحسابية المحصلة $\overrightarrow{R}$ في كل حالة من الحالات الثلاثة التالية:

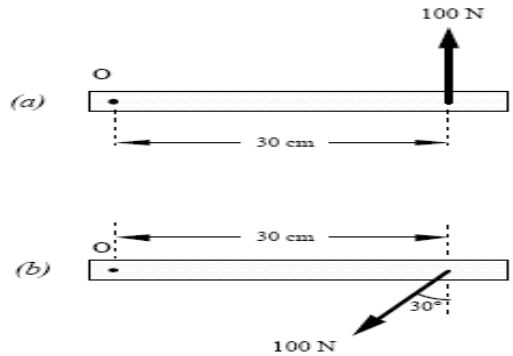






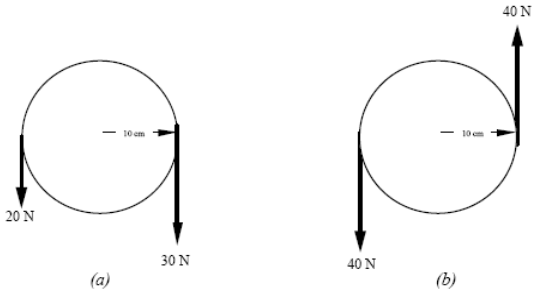
التمرين الثالث:

-أحسب عزم القوة بالنسبة إلى نقطة الدوران o في الحالتين التاليتين .

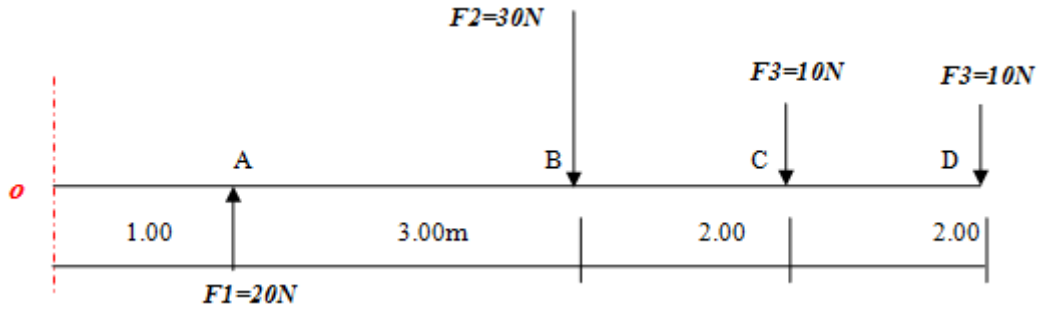


التمرين الرابع:

-بالنسبة للشكلين المقابلين أحسب عزوم القوى حول نقطتي الدوران (مركزي الدائرتين)،إذا علمت أن نصف قطر الدائرة r=10cm



التمرين الخامس: لتكن لديك جملة القوى المتوازية أدناه :



-أحسب المحصلة $\overrightarrow{R1}$ بين $\overrightarrow{F1}$ و$\overrightarrow{F2}$ ؟ وحدد نقطة تطبيقها ؟

-أحسب المحصلة $\overrightarrow{R2}$بين $\overrightarrow{F3}$ و $\overrightarrow{F4}$ ؟وحدد نقطة تطبيقها ؟

-أحسب المحصلة النهائية $\overrightarrow{R}$ بين $\overrightarrow{R1}$ و$\overrightarrow{R2}$؟ وحدد نقطة تطبيقها ؟

- أحسب عزم مجموع هذه القوى بالنسبة إلى النقطة O؟

-أحسب عزم المحصلة $\overrightarrow{R}$بالنسبة إلى النقطة O؟ ماذا تستنتج ؟

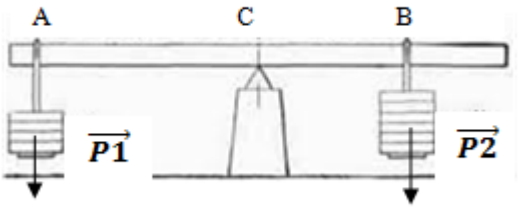
التمرين السادس:

بالنسبة للشكل المقابل؛إذا علمت أن :

شدتي القوتين هما:

P1=1.100t ,P2= 1.650t

الطول AB=3.00m



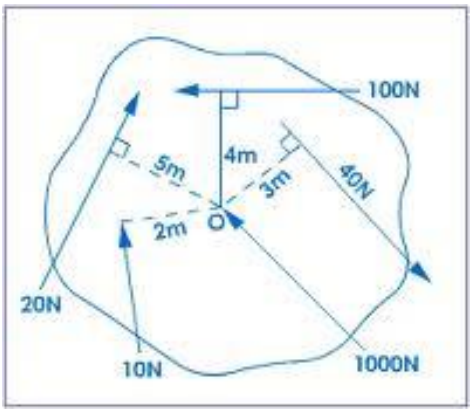
- أحسب قيمة المحصلة $\overrightarrow{R}$

- أوجد نقطة تطبيقها C؟

التمرين السابع:

بالنسبة لجملة القوى المقابلة.

-أحسب مجموع عزوم التدوير بالنسبة إلى نقطة الدوران o ؟

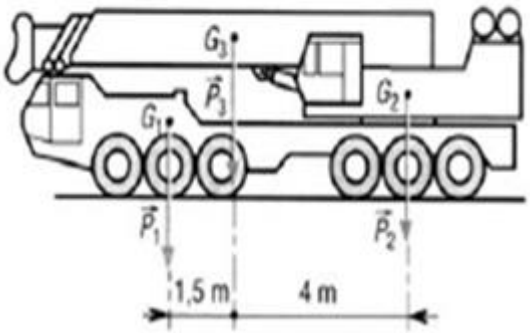


التمرين الثامن:

مركبة تتكون من ثلاثة أجزاء هي :

شاحنة ثقلها P1=150KN،ورافعة ثقلها P2= 90KN وذراع هيدروليكية صاعدة ثقلها : P3=70KN .(أنظر الشكل)

-أحسب محصلة القوى الثلاثة $\overrightarrow{R}$ وحدد نقطة تطبيقها ؟



الأجوبة

التمرين الأول:

$R_X \approx 99.21N, R_Y \approx 788.82N, R \approx 785.03N, \beta \approx 82.83°$

التمرين الثاني:

الحالة الأولى: $F_X=0, Fy=-40, R=40daN$

الحالة الثانية: $Fx=100, Fy=-20, R \approx 102daN$

الحالة الثالثة: $Fx=0, Fy=0, R=0$

التمرين الثالث:

$M1/O=30\ N.m$ (في اتجاه عكس عقارب الساعة)

$M2/O=25.98\ N.m$ (في اتجاه عقارب الساعة)

التمرين الرابع:

$M1/O=1N.m$ (في اتجاه عقارب الساعة)

$M2/O=8N.m$ (في اتجاه عكس عقارب الساعة)

التمرين الخامس:

المحصلة النهائية: $R=30N$ ، تبعد عن النقطة O بمسافة $d=8.00m$

$$\sum Mfi/o = 240\ N.m$$

$$MR/O = 240N.m$$

العزمان متساويان بما يدل على صحة نظرية فارينيون

التمرين السادس:

$R=2.750t$, $\overline{AC}=1.80m, \overline{BC}=1.20m$

التمرين السابع:

$$N.m \sum_{i=1}^{5} Mf/o = \sum_{i=1}^{5} |Fi|.di = 240$$

(الدوران يتم في اتجاه عكس عقارب الساعة)

التمرين الثامن:

المحصلة: $R=310\ KN$، ونقطة تطبيقها: $\overline{G_1C} \approx 1.935m$

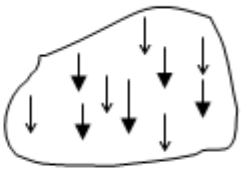
.....

مركز الثقل

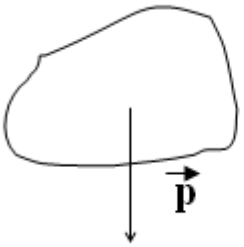
1- تعريف مركز الثقل : مركز الثقل لجسم مَا (C) هو نقطة تطبيق محصلة قوى الجاذبية المؤثرة على الجسم (C).

أنظر الشكل (1) و (2).

شكل (1)

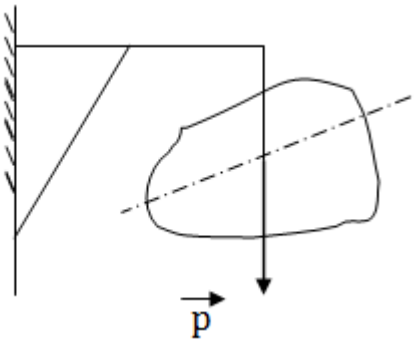


شكل (2)



يمكننا- عمليّا- الحصول على مركز الثقل، بالبحث عن نقطة توازن جسم معلق.(أنظر الشكل(3)).

شكل (3)



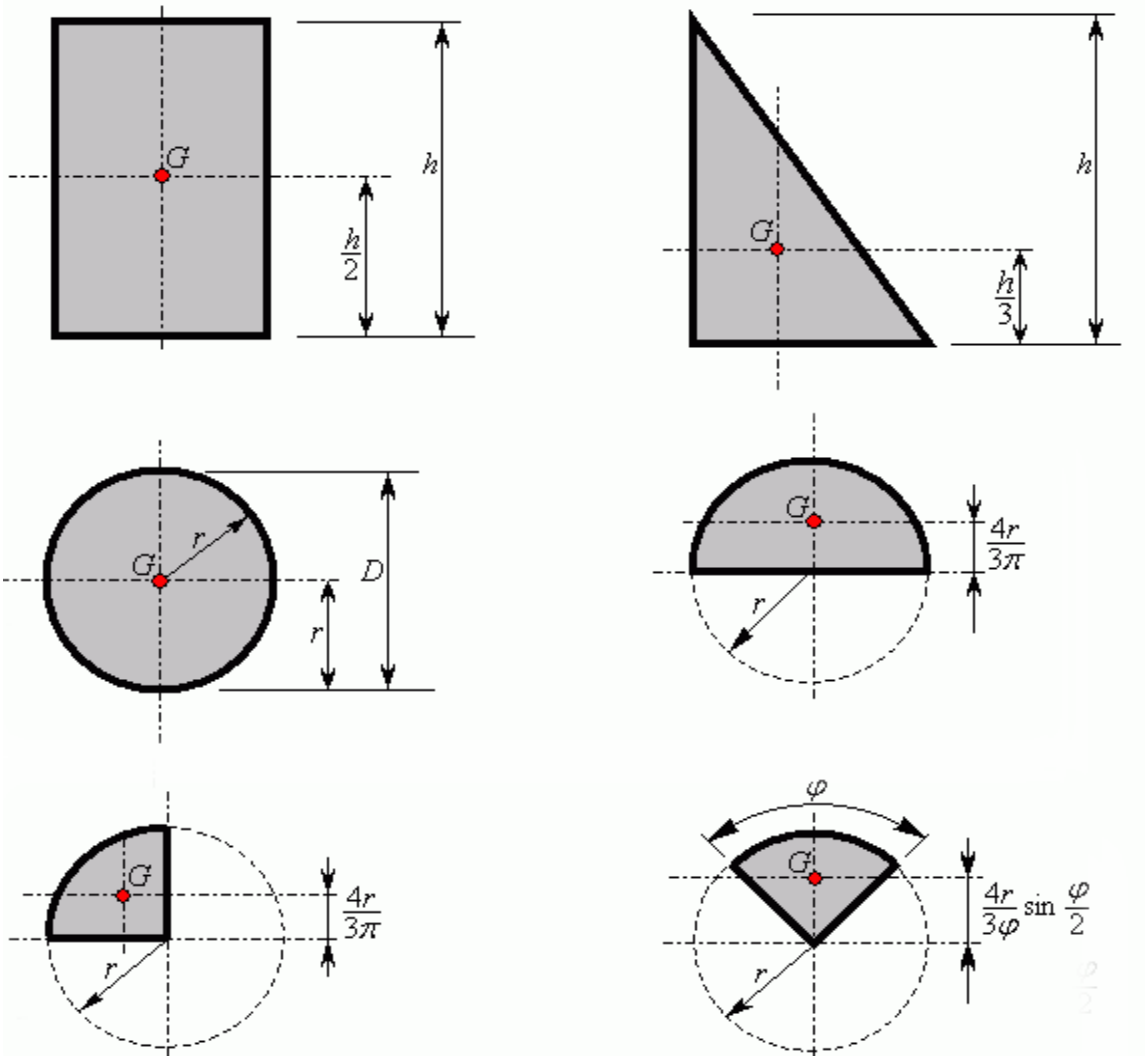
2-مركز ثقل مساحة :

- يمكن - بصفة عامة - مقاربة المساحة إلى جسم متجانس ذي سمك ثابت، وصغير جدا بحيث يمكن إهماله.

وبناء على هذه المقاربة، فإن مركز ثقل مساحةٍ مَا هو النقطة التي يمكن اعتبار تمركز المساحة عندها.

- بعض المساحات تكون مراكز ثقلها واضحة،ففي حالة بعض الأشكال المتماثلة، يمكن تعيين مراكز ثقلها بنقطة التقاء الأقطار بالنسبة للمساحات التي تقبل محاور تناظر.

وفيما يلي نقدم مراكز الثقل بالنسبة لبعض المساحات البسيطة :

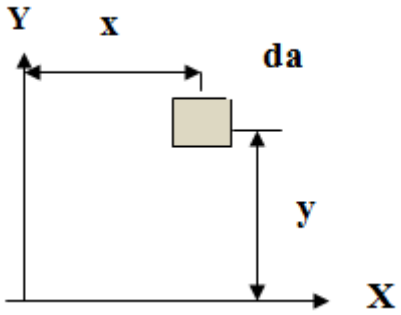


3- تعريف عزم السكون :

يسمى عزم السكون - أيضا - بالعزم الستاتيكي أو العزم الأول للمساحة.

ويعطى عزم السكون لعنصر من مساحة بالنسبة إلى أي محور يقع في مستوى المساحة بحاصل حداء مساحة العنصر في المسافة المتعامدة بين العنصر والمحور .

فمثلا في حالة الشكل المقابل:



يعطى عزم السكون للعنصر da كالتالي:

- بالنسبة إلى المحور x:

$$dS/x = y.da$$

- و بالنسبة إلى المحور y :

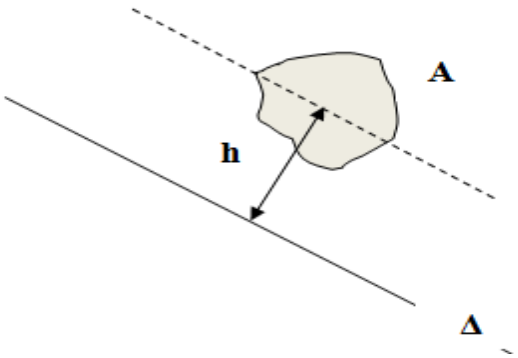
$$dS/y = x \cdot da$$

- يمكن من الصيغة السابقة أن نستخلص عزم السكون لجميع العناصر المحتواة في المساحة المحددة، حيث يحسب عزم السكون عن طريق التكامل :

$$S/x = \int dS/x \rightarrow S/x = \int y.da$$

$$S/y = \int dS/y \rightarrow S/y = \int x.da$$

- نقبلُ ـ اختصارا لحساب التكامل ـ بأن عزم السكون لمساحةٍ A بالنسبة لمحور كيفي Δ بحاصل جداء المساحة في المسافة العمودية h الفاصلة بين مركز ثقل السطح والمحور Δ .

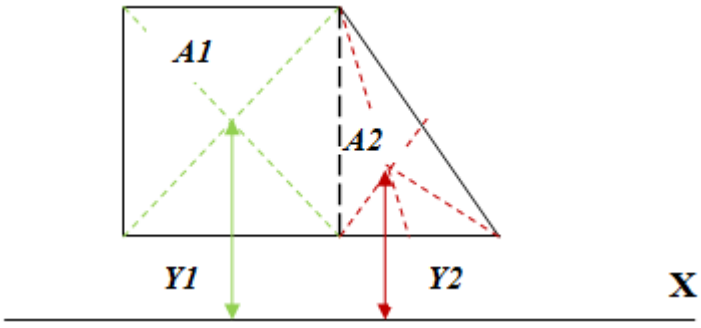


ويكتب عزم السكون :

$$S/\Delta = A \cdot h$$

- وحدة عزم السكون هي : (mm^3 , cm^3 , m^3).
- إذا كانت المساحة معقدة نوعا ما، ولا تحتوي على مركز ثقل واضح، فإننا نقوم في هذه الحالة بتقسيم المساحة الكلية إلى جملة من المساحات البسيطة (مثلث،مربع،مستطيل...) والتي يساوي مجموعها المساحة الكلية (A) .

وفي هذه الحالة يكون عزم السكون للمساحة الكلية مساويا لمجموع عزوم السكون للمساحات الجزئية؛ فمثلا في حالة الشكل التالي:



$$S/x = S1/x + S2/x$$
$$S/x = A1 \cdot Y1 + A2 \cdot Y2$$
$$S/x = \sum_{i=1}^{n} Ai \cdot Yi$$

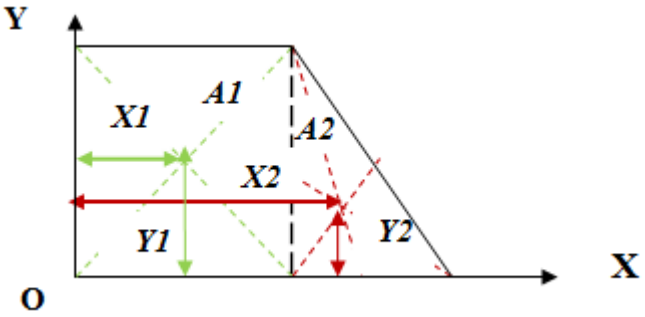
وبنفس الخطوات المتبعة نجد :

$$S/y = \sum_{i=1}^{n} Ai.Xi$$

-ملاحظة :إشارة عزم السكون تتعلق بوضعية المساحة بالنسبة إلى المحور Δ،إذ يمكن أن يكون عزم السكون موجبا أو سالبا أو معدوما.

4 - تعيين مركز الثقل :

- تكمن الأهمية الأولى لعزم السكون في كونه يسمح بحساب وتحديد إحداثيات مركز الثقل لمساحة كيفية.
- الطريقة العملية لتعيين هذه الإحداثيات تتم حسب المراحل التالية :
  - لتكن لدينا المساحة المنسوبة إلى المعلم المتعامد (OX , OY):



- بالنسبة للشكل أعلاه نعلم :
- المساحة الكلية : $A = A1 + A2$
- فواصل مراكز الثقل للمساحات-على الترتيب - : $X1, X2$
- تراتيب مراكز الثقل للمساحات -على الترتيب- : $Y1, Y2$
- في حين يطلب حساب إحداثيات مركز الثقل للمساحة الكلية A: (XG, YG)

- من أجل هذا نقوم -أوّلا-بحساب عزم السكون لكل مساحة بالنسبة للمحور الأفقي OX

ومجموع هذه العزوم يساوي عزم السكون الكلي للمساحة A بالنسبة إلى نفس المحور OX ،

ونكتب :

$$S/x = S1/x + S2/x$$
$$A.YG = A1.Y1 + A2.Y2$$

$$YG = \frac{A1.Y1 + A2.Y2}{A}$$
$$YG = \frac{\sum Ai.Yi}{\sum Ai}$$

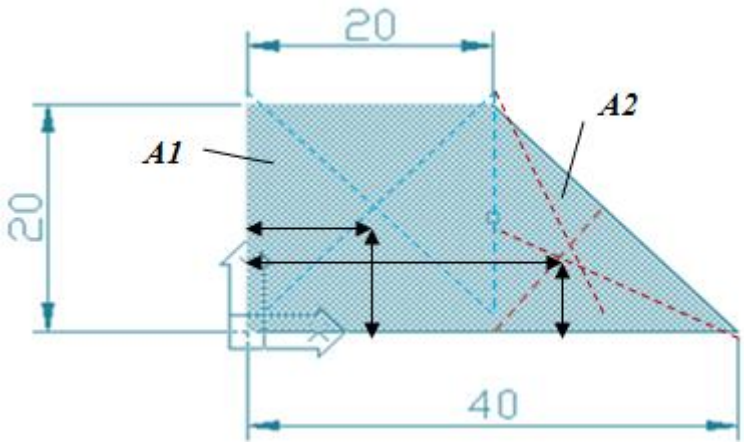
بإتباع ذات الطريقة السابقة لحساب عزم السكون بالنسبة للمحور العمودي O ، نحصل على :

$$XG = \frac{\sum Ai.Xi}{\sum Ai}$$

إن الكتابة العملية لهذه المراحل تتم في جدول مساعد ملخص كما يلي :

الرقم	المساحات الجزئية Ai	الفواصل الجزئية Xi	التراتيب الجزئية Yi	عزم السكون S/x	عزم السكون S/y
1 2 ⋮	$A1 =$ $A2 =$ ⋮	$X1 =$ $X2 =$ ⋮	$Y1=$ $Y2 =$ ⋮	$A1 . Y1 =$ $A2 . Y2 =$ ⋮	$=A1 . X1$ $A2 . X2 =$
المجموع	Σ	———	———	Σ	Σ

●مثال : من أجل استيعاب ما سبق نقوم بحل المثال التالي :



- لحساب إحداثيات مركز الثقل بالنسبة إلى المحورين(OX, OY)،نقوم بتقسيم المساحة الكلية إلى مساحتين (مستطيلة ومثلثية): $A1, A2$
- عملية ملء الجدول تكون كما يلي :

الرقم	المساحات الجزئية Ai	الفواصل الجزئية Xi	التراتيب الجزئية Yi	عزم السكون S/y	عزم السكون S/x
1	400	10	10	4000	4000
2	200	26.67	6.67	5334	133.40
Σ	600	————	————	9334	4133.4

ونحسب إحداثيات مركز الثقل بالعلاقتين :

$$XG = \frac{\sum Ai.Yi}{\sum Ai} = \frac{9334}{600} = 15.56cm$$

$$YG = \frac{\sum Ai.Xi}{\sum Ai} = \frac{4133.4}{600} = 6.89cm$$

5- المساحات المفرغة : بعض المساحات قد لا تكون مملوءة بل تحتوي على فراغات أو تجويفات.

إن تحديد مركز الثقل في هذه الحالة يتم باعتماد الطريقة التالية :

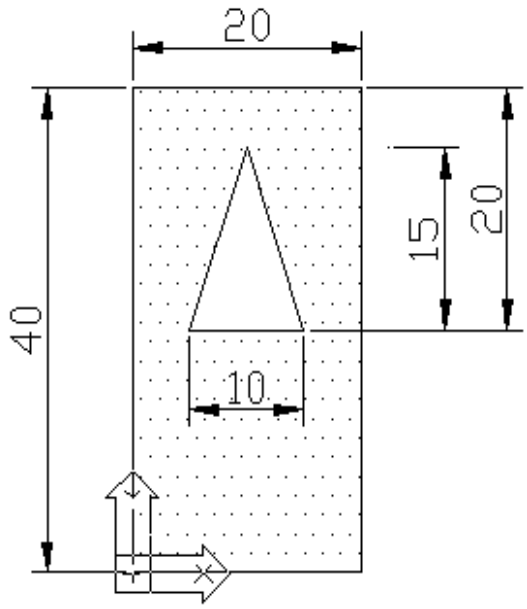
- نفرض كما لو أن المساحة كلها مملوءة و لا تحتوي على تجويفات فنحسب :
  - مساحتها : $A1$
  - وعزم سكونها : $S1/x$ و $S1/y$
  - ثم نحسب سطح الجزء المجوف : $A2$ و عزم سكونه : $S2/x$ و $S2/y$.

- **نأخذ في العمليات الحسابية الموضحة سابقا :**

$$A = A1 - A2$$

$$S/x = S1/x - S2/x$$

$$S/y = S1/y - S2/y$$



وتوضيحا لهذه الحالة نقوم بحساب إحداثيات مركز المساحة التالية (مع الأخذ بعين الاعتبار المساحة المثلثية المجوفة) ،بالاعتماد على نتائج الجدول أدناه:

$$XG = \frac{7250}{725} = 10cm$$

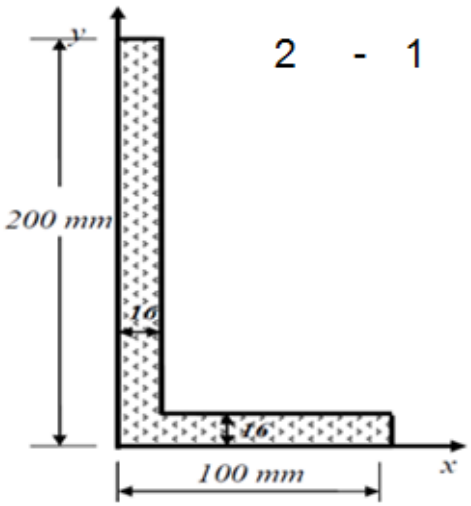
$$YG = \frac{14125}{725} = 19.48cm$$

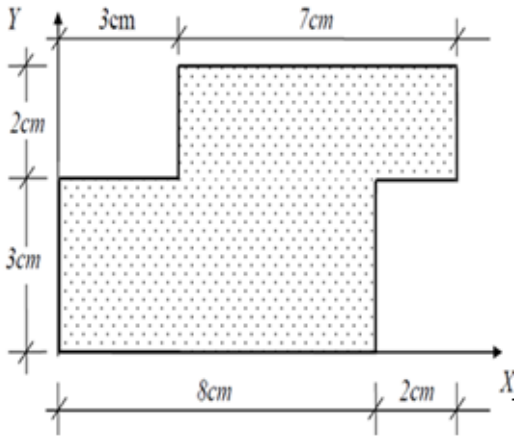
الرقم	المساحات الجزئية Ai	الفواصل الجزئية Xi	التراتيب الجزئية Yi	عزم السكون S/y	عزم السكون S/x
1	800	10	20	8000	16000
2	75	10	25	750	1875
Σ	725	————	————	7250	14125

تمارين و تطبيقات

التمرين الأول:أحسب إحداثيات مركز ثقل المساحتين التاليتين :

2 - 1

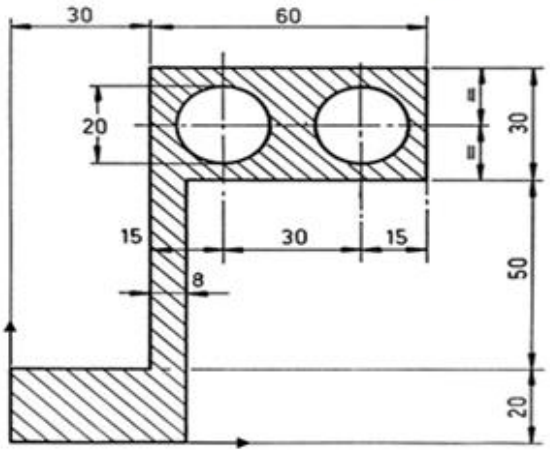


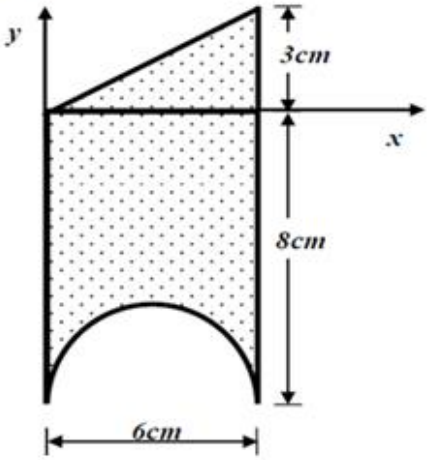


التمرين الثاني:مساحتان تحتويان على تجويفين كما هو مبين في الشكلين .

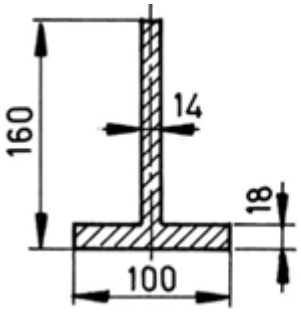
- **أحسب إحداثيات مركز ثقل مقطعيهما :** (XG, YG)

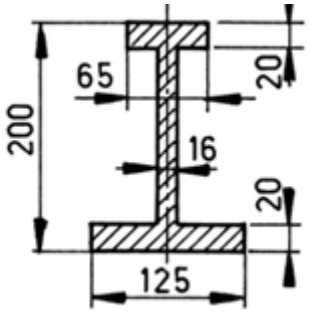
4 - 3

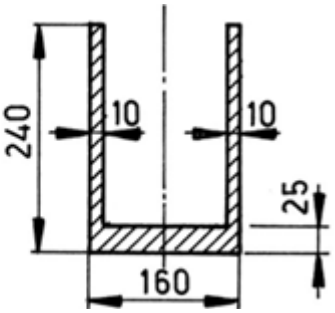




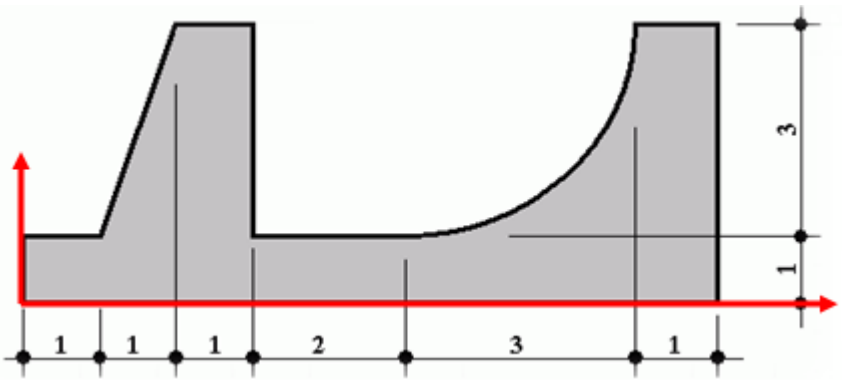
التمرين الثالث: بالنسبة للمجنبات الثلاثة التالية أحسب إحداثية مركز ثقل المساحة Y_G **بالنسبة إلى محور أفقي مماس للقاعدة:(الأبعاد بالـ mm).**







التمرين الرابع : أحسب إحداثيات مركز ثقل المساحة التالية:(الأبعاد بالـm).



الأجوبة

التمرين الأول:

الشكل الأول : XG=4.9cm ; YG=2.4cm

الشكل الثاني: XG=22.79mm ; YG=72.79 mm

التمرين الثاني:

الشكل الأول: XG=3.21 cm ; YG= 5.95 cm

الشكل الثاني:XG=42.18 cm ;53.70 cm

التمرين الثالث:

YG1=74.67mm ; YG2=78.99mm ;YG3=50.99mm

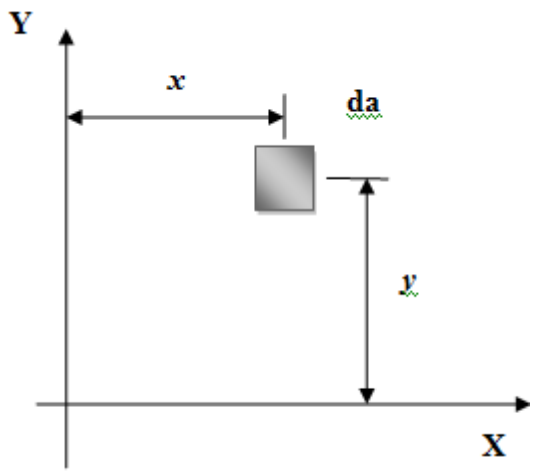
التمرين الرابع:

$$XG = 4.892m\,, YG = 1.396m$$

عـزم الـعطـالـة

1) تعريف عزم العطالة :

- إن عزم العطالة - ويسمى أيضا بعزم القصوى الذاتي أو العزم التربيعي - لمساحة محددة حول أي محور هو خاصية هندسية ؛لا يستغنى عنها في حساب مقاومة وتشوّه الروافد التي تخضع لعزوم التدوير و عزوم الانحناء؛ وتساوي عدديا التكامل :



- بالنسبة إلى المحور OX:

$$Ix = \int y^2 . da$$

- بالنسبة إلى المحور OY:

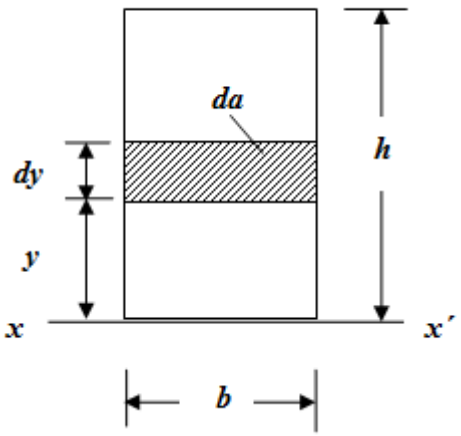
$$Iy = \int x^2 . da$$

حيث : da - : المساحة الأولية.

y - : المسافة بين المساحة الأولية وبين المحور OX.

x - : المسافة بين المساحة الأولية وبين المحور OY .

- نلاحظ أن عزم العطالة المحوري هو موجب دائما،ووحدته(mm^4 , cm^4 , m^4)
- إن حساب عزم العطالة المحوري لمساحة مستطيلة بالنسبة لمحور مماس لقاعدته (xx')،يتم بتطبيق القانون المعطى أعلاه كما يلي :



$$Ix = \int_0^h y^2 . da$$

$$Ix = \int_0^h y^2 . b . dy$$

$$Ix = \int_0^h b . y^2 . dy$$

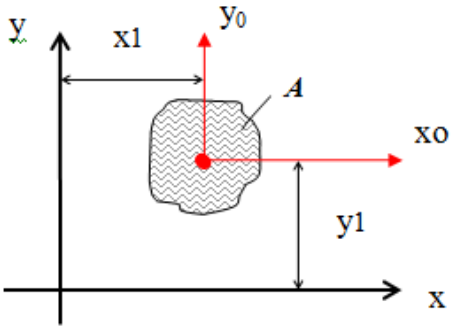
$$Ix = b . \left[\frac{y^3}{3}\right]$$

$$Ix = b . \left[\frac{h^3}{3} - \frac{0^3}{3}\right] = b . \frac{h^3}{3}$$

2 - نظرية المحاور المتوازية لعزوم العطالة :

- تسمى هذه النظرية -أيضا-بنظرية "هويغنس ":

ولتبسيط هذه النظرية لنفرض أنه لدينا:



- مساحة محددة A
- محوران (OX_0, OY_0) يمران بمركز ثقل المساحة A
- محوران (OX,OY) موازيان يقعان على بعد $X1$ و $Y1$ من محوري مركز الثقل .

- تنص النظرية على أنّ: عزم العطالة لمساحة حول أي محور، يساوي عزم العطالة حول محور مواز يمر بمركز ثقل المساحة، مضافا إليه حاصل ضرب المساحة في مربع المسافة العمودية بين المحورين.

ونكتب :

$$Ix = Ixo + A.Y1^2$$

$$Iy = Iyo + A.X1^2$$

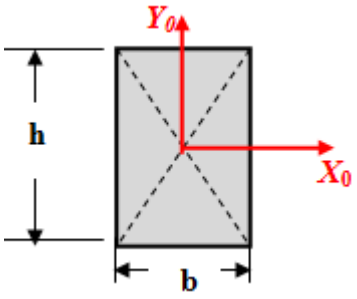
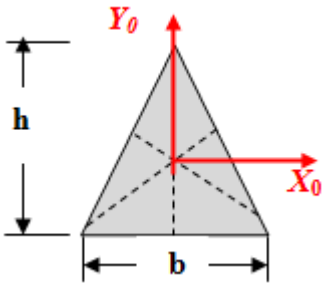
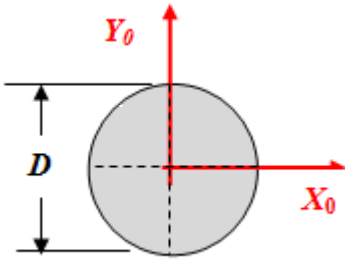
حيث :

- Ixo و Iyo عزوم العطالة حول المحاور التي تمر بمركز ثقل المساحة؛وتسمى أيضا "عزوم العطالة الذاتية ".
- Ix و Iy عزوم العطالة حول المحاور الموازية.

- تعتبر هذه النظرية بالغة الأهمية نظرا لكونها تسمح لنا -من الآن فصاعدا- بحساب عزوم العطالة بالنسبة إلى أي محور إذا علمنا عزوم العطالة الذاتية للمساحة (أي العزوم التي تمر بمركز ثقل هذه المساحة)،فضلا عن كونها تجنّبنا حسابات التكامل المعقّدة .

3 - عزم العطالة الذاتية :

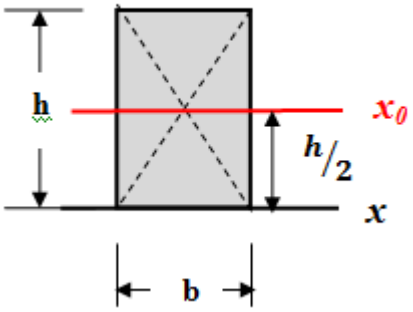
انطلاقا من تعريف عزم العطالة أمكن بالتكامل حساب عزم العطالة بالنسبة إلى المحاور التي تمر بمركز الثقل(الذاتية) لبعض المساحات البسيطة،والتي نقدمها في الجدول التالي :

المساحة	الشكل	عزم العطالة الذاتية
مستطيل		$Ix_0=\frac{b.h^3}{12}$ $Iy_0=\frac{h.b^3}{12}$
مثلث		$Ix_0=\frac{b.h^3}{36}$ $Iy_0=\frac{h.b^3}{48}$
دائرة		$Ix_0=Iy_0=\frac{\pi.D^4}{64}$ أو: $Ix_0=Iy_0=\frac{\pi.R^4}{4}$

4- عزم العطالة للمساحات المركبة :

- إن عزم العطالة للشكل المركّب يساوي مجموع عزوم العطالة لأجزائه المنفردة ؛ وعلى هذا الأساس فلحساب عزم العطالة لمساحة مركبة يجب تقسيمها إلى عدة أشكال بسيطة(مستطيلات،مثلثات،دوائر....) وبحساب عزوم العطالة لهذه الأشكال وجمعها نحصل على العزم المطلوب.
- وكمثال أول لكيفية الحساب بنظرية هويغنس نأخذ مساحة مستطيلة :

إنّ عزم العطالة بالنسبة إلى محور أفقي مماس للقاعدة xx' حسب نظرية هويغنس يكتب كما يلي:



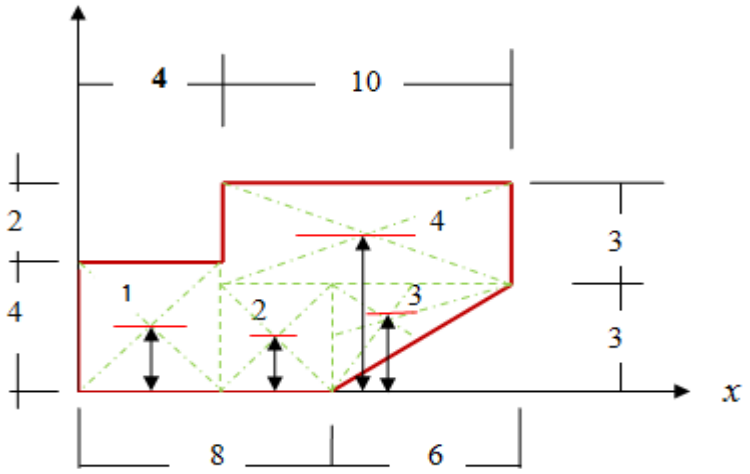
$$Ix = Ixo + A.Y^2$$

$$Ix = \frac{bh^3}{12} + b.h.\left(\frac{h}{2}\right)^2$$

$$Ix = \frac{b.h^3}{3}$$

وهي نفس القيمة المحصل عليها بحساب التكامل في الفقرة الأولى.

- وكمثال ثانٍ نأخذ المساحة التالية التي يطلب حساب عزم عطالتها بالنسبة إلى محور مماس لقاعدتها.



- كما سبقت الإشارة فإنّ عزم العطالة للشكل المركب يساوي مجموع عزوم العطالة لأجزائه المنفردة،أي:

$$Ix = I1x + I2x + I3x + I4x$$

$$I1x = \frac{b1.h1^3}{12} + A1.y1^2 = \frac{4.4^3}{12} + 4.4.2^2 = 85.33cm^4$$

$$I2x = \frac{b2.h2^3}{12} + A2.y2^2 = \frac{4.3^3}{12} + 4.3.1,5^2 = 36cm^4$$

$$I3x = \frac{b3.h3^3}{36} + A3.y3^2 = \frac{6.3^3}{36} + \frac{3.6}{2}.2^2 = 40.50cm^4$$

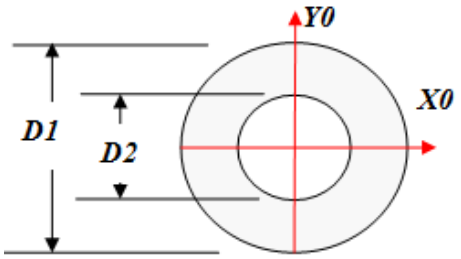
$$I4x = \frac{b4.h4^3}{12} + A4.y4^2 = \frac{10.3^3}{12} + 3.10.4,5^2 = 630cm^4$$

وبجمع عزوم العطالة الجزئية نجد :

$$Ix = 85.33 + 36 + 40.50 + 630 = 791.83cm^4$$

5 - عزم العطالة للمساحات المفرغة :

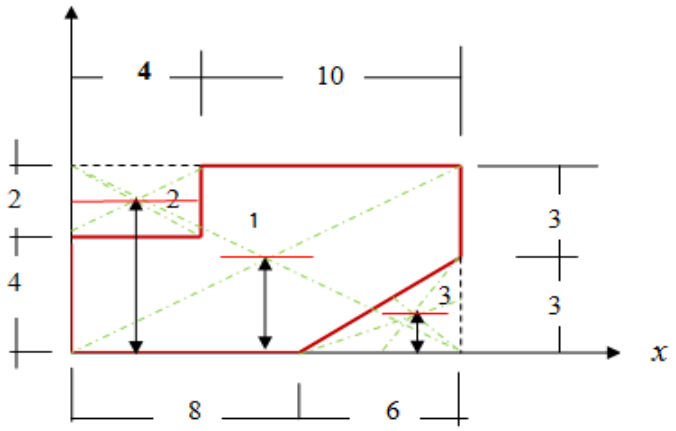
- إذا كان السطح المطلوب حساب عزم عطالته يحتوي على أجزاء مفرغة فإننا نقوم في هذه الحالة بحساب عزم العطالة الكلي باعتبار المساحة الكلية مملوءة ثم نطرح منه عزم عطالة المساحة أو المساحات المفرغة
- في حالة الحلقة المبينة في الشكل،نقوم بحساب عزم عطالتها حول المحور الذي يمر بمركز ثقلها،باعتبار أن عطالة الحلقة هي عبارة عن طرح عزم عطالة الدائرة الصغرى من عزم عطالة الدائرة الكبرى.



ونكتب :

$$Ix0 = Iy0 = \frac{\pi}{64}.(D1^4 - D2^4)$$

- كما يمكن حساب عزم العطالة للمساحة المركبة أعلاه ،باعتبار المساحة مملوءة(1) محذوفا منها المستطيل في الأعلى (2) والمثلث في الأسفل (3)، وفي هذه الحالة نكتب :



$$Ix = I1x - I2x - I3x$$

$$I1x = \frac{b1.h1^3}{12} + A1.y1^2 = \frac{14.6^3}{12} + 14.6.3^2 = 1008cm^4$$

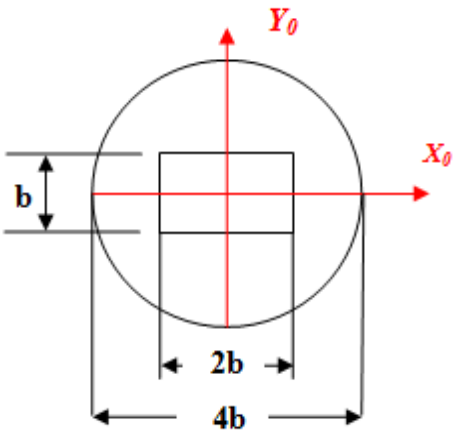
$$I2x = \frac{b2.h2^3}{12} + A2.y2^2 = \frac{4.2^3}{12} + 2.4.5^2 = 202.67cm^4$$

$$I3x = \frac{b3.h3^3}{36} + A3.y3^2 = \frac{6.3^3}{36} + \frac{6.3}{2}.1^2 = 13.5cm^4$$

ومنه عزم العطالة :

$$.Ix = 1008 - 202.67 - 13.5 = 791.83cm^4$$

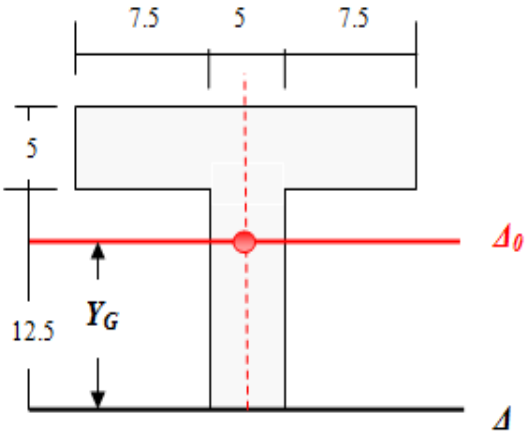
تمارين وتطبيقات



التمرين الأول:

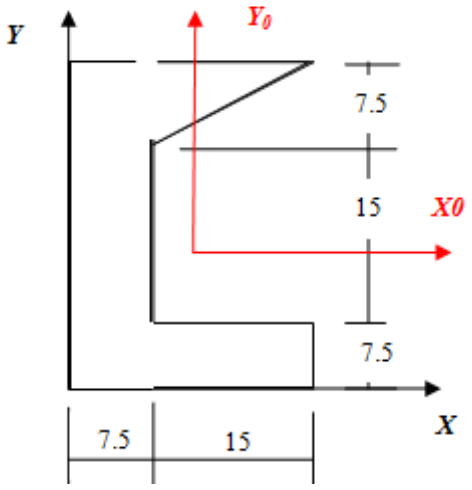
بالنسبة للمقطع المفرغ المقابل،أحسب عزوم العطالة بالنسبة إلى المحاور المارة بمركز الثقل :

- $Ix0$ ؟
- $Iy0$؟



التمرين الثاني: ليكن لديك مقطع الرافدة على شكل حرف T (الأبعاد بالـcm).

- أحسب إحداثية مركز ثقل المساحة Y_G ؟
- أحسب عزم العطالة بالنسبة إلى المحور الأفقي Δ_0 المار بمركز ثقل المساحة ؟



التمرين الثالث: رافدة مقطعها مبيّن على الشكل المقابل .

-أحسب عزم العطالة بالنسبة إلى المحور المماس للقاعدة I_X؟

-أحسب إحداثيات مركز الثقل بالنسبة إلى المحورين (OX, OY)؟

-أحسب عزم العطالة بالنسبة إلى المحور الأفقي الذي يمر بمركز الثقل I_{X0} ؟

الأجوبة

التمرين الأول:

$$Ix0 \approx 12.39b^4; Iyo \approx 11.89b^4$$

التمرين الثانى:

$$Y_G \approx 11.63\ cm,\ I_{\Delta 0} \approx 3966.85\ cm^4$$

التمرين الثالث:

$$Ix \approx 112324.21cm^4$$

$$XG = 8.21\ cm, YG = 13.57cm$$

$$Ix0 \approx 39801.90\ cm$$

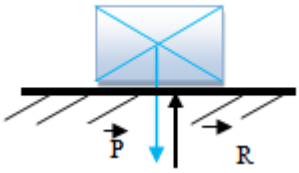
مبدأ الفعل ورد الفعل

1-موضوع علم السكون : علم السكون -كما هو معلوم- اختصاص يُعنى بتوازن القوى على الأجسام الصلبة الساكنة .

والمقصود بالجسم الصلب؛هو الجسم الذي لا يتغير شكله تحت تأثير الحمولات،وبعبارة أخرى-أكثر دقّة- هو عبارة عن جملة مادية غير قابلة للتشوّه .

وفي الواقع فإن الأجسام الصلبة تتغير نتيجة التحميل تغيّرا صغيرا جدّا،بحيث يمكن اعتباره مهملاً .

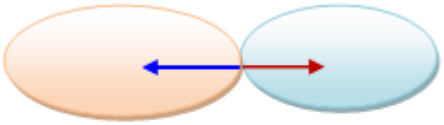
2-مبدأ الفعل ورد الفعل :نفرض الآن أنّ جسما معيّنا فوق مستوى أفقي .



هذا الجسم يطبق على المستوى قوة تتمثل في ثقله(P)الناتج عن الجاذبية الثقالية .

المستوى بدوره يطبق على الجسم قوة مساوية ومعاكسة لثقل الجسم(R)؛وهذا ما يفسر بقاء الجسم في حالة سكون .

تعميم : بصفة عامة تؤثر الأجسام على بعضها :



-2- -1-

فعندما يؤثر جسم (1) على جسم (2) بقوة F1،يرد الجسم (2) على الجسم (1) بقوة مساوية ومعاكسة لها؛وهذا ما يفسر بقاء الجسمين في حالة سكون .

يعرف مبدأ الفعل وردّ الفعل بالمبدأ الثالث لنيوتن.

3- مختلف المساند: الأجسام التي ندرسها هي أجسام ساكنة قبل أي تأثير،ولكن بمجرّد وجود القوة المؤثرة تنزع(تميل) هذه الأجسام إلى الحركة التي قد تكون على ثلاثة أشكال :

1- حركة انتقالية عمودية (بالتوازي مع محور التراتيب).

2- حركة انتقالية أفقية (بالتوازي مع محور الفاصل).

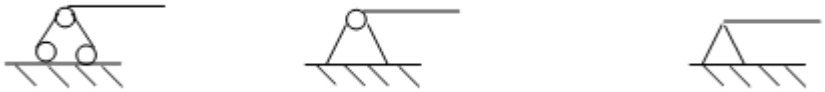
3- حركة دورانية بالنسبة إلى نقطة (مركز) دوران .

- هنا تكمن أهمية المسند،باعتبار الغرض منه هو منع الحركة عند نقطة الاستناد،حيث تنشأ عنده ردود أفعال تشكّل مع الأحمال المطبقة نظاما مستقرّا متوازنا .

- نميز ثلاثة أنواع من المساند هي :

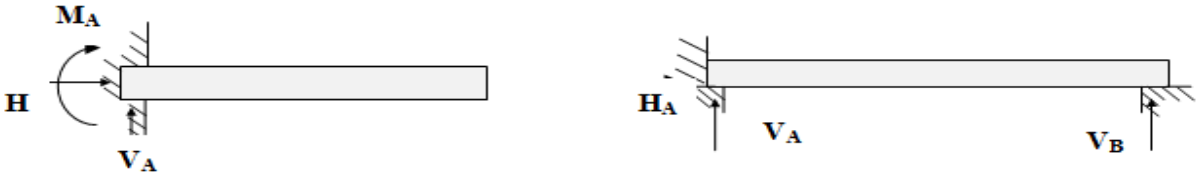
المسند البسيط : يسمى أيضا بالمسند المفصلي،وهو يمنع الحركة في اتجاه واحد،هو الاتجاه العمودي،ويسمح بالحركة الأفقية كما يسمح بالحركة الدورانية .
نقبل كتمثيل ستاتيكي لهذا المسند :

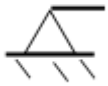
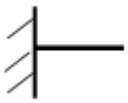
المسند المزدوج :يسمى أيضا بالمسند المضاعف؛ولهذا فهو يمنع الحركة في الاتجاهين العمودي والأفقي ، ويسمح ـفقطـ بالحركة الدورانية .
ونقبل كتمثيل ستاتيكي لهذا المسند :



المسند الثلاثي : يسمى أيضا بالمسند الموثوق أو الدّمج .
وهذا المسند يمنع كل أنواع الحركة ، ولذلك فهو يترجم بثلاثة ردود أفعال.

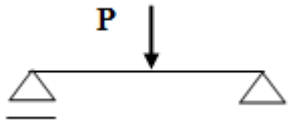
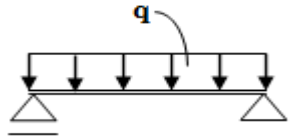
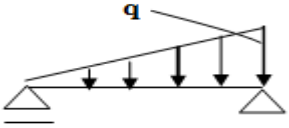
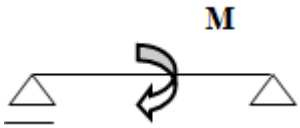
وكخلاصة للمساند ولردود الأفعال عندها نمثل :



نوع المسند	شكل المسند	أنواع الحركة الممنوعة	درجة الحرية	أمثلة ميدانية
البسيط		-الحركة حسب الاتجاه العمودي : OY	2	مسند في جسر
المزدوج(المضاعف)		-الحركة حسب الاتجاهين العمودي والأفقي:OX, OY	1	دعامة زاوية في هيكل معدني
الثلاثي (الدمج)		-الحركة حسب الاتجاهين :OX, OY -الحركة الدورانية حسب OZ	0	رافدة شرفة من الخرسانة المسلحة

4-أنواع الحمولات:الحمولات هي القوى الخارجية التي تؤثر على الإنشاءات وعلى أجزائها،ومثال ذلك:

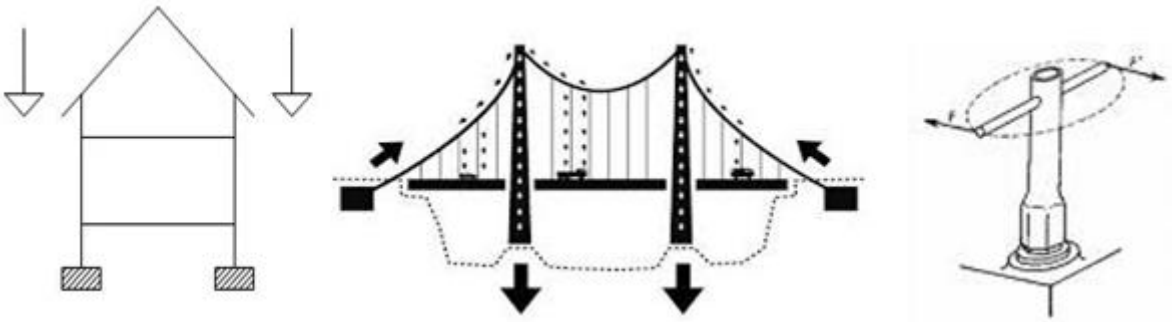
- **القوى المركزة(النقطية):ثقل شخص فوق عنصر من الإنشاء،أو ثقل عمود فوق أساس منعزل .**
- **القوى الموزعة(الخطية):دفع التربة على جدران الاستناد،أو ضغط المياه على جدران السدود .**
- **العزوم المركزة: حركة فتح الباب أو النافذة**

نوع القوة	الوحدة	الشدة	التمثيل
قوة مركزة	N	P	
قوة موزعة بانتظام	N/m	$q.l$	
قوة موزعة –غير منتظمة-	N/m	$q.l/2$	
عزم مركز	$N.m$	M	

كما يمكن تصنيف الحمولات -تصنيفا آخر- إلى :

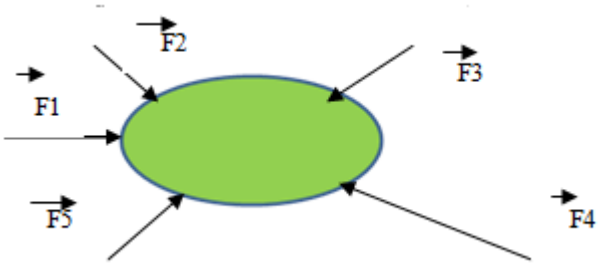
- **الحمولات الدائمة : مثل الثقل الذاتي للمنشأ.**
- **الحمولات المتغيرة: التي ترتبط باستغلال المنشأ ودخوله مجال الخدمة مثل أوزان الأشخاص والأثاث في المنزل، ودفع المياه على جدران السدّ،و أثقال العربات والمركبات على سطح الجسر .**
- **الحمولات المناخية:مثل الرياح والثلوج والأمطار.**

وفيما يلي نعرض بعض الأمثلة الميدانية لمختلف هذه القوى:



5-معادلات التوازن: ليكن لدينا الجسم الممثل والخاضع لجملة القوى .

نقول عن هذا الجسم أنه في حالة توازن عندما ينعدم مجموع القوى المؤثرة في الاتجاهين الأفقي والعمودي وكذلك عندما ينعدم مجموع العزوم بالنسبة لأي نقطة، ونكتب :

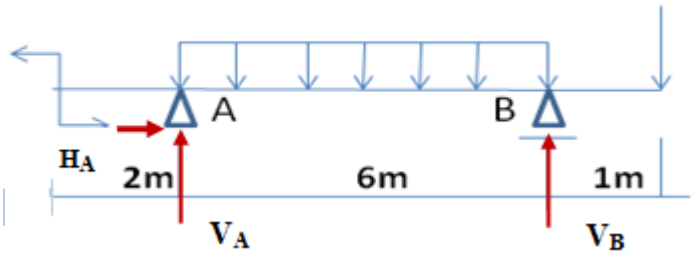


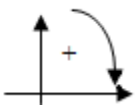
$$\sum \vec{Fx} = \vec{0} \qquad \sum \vec{Fy} = \vec{0} \qquad \sum \vec{M/o} = \vec{0}$$

6- نشاطات توضيحية :

نشاط-1- : إن حساب ردود الفعل للرافدة أسفله يقتضي القيام بالمراحل التالية :

M =3 t.m q =2t/m p= 3t





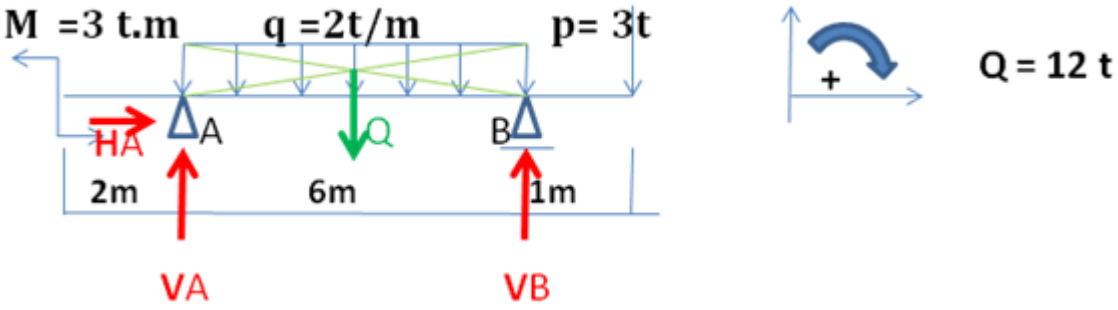
- **نحدد الاصطلاح الموجب لاتجاهات القوى،وليكن :**
- **نلاحظ أن المسند A مزدوج وبالتالي فهو يمنع الحركة في الاتجاهين:العمودي والأفقي(ردّي فعل)، كما نلاحظ أن المسند B بسيط وبالتالي فهو يمنع الحركة في الاتجاه العمودي .**
- **قبل الشروع في حساب ردود الفعل ،نحسب محصلة القوة الخطية ونقطة تطبيقها .**

-شدتها : $Q = q.L$

$$Q = 2.6 = 12\ t$$

- **نقطة تطبيقها:** تقع في منتصف المسافة بين المسندين ، أي على بعد 3m من كل مسند .

نلخص ما سبق ونشرع في حساب ردود الفعل:



- $\sum \vec{Fx} = 0 \Rightarrow H_A = 0$
- $\sum \vec{Fy} = 0$

$+ V_A + V_B - Q - P = 0$

$V_A + V_B = Q + p$

$V_A + V_B = 12+3$

$\Rightarrow V_A + V_B = 15$ (للتأكيد)

- $\sum M / A = 0$

$\Rightarrow +p .7 - V_B.6 + Q.3 - M = 0$

$\Rightarrow V_B .6 = p.7 + Q.3 - M$

$\Rightarrow V_B = (p.7 + Q.3 - M)/6$

$\Rightarrow V_B = (21+36-3)/6$

$\Rightarrow V_B = 9t$

$\sum M/B = 0 \Rightarrow$

$-M + V_A.6 - Q .3 + p .1 = 0$

$\Rightarrow V_A.6 = M+Q .3+ p.1$

$\Rightarrow V_A = (M+Q.3 + P.1)/6$

$\Rightarrow V_A = (3+36+3) /6$

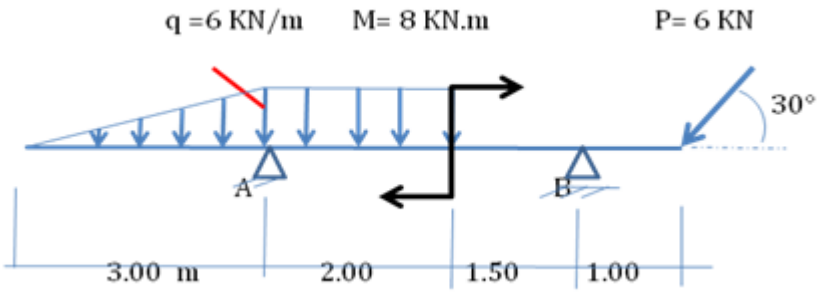
$\Rightarrow V_A = 7\ t$

نتأكد -أخيرا :-

$V_A+V_B = 15$

$7+9 = 15$

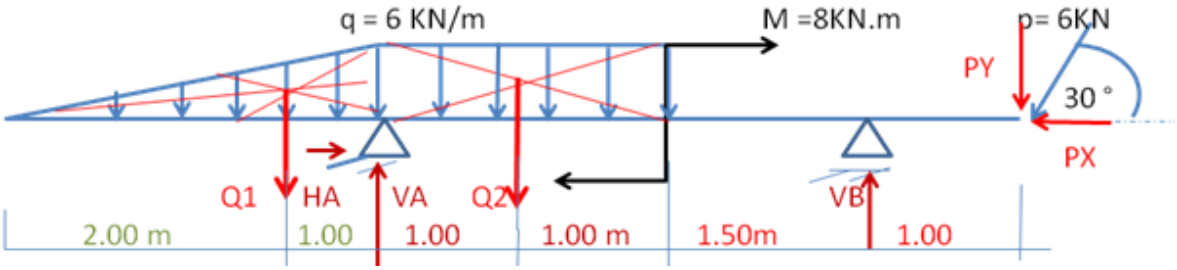
نشاط -2- : بالنسبة للشكل المعطى أحسُبْ ردود الفعل عند المسندين A و B؟



الحل :

- نذكّر بالاصطلاحات الموجبة اتفاقا .
- نلاحظ أن المسند A مزدوج وبالتالي يوجد ردّا فعل عنده هما : V_A و H_A،والمسند B بسيط،أي يوجد ردّ فعل واحد هو V_B .

- نقوم بحساب القوى المكافئة (المحصلة)للقوى الموزعة المثلثية Q_1،وللقوى الموزعة بانتظام Q_2،ونحدد نقطة تطبيق كل واحدة منهما .



- حساب القوى الخطية ونقاط تطبيقها :

$Q_1 = q.\ L_1/2 = 6.3/2 = 9$ KN

بما أن هذه القوة مثلثية،فإن نقطة تطبيق محصلتها

تبعد عن النقطةA بمسافة $L_1/3 = 1$ m

(مركز ثقل مثلث)

$Q_2 = q.L_2 = 6.3 = 18$ KN

وبما أن هذه القوة موزعة بانتظام فإن نقطة تطبيق

محصلتها تبعد عن النقطة A بمسافة

$L_2/2 = 1.00$m(مركز ثقل مستطيل)

- تحليل القوة p :

$Px = P\ .\ Cos\ 30 = 6.0.866$

$Px = 5.20$ KN

$PY = p.\ Sin\ 30 = 6.\ 0.500$

$PY = 3.00$ KN

- حساب ردود الفعل:

بكتابة معادلات التوازن نجد :

$H_A = +5.20$ KN

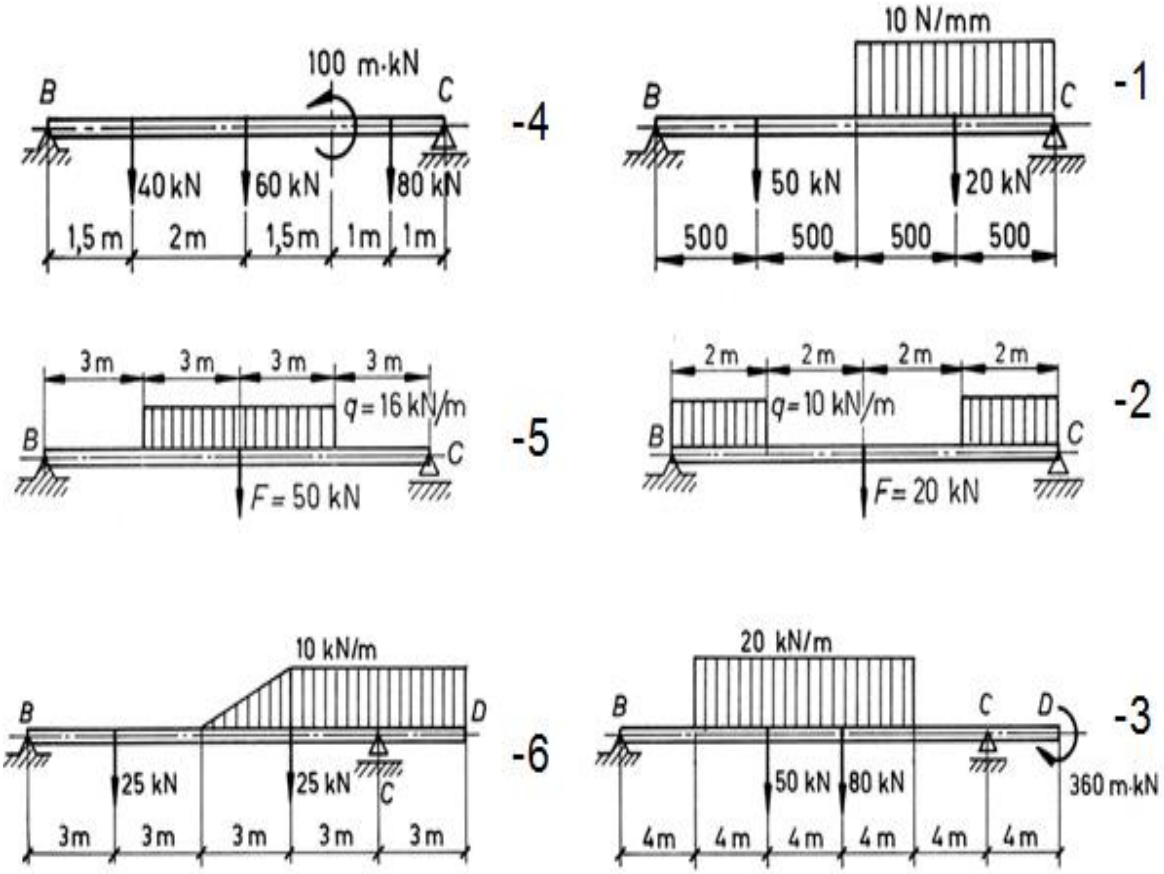
$V_A = +21.29$ KN

$V_B = +8.71$ KN

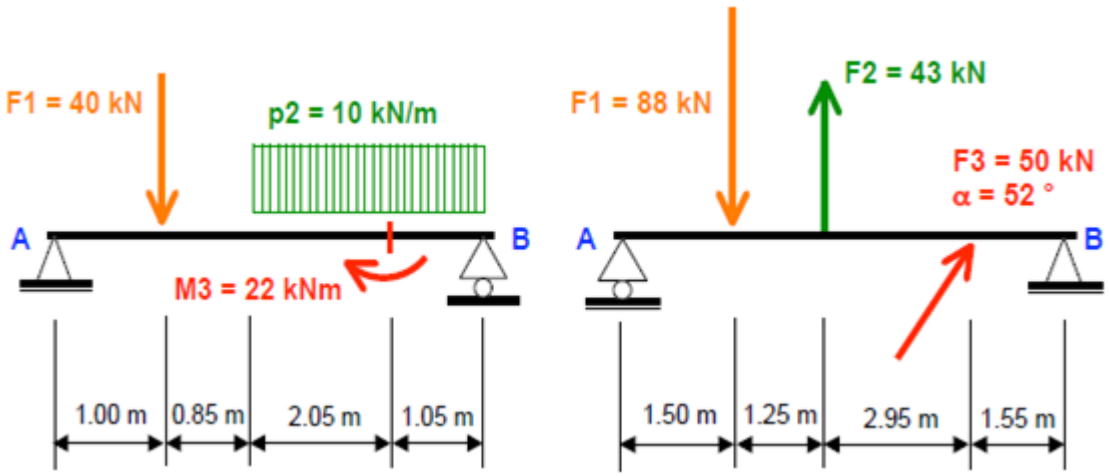
$V_A + V_B = 30$ KN

تمارين وتطبيقات

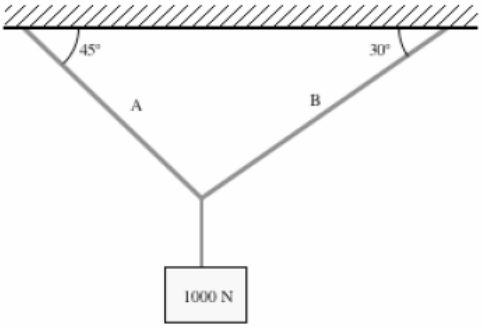
التمرين الأول :أحسب ردود الفعل بالنسبة لجملة القوى والروافد التالية :



التمرين الثاني: أحسب ردود الفعل عند مساند الرافدتين التاليتين :



التمرين الثالث :

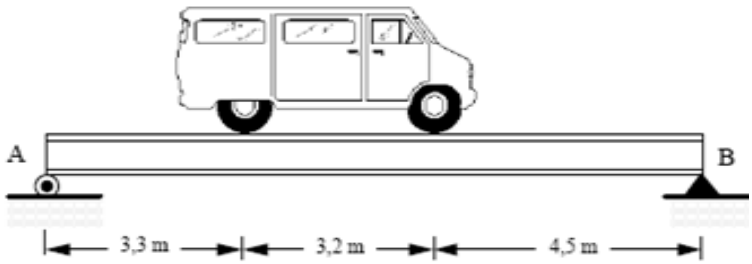


حبلان A و B يتحملان ثقلا مقداره 1000 N

- ما هي قيمة الشدّ في كلٍّ من الحبلين A و B ؟

التمرين الرابع : بالنسبة للشاحنة المتوقفة فوق جسر صغير،نعطي الحمولة التي تؤثر بها عجلاتها الخلفية على أرضية الجسر P_1= 1000N،والحمولة التي تؤثر بها عجلاتها الأمامية على سطح الجسر P_2=1200N.

- إذا كان ثقل الجسر مساويا لـِ 6600N أحسب ردّيْ الفعل : V_A و V_B ؟



الأجوبة

التمرين الأول:

الشكل	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس
VB	45KN	30KN	164KN	87.14KN	73KN	30KN
VC	35KN	30KN	206KN	92.86KN	73KN	95 KN

التمرين الثاني :

الشكل الأول: VA = 34.68 KN ; VB = -29.08 KN ; HB = -30.78 KN

الشكل الثاني: VA=37.18 KN ; VB = 33.82 KN

التمرين الثالث: T_A=896.71 N ,T_B=732.05 N

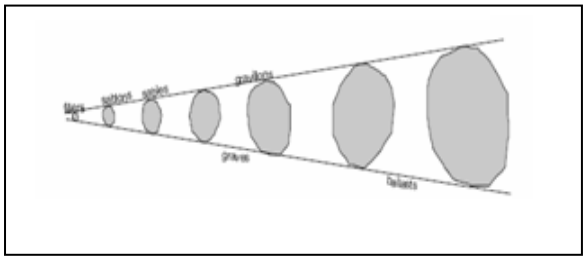
التمرين الرابع: V_A=4490.91N ,V_B =4309.09 N

.....

باب
التجارب المخبرية

تجربة التحليل الحبيبي

1-تمهيد :الحبيبات مواد تنتج عن تفتت الصخور إلى رمال وحصى وحجارة،وتستعمل في :



- **صناعة الخرسانة والملاط.**
- **منشآت البناء والأشغال العمومية.**
- **الطبقات القاعدية للسكك الحديدية.**

ولأن أشغال البناء تقتضي العمل بمواد ذات مواصفات خاصة من ناحية الشكل والتماسك والمسامية،فإنّ على الحبيبات أن تستجيب لهذه الشروط، وعلى سبيل المثال ففي حالة الخرسانة فإن الفراغات فيما بين حبيبات الحصى تملؤها حبيبات الرمل ، التي يقوم الرابط -ممثَّلاً في الاسمنت-يملئها بدوره ،للحصول على مجموعة متماسكة مترابطة لا تحتوي على فراغات .

2- الهدف من التجربة : هو توزيع وتصنيف الحبيبات حسب أبعادها المحصورة بين 0.08mm و100mm، بواسطة غرابيل ذات فتحات مربعة أو مناخل (مصافٍ) ذات فتحات دائرية .

علما أن التصنيف يكتب بالشكل :d/D ،حيث يمثل d البعد (القطر) الأصغر للحبيبات،في حين يمثل D البعد الأكبر للحبيبات،مع ملاحظة أنه عندما يكون البعدd أصغر من 0.5mm فإن تصنيف الحبيبات يكتب بالشكل :0/D،وفي حالة إعطاء بعدٍ واحد فإنه يدل على البعد الأكبرD معبرا عنه بالـmm.

3- تجربة التحليل الحبيبي :

الأدوات المستعملة :

- **غرابيل أو مصافٍ ذات أبعاد مختلفة ؛آلة غربلة كهربائية، ميزان إلكتروني ؛ملعقة وإناء ؛ مجفف .**

Les tamis emboîtés

Les Tamis

échantillon

سير التجربة :

- **نأخذ عينة من الحبيبات المجففة بكمية كافية لإجراء حسابات دقيقة وزنها M .**

- نرتب الغرابيل فوق بعضها البعض حسب أبعادها من الأكبر في الأعلى إلى الأصغر في الأسفل لتكوين ما يعرف بعمود الغرابيل، مع وضع إناء ذي قاعدة مملوءة في الأسفل لالتقاط العناصر الدقيقة،وغطاء في الأعلى لمنع تطاير الغبار والحبيبات .
- نضع العينة الموزونة مسبقا فوق الغربال العلوي ،ثم نغطيه،ونقوم بعملية الغربلة الآلية مما يؤدي إلى توزع العينة بين الغرابيل .
- بعد توقيف جهاز الغربلة نأخذ كل غربال على حدةٍ ونتأكد أن كل غربال لم يرفض إلا الحبيبات ذات الأقطار الأكبر من فتحته.
- نأخذ الغربال الأول،ونزن الرفض -الكمية التي تبقى فوقه-ونفرغ المارّ في الغربال الذي يليه .
- نقوم بنفس العمل مع الغربال الثاني؛أي نزن الرفض الذي لا يسمح له بالعبور – المرور- ويوضع المارّ الجديد في الغربال الثالث ؛وهكذا مع باقي الغرابيل حتى نصل إلى الغربال0.08mm.
- نزن الجزء المار إلى القاعدة،ونتأكد أن مجموع الأجزاء المرفوضة بالإضافة إليه يساوي وزن العينة الابتدائية M، غير أنّه يسمح بضياع لا يتجاوز نسبة 2%.

ملاحظة هامة :

يمكن الاكتفاء بوزن رفض كلّ غربال على حدةٍ ،ثم تحديد الرفض المتراكم حسابيا فيما بعد، بجمع رفض كل غربال مضافا إليه رفض كلّ الغرابيل الأكبر منه.

طريقة الحساب:

- نزن الرفض المتراكم في كل مرة و ليكن (m)

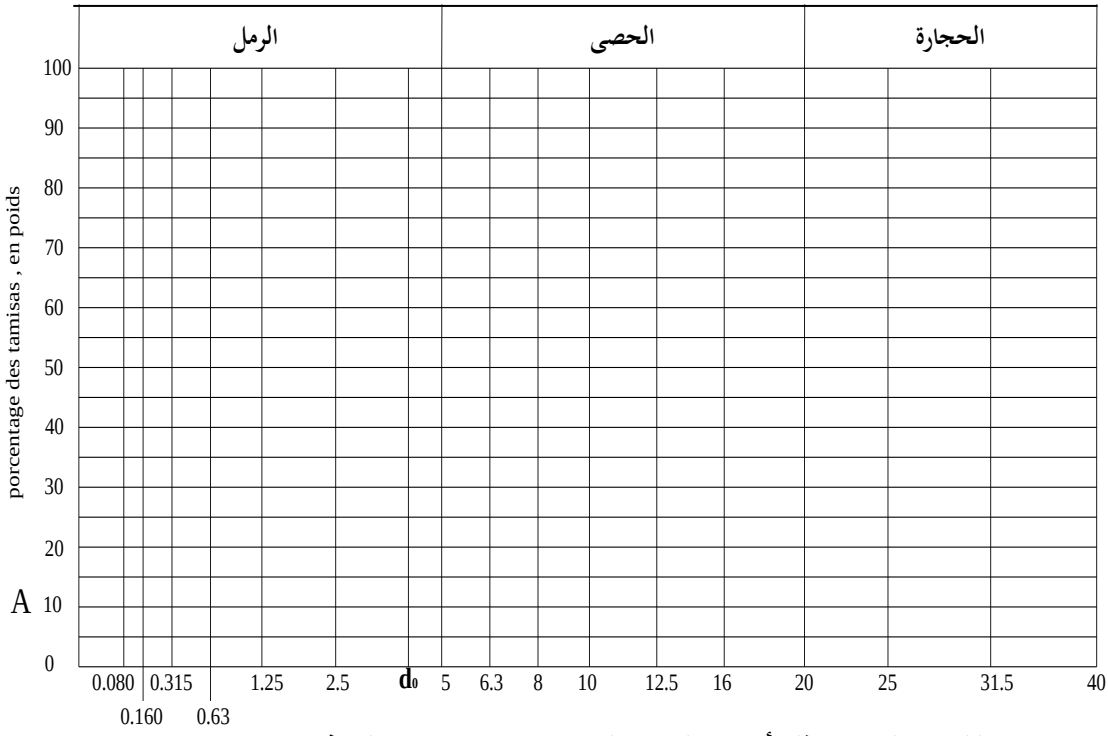
ثم نعين النسب المئوية للرفض المتراكم كالتالي:

$$R\% = \frac{m}{M} \times 100\ \%$$

- نستنتج النسب المئوية للمار (المتراكم) بحذف النسب المئوية للرفض المتراكم من 100 %.
- نلخص النتائج في جدول كالتالي:

أبعاد الغرابيل (mm)	الرفض الجزئي (g)	الرفض المتراكم (g)	الرفض المتراكم (%)	المارّ المتراكم (%)
. . .				

- **نمثل النتائج على معلم متعامد.**

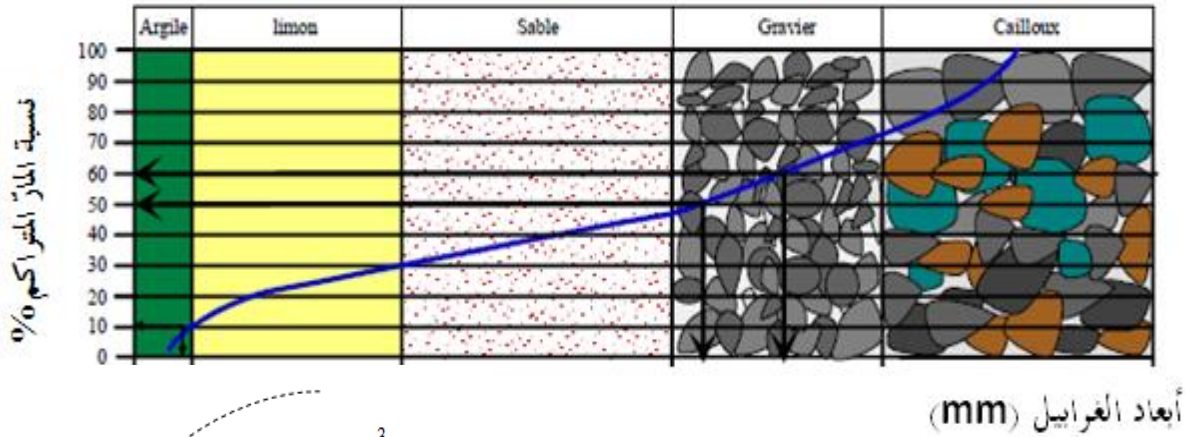


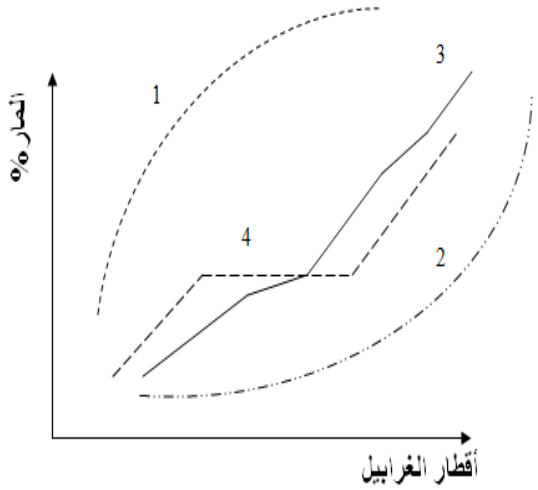
-محور الفواصل : يمثل أبعاد الغرابيل (mm) بتقسيم لوغاريتمي.

- محور التراتيب: يمثل نسب المار المتراكم (%).

النتائج والتصنيف : بالاعتماد على المنحنى الحبيبي الممثل نقوم بـِ :

- **تحديد الأبعاد (الأقطار) الحدّية المصنفة للحبيبات d/D**
- **تصنيف نسب مختلف الحبيبات من رمل و حصى وحجارة التي تتكون منها العينة .**





- **تفسير مختلف البيانات الممكنة، مع ملاحظة استمرارية المنحنى أو عدمها(تقطع) المنحنى الحبيبي مع دلالتها .**

المنحنى(1): يصعد بسرعة: حبيبات غنية بالعناصر الدقيقة.

المنحنى(2): يصعد ببطء:حبيبات غنية بالعناصر الغليظة.

المنحنى (3):مستمر: حبيبات مثالية متدرجة .

المنحنى (4): متقطع : يفتقد إلى بعض العناصر.

التصنيف: تصنف العينات اعتمادا على نتائج تجربة التحليل الحبيبي على النحو التالي :

التسمية		أبعاد الغرابيل (mm)
رمل	دقيق	0.08 - 0.315
	متوسط	0.315 - 1.25
	خشن	1.25 - 5
حصى	صغير	5 - 8
	متوسط	8 - 12.5
	كبير	12.5 - 20
حجارة	صغيرة	20 - 31.5
	متوسطة	31.5 - 50
	كبيرة	50 - 80

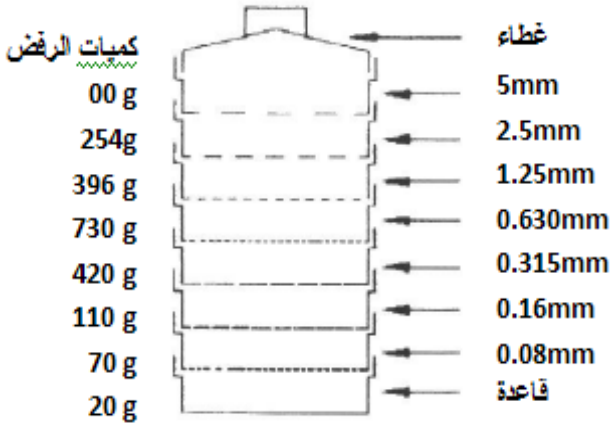
تمارين وتطبيقات

التمرين الأول: قمنا بتجربة التحليل الحبيبي على عينة من الحبيبات وزنها M=2000g فتحصلنا على كميات الرفض التالية:

1- أنجز جدول التحليل الحبيبي ؟

2- أرسم منحنى التحليل الحبيبي ؟

3-ما هي نسب مكونات الحبيبات حسب النتائج المحصل عليها ؟



- **التمرين الثاني:** قمنا بتجربة "التحليل الحبيبي" على عينة من الحبيبات وزنها M=3000g وتتراوح أبعادها بين 0.08mm و 40 mm،فتحصلنا على كميات الرفض (داخل كل غربال)المدونة في الجدول أسفله :

أبعاد الغرابيل(mm)	كميات الرفض			المار المتراكم%
	الوزن الجزئي(g)	الرفض المتراكم(g)	الرفض المتراكم%	
31.5	000			
25	570			
20	680			
16	430			
12.5	420			
10	310			
8	260			
5	170			
2.5	140			
0.08	20			

1-أتمم ملء الجدول أعلاه ؟

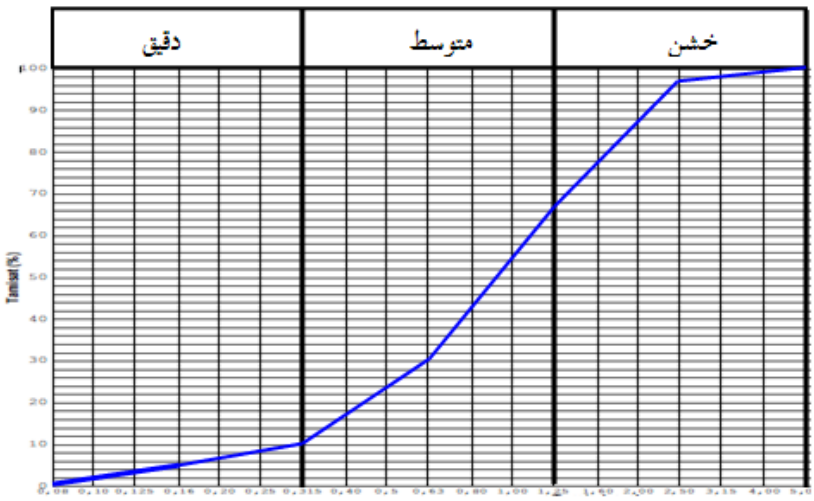
2-مثّل بناءً على النتائج المحصل عليها منحنى التحليل الحبيبي ؟

3-صنّف الحبيبات التي أجرينا عليها التجربة حسب نوعها وأبعادها ونسبها ؟

الأجوبة

التمرين الأول :

أبعاد الغرابيل (mm)	وزن الرفض الجزئي (g)	وزن الرفض المتراكم(g)	نسبة الرفض المتراكم%	نسبة المار المتراكم %
5	00	00	00	100
2.5	254	254	1.27	98.73
1.25	396	650	32.50	67.50
0.630	730	1380	69.00	31.00
0.315	420	1800	90.00	10.00
0.16	110	1910	95.50	04.50
0.080	70	1980	99.25	0.75
<0.080	20	2000	100	00



نلاحظ أن نوعية الحبيبات هي عبارة عن رمل (D<5mm) وتتكون من :
%32.5 رمل خشن؛
%57.5 رمل متوسط؛
%10 رمل دقيق
+عناصر ناعمة

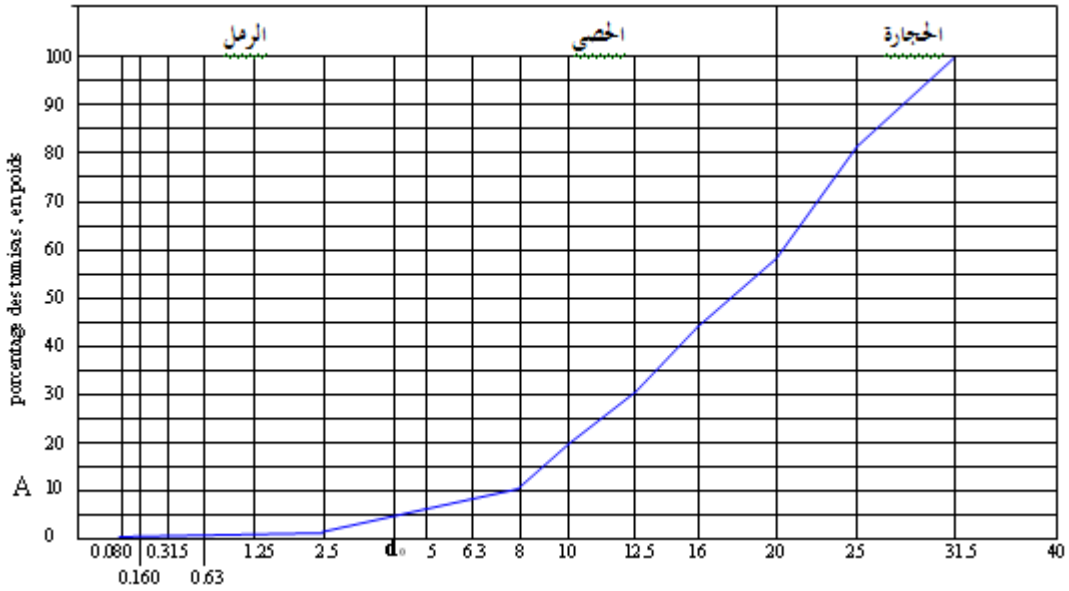
التمرين الثاني:

1-ملء الجدول :

أبعاد الغرابيل(mm)	كميات الرفض		المارّ المتراكم%
	الوزن الجزئي(g)	الرفض المتراكم(g)	الرفض المتراكم%
31.5	000	000	00	100
25	570	570	19	81
20	680	1250	41.67	58.33
16	430	1680	56	44
12.5	420	2100	70	30

19.67	80.33	2410	310	10
11	89	2670	260	8
5.33	94.67	2840	170	5
0.67	99.33	2980	140	2.5
0.00	100	3000	20	0.08

2- المنحنى الحبيبي:



3-تصنيف الحبيبات:

التسمية	النسبة %	النوع	الأبعاد (mm)	النسبة %
الرمل	5.33	دقيق	0.08-0.315	0.13
		متوسط	0.315-1.25	0.20
		خشن	1.25-5	05
الحصى	53	صغير	5-8	05
		متوسط	8-12.5	20
		كبير	12.5-20	18
الحجارة	41.67	صغيرة	20-31.5	41.67
		متوسطة	31.5-50	00
		كبيرة	50-80	00

.....

تجربة مكافئ الرّمل

1- مدخل :ترتبط نظافة الرمل بمقدار خلوّهِ من:

- **الجزيئات والعناصر الطينية الناعمة التي تعلقُ به ،والتي نستدلّ على وجودها-في الورشة-بالآثار التي تتركها على راحة اليد ،عندما نقوم بحكّ الرمل بواسطة اليد .**
- **الشوائب العضوية، التي نذكر منها: الأوراق الميتة وبقايا الجذور ونشارة الخشب.**

ولما كانت هذه العناصر والشوائب تعيق إماهة الاسمنت،وتحول دون تماسك الحبيبات فيما بينها،بما يؤثر سلبًا على مقاومة الخرسانة ؛فإنه يتوجب علينا استعمال رمل نظيف في صنع الخرسانة .

2- الهدف من التجربة : تهدف تجربة مكافئ الرمل إلى تحديد نسبة العناصر الطينية والشوائب العضوية العالقة في الرّمل، وذلك بعد فصلها وتمييزها عنه.

3- المواد المستعملة :إن عملية غسل الرمل بواسطة الماء لا تؤدي إلى النتائج المرجوّة من التجربة .

لذا فإنّ التجربة تتم بمساعدة محلول غاسل خاص، يجعل العناصر الناعمة والشوائب تنفصل و تطفو فوق سطح الرمل.

يحتوي 1L من المحلول على المكونات التالية :

- **111g ±1g chlorure de calcium**
- **480g ± 5g glycérine**
- **12g ± 1g formaldéhyde**

ومن المعلوم أن هذه المكونات تضاف بنسبها إلى غاية إتمام 5L من الماء المقطّر، حتى تملأ الإناء البلاستيكي الذي تحفظ داخله .

4- الأدوات المستعملة:

- **مخبرتان بلاستيكيتان تحتوي كلّ منهما على معلمين يبعدان عن القاعدة بـ: 10cm و38cm على التوالي .**
- **أنبوب نحاسيّ غاسل.**
- **إناء بلاستيكي سعته 5L مزوّد بأنبوب قطره 5mm ، وطوله 1.50m ،يصل الإناء بالأنبوب الغاسل .**
- **جهاز تحريك آليّ يسمح برجّ أنبوب الاختبار .**
- **جهاز المكبس .**
- **غربال ذو فتحات مربعة أبعادها 5mm .**
- **ميزان الكترونيّ ، كرونومتر ،قمع ، مسطرة معدنية مدرجة .**

5- سير التجربة :

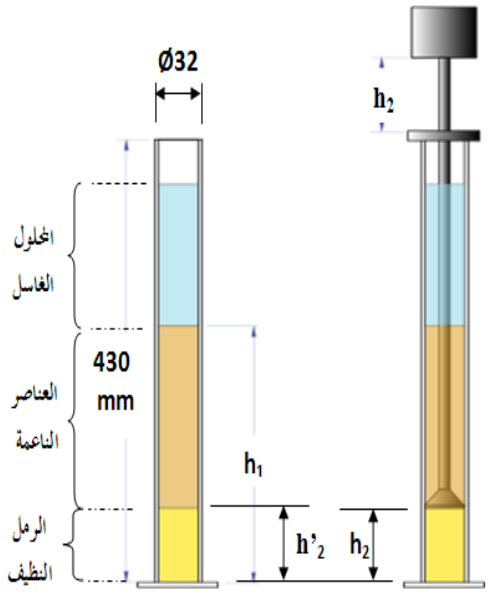
- نمرّر الرّمل في الغربال ذي الفتحة 5mm .
- نزن كمية 120g من الرمل الجافّ،أو كمية من الرّمل المبلل بحيث تكون موافقة لـ 120g من الرّمل الجاف ،بمعنى :

$$P = 120.\ (1+w)$$

وللاحتياط والدقة فإننا نقوم بتحضير الكمية اللازمة لتجربتين يؤخذ المعدل بينهما.

- نملأ المخبرة البلاستيكية بواسطة المحلول الغاسل حتى التدريجة السفلية .
- نضع؛باستعمال القمع ؛كمية الرمل الموزونة داخل المخبرة ،ونطبق ضربات خفيفة على جوانبها ،حتى يتم التخلص من الفقاعات الهوائية ،ثم نترك المخبرة في حالة راحة لمدة 10دقائق .
- نغلق المخبرة بسدادة مطاطية ،ثم نقوم بتحريكها ورجّها آليًا،بواسطة جهاز التحريك بمقدار 90 رجة لمدة 30 ثانية ، وفي حالة عدم توفر الجهاز نقوم بالتحريك يدويّا.
- ننزع السدّادة ،ثم نغسل جوانب المخبرة من الرّمل بواسطة الأنبوب النحاسي الغاسل حتى يصل المحلول إلى التدريجة العلوية .
- نترك المخبرة لمدة 20 دقيقة ،حتى تتميز العناصر والشوائب عن الرمل وتطفو فوق سطحه .
- نقيس بالعين المجردة المقدارين : h_1 , h'_2
- من أجل الحصول على نتائج أدق، نستعمل جهاز المكبس الذي نقوم بتثبيت جوانبه على المخبرة ثم ننزله ببطء وحذر حتى يلامس سطح الرمل ونقيس المقدار h_2

6- تحليل النتائج :



- نسجّل القيم : h_1, h'_2 , h_2

حيث :

- h_1 ارتفاع الرمل +الشوائب والعناصر الناعمة.
- h'_2 ارتفاع الرمل المترسب بالعين المجردة .
- h_2 ارتفاع الرمل المترسب بالمكبس .

- نحسب نسبة مكافئ الرمل :

- بالعين المجردة : $ESv = \frac{h'2}{h1} \times 100\ \%$

- بالمكبس : $ES = \frac{h2}{h1} \times 100\ \%$

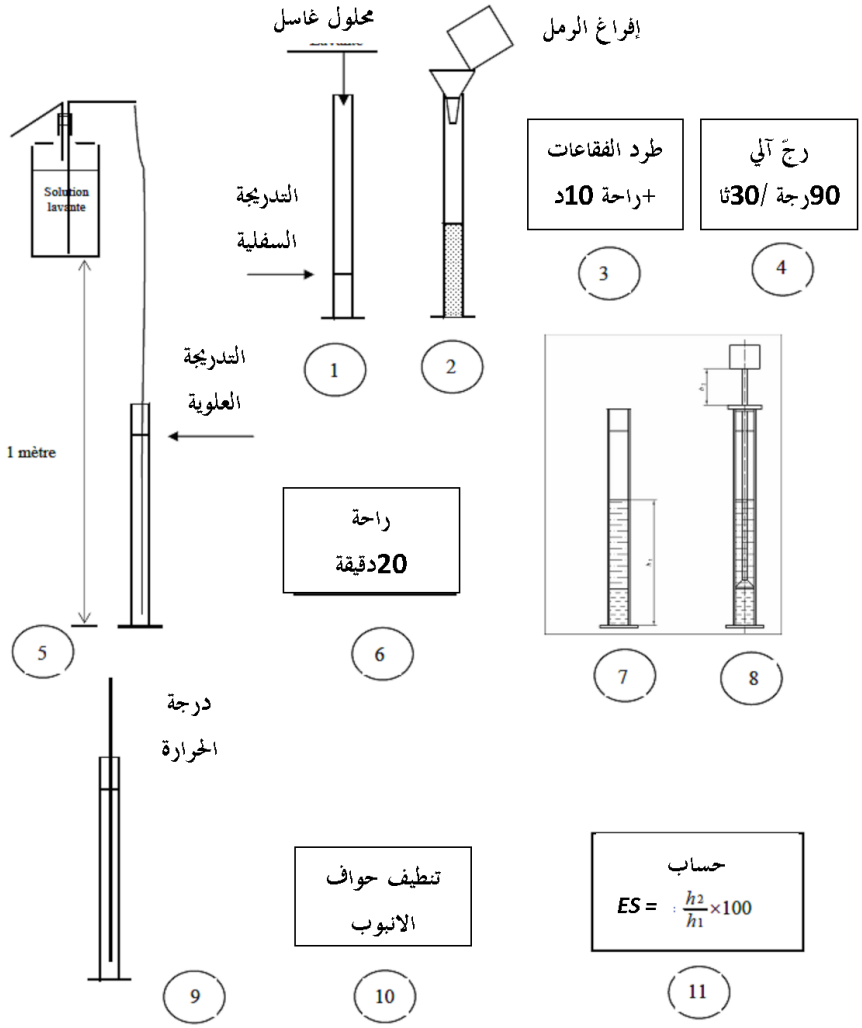
- كما سبقت الإشارة إلى أهمية القيام بتجربتين على مخبرتين، يؤخذ المعدّل بينهما،فإننا ندوّن النتائج في الجدول التالي:

رقم المخبرة	1	2	نوعية الرمل	مجال استعماله
h_1				
h'_2				
h_2				
ES_V				
ES				
معدل ES_V				
معدل ES				

علما أن التعليق على نوعية الرمل ومجال استعماله يكون بناء على الجدول المرجعيّ التالي :

% ES	ESV %	نوعية الرمل	مجال الاستعمال
ES<60	ESV<65	رمل طيني	يستعمل في طبقات القاعدة
60≤ES<70	65≤ESV<75	رمل طيني نسبيا	يستعمل في الخرسانة العادية
70≤ES<80	75≤ESV<85	رمل نظيف	يستعمل في الخرسانة ذات القيمة العالية
ES ≥80	ESV ≥85	رمل نظيف جدا	يستعمل في الخرسانة الخاصة

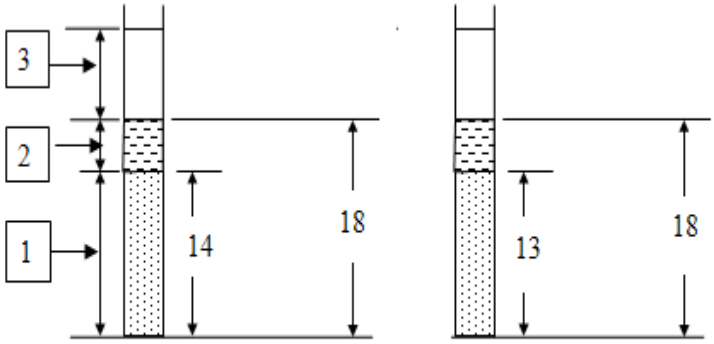
Equivalent de sable :SE (NF EN 933-8)



تمارين و تطبيقات

التمرين الأول:

قمنا بتجربة "مكافئ الرمل"على عينة من الرمل نسبة محتوى الماء فيه 15% فتحصلنا على النتائج المبينة في المخبرتين التاليتين:



التجربة الثانية – التجربة الأولى –

1-ما هو الهدف من هذه التجربة؟

2-أحسب وزن عينة الرمل الموافقة لـِ:120g من الرمل الجاف ؟

3-ما هو دور المحلول الغاسل في هذه التجربة ؟

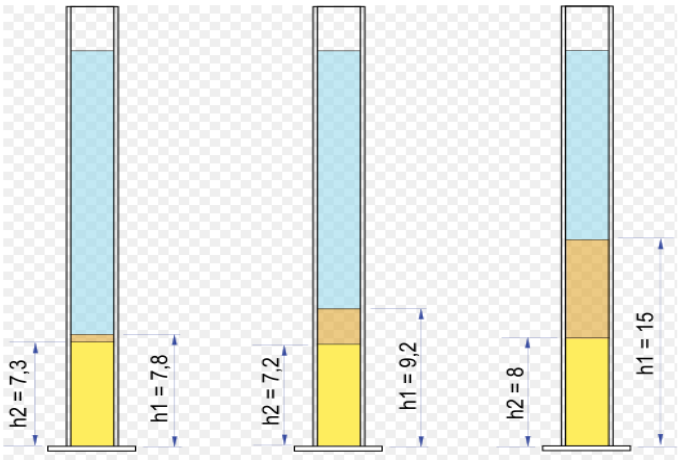
4- قم بتسمية الطبقات المشار إليها بالأرقام:1،2،3؟

5-إذا علمت أن إحدى التجربتين تمت بالعين المجردة والأخرى تمت بالمكبس؛ هل يمكنك معرفة أيهما تمت بالعين المجردة وأيهما تمت بالمكبس؟ -علل-

6-أحسب مكافئ الرمل في كلّ من التجربة الأولى والتجربة الثانية؟

7-علق على نوعية الرمل التي تمت عليها التجربة وميدان استعمالها؟

التمرين الثاني



قمنا بتجربة "مكافئ الرمل" بالعين المجردة على ثلاث عينات مختلفة من الرّمل، فتحصلنا على النتائج المقابلة:

- **أحسب"مكافئ الرمل"، وعلق على نوعية الرمل في كل حالة؟**

الأجوبة

التمرين الأول:

1-الهدف من التجربة : هو معرفة نسبة الشوائب والعناصر الناعمة في الرمل وبالتالي ميدان استعماله.

2-وزن عينة الرمل : $p = 120(1 + w) = 120(1 + 0.15) = 138g$

3-دور المحلول الغاسل هو تسريع عملية الفصل بين الرمل والشوائب.

4-تسمية الطبقات (على ترتيب الارقام) هو: طبقة الرمل وطبقة الشوائب وطبقة المحلول الغاسل.

5-التجربة الاولى تمت بالمكبس (لانه تم ضغط طبقة الرمل بالمكبس)، اما التجربة فتمت بالعين المجردة.

6-مكافئ الرمل :

- بالعين المجردة : $ESv = \frac{h'2}{h1} \times 100\ \% = \frac{14}{18} . 100 \approx 78\%$

- بالمكبس : $ES = \frac{h2}{h1} \times 100\ \% = \frac{13}{14} . 100 \approx 72\%$

7-نوعية الرمل : رمل نظيف ، يستعمل في الخرسانة ذات القيمة العالية .

التمرين الثاني :

مكافئ الرمل	53%	78%	94%
نوعية الرمل	طيني	نظيف	نظيف جدا
استعماله	في الطبقات القاعدية	في الخرسانة ذات القيمة العالية	في الخرسانة الخاصة

.....

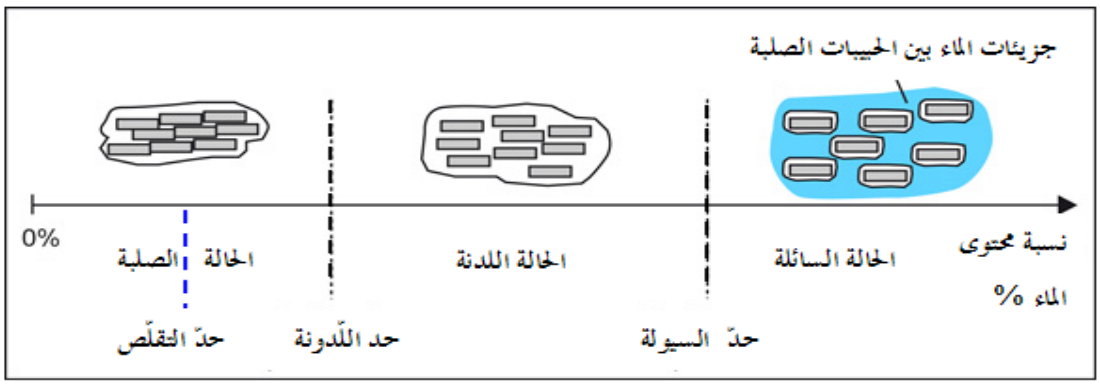
حدود آترباغ

1- مدخل : يلعب الماء دورا رئيسيا في التربة الناعمة،حيث يؤثر على الخصائص الفيزيائية للتربة التي تتأثر بشكل ملحوظ تبعا لنسبة المحتوى المائي (W%) ،بحيث نميز الحالات التالية :

- الحالة السائلة : تكون فيها الحبيبات الصلبة مستقلة عن بعضها البعض،ويمكنها التحرك بسهولة، لأنها تُعتبر عائمة في الماء.
- الحالة اللدنة:إذا حاولنا تبخير جزء من ماء عينة في حالة سائلة؛فإن الحبيبات الصلبة تحاول الاقتراب من بعضها،وتصبح التربة"كالعجينة"التي يمكن تغيير شكلها بسهولة عند ضغطها باليد، وفي هذه الحالة- اللدنة- تصبح الطبقة المائية في تماسٍّ مع بعضها في كلّ الحبيبات .
- الحالة الصلبة :في هذه الحالة تكون الحبيبات الصلبة متّصلة فيما بينها في عدة نقاط مباشرة، مما يسبِّبُ الاحتكاك فيما بينها، بحيث يولّد مقاومة أكبر ضد التنقل والحركة ،وفي هذه الحالة نميز الحالة الصلبة دون انكماش ، وحالة صلبة مع الانكماش .

2- حدود آترباغ : للتمييز بين هذه الحالات اقترح المهندس الزراعي السويدي "آترباغ" حدودا تفصل بين كل حالة وأخرى ، وهذه الحدود هي :

- حدّ السيولة (W_L) : هو الحدّ الفاصل بين الحالة السائلة والحالة اللدنة .
- حدّ اللدونة (W_P): هو الحدّ الفاصل بين الحالة اللدنة والحالة الصلبة .
- حدّ التقلص (W_R):هو الحدّ الفاصل بين الحالة الصلبة دون انكماش والحالة الصلبة مع الانكماش.



ملاحظة هامة : يستعمل حداّ السيولة واللدونة-بشكل كبير-في تصنيف التربة وتعريفها،بينما يستعمل حدّ التقلص في المناطق التي يتغير فيها حجم التربة نتيجة تعاقب الرطوبة والجفاف .

3-تحضير العينة : إن خاصية تشكيل التربة تعتمد على غناها بالعناصر الناعمة التي تتأثر بالماء ،لذا نستعمل العينة التي تمر عبر غربال قطره 0.4 mm.

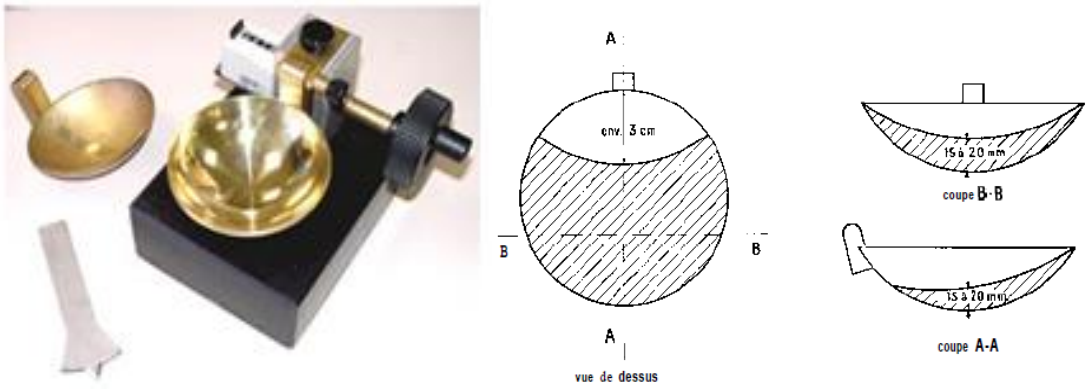
ولأن التربة -التي تجلب من الحقل- غالبا ما تكون مبلولة ويصعب مرورها من هذا الغربال ،فإنه من المسموح به تجفيف التربة هوائيا للمساعدة على مرور الحبيبات عبر الغربال،ولا يسمح بتجفيف التربة بالفرن لأن هذه العملية تقلل من قيمتي حد السيولة واللدونة، على عكس التجفيف بالهواء الذي يسمح باستعادة القيم الحقيقية للحدود بعد خلطها بالماء المقطر ومعالجتها من 12الى 24 ساعة .

ولتجنب هذه المشكلة يمكن لمهندسٍ خبيرٍ اختيار التربة من الحقل عن طريق النظر .

4- تجربة حد السيولة :

- الهدف:إن الهدف من هذه التجربة-ومن التي تليها-هو تصنيف التربة خاصة عند مشاريع الطرق.
- الأدوات المستعملة:

- جهاز كزاقراند:وهو عبارة عن صحن معدني (نحاسي) يسقط من ارتفاع 1cm على قاعدة خشبية (من الإيبونيت)بواسطة حركة تدويري يدوية لملفافٍ مجهز بعدّاد .
- محزّ يسمح بشق عينة التربة الموضوعة في الصحن،وهو على عدة أنواع .
- ملعقة خاصة،غربال 0.4mm،ميزان الكتروني ،مجفف.



- سير التجربة :

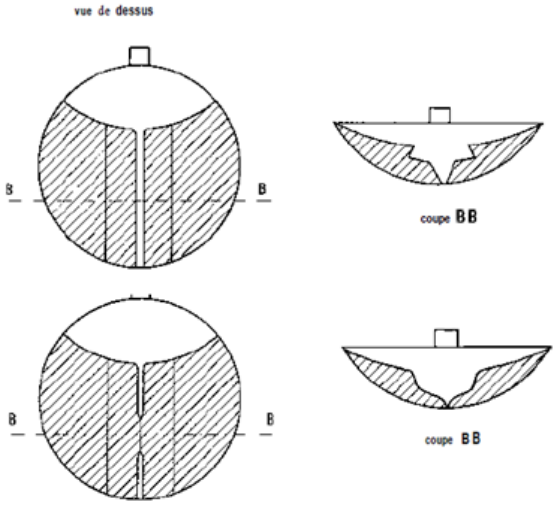
-نأخذ كمية من التربة المعدّة سابقا في حدود 150g،ونخلطها بالماء المقطر على سطح أملس (زجاجي).

- نضع الكمية الموزونة في صحن جهاز كزاقراند بنسبة ¾ و توزع بصفة منتظمة داخل الصحن بسمك $\approx 15 \div 20mm$

- ننجز شقا عموديا في منتصف الصحن بواسطة المحزّ.

- نطبق على الصحن ضربات متتالية بتدوير الملفاف بمعدل 2ضربة/ثانية .

- نتوقف عن تطبيق الضربات عند ملاحظة انغلاق جهتي الشق بطول 1cm،ونقرأ على العداد (N_1)عدد الضربات .



-نحسب نسبة محتوى الماء ($W_1\%$) بمعدّل عينتين تؤخذان من جانبي الشق في حدود 10g.

-نفرغ الصحن ونخلط العينة من جديد بالزيادة أو النقصان في كمية الماء المقطر المضاف ،ونعيد التجربة عدة مرات (3مرات مثلا).

-لا تؤخذ بعين الاعتبار إلا التجارب التي يكون عدد الضربات فيها محصورا بين: 15-35 ضربة.

- النتائج:

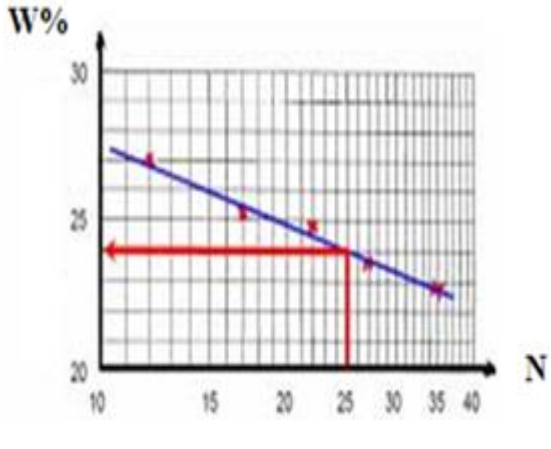
-نحصل في النهاية على جملة من النتائج:($N_1, W_1\%$)و(N_2, W_2) و(N_3 ,$W_3\%$)تدوّن في جدول .

- نمثل-بسلم مناسب-المنحنى البياني:$W\% = f(N)$ وبطريقة الإسقاط نستنتج قيمة W_L

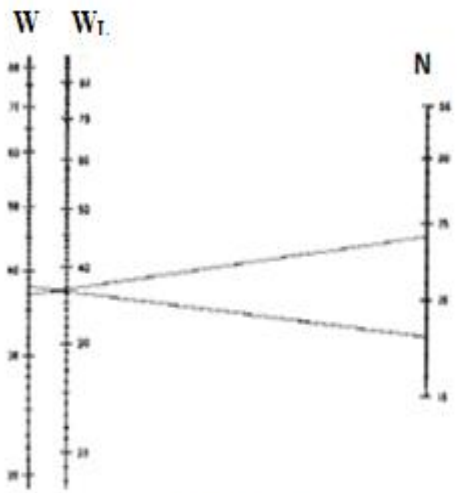
- تحليل النتائج :

- نعرف حد السيولة (W_L) بنسبة محتوى الماء الموافق لعدد الضربات$N=25$ (المؤدية لانغلاق جهتي الشق بطول 1cm)

ولتحديده لدينا طريقتان بيانيتان هما :



-الطريقة الأولى -



- الطريقة الثانية -

- إن الطريقة الثانية هي في الواقع التمثيل البياني للعلاقة الرياضية :

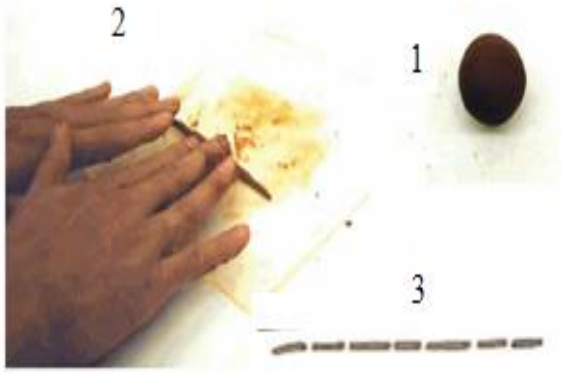
$$WL=W.(N/25)^{0.121}$$

5- تجربة حد اللدونة :

- **الأدوات :**

- صفيحة ملساء جافة نظيفة (زجاجية أو رخامية)
- ملعقة خاصة،ميزان الكتروني ، مجفف ، قضيب قياس قطره 3 ملم

- **سير التجربة :**



- تتم التجربة على نفس العينة السابقة ولذلك نتركها تجف قليلا.
نقوم بالتجفيف اليدوي التدريجي للعينة بباطن الكف جيئة وذهابا،ونحاول تشكيل اسطوانة ذات قطر يساوي 3mm بطول في حدود 10cm .

- نرفع العينة من الوسط إلى علو 20mm،فإذا حدث تشقق إلى قطع وأجزاء صغيرة ،فإننا حينئذ نقوم بحساب نسبة محتوى الماء W% الذي يوافق حد اللدونة W_P
- إذا لم يحدث التشقق إلى عدة أجزاء نعيد تجفيف العينة يدويا،حتى نصل إلى الهدف المنشود (تشققات عند قطر 3mm .)

- **النتائج:**

-نعرف حد اللدونة W_p بنسبة المحتوى المائي الموافق لقطر 3mm تتشقق عندهُ العينة إلى عدة أجزاء.
- بما أن التجربة ليست دقيقة تماما بالقياس إلى تجربة حد السيولة،ونظرا لصعوبة تقدير القطر3mm، فإننا نعيد نفس التجربة بأخذ كتلة أخرى من ذات العينة ونقوم بالتجربة مرة أخرى .
- نتحصل على قيمتين لمحتوى الماء،فنعتبر المعدل بينهما هو حد اللدونة،على أنْ لا يتجاوز الفرق بين القيمتين نسبة 2% ، وإلا نقوم بتجربة ثالثة .
- من المفيد تلخيص النتائج وتدوينها في جدول.

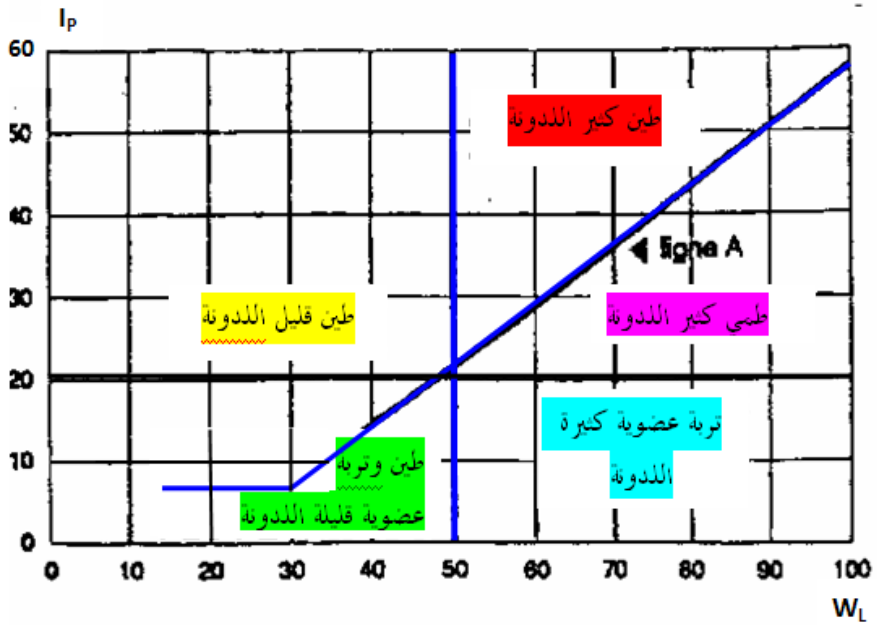
6)دليل اللدونة: هو المؤشر على لدونة التربة ،ونتحصل عليه بقياس طول المجال اللدن:

$$I_P = W_L - W_P$$

هذا وقد لاحظ كزاقراند أنه يمكن قياس دليل اللدونة بالنسبة لبعض الأتربة بالاعتماد على حد السيولة فقط بالعلاقة :

$$I_P = 0.73(W_L - 20)$$

و على ضوء النتائج المحصل عليها لكل من حد السيولة وحد اللدونة ودليل اللدونة يمكن تصنيف الأتربة حسب البيان التالي :



.....

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول: قمنا بتجربتي حدّ السيولة وحدّ اللدونة على عينة من التربة فحصلنا على النتائج المدونة في الجدول التالي:

	تجربة حد السيولة			تجربة حد اللدونة	
رقم التجربة	1	2	3	1	2
عدد الضربات .....N	16	28	35	-	-
وزن الوعاء.....Pe(g)	25	27	28	44.7	46
الوزن الكلي الرطب....P_{TH}(g)	39	41	40	53	50
الوزن الكلي الجاف.....P_{TS}(g)	36	38.5	38	51.8	49.4
وزن الماء.....P_W(g)					
وزن التربة الجافة..... P_S(g)					
نسبة محتوى الماء.....W%					

1- أكمل ملء جدول تجربتي حد السيولة وحد اللدونة .

2- أرسم المنحنى W%=f(N) واستنتج حد السيولة ؟

3- احسب كل من حد اللدونة ؟و معامل اللدونة ،ثم قم بتصنيف تربة التجربة ؟

التمرين الثاني : عند دراسة خصائص تربة "أساس بناية" أجرينا على عينة منها تجربتي "حدود آتربارغ" فحصلنا على النتائج التالية :

- **تجربة حد السيولة :**

	التجربة 1		التجربة 2		التجربة 3	
عدد الضربات N	15		20		32	
رقم الوعاء	1	2	3	4	5	6
الوزن الكلي الرطبP_{TH}(g)	13.28	14.00	16.98	12.20	13.28	14.16
الوزن الكلي الجاف P_{TS}	11.50	12.10	14.74	10.65	11.60	12.38
وزن الوعاء .....Pe(g)	3.72	3.64	4.54	3.63	3.53	3.73
وزن الماء .....Pw(g)						
وزن التربة الجافةP_s(g)						
نسبة محتوى الماء(W%)						
المعدل (%)						

- **تجربة حد اللدونة**

	التجربة 1		التجربة 2	
رقم الوعاء	1	2	3	4
الوزن الكلي الرطب..(P_{TH}(g)	8.16	8.00	7.49	7.18
الوزن الكلي الجاف...(P_{TS}(g)	7.51	7.36	6.92	6.65
وزن الوعاء.....Pe(g)	3.64	3.78	3.68	3.51
وزن الماء.....Pw(g)				
وزن التربة الجافة .. ..(P_s(g)				
نسبة محتوى الماء(%)				
المعدل (%)				

المطلوب : -أتمم ملء جدولي "حدود آتربارغ" أعلاه؟

- أرسم منحنى حد السيولة W%=f(N) ؟

- عيّن كلٍّ من حدّ السيولة وحدّ اللدونة ؟

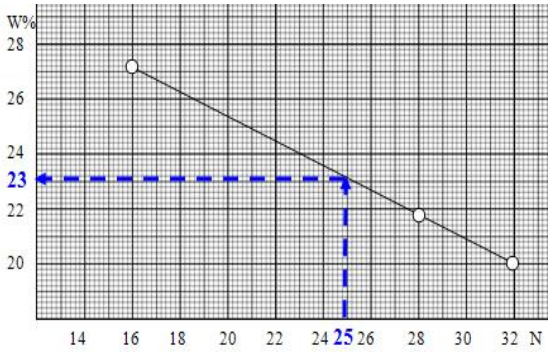
-عيّن معامل اللدونة ،وصنّف نوعية التربة موضوع التجربة ؟

الأجوبة

التمرين الأول:

- إتمام ملء الجدول :

	تجربة حد السيولة				تجربة حد اللدونة	
رقم التجربة	1	2	3	4	1	2
عدد الضربات .....N	16	28	32	-	-	-
وزن الوعاء.....Pe(g)	25	27	28	46	44.7	46
الوزن الكلي الرطب....P_{TH}(g)	39	41	40	50	53	50
الوزن الكلي الجاف.....P_{TS}(g)	36	38.5	38	49.4	51.8	49.4
وزن الماء.....P_W(g)	3	2.5	2	0.6	1.2	0.6
وزن التربة الجافة..... P_S(g)	11	11.5	10	3.4	7.1	3.4
نسبة محتوى الماء.....W%	27.27	421.7	20	517.6	016.9	517.6



حيث:

- وزن الماء: $P_W=P_{TH}-P_{TS} = (P_H-P_S)$
- وزن التربة الجافة : $P_S= P_{TS}-P_e$
- نسبة محتوى الماء :

$$W\% = \frac{Pw}{Ps} x100\%$$

- التمثيل البياني لنتائج تجربة حد السيولة:

$$W\%=f(N)$$

- ونحسب حد اللدونة بمعدل قيمتي التجربتين :

$$W_P = \frac{WP1+WP2}{2} = \frac{16.90+17.65}{2} = 17.28\%$$

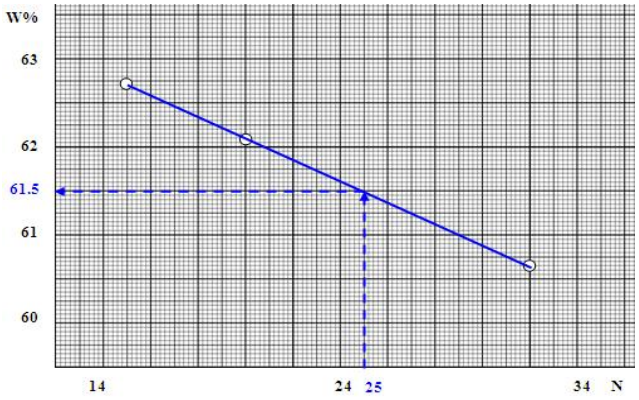
- معامل اللدونة: $I_P = W_L-W_P = 23.00- 17.28 = 5.72\%$
- نوعية التربة : بالعودة إلى البيان المحدد لنوعية التربة بناء على حد السيولة ومعامل اللدونة ،فإن التربة هي عبارة عن " طين وتربة عضوية قليلة اللدونة"

التمرين الثاني:

1- ملء جدول حد السيولة :

	التجربة 1		التجربة 2		التجربة 3	
عدد الضربات N	15		20		32	
رقم الوعاء	1	2	3	4	5	6
الوزن الكلي الرطبP_{TH}(g)	16.40	17.38	21.06	15.01	16.51	17.62
الوزن الكلي الجافP_{TS} (g)	11.50	12.10	14.74	10.65	11.60	12.38
وزن الوعاء .....P_e(g	3.72	3.64	4.54	3.63	3.53	3.73
وزن الماء .....P_w(g	4.90	5.28	6.32	4.36	4.91	5.24
وزن التربة الجافة P_s	7.78	8.46	10.20	7.02	8.07	8.65

نسبة محتوى الماء(%)	62.98	62.41	61.96	62.11	60.84	60.58
المعدل (%)	62.70		62.03		60.71	



حيث:

وزن الماء : $P_w=P_{TH}-P_{TS} = (P_H-P_S)$

وزن التربة الجافة : $P_S= P_{TS}-P_e$

نسبة محتوى الماء :

$$W\% = \frac{Pw}{Ps} x100\%$$

2- المنحنى البياني :

3- حد اللدونة :

	التجربة 1		التجربة 2	
رقم الوعاء	1	2	3	4
الوزن الكلي الرطب....P_{TH}(g)	8.16	8.00	7.49	7.18
الوزن الكلي الجاف.....P_{TS}(g)	7.51	7.36	6.92	6.65
وزن الوعاء.....P_e(g)	3.64	3.78	3.68	3.51
وزن الماء.....P_w(g)	0.65	0.64	0.57	0.53
وزن التربة الجافة .. ..P_s(g)	3.87	3.58	3.24	3.14
نسبة محتوى الماء(%)	16.8	17.9	17.6	16.9
المعدل (%)	17.35		17.25	

ومنه حد اللدونة : $W_P = \frac{17.35+17.25}{2} = 17.30\%$

4- معامل اللدونة : $I_P= W_L-W_P=61.50-17.30=44.20$ %

وبالنظر إلى منحنى تصنيف التربة :فإن التربة موضوع التجربة هي: "طين كثير اللدونة ".

.....

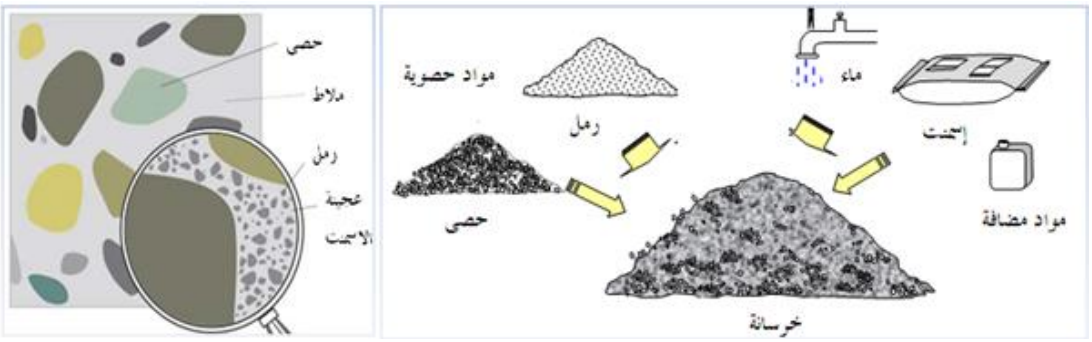
باب
مكونات الخرسانة

الخرسانة

1)تعريف: الخرسانة مادة بناء صناعية نحصل عليها من خليط مواد أولية هي:

- **مواد حصوية :حصى ورمل.**
- **رابط :جير أو اسمنت .**
- **ماء .**

يتم خلط هذه المكونات بنسبٍ متعارف عليها فنّيًا فنحصل على الخرسانة؛ التي تبدو في حالتها المتصلدة كمادة صخرية مقاومة،أما في حالتها الطازجة فتكون لدنة تسمح بتشكيلها في أي قالب معماري مطلوب .



هذا وتعدّ الخرسانة مادة البناء الأكثر استعمالا في العصر الحديث،نظرا لسهولة صناعتها و تكلفتها المادية الرخيصة نسبيا، مع ما توفّره من :

- **قابلية للتشغيل،وإمكانية للتشكيل حسب الشكل المطلوب ،وهذا بصبّها في قوالب.**
- **مقاومة عالية بعد التصلب.**
- **إمكانية تنفيذها بيد عاملة مدربة تدريبا بسيطا .**

2)نسب مكونات الخرسانة: تعد مقادير مكونات الخرسانة هي المفتاح الحصول على الخرسانة المطلوبة.

فالخرسانة لن تكون بالقوة والمتانة المرجوتين إذا لم تكنْ تحتوي عجينة إسمنتية كافية لملء كل الفراغات بين الحبيبات؛أما الخلطة التي تحتوي الكثير من العجينة الإسمنتية فإنها تعطينا سطحا ناعما أملسَ،وتنتج خلطة خرسانية تتقلص وتنكمش بشكل أكبر.

وعليه فإنّ تصميم الخرسانة المناسبة سيوفر القابلية للتشغيل المطلوبة في الخرسانة الطازجة، بالإضافة إلى المتانة والقوة الضروريتين عند تصلب الخرسانة.

ومع تنوع طرق تحديد نسب مكونات الخرسانة حسب طريقة دْرُو وفوري وبولومي، فإن نسب المكونات لانجاز $1m^3$ من الخرسانة هي-على العموم- :

- ✓ **الحصى(G): 800 L**
- ✓ **الرمل(S): 400 L**
- ✓ **الاسمنت(C):350 kg**

✓ الماء(E): 175 L

من المفيد أن نشير إلى أن: - نسبة حجم الرمل إلى حجم الحصى هي النصف: $\frac{S}{G} = \frac{1}{2}$

- نسبة حجم الماء إلى وزن الاسمنت هي النصف: $\frac{E}{C} = \frac{1}{2}$

المواد الحصوية

1)تعريف: المواد الحصوية عبارة عن حبيبات خاملة(لا تتفاعل) متدرجة في الحجم من الرمل إلى الحصى،تشغل حوالي 75% من حجم الخرسانة ،و تعطي للكتلة الخرسانية استقرارها ومقاومتها للقوى الخارجية وللعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة.

ولأن خواص المواد الحصوية تؤثر بدرجة كبيرة على متانة وسلوك هيكل الخرسانة، فإنه يجب -عند اختيارها لغرض الاستعمال في خرسانةٍ معينةٍ- الانتباه إلى ثلاثة متطلبات هي: اقتصادية الخليط ، المقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة ، والمتانة المحتملة لهيكل الخرسانة.

2)تصنيف المواد الحصوية: تصنف الحبيبات حسب:

- مصدرها :
  - حبيبات طبيعية: تشمل الحجر الجيري والرملي؛ويكون في حالته الطبيعية،ولا يجري عليه سوى عمليات التكسير وفصل المقاسات والأبعاد .
  - حبيبات صناعية: تشمل المنتجات الثانوية لبعض الصناعات التي تصاحبها تغيرات طبيعية أو كيميائية مثل خبث الأفران أو الطين المحروق.
- أشكالها: المواد الحصوية ذات أشكال مختلفة،فقد تكون:
  - حبيبات مستديرة الحواف:نتيجة التآكل بفعل المياه وعوامل التعرية ،وغالبا ما نجدها عند الأنهار.
  - حبيبات زاوية حادة:تشمل جميع أنواع كسر الحجارة.
  - حبيبات عصوية غير منتظمة: قد تكون عصوية أو مستطيلة أو مفلطحة ،ناتجة عن طبيعة الصخرة الأم ،أو عن طريقة أعمال التكسير.
- مقاسها:تصنف الحبيبات حسب أبعادها إلى رمل وحصى وحجارة؛ وتحدد مقاسات الحبيبات بغربلتها في مناخل ذات فتحات مربعة أو غرابيل ذات فتحات دائرية قياساتها نظامية، كما سبقت الإشارة إلى ذلك في تجربة التحليل الحبيبي.

3)تجارب حول المواد الحصوية:

إن مكونات الخرسانة لها تأثير مباشر على مقاومتها وصلابتها وديمومتها ،وهذا حسب خصائص مكوناتها التي تشكل الحبيبات مكوناتها الرئيسية.

لذا فإنه من الواجب إجراء اختبارات على عينات منها، وأهم هذه التجارب:

- المكافئ الرملي: لتعيين نسبة الشوائب والمواد الغضارية والطينية والعناصر الناعمة جدا الموجودة في الرمل، والتالي معرفة مدى نقاوته ومجال استعماله.

- التحليل الحبيبي : لتحديد التدريج الحبيبي للحصويات الناعمة والمتوسطة والخشنة باستخدام مناخل أو مصافي ذات فتحات متدرجة دائرية أو مربعة ،علما انه كلما كانت الحصويات متدرجة كلما كانت الخرسانة أكثر تجانسا وجودة .
- تجربة لوس أنجلس : لقياس درجة مقاومة الحصى للتآكل و الحتّ باستخدام جهاز "لوس أنجلس" الذي يحتوي كريات تصدم عناصر العينة،على تحدّد نسبة قساوة الحصى وبالتالي المجال المناسب لاستعماله .
- الكتلة الحجمية:

✓ تعتمد على وزن عينة من الحصويات M

✓ قياس حجمها ،بإفراغها بواسطة قمع داخل أنبوب مدرج ،مملوء بحجم من الماء V1 فنلاحظ تغير حجمه بالزيادة إلى V2

✓ نحسب حجم الحصويات بالعلاقة: V=V1-V2

✓ نحسب الكتلة الحجمية بالعلاقة: $M_V = \frac{M}{V}$

الإسمنت

1)عموميات حول الروابط: الروابط مواد طبيعية متنوعة تمتلك خواص تماسكية و تلاصقية عالية، مما يجعلها قادرة على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض و تماسكها مع حديد التسليح.

تتميز الروابط بكونها مختلفة المصادر و الأنواع وبالتالي فهي متنوعة الاستعمالات حسب :

- وسط الانجاز: الذي قد يكون جافا أو رطبا أو مائيا .
- سرعة التصلب المرجوة.
- الخصائص الميكانيكية المطلوبة .

وبشكل عام نميز نوعين من الروابط :

- الروابط المائية :التي تتصلب في الهواء وحتى تحت الماء ،ونذكر منها الاسمنت والجير المائي .
- الروابط غير المائية: التي لا تتصلب إلا في الهواء الطلق ،ونذكر منها الجير و الجصّ .

2)تعريف الإسمنت: يعتبر الإسمنت الرابط(الهيدروليكي) الأكثر استعمالا لتحضير الخلطة الخرسانية؛وهو عبارة عن مسحوق ناعم لونه رمادي إلى الأخضر يتكون بالدرجة الأولى من مادتين أساسيتين هما الصخور الكلسية بنسبة تقارب

80%بالإضافة إلى الطين أو الصلصال بنسبة تقارب 20% .

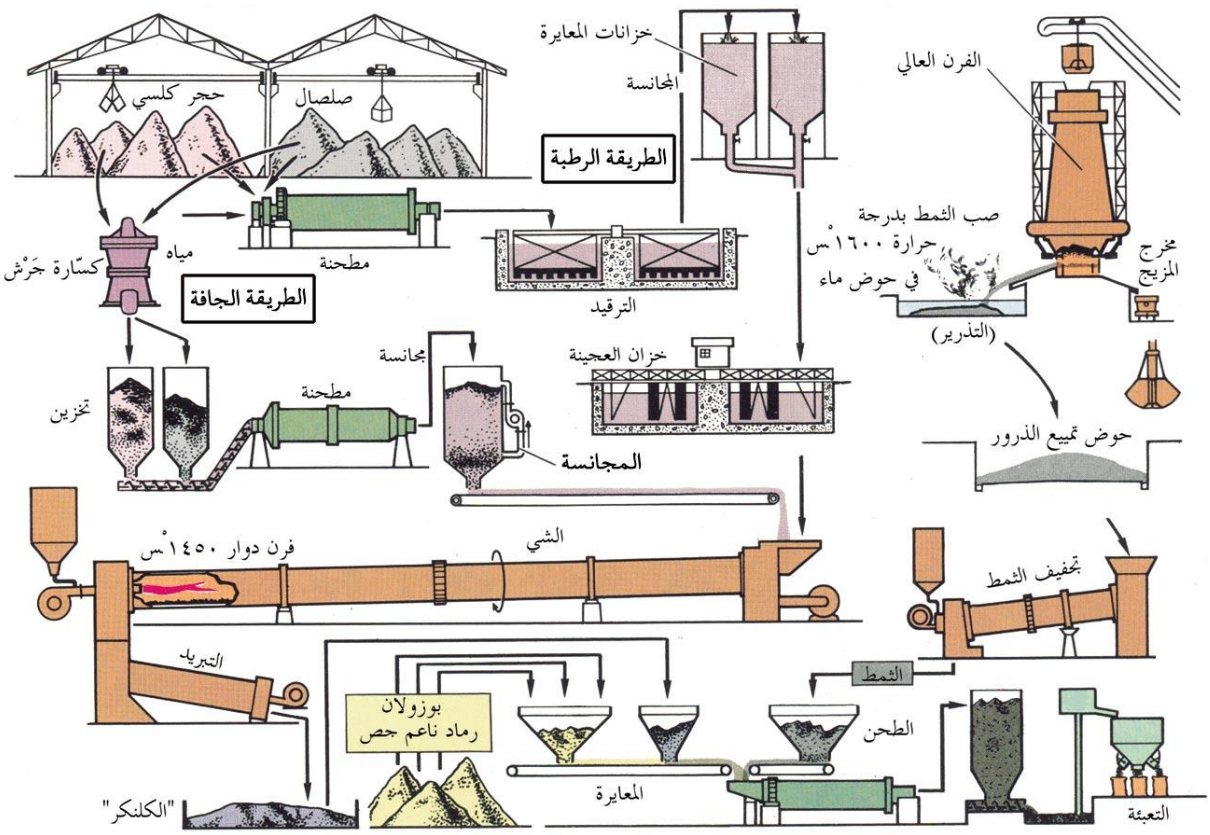
يضاف إليهما مواد علاجية أخرى مثل: أكسيد الحديد والبوكسيت والبوزولان والجفاء والفيلر، وهذه المواد تضاف للوصول إلى التركيبة المرغوبة .

3)مبادئ صناعة الإسمنت : توجد طريقتان لصناعة الإسمنت هما :

- **الطريقة الرطبة:تعد الطريقة الأقدم،وتتم بمساعدة الماء، أثناء مختلف مراحل صناعة الإسمنت.**
- **الطريقة الجافة:التي أخذت في الانتشار لتحل تدريجيا محل الطريقة الرطبة،بسبب الوفرة في الطاقة التي تتميز بها العمليات الجافة، والدقة في عمليات التحكم وفي خلط المواد الخام، دون الحاجة الى إضافة الماء.**

ودون الخوض في تفاصيل كلّ طريقة فإن المبادئ العامة لصناعة الاسمنت في كلتا الطريقتين هي كالتالي :

- **استخراج الصخور الكلسية-الطينية من المقالع بواسطة الكسارات أو المتفجرات .**
- **القيام بعملية الجراشة (الكسر) إلى أجزاء صغيرة .**
- **تحديد المعايرة أي نسب الخليط الإسمنتي،ومزج الكلس مع الطين بالنسب التي يحددها المخبر.**
- **طبخ المزيج تحت درجة حرارة تتراوح بين 1400°c و 1600°c للحصول على الكلنكر.**
- **مزج الكلنكر بعد تبريده مع الإضافات الأخرى،وسحق المزيج سحقا جيدا للحصول على الاسمنت.**
- **تخزين الاسمنت ووضعه في أكياس ثم نقله وتسويقه .**



الـمـاء

1)أهمية الماء في الخلطة الخرسانية:يلعب الماء دورا هاما في إنتاج الخلطة الخرسانية فهو يقوم بجملة من الأدوار،لعل أهمها:

- **كونه ضروريا لكي تتم عملية "الإماهة"، التي نقصد بها التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء .**
- **كما أن جزءا منه تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة.**
- **بالإضافة إلى كونه يعطي الخليط المكون من الحبيبات الناعمة والخشنة والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعد على التشغيل والتشكيل .**
- **ونظرا لضياع جزء من الماء الموجود في الخلطة الخرسانية بفعل عملية التبخر الناتج عن الحرارة،فإن إضافة الماء يسمح بإيناع الخرسانة أثناء تصلبها،ويمنع انكماشها أو تقلصها .**

2)مواصفات ماء الخلطة الخرسانية : يجب أن يكون الماء المستعمل في الخلطة الخرسانية خاليا من المواد الضارة، مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والمواد العضوية

والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة ،نظرًا لتأثيرها العكسي على قوة ومتانة الخرسانة .

ويعتبر ماء الشرب الأصلح للاستعمال في الخلطة الخرسانية،وفي حالة عدم توفره يسمح باستعمال الماء غير الصالح ،على أن لا تزيد نسبة الشوائب عن قيم معينة تحددها المواصفات والاشتراطات .

3)النسبة المائية /الإسمنتية: لتحديد وضبط نسبة الماء في الخلطة الخرسانية أهمية بالغة،وعليها تتوقف قوة الخلطة ومساميتها وقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتآكل، إذ أن كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والإهتراء وقلة التماسك والتقشر والانكماش والتشقق.

لمادة الاسمنت خواص تلاصقية،ومن خلال هذه الخاصية تتمكن من ربط الأجزاء أو المكونات الأخرى للخلطة الخرسانية على شكل كتلة صلبة.

والتفاعل الكيميائي بين الماء والاسمنت الذي يعرف بعملية"الإماهة" هو الذي يعطي الخواص التلاصقية لعجينة الاسمنت الناتجة عن التفاعل.

ولما كانت الخرسانة تتكون من عجينة إسمنتية(نشطة) ومواد حصوية (خاملة)،وتعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة باعتبار أن مقاومة الحبيبات أكبر بكثير من مقاومة العجينة؛ ولذلك فإن انهيار الخرسانة يكون دائما في العجينة ويمرّ الشرخ حول الحبيبات،فإذا أمكننا إنتاج عجينة ذات مقاومة عالية تقترب من مقاومة الحبيبات فإننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة .

وهنا لابد من الإشارة إلى أن تشغيلية الخرسانة تنتج من تأثير تشحيم العجينة للحبيبات وتتأثر بمقدار سيولة العجينة؛كما أن انكماش الكتلة الخرسانية يكون ناتجا من العجينة الإسمنتية وليس الحبيبات.

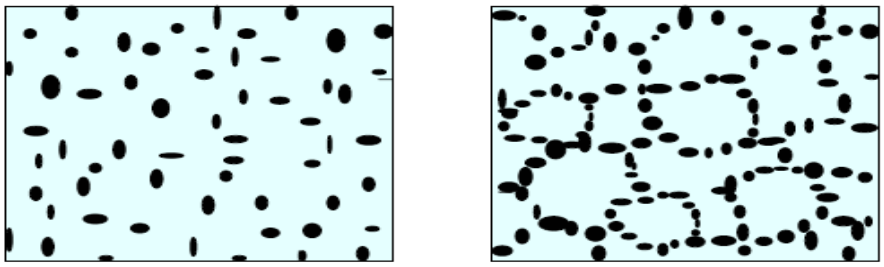
المواد المضافة

1)تعريف: هي عبارة عن مواد أو تراكيب كيميائية تضاف للخرسانة أثناء عملية الخلط لتحسين خاصية أو أكثر من خواص الخلطة الخرسانة،ولعلّ أهم أهداف استعمال الإضافات:

- **تحسين قابلية تشغيل الخرسانة.**
- **تسريع التصلب للحصول على مقاومة عالية في وقت قصير.**
- **إبطاء عملية التصلب في الأجواء الحارة أو أثناء النقل لمسافات بعيدة .**
- **تحسين المقاومة ضد التآكل وتقليل التقلص الحاصل أثناء عملية التصلب.**
- **منع صدأ الحديد .**

وبقدر ما تحقق هذه الإضافات من ايجابيات، فإن لها بعض الأعراض الجانبية،لذلك فإن استعمالها يقتصر على الحالات الضرورية وحسب تعليمات الشركات المصنّعة وبأقل النسب بحيث لا تتجاوز 5% من كتلة الاسمنت .

2)الملدنات : هي عبارة عن مواد سائلة من الأحماض العضوية و المشتقات النفطية تضاف إلى الخلطة الخرسانية بنسبة تتراوح بين 1% و3% من وزن الاسمنت، بهدف زيادة قابلية تشغيل الخرسانة لفترة طويلة، وفي نفس الوقت الحصول على خرسانة عالية الأداء، قليلة النفاذية، وذات مقاومة مبكرة عالية.



بدون ملدنات (تكتل) وجود ملدنات (تشتت)

دور الملدنات في فصل وتشتيت حبيبات الإسمنت المتكتلة

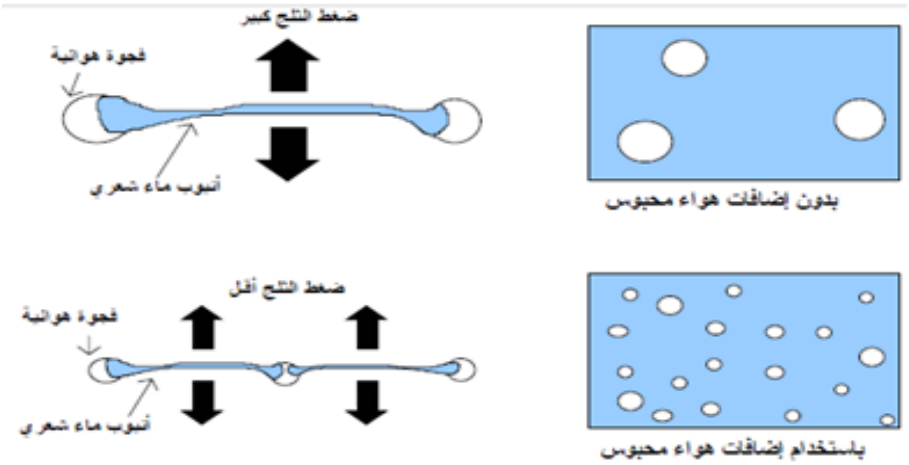
3)مسرعات الأخذ والتصلب:هي عبارة عن مواد تتكون من مشتقات الصودا و البوتاس والأمونياك،تعمل على تقليص زمن بداية ونهاية الأخذ (للاسمنت داخل الخلطة الخرسانية)وفي نفس الوقت تعمل على تطوير مقاومة الخرسانة الابتدائية.

تستعمل هذه المواد غالبا في الأجواء الباردة وفي الأنفاق والسراديب وتحت الماء.

4)مبطئات الأخذ: هي عبارة عن مواد تتكون من هيدرات الكربون وأوكسيدات الزنك أو الرصاص،وتعمل بخلاف السابقة،على إبطاء زمن الأخذ إلى ساعة أو ساعتين ،وتستعمل في الأجواء الحارة ،أو عند صب الخرسانة بكميات كبيرة على عناصر مساحية،أو عند الصب المتقطع للخرسانة، أو عند الرغبة في معالجة سطح الخرسانة بعد الصبّ،كأنْ نضيف طبقة عازلة أو ملونة.

5)إضافات الهواء المحبوس:

هي عبارة عن مواد تتكون من الزيوت والشحوم وأحماض النفط، تضاف إلى الخلطة الخرسانية،فتنتج مجموعة كبيرة من الفقاعات الهوائية الميكروسكوبية المنتظمة التوزيع على سطح الخلطة،بحيث تؤثر على قابلية التشغيل وزيادة المتانة والتحمل والمقاومة للجليد وتخفيف وزن المنشأ.



تأثير إضافات الهواء المحبوس في تحسين مقاومة الصقيع.

باب مبادئ
الطبوغرافيا

مبادئ الطبوغرافيا

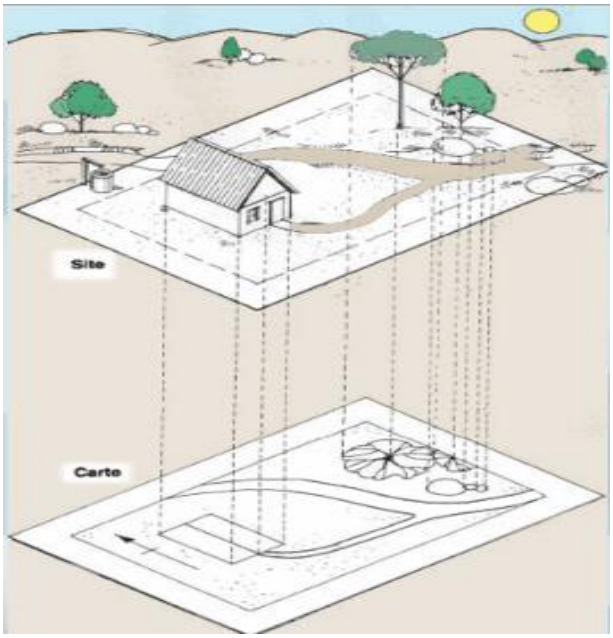
1)تعريف الطبوغرافيا:مصدر كلمة الطبوغرافيا إغريقيٌّ يتكون من مقطعين هما:topos وتعني المكان أو المنطقة، و graphien وتعني وصف أو رسم؛ وعليه فالطبوغرافيا تعني وصف المكان وبعبارة أخرى التمثيل البياني للتضاريس.

وقد تطورت الطبوغرافيا إلى علم يختص بتمثيل كل تفاصيل المعالم الطبيعية أو الاصطناعية لمنطقةٍ مَا موجودة على سطح الأرض ،بأشكال ورسومات مميزة تتم من واقع نتائج نحصل عليها ميدانيا عن طريق قياسات تسمى بعمليات الرفع .

2)القياس الطبومتري : نقصد بالطبومتري الجزء الرياضي من الطبوغرافيا،حيث يُعنىَ بقياس وحساب الوضعيات(الإحداثيات)البلانيميترية (x, y)والألتيمترية(z) لمختلف نقاط المعالم الطبيعية أو الاصطناعية،مع إهمال تحدّب وانحناء سطح الأرض.

وبالفعل فإنّ الطبوغرافيّ عندما يقوم برفع القياسات ضمن حدود منطقة محددة،فإنّ تأثير تحدّب وانحناء سطح الأرض يكاد يكون مهملا،بحيث يمكن إجراء الحسابات باعتبار أن القياسات تتم في مساحات مستوية.

3)الخريطة الطبوغرافية : تعد الخريطة الوثيقة الأساسية في علم الطبوغرافيا،وهي عبارة عن تمثيل هندسيّ لتضاريس الأرض،يبيّن الأبعاد الثلاثة للنقاط التي تظهر عليها، بمعنى أنها تبيّن المسقط الأفقي للتضاريس التي تمثلها كما تبيّن ارتفاعات النقاط بالنسبة لبعضها البعض أو بالنسبة لمستوى مرجعي ثابت قد يكون مستوى سطح البحر .



وبتحديد أكثر فإن الخريطة الطبوغرافية هي عبارة عن تمثيلٍ اصطلاحيٍّ مستوٍ مصغّرٍ وفق مقياس معيّن بطريقة علميةً على ورقة مستوية لسطح الأرض أي المنطقة؛ من تضاريس ومرتفعات ومنخفضات وغطاء نباتي ومَجَارٍ مائية وطرق وجسور وسكك حديدية ومدن وقرى،بما يجعلها أساسًا خرائطيًّا يلجأ إليها الجيولوجيون والزراعيون والمهندسون والعسكريون في دراسة أغلب مشاريع الاستطلاع والتخطيط والتنفيذ المختلفة .

4)رموز واصطلاحات الخريطة:الخريطة-كماسبقت الإشارة-هي عبارة عن تمثيل لسطح الأرض،ولما كان من الواجب أن تتوفر على كمٍّ هائل من التفاصيل والمعلومات التي يتمّ إسقاطها على ورقة بمقياس مصغّر،مع مراعاة أن تكون واضحة دقيقة ،فإنه يتم الاستعانة برموز وبإشارات اصطلاحية تتيحُ فهمها وقراءتها بسهولة ويُسرٍ من طرف المصالح المختصة.

وعموما فان كل خريطة طبوغرافية لا بد أن تتوفر على :

- **عنوان الخريطة: يؤخذ من اسم المدينة أو القرية الرئيسية الواردة في المجال الذي تمثله الخريطة .**
- **الشمال الجغرافي:يوازي اتجاهه خطوط الطول وصولا لنقطة القطب الشمالي،ويفيد في توجيه الخريطة.**
- **المقياس: هو النسبة بين المسافة على الخريطة و المسافة الحقيقية التي تمثلها في الميدان،ويفيد في حساب المسافات الطبيعية .**
- **المفتاح:هو شرح للرموز المستعملة وللمعطيات الطبيعية و البشرية و الاقتصادية...**

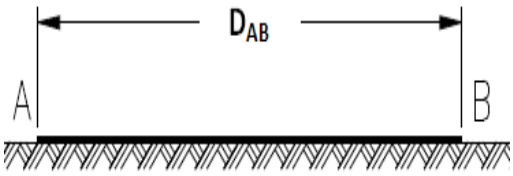
وبخصوص الرموز والمصطلحات فإننا نستعمل:

- **الألوان التوضيحية :إن استعمال الألوان يوفر إمكانية -مما لو كانت بلون واحد - للتمثيل الدقيق للخريطة،ولعل أهم الألوان المستعملة والمتعارف عليها هي:**
  - **اللون الأسود: للمنشآت التي استحدثها الإنسان مثل المساكن والجسور والسكك الحديدية .**
  - **اللون الأزرق : للمسطحات المائية مثل البحيرات والأنهار الأودية، والبحار والمحيطات.**
  - **اللون الأخضر: للغطاء النباتي مثل الغابات والأشجار والمزارع.**
  - **اللون البنيّ :للمظاهر التضاريسية مثل الصخور والجبال والمنحدرات.**
- **الرموز الاصطلاحية :إن التفاصيل المندرجة تحت اسم مظاهر السطح تمثل برموز وعلامات ترسم بشكل قريب من الأشياء التي تدل عليها،وهكذا نجد الطريق يمثل بخطين متوازيين، والمنزل المنعزل يمثل بشكل مستطيل صغير،والمجاري المائية الدائمة ترسم بخط أزرق متصل،و الغطاء النباتي الطبيعي الدائم-كالغابات الكثيفة- بمساحات ملونة بالأخضر .**
- **الأسماء المختصرة:هناك بعض الأسماء تكتب مختصرة على الخرائط الطبوغرافية لتدلّ على التفاصيل الأرضية الممثلة بمختلف أنواع الرموز الاصطلاحية،من ذلك نذكر اختصارات الأسماء التالية : جبل بـِMt ،وغابة بـِB ، وقلعة بـِ Tr، ومصنع بـِ Use**

قياس المسافات

1- مدخل :

- المسافة الأفقية:تكون في أرض مستوية؛وفي هذه الحالة نعرّف المسافة الأفقية D بالبعد AB .

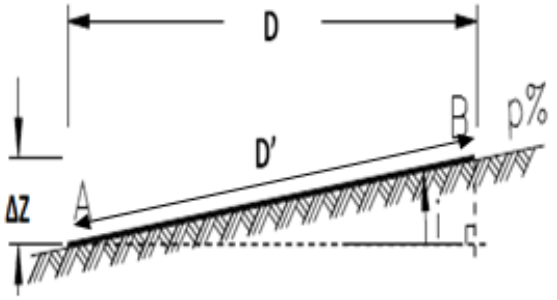


ولقياسها يكفي مدّ شريط ديكامتري بين النقطتين للحصول على المسافة الأفقية بين A و B .

وأثناء عملية القياس يجب شدّ الشريط أفقيًا بشكل جيّد حتى نتجنّب كل انحناء قد يتسبّبُ في عدم دقة القياس.

- المسافة المائلة:عندما تكون الأرض منتظمة-ثابتة-الميل، فإنّ المسافة التي نقيسها بقياس مباشر هي عبارة عن مسافة مائلة و نرمز لها : D´

و لاستنتاج المسافة الأفقية في هذه الحالة نستعمل العلاقة المثلثية :



$$\cos i = \frac{D}{D'}$$

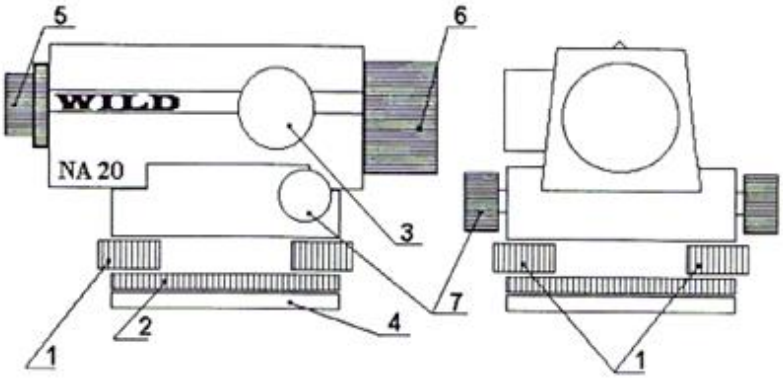
$$\rightarrow \quad D = D'.\cos i$$

نلاحظ أنّ القياس في كلتا الحالتين السابقتين كان قياسا مباشرا،غير أن القياس قد يكون متعذّرًا في أغلب الميادين التي تتميز بتضاريسها المنحنية والمتعرّجة.

وفي هذه الحالة نلجأ إلى ما يسمى بالقياسات غير المباشرة التي تعتمد على استعمال أجهزة تعرف بالأجهزة الطبوغرافية .

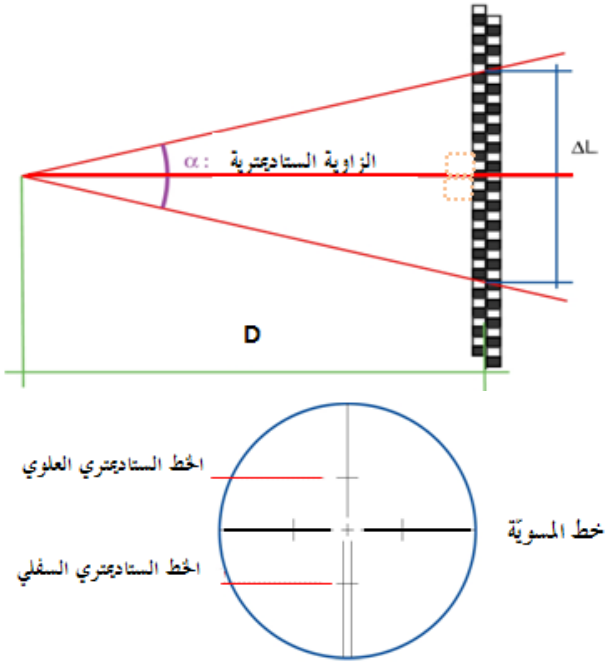
2-قياس المسافة بواسطة المسوية :

المسوية هو الجهاز الأبسط بين الأجهزة الضوئية،ويتكون من دائرة زوايا أفقية،لذلك فإن استعماله يقتصر على حساب المسافات الأفقية،حساب مبدأ القياس الستاديمتري بمعنى القياس على القامة،والذي نحققه ميدانيا بوضع الجهاز وضبطه على المحطة Aوالتسديد إلى القامة الموضوعة شاقوليا عند B،وقراءة الخطوط الستاديمترية العلوية l_{sup} والسفلية l_{inf} على الشبكة الستاديمترية ثم حساب المسافة الأفقية .



1- لولب تحقيق أفقية الجهاز
2- قرص مدرج لقراءة الزوايا الأفقية
3- لولب توضيح الرؤية
4- قاعدة الجهاز
5- العينية
6- العدسة
7- لولب المسح الأفقي

ونظرا لأهمية العلاقة التي تسمح بحساب هذه المسافة فإننا نعلّل مصدرها.
بالنظر إلى الشكل أدناه و بمراعاة أننا بصدد مثلث متساوي الساقين، وأن خط التسوية ينصّف الزاوية α ويحدّد مثلثين قائمين متساويين، فإنّ استعمال نظريات المثلثات يسمح لنا بكتابة:



$$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{\frac{\Delta L}{2}}{D}\rightarrow \tan\frac{\alpha}{2}=\frac{\Delta L}{2.D}$$
$$\rightarrow D=\frac{\Delta L}{2.\tan\frac{\alpha}{2}}$$

بخصوص هذه النتيجة الأخيرة :

- **نلاحظ أن:** $\Delta l = lsup - linf$
- **الزاوية الستاديمترية صغيرة جدا، و غالبا ما يحرص المصنّعون لمثل هذه الأجهزة على أن يكون المقدار:**

$$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{1}{200}$$

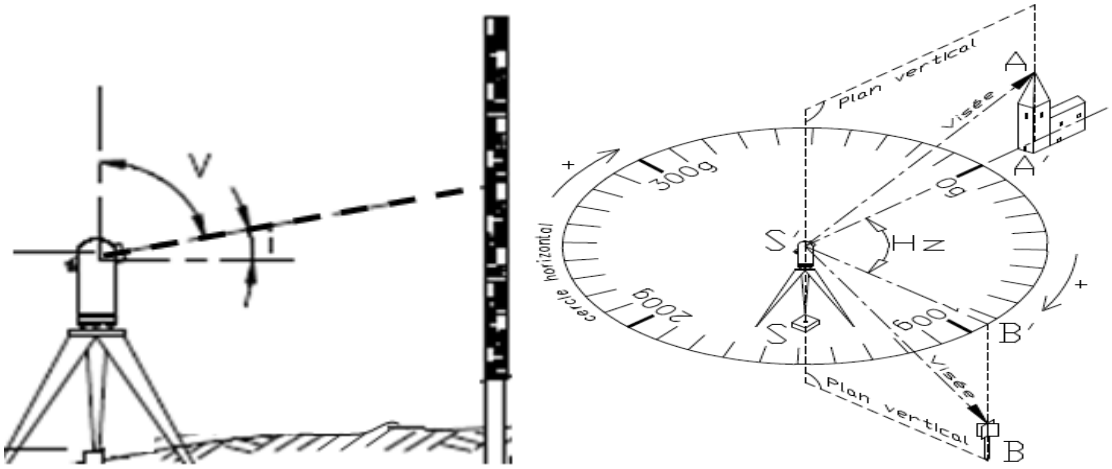
وعليه تصبح النتيجة بالشكل التالي:

$$.100D=(lsup-linf)$$

3- قياس المسافة بواسطة المزولة :

يتميز جهاز المزولة أو التيودوليت بتطوره عن المسوية،بحيث يمكنه التسديد في الاتجاهين :

- **الأفقي:كما في المسويّة .**
- **الشاقولي:الأمر الذي لم يكن ممكنا مع المسوية،كما هو موضح في الشكلين .**



و بما أن التصويبة مائلة-قد تكون بسبب طبيعة الميدان-فإننا نستعين بالزوايا العمودية، وهي باختصار:

- الزاوية الشاقولية V : هي الزاوية المحصورة بين شاقول المكان وخط الرّصد؛وتؤخذ موجبة في اتجاه عقارب الساعة .
- زاوية الميل(الموقع) i : هي الزاوية المحصورة بين خط الأفق وخط الرّصد ،وتؤخذ موجبة عكس عقارب الساعة .

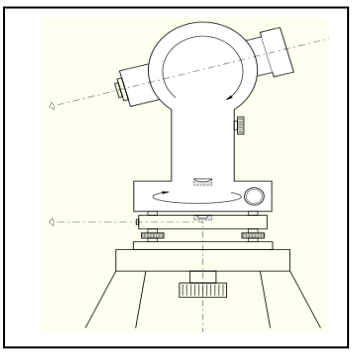
هذا وتوجد علاقة شهيرة تربط بين الزاوية الشاقولية وزاوية الميل هي :

$$V + i = 100\ gr$$

ولمراعاة كون التصويبة مائلة فإنّ حساب المسافة الأفقية -في حالة المزولة - يكون بالعلاقة:

$$D = (lsup - linf).\sin^2 V.100$$

4- قياس المسافة بجهاز التاكيومتر- ذاتي الاختزال- :



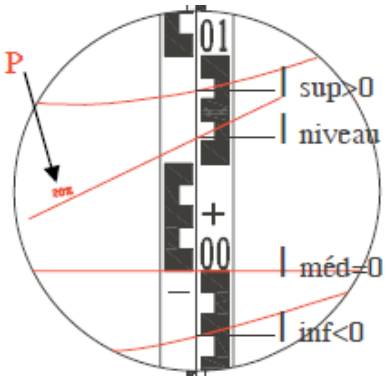
يختلف جهاز التاكيومتر عن الجهازين السابقين من ناحية تركيبه، وكذا من ناحية القامة المستعملة . وهذا النوع من الأجهزة مصمم بحيث يعفي المستعمل من إجراء التعديل الذي لابد منه- في غيره من الأجهزة- في حالة الرصد المائل ،فنكتفي بالقراءة على القامة دون الحاجة إلى قراءة الزاوية الشاقولية v.

ولحساب المسافة نعتمد نظامين أساسيين حسب نوعية التاكيومتر المستعمل:

- فالنوع الأول(*DAHLTA*) : منظاره يحتوي على خطين مائلين"علوي وسفلي" نقرأ عليهما الميل – الخاص بالتصويبة-وخط وسطي أفقي .

تسقط هذه الخطوط على قامة، بها صفرٌ يسمّى "صفر القامة" ويقع على علو 1.400m نسقط عليه الخط الستاديمتري الأوسط،بحيث يحدّد لنا جزءا موجبا أعلاهُ وآخر سالبا أسفله.

ولقياس المسافة الأفقية نستعمل إحدى العلاقتين :

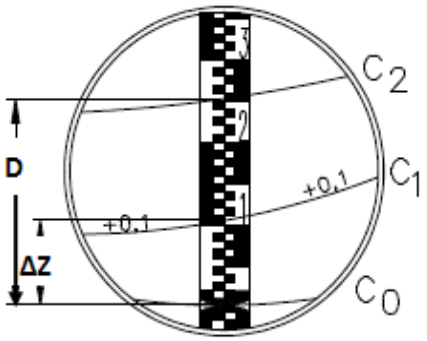


$$D = (lsup - lmed).100$$
$$D = (lmed - linf).200$$

وكمثال بالنسبة للشكل المقابل : D=(0.82-0.00).100=82dm=8.2m

أو : $D=(0.00-(-0.41)).200 = 82dm = 8.2\ m$

- والنوع الثاني(*Wild RDS*) : منظاره يتكون من ثلاث منحنيات،كما هو مبين على الشكل:



C_0 : منحنى المبدأ ـالقاعدي-.

C_1: منحنى الارتفاعات.

C_2: منحنى المسافات الأفقية .

ولحساب المسافة الأفقية نستعمل العلاقة:

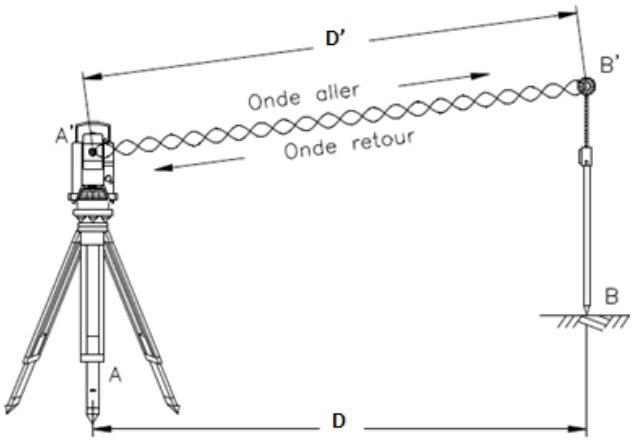
$$D = (l_2 - l_0).100$$

وكمثال للشكل المقابل، من خلال القراءات نجد:

$$D = (2.53 - 0.00).100 = 253dm = 25.30m$$

5- قياس المسافة بالجهاز الالكتروني:

تعدّ الأجهزة الالكترونية الأحدث والأكثر دقة،وتعمل بعداد أوقات،وتستعمل لذلك موجات الكترومغناطيسية أو ضوئية تسير حسب خط مستقيم وبسرعة ثابتة،ترسل من المحطة A نحو النقطة B أين وضعنا العاكس،الذي يعكس بدوره الموجة المرسلة نحو الجهاز فتقطع بذلك الموجة المسار AB مرتين-ذهابا وإيابا-فيحسب الجهاز المسافة التي تظهر على الشاشة الموجودة عليه.



ولأن هذه الأجهزة تعطي – في غالب الأحيان- المسافة المائلة فهي تزود بمقياس لزاوية ميل خط الرصد بالنسبة لخط الأفق،الأمر الذي يسمح بقياس المسافة الأفقية بالعلاقة:

$$D = D'.\cos i$$

.....

قياس الزوايا الأفقية

1- مدخل : يمكن قياس أو رسم الزوايا الأفقية بطرق مختلفة هي :

- **الطريقة الأولى :** تتم بجهاز الغونيوغراف(Le goniographe)أو اللويحة،و الذي يتكون من حامل - ثلاثي أرجل- ولوحة مستوية،وجهاز رصد ومساطر، وقد صار استعمال هذا الجهاز محدودا مع ظهور الأجهزة الحديثة .
- **الطريقة الثانية :** تتم بجاز الغونيومتر (*Le goniomètre*)،وينجز على عدة أنواع حسب استعماله في ميدان الملاحة الجوية أو الملاحة البحرية أو في الميدان العسكري أو غير ذلك.

ولعل أدق هذه الأجهزة هو الغونيومتر الضوئي الانعكاسي،الذي يتكون من دائرة مدرجة بـ360^0، وتبلغ دقة قياساته الزاوية مقدارا لا يتجاوز ارتيابه الثانية الواحدة.

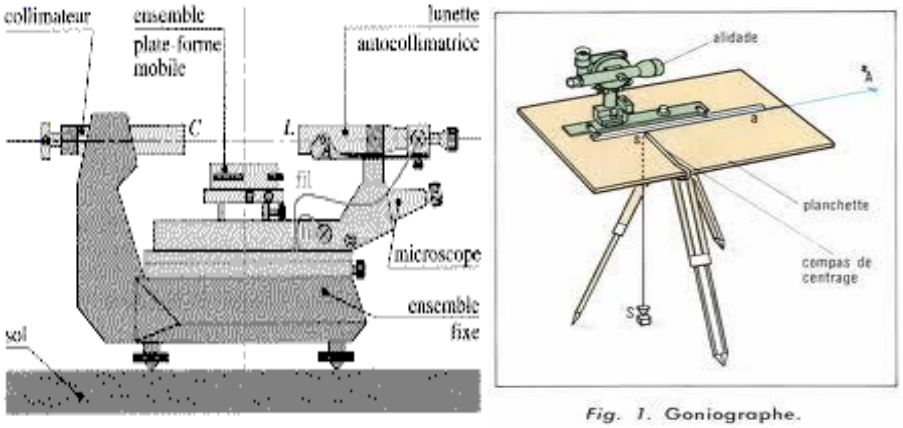


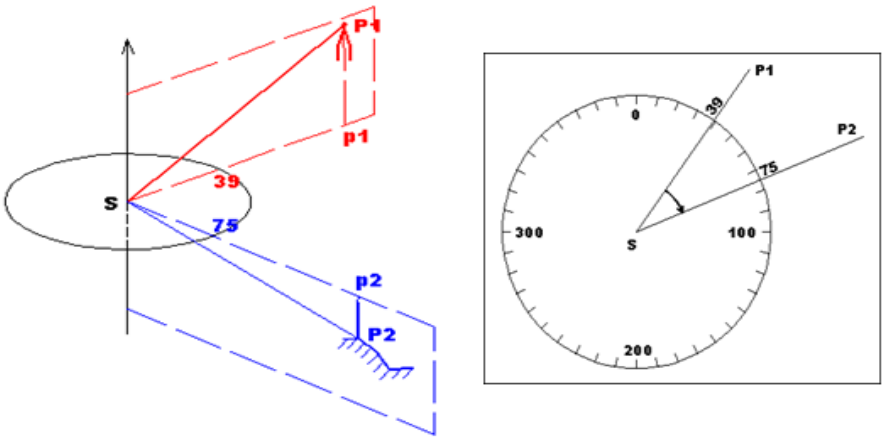
Fig. 1. Goniographe.

- **الطريقة الثالثة :** تتم بأجهزة القياس الحديثة التي قد تكون مسوية أو مزولة أو تاكيومترا .

2- قياس الزاوية الأفقية : إن مبدأ قياس الزاوية الأفقية β المشكلة بين ضلعين – اتجاهين – باستعمال جهاز ضوئي تتم حسب المراحل التالية :

- وضع الجهاز فوق المحطة S وضبطه .
- التصويب نحو النقطة الأولى A وقراءة الزاوية الأفقية عندها HZ_A
- التصويب نحو النقطة الثانية B وقراءة الزاوية الأفقية عندها HZ_B
- نحسب الزاوية الأفقية بالعلاقة :

$$\beta = HZ_B - HZ_A$$



- **ملاحظة هامة: يمكن حساب الزاوية الأفقية بطريقة خفض القراءة المرجعية إلى الصفر،بمعنى ضبط زاوية الانطلاق HZ_A على gr 0.000، وفي هذه الحالة تصبح الزاوية β هي زاوية الوصول HZ_B؛بمعنى:**

$$\beta = HZ_B$$

.....

قياس الزوايا العمودية

1- مقدمة :

تسمح لنا المزولة والأجهزة التاكيومترية بقياس الزوايا العمودية فضلا عن كونها تستعمل لقياس الزوايا الأفقية ، وتنقسم الأجهزة التاكيومترية من حيث دائرة ترقيم الدائرة العمودية فيها إلى قسمين :

- أجهزة مدرجة بالزوايا .
- أجهزة مدرجة بالميول .

2- تعريف الزوايا العمودية :

- الزاوية الشاقولية -V-:هي الزاوية المحصورة بين خط الشاقول واتجاه خط الرّصد(التسديد) حسب اتجاه عقارب الساعة .
- زاوية الميل -i- : هي عبارة عن الزاوية المحصورة بين خط الأفق وخط الرصد(التسديد)،وتؤخذ موجبة عكس عقارب الساعة .

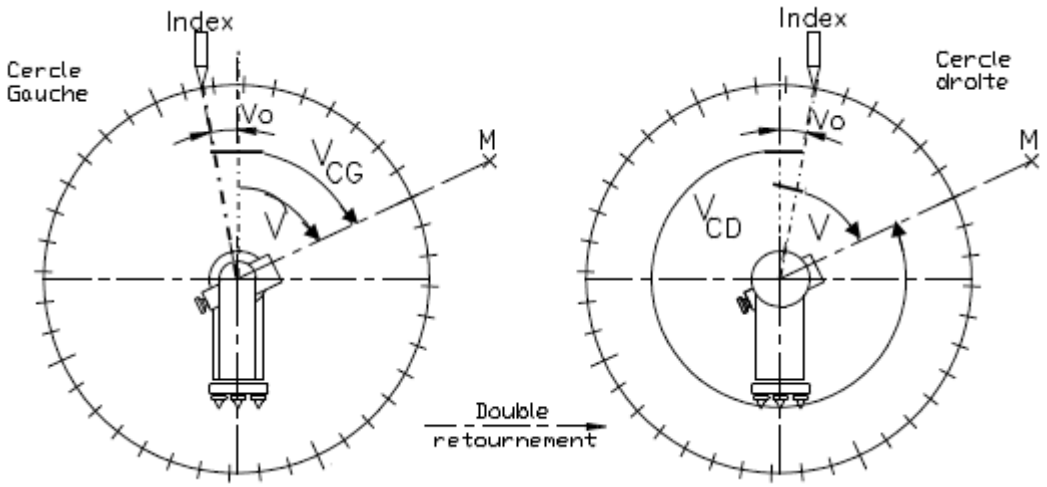
ملاحظة هامة : نلاحظ أنّ الزاويتين السّالفتيْ الذكر متكاملتين بحيث أن :

$$V+i = 100\ gr$$

3- طريقة حساب الزوايا الشاقولية :

يلاحظ في كل الأجهزة التاكيومترية الحديثة أن محور مبدأ قراءة الدائرة العمودية(للجهاز) لا ينطبق مع محور (خط)الشاقول،بل يحصران بينهما زاوية صغيرة(V_0) تسمى خطأ التسديد الشاقولي أو خطأ الورنية العمودية ، ولذلك فإن الزاوية الشاقولية المقروءة ليست هي الزاوية -V- بل هي زاوية قريبة منها ،في حالة الجهاز المتياسر أي الحالة الأكثر استعمالا .

ولتوضيح عملية الحساب نستعين برسمي الجهاز في حالة متياسر و متيامن .



وضعية جهز متياسر :

$$V = CG - Vo \rightarrow (1)$$

وضعية جهاز متيامن :

$$V = 400 - CD + Vo \rightarrow (2)$$

بالجمع (2+1) نجد :

$$2V = CG - CD + 400$$

$$V = \frac{CG - CD + 400}{2}$$

بالطرح (1-2) نجد :

$$0 = 2Vo + 400 - CD - CG$$

$$Vo = \frac{CG + CD - 400}{2}$$

- **ملاحظة : يمكن حساب زاوية الميل- i - بعد حساب V بواسطة العلاقة :**

$$V + i = 100\ gr$$

4- تطبيق : انطلاقا من محطة S صوبنا نحو النقاط A و B و C وسجلنا القراءات في حالة الجهاز متياسر CG ومتيامن CD .

- أحسب الزاوية الشاقولية وزاوية الميل وخطأ الورنية العمودية

المحطة	النقاط	CG	CD	V	$_0V$	I
S	A	98.242	301.770	98.236	0.006+	+1.764
	B	105.188	294.822	105.183	0.005-	-5.183
	C	98.790	301.220	98.785	0.005+	+1.215

- نلخص النتائج في جدول .

- نتذكر العلاقات التي تسمح لنا بالحساب :

$$V = (CG - CD + 400)/2$$

$$V_0 = (CG + CD - 400)/2$$

$$I = 100 - V$$

-نلخص النتائج في جدول

- نجد النتائج المكتوبة – باللون الأحمر- تمييزا عن المعطيات .

***ملاحظة* : نلاحظ أن التسديدة الوسطية هي عبارة عن تسديدة نازلة ، وهذا ما يفسّر بـِ:**

$$V > 100\ gr$$

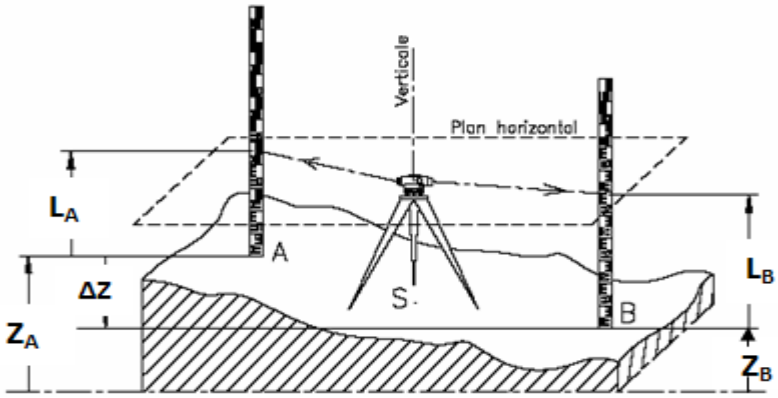
سالبة- $I < 0$

التسوية

1-تعريف التسوية: التسوية والتمهيد والرفع الألتمتري مصطلحات لها نفس الدلالة.

ونقصد بالتسوية مجموع العمليات الطبوغرافية التي تسمح لنا بحساب فروق المناسيب(الارتفاعات) بين مختلف النقاط،وكذا حساب مناسيب النقاط بالنسبة إلى مستوى مرجعيّ،غالبا ما يكون مستوى سطح البحر.

2-تعاريف ومصطلحات: لتقريب مفهوم التسوية نفرض أنه لدينا نقطتان A و B.



- عمود المكان :هو كلّ خط يقع في اتجاه خيط الشاقول عند تعليقه حرًّا،بمعنى أنه يقع في اتجاه الجاذبية الأرضية .
- المستوي الأفقي:هو كل خط يقع في مستوي أفقي.
- منسوب النقطة:هو البعد العمودي الفاصل بين أي نقطة ومنسوب مستوى سطح البحر± 0.00.
- فارق المنسوب:ويكون بين نقطتين ،ويعرّف بالبعد العمودي بين مستوييهما الأفقيين .
- المعلم :ويطلق عليه أيضا اسم :نقطة المنسوب"،ويتميز بكونه معلوم المنسوب .

3-التسوية المباشرة: يطلق اسم التسوية المباشرة أو التسوية الهندسية على عمليات الرفع الالتمتري التي تسمح بقياس فروق المناسيب بواسطة جهاز تسوية يسمح بتجسيد خط أفقي يرصد قامة شاقولية مدرجة.

وتعتمد في هذه التسوية طريقتان هما:

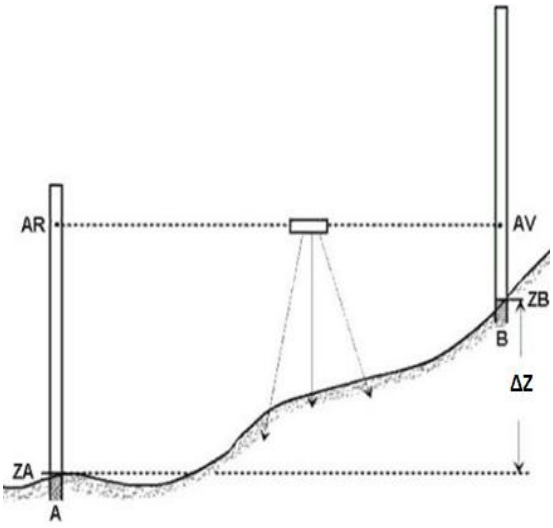
- طريقة فرق المنسوب:تتم هذه الطريقة غالبا على شكل مسار (في مشروع طريق مثلا).

وتوجز هذه الطريقة في العمليات التالية:

- وضع الجهاز في محطة تقع بين النقطتين: A (المعلم) والنقطة B المجهولة المنسوب ،ونقوم بضبطه .
- نرصد بالخط الأفقي الوسطي لمنظار الجهاز على القامة المثبتة عموديا في النقطة A، وتسمى هذه القراءة خلفية L_{ar} باعتبار اتجاه المسار .

- ندير الجهاز،وبنفس الطريقة السابقة نرصد القامة المثبتة عموديا في B وتسمى هذه القراءة أمامية L_{AV} باعتبار اتجاه المسار.
- نقوم بحساب فارق المنسوب بين النقطتين AوB بالعلاقة :

$$lav$$

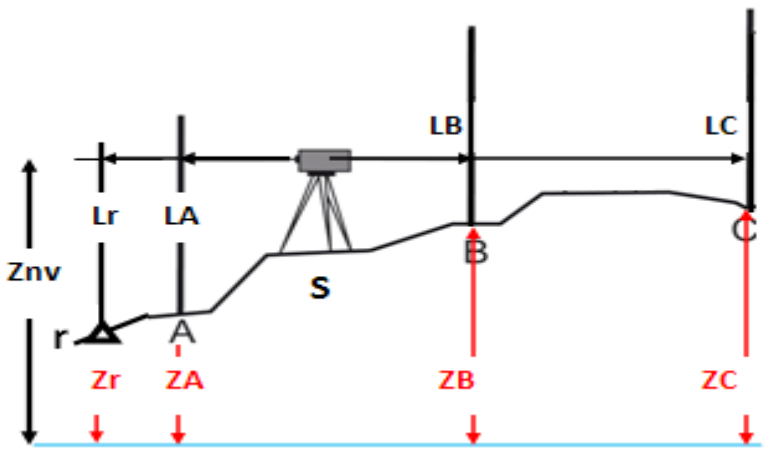


- ومنه نحسب منسوب النقطة B بالعلاقة:

$$ZB = ZA + \Delta z$$

- في حالة وجود عدة نقاط متتابعة في المسار نعيد نفس العملية بين B وC ونحسب فارق المنسوب بينهما وكذا منسوب النقطة C،وهكذا مع باقي النقاط.

طريقة منسوب مستوى الرصد:تتم هذه الطريقة (بالإشعاع غالبا)انطلاقا من محطة واحدة تتوسط النقاط المراد قياس منسوبها (في مساحة مثلا). وتتم حسب العمليات التالية:



- وضع الجهاز في محطة تتوسط النقاط S
- البدء برصد القامة على نقطة المعلم(المعلوم المنسوب) أوّلا،وقراءة الخط الوسطى على القامة L_r.
- القراءة على الخط الوسطي لباقي النقاط L_A، L_B، L_C...
- حساب منسوب مستوى الرصد -الذي هو واحد لجميع النقاط-بالعلاقة :

$$Znv = Zr + lr$$

- **حساب منسوب باقي النقاط بالعلاقة :**

$$ZA = Znv - lA$$
$$ZB = Znv - lB$$
$$ZC = Znv - lc$$

- **تنبيه: في حالة وضع الجهاز على نقطة المعلم تصبح لدينا الحالة الخاصة؛ المتمثلة في كون منسوب مستوى الرصد يكون مساويا لمنسوب المعلم مضافا إليه علو الجهاز؛ أي:**

$$Znv = Zr + hap$$

ومنسوب أيّ نقطة يكون مساويًا لمنسوب مستوى الرصد محذوفا منه القراءة على القامة عند هذه النقطة.

4-التسوية غير المباشرة:قد تكون تضاريس الميدان شديدة الانحدار ،بحيث يتعسّر استعمال جهاز التسوية،غير المصمّم للقيام بتسديدات مائلة تأخذ بعين الاعتبار ميل الميدان.

من هنا تأتي الحاجة إلى التسوية غير المباشرة ،والتي تسمى -أيضا -بالتسوية المثلثية .

وتطلق هذه التسمية على مجموع عمليات الرفع الألتمتري التي تتم بواسطة أجهزة المزولة (التيودوليت) أو التاكيومتر بحيث يكون فيها خط التسديد (الرصد) مائلا.

التسوية غير المباشرة بالمزولة: نفرض انه لدينا نقطتان AوB،مع A معلومة المنسوب.

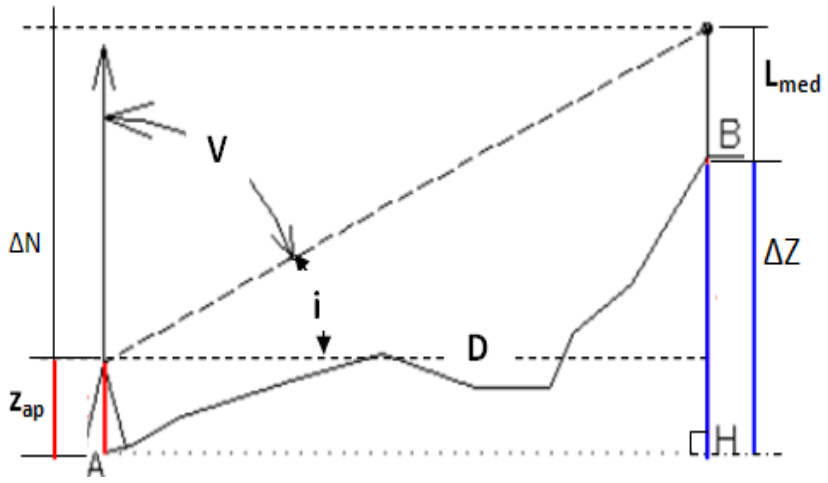
لحساب منسوب النقطة B نقوم بالخطوات التالية:

- **نضع الجهاز فوق نقطة المعلم A ونقوم بضبطه .**
- **نقوم بتصويبة مائلة إلى القامة الشاقولية الموضوعة فوق النقطة Bونسجل :**

-علو الجهاز:*Zap*

-الزاوية الشاقولية *V*

-القراءات على القامة : *lsup ,lmed ,linf*



- لحساب فارق المنسوب نلاحظ أن :

$$Zap + \Delta N = lmed + \Delta z$$

$$\Delta z = Zap + \Delta N - lmed$$

علما أن :

$$\Delta N = D.tgi$$

$$i = 100 - V$$

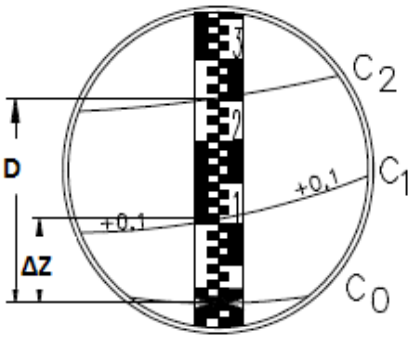
$$D = (lsup - linf).sin^2V.100$$

- ولحساب منسوب النقطة B نكتب:

$$ZB = ZA + \Delta z$$

التسوية غير المباشرة بالتاكيومتر: من المعلوم أن جهاز التاكيومتر ذاتي الاختزال،ولتحقيق التسوية غير المباشرة بواسطته نقوم بما يلي:

- وضع جهاز التاكيومتر فوق المعلم A وضبطه.
- نقوم برصد صفر القامة بالخط الستاديمتري الوسطي .
- نسجل القراءات التالية:



-الخط الستاديمتري الأوسط $l1$

-معامل الميل الذي يظهر على شكل خط مائل p

- نحسب فارق المنسوب بين AوB بالعلاقة :

$$\Delta z = (l1 - l0).100.p$$

وعلى سبيل المثال فإن قيمته -في الشكل المقابل-:

$$\Delta z = 1.05 \times (+0.1) \times 100 = 10.5dm = 1.05m$$

-وأخيرا يُحسَبُ منسوب B:

$$ZB = ZA + \Delta z$$

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول: توقف طبوغرافيّ على محطة S بجهاز المزولة،ورصد المعلم (r) ذا المنسوب المعلوم $H_r = 130.00m$ ،ثم رصد أربعة نقاط : A ,B,C ,D فكانت نتائج القياسات كما هو مدوّن في الجدول التالي :

النقاط	قراءات الزوايا الأفقية (gr)	القراءات على القامة(m)		
		Lsup	*lmed*	*linf*
(r)	0.00		1.425	
A	250.41	1.697	1.571	1.445
B	271.23	1.489	1.322	1.155
C	301.46	1.812	1.754	1.696
D	335.71	1.324	1.213	1.102

ملاحظة:تم التسديد إلى مختلف النقاط بزاوية شاقولية V=100gr (تسديد أفقي).

المطلوب :حساب:

1-الزوايا الأفقية :$A\hat{S}B$ ، $B\hat{S}C$ ،$C\hat{S}D$ ،$B\hat{S}D$ ؟

2-المسافات الأفقية بين المحطة S والنقاط : A،B،C،D؟

3- ارتفاع(منسوب) النقاط:A،B،C،D؟

التمرين الثاني: على محطة A نقف بجهاز المزولة ونسدّد في اتجاه قامة شاقولية موضوعة فوق النقطة B فنحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي:

المحطة	نقطة التسديد	القراءات على الدائرة الشاقولية(gr)		القراءات على القامة (m)		الملاحظات
A	B	CG	CD	L_{SUP}	L_{INF}	H_A=852.75m
		93.78	306.28	2.973	1.200	H_B=1053.37m

المطلوب:

1-أحسب خطأ التسديد الشاقولي V_0؟

2-أحسب الزاوية الشاقولية V ؟

3-أحسب زاوية الميل i ؟

4-أحسب المسافة الأفقية D_{AB} ؟

5-أحسب ميل الميدان بين النقطتين AوB

التمرين الثالث: قام طبوغرافي بعملية رفع ميداني بجهاز مزولة ،حيث وضع الجهاز في محطة Sورصد نقطتين AوB فكانت النتائج كما يلي:

المحطة	النقاط المرصودة	القراءات على القامة (m)			القراءات الزاوية(gr)	
		l_{sup}	l_{med}	L_{inf}	HZ	V
S	A	1.985	1.492	0.998	0.00	97.60
	B	2.175	1.585	0.996	101.32	106.70

المطلوب:

1-ما هو نوع التصويبة من S إلى A، و التصويبة من S إلى B؟

2-أحسب قيمة الزاوية الأفقية $A\hat{S}B$ ؟

3-أحسب قيمة المسافتين الأفقيتين: D_{SA} و D_{SB} ؟

4- إذا كان علو الجهاز $h_i = 1.50m$ أحسب فارق المنسوب بين المحطة S وكلتا النقطتين A ثم B؟

5- إذا كان المنسوب H_S=130.00m أحسب منسوبي النقطتين A و B؟

التمرين الرابع:إستُعْمِل جهاز اللويحة كجهاز تسوية مباشرة.

إذا كان منسوب المحطة S مساويًا لـِ H_S=96.50m وعلو الجهاز h_a=1.35m، والقراءة الوسطية على القامة الموضوعة على النقطة (1) مساوية لـِ l_1=0.500m

المطلوب:

1-أحسب منسوب النقطة (1)؟

2-كم يجب أن تكون القراءة على القامة l_2 إذا كان H_2=96.00m؟

التمرين الخامس:بواسطة جهاز تيودوليت ،وانطلاقا من المحطة S التي منسوبها H_S=34.28m قمنا بالتسديد إلى قامة موضوعة على النقطة B عمودية على المستوي الأفقي فتحصلنا على القراءات التالية:

المحطة + علو الجهاز	النقطة المرصودة	الزاوية الشاقولية V (gr)	القراءات على القامة (m)		
			lsup	Lmed	linf
S (1.580m)	B	112.28	1.483	1.000	0.515

المطلوب:

1- ما هو نوع التصويبة من S إلى B ؟ قدم رسما تقريبيا للوضعية ؟

2- أحسب فارق المنسوب بين النقطتين S و B ؟

3- أحسب منسوب النقطة B ؟

التمرين السادس:لحساب علو جدار توقفنا بجهاز مزولة في محطة S تبعد عنه بمسافة أفقية D= 15m ،وسددنا نحو حافته العلوية A ثم حافته السفلية B فكانت الزوايا الشاقولية المحصل عليها هي: V_A=80 gr و V_B=110gr

المطلوب :-أحسب علوّ الجدار h_{AB}؟

التمرين السابع : لربط حي سكنيّ ببئر مائي P قمنا بقياس فروق المناسيب لنقاط العبور:1، 2 للوصول إلى خزان مائي E –انظر الشكل-

بجهاز التسوية حصلنا على القراءات التالية :

$$S1\begin{pmatrix} lp = 3750mm \\ l1 = 2800mm \end{pmatrix}, S2\begin{pmatrix} l1 = 3100mm \\ l2 = 2750mm \end{pmatrix}, S3\begin{pmatrix} l2 = 2950mm \\ l3 = 2600mm \end{pmatrix}$$

المطلوب:

1-أحسب فروق المناسيب بين مختلف النقاط ؟

2-إذا علمت أن منسوب البئر H_P=155.00m أحسب مناسيب النقاط :E،1،2؟

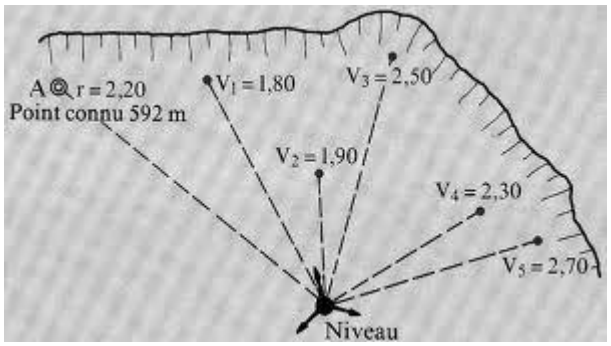
1- فروق المناسيب: +350 mm ;+350 mm ;+950 mm

2- مناسيب النقاط : 156.650 m ; 156.300 ; 155.952m

التمرين الثامن:

قمنا بتسوية مباشرة من محطة S إلى مجموعة من النقاط فتحصلنا على نتائج القراءات على القامة (الوسطى) المبينة في الشكل المقابل.

- باستعمال طريقة منسوب مستوى الرصد احسب مناسيب النقاط .



الأجوبة

التمرين الأول :

1- الزوايا الأفقية: $\beta = HZ_B - HZ_A$

20.82 gr ;30.23gr ;34.40gr ;64.48gr

2- المسافات الأفقية: $D = (L_{SUP} - L_{INF}).100$

25.20 m ; 33.40m ;11.60m ;22.20m

3- مناسيب النقاط (بطريقة منسوب مستوى الرصد):

$$H_{NV} = H_r + L_r = 131.425m$$

$$H_A = H_{NV} - L_A = 129.854m$$

وسائر الارتفاعات : 130.103m ;129.671m ;130.212m

التمرين الثانى :

$$Vo = \frac{CG + CD - 400}{2} = +0.03\ gr$$

$$V = \frac{CG - CD + 400}{2} = 93.75\ gr$$

I = 100-V=+6.25 gr

$$D = (lsup - linf).\sin^2 V.100 = 176.54m$$

$$\tan\alpha = \frac{\Delta H}{D} = 1.136$$

التمرين الثالث :

1- التصويبة الأولى صاعدة ، والتصويبة الثانية نازلة .

2- الزاوية الأفقية : 101.32gr

3- المسافات الأفقية : 108.16 m ;96.97m

4- فروق المناسيب: $\Delta h = h_i + \Delta N - l_{med}$

$$\Delta N = D.\tan i$$

+4.07m ; -12.79 m

5- المناسيب : 117.21 m ;134.07

التمرين الرابع:

1- منسوب النقطة 1: بطريقة منسوب مستوى الرصد نجد 97.35m

2- القراءة على القامة عند النقطة 2 : 1.85m

التمرين الخامس:

1- التصويبة صاعدة .

2- فرق المنسوب : -0.373 m

3- منسوب النقطة B: 33.907 m

التمرين السادس :

بعد رسم تقريبي للوضعية نجد :

$h_{AB}=D.(\tan|I_A| + \tan|I_B|) = 8.10m$

التمرين السابع :

1- فروق المناسيب: +350 mm ;+350 mm ;+950 mm

2- مناسيب النقاط : 156.650 m ; 156.300 ; 155.952m

التمرين الثامن :

منسوب مستوى الرصد : 594.20 m

ومنسوب سائر النقاط : 591 ;591.90m ;591.70m ;592.30m ;592.40m

باب دراسة الأرضية والمنشآت السفلية

عموميات في الجيولوجيا

1-تعريف الجيولوجيا :

نطلق اسم "الجيولوجيا" على علم الأرض؛أي العلم الذي يبحث في نشأة الأرض وتركيبها وطبقاتها وكيفية تكوينها وتغيراتها تحت تأثير العوامل الخارجية والداخلية -التي أثرت ولا تزال تؤثر- على سطح الأرض وباطنها.

ونقصد بالقشرة الأرضية الجزءَ الذي يغلف كتلتها الصلبة، والذي يمتدّ لعمق عدة كيلومترات اعتبارا من سطحها، والذي تتغير تضاريسه ومكوناته من سهول مبسوطة إلى جبال شاهقة إلى أعماق سحيقة .

2-أهمية علم الجيولوجيا:

حظي علم الجيولوجيا باهتمام كبير في مجال استكشاف الثروات الطبيعية كالنفط والخامات المعدنية والمياه الجوفية.

وفي مجال الهندسة المدنية فإن معرفة المكونات الجيولوجية مما يعود بالنفع على هذا العلم وعلى تطوير نتائجه.

ففي مجال إنشاء السدود والخزانات المائية تسمح باختيار الأماكن الافتراضية المناسبة .

وفي مجال حفر الأنفاق تسمح التحريات الجيولوجية اللازمة بتحديد المسار الدقيق للنفق.

وفي مجال الطرق والسكك الحديدية التي تمتد إلى مسافات طويلة عبر أراض مكونة من صخور مختلفة ومتباينة في خصائصها، تجب الدراسة التفصيلية لخصائص هذه الصخور ولمدى صلاحيتها.

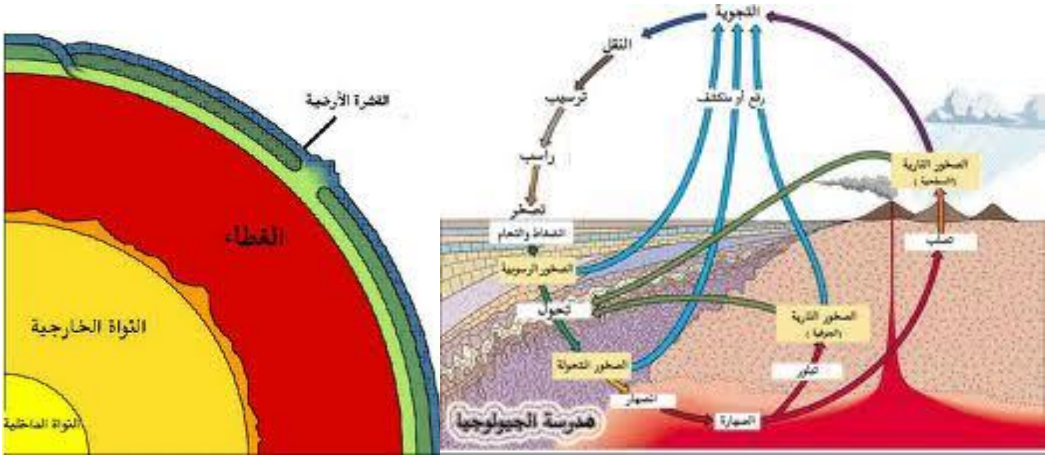
لهذه الأسباب-ولغيرها- تقرر إدراج هذا العلم ضمن مقررات طلبة الهندسة المدنية التي تعنى بهندسة التربة وبميكانيكا التربة .

3-بنية القشرة الأرضية:

تتكون القشرة الأرضية من الصخور،وهي أجسام طبيعية صلبة مؤلفة من عدة معادن مجتمعة معا بنسب معينة ،تحت تأثير العوامل الطبيعة التي نقصد بها :

- الحرارة
- الماء
- الرياح
- الضغط

بحيث تتشكل في النهاية ثلاثة أقسام رئيسية للصخور هي:



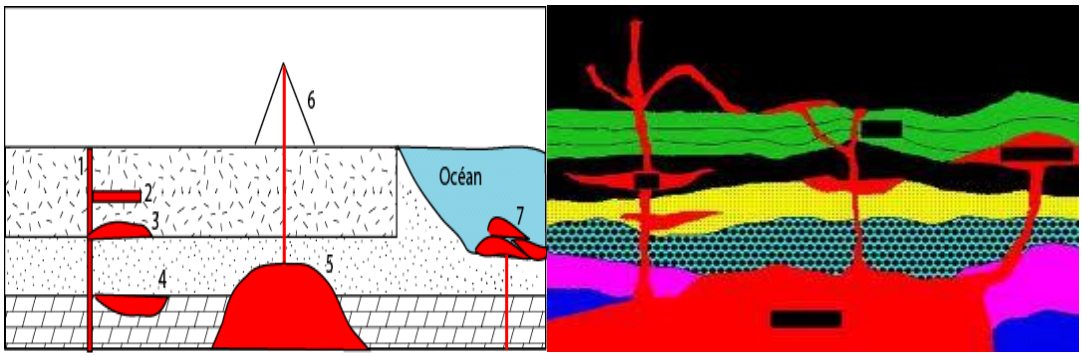
الصخور البركانية(النارية):تتكون من تجمّد معادن أو مواد منصهرة داخل القشرة الأرضية تسمى"الماجما"، والتي قد تنبعث إلى سطح الأرض محدثة البراكين فتدعى حينها " اللافا".

وتنقسم الصخور البركانية إلى :

-صخور جوفية:تنشأ عن التجمد البطيء لِلْـ"ماجما"على أعماق كبيرة ،ولذلك فهي تتكون على شكل كتل ضخمة تدعى"الباثوليت"،ومنها تتشكل جذور الجبال التي قد تمتد لمئات الكيلومترات.

-صخور سطحية:تنشأ عن التبريد السريع للحمم واللافا ،وتتكون على شكل كتل متراصة فوق بعضها البعض، أو على شكل مخاريط قمعية .

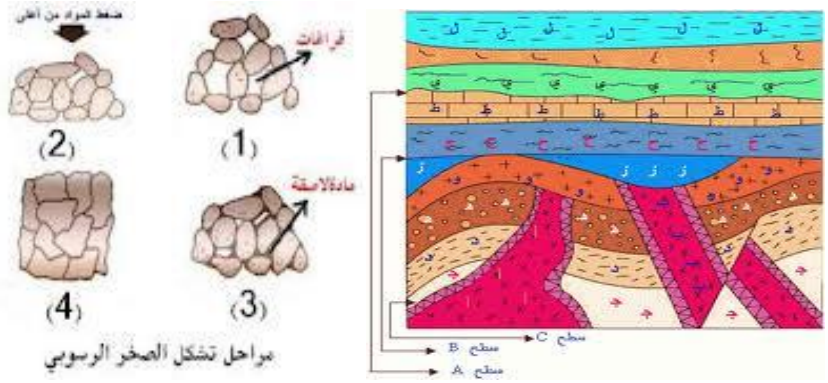
من أهم الصخور البركانية نذكر: الغرانيت والبازلت والكوارتز والسيليكات والأوكسيدات المتنوعة.



الصخور الرسوبية : تنشأ عن تفتت الكتل الصخرية أو ذوبانها أو تحللها،ولذلك فهي صخور هشّة تتموضعُ على شكل طبقات تحتوي الكثير من الخامات المعدنية أو العضوية؛وقد تكون الصخور الرسوبية:

- ميكانيكية التكوين:تنتج عن تفتت الصخور بفعل عوامل التعرية الطبيعية،ثم قيام المياه والرياح بنقل المعادن المتحللة والمواد المفتتة إلى أحواض الترسيب في الصحارى وسفوح الجبال والأنهار والبحار،ونذكر منها الرمل والطين والحصى .

-كيميائية التكوين:تنتج عن ترسيب المركبات الذائبة في المحاليل المائية بعمليات التبخر،ونذكر منها الجير والجبس وملح الطعام .
-عضوية التكوين:تنتج عن تحلل وتراكم بقايا المواد العضوية(النباتات والحيوانات)على شكل عدة طبقات بفعل التصخّر والتراصّ والتلاحم ،ونذكر منها الطباشير والفحم والفوسفات .



مراحل تشكل الصخر الرسوبي

الصخور المتحولة :هي تلك الصخور المشتقة من الصخور أخرى والتي قد تكون نارية أو رسوبية (أو متحولة)، وطرأ عليها تغيّر-وهي في حالتها الصلبة- في الشكل أو في التركيب المعدني أو في كليهما،بفعل الضغط العالي أو الحرارة المرتفعة ،في أعماق القشرة الأرضية،بحيث يمكن القول أن هذا التحول يتم في ظروفٍ وسطٍ بين تلك التي تتكون فيها الصخور الرسوبية على السّطح،وتلك التي تتبلور فيها الصخور النارية من الصّهير.
وغالبا ما يكون هذا التحول "تماسيًّا"،بمعنى أنه يكون ناتجا عن الاندفاعات المجاورة تحت الارتفاع الشديد للضغط أو الحرارة ؛فيتحول الحجر الرملي إلى كوارتز ويتحول الحجر الجيري إلى رخام ويتحول الطفَل إلى أردواز .

Ardoise Marbre Quartzite

معرفة الأراضي

1-مقدمة: تغطي الصخور الرسوبية نسبة 70% من مساحة القارات ،وتمثل البُنىَ المتفتتة أي الأتربة نسبتها الأكبر، وهي التي تتم عملية البناء فوقها.

وفي وقتنا الحاضر أصبح بناء الأساسات بمثابة فنّ هندسيّ ،وعلى أقل تقدير بمثابة مادة علمية قائمة على أساس المعطيات العلمية لميكانيكا التربة ،متحولة بذلك إلى فرع دقيق من فروع الهندسة المدنية .

وإضافة إلى ذلك فقد أمكن تصحيح الكثير من التصاميم المنجزة فيما مضى ،والمبنية على الحدس الهندسيّ فقط ،نظرا لجملة من الأسباب منها :

- عدم وفرة المعلومات المتعلقة بتربة المنشأ وخصائصها .
- عدم الدقة في تحديد سمك طبقة أو طبقات التربة التي ستستقبل أساس المنشأ.
- عدم توفر المعطيات الجيولوجية ،وبشكل أخصّ المعطيات المتعلقة بالصّدوع وبالمياه الجوفية للأرض التي ستقام عليها الأساسات .

غير أنه أمكن بفضل عديدِ التجاربِ على التربة من معرفة خصائصها ،بما سمح من معرفة قدرة تحمّل التربة لتحقيق توازن واستقرار المنشآت لأطول مدّة ممكنة .

2-خصائص التربة : إنّ دراسة التربة-المراد التأسيس عليها- عملية ضرورية لتحديد خواصها ومواصفاتها التي تتمثل في الخصائص التالية :

- الخصائص الفيزيائية : نذكر منها قوام التربة(تركيبها الحبيبي)وبنيتها(كيفية انتظام حبيباتها) وكثافتها(وزنها النوعي) و مساميتها (نسبة الفراغات فيها).
- الخصائص الكيميائية :نذكر منها درجة حموضة التربة (PH) ونسبة الأملاح (الذائبة)في التربة والسّعة التبادلية الكاتيونية، التي نضرب لها مثل الرمل الذي يعتبر خاملا كيميائيا وعديم التفاعل، بينما تعتبر حبيبات الطين والمواد العضوية نشطة كيميائيا لوجود شحنات سالبة على سطوحها .
- الخصائص الميكانيكية :نذكر منها قدرة تحمل التربة وانضغاطيتها أي قابليتها للتراصّ على حساب تقليل المسامية ،والاحتكاك الداخلي والتماسك الذي يضمن استقرار المنشأ أو المنحدر،ومقاومة التربة للقصّ والانزلاق .

3-التجارب المخبرية : تنصرف هذه التجارب إلى تحديد الخواص الكيميائية والفيزيائية للتربة؛وتتم على عينات كافية مقتطعة من أرضية المنشأ ،بإحدى الطريقتين التاليتين :

- طريقة الحفر : تتمثل في انجاز حفر الاختبارات المكشوفة يدويًّا أو آليًّا ،بحيث تسمح برؤية طبقات التربة في وضعها الطبيعي وبشكل واضح .

لذلك يجب أن تكون هذه الحفر متسعة بحيث لا يقل عرضها عن 0.75m ، وتعتبر اقتصادية إلى غاية عمق 3m ،وغير اقتصادية لأعماق أكبر من ذلك أو تحت منسوب المياه الجوفية .

وأثناء إنجاز الحفر يلزم أخذ كافة وسائل الحيطة والسلامة لتدعيم جدران الحفر وحمايتها حتى يتم الانتهاء من العمل بها وأخذ العينات المطلوبة ،ثم ردم هذه الحفر وتسويتها بالطرق الفنية المناسبة .

وتعتبر عملية أخذ العينات في غاية الأهمية ؛لذلك فإنه من الضروري تحرّي الدقة والحيطة عند أخذ العينات وطرق تعبئتها لتكون عينات مماثلة لطبيعة التربة الأصلية ،فتوضع في أوعية محكمة السدّ وتعرف محتوياتها وتحفظ للرجوع إليها إذا لزم الأمر .

- طريقة السبر : تنجز من أجل الأساسات ذات الأعماق المعتبرة،بواسطة مثاقب يختلف نوعها باختلاف طبيعة التربة ؛ففي حالة التربة الهشّة نستعمل المثقاب الأسطواني ، وفي الحالة التربة الصلبة نستعمل المثقاب اللولبي .

ويتم أخذ العينات بعدّة طرق منها :

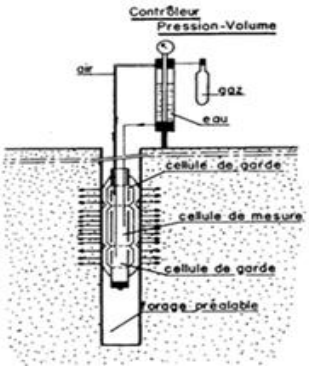
- الاقتطاع المباشر للعينات بواسطة المثاقب ذات الأقطار المتغيرة من 80mm إلى 300 mm والتي قد تصل حتى عمق 25m .
- استخراج التربة المحفورة بواسطة سائل الحفر؛الذي يتكون بشكل عام من الماء المضغوط بين الأنبوب الداخلي و الغلاف الخارجي للمثقاب،حيث يتم دفع ناتج الحفر إلى الخارج،وأحيانا يمكن استعمال الهواء المضغوط ،وذلك حسب نوعية الأجهزة والتربة موضوع السّبر .

4-التجارب الميدانية :هي تجارب تتم في عين المكان للتعرف على الخصائص الميكانيكية للأتربة أي مدى مقاومتها وقدرة تحملها للتأثيرات الخارجية المطبقة عليها ؛ومن أهم هذه التجارب نذكر :

- تجربة مقياس الضغط : أكثر ما تستخدم هذه التجربة في التربة المرنة بواسطة جهاز البرسيومتر .

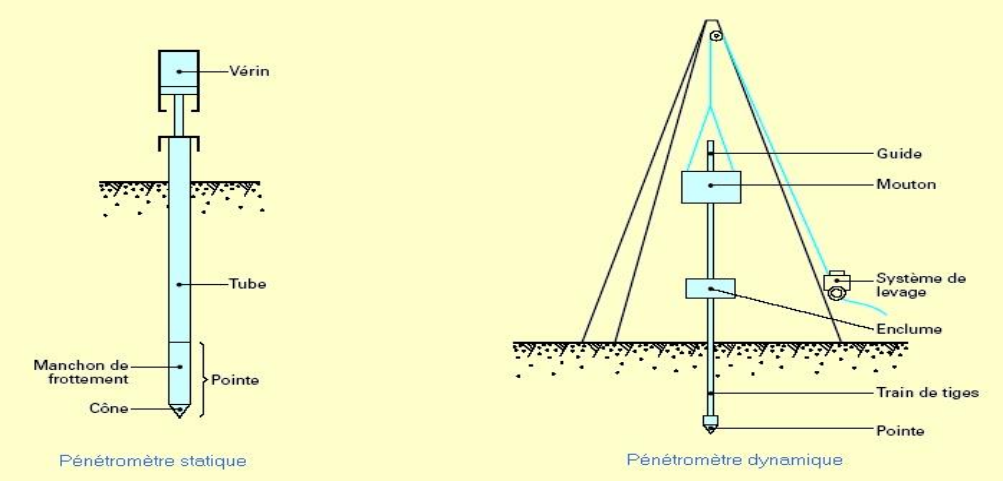
والبرسيومتر هو جسم اسطواني معدني يتشكل من ثلاث خلايا مستقلة ؛ الخلية المركزية تنتفخ بالماء وخليتي الحماية ينتفخان بواسطة الغاز .

وتتم التجربة بإدخال البرسيومتر إلى أعماق متغيرة؛ ومراقبة الإجهاد من خلال تطبيق ضغط متزايد على مجالات زمنية متساوية ،وتسجيل تغيرات الحجوم عند 30 ثانية و60 ثانية عند كل عمق .



إن منحنى التجربة الميدانية للعلاقة:(إجهاد– تشوه)يرتبط بتغيرات حجوم التربة بدلالة الضغط المطبق عليها ، والضغط النهائي P_L هو الضغط الذي يحدث عنده الانهيار ،ويعبر بصفة مباشرة عن قدرة تحمل التربة .

- **تجربة الاختراق :تتم هذه التجربة في جميع أنواع التربة ـما عدا التربة الطينية القاسيةـبواسطة جهاز البنترومتر الذي قد يكون ديناميكيا أو ستاتيكيا .**
- **فأما البنترومتر الديناميكي:فعبارة عن قضيب صلب حاد محمول على ركيزة ثلاثية،يتم التطريق عليه بكتلة وزنها(M)تسقط سقوطا حرّا من علو محدد(H)،وبحساب عدد التطريقات(N)اللازمة لتحقيق اختراق(E)،غالبًا ما يكون مقداره10cm، يمكن تحديد مقاومة التربة ،وبالتالي حساب الإجهاد الأقصى المسموح والمقاومة الحديّة .**
- **وأما البنترومتر الستاتيكي: فيتكون من قضيب ذي قطر صغير طوله 500mm مدرّج كلّ 100mm ،حادّ في قاعدته ومجهز في أعلاه بحلقة دينامومترية تطبق قوة مقدارها 1KNتسمح باختراق التربة بسرعة بطيئة ثابتة تتراوح بين 0.5cm/s÷2cm/s بهدف تحديد مقدار الاحتكاك الجانبي و قياس قوة الحدّ .**



5-التقرير الهندسي والتوصيات : في ختام عمله يقوم المهندس المختصّ بتقديم تقرير يتضمن:

- **وصف الموقع:يحتوي وصفا شاملا للتربة السطحية المكونة للميدان ،وكذا طبقات التربة المتتالية وسماكة كل طبقة وتركيبها الجيولوجي،وتحديد عمق المياه الجوفية في حال ظهورها أثناء عملية الحفر .**
- **عرض التجارب:حيث يدوّن في استماراتٍ التجاربُ المخبرية أو الميدانية التي أجريت، مع تفسير نتائجها على ضوء المعطيات الحسابية المستعملة .**
- **التوصيات والمقترحات :تتم بناء على نتائج الدراسة ،وتشمل على سبيل المثال لا الحصر:**

-نوع الأساس المقترح وعمقه،مع ذكر الأسباب.
-مقدار تحمل التربة مع ذكر طريقة الحساب والحيثيات.
-مقدار الهبوط الكلي و النسبي ومدى تأثيره على استقرار المنشأ.
-آلية تخفيض منسوب المياه الجوفية في حال توجّب ذلك .
-آلية تدعيم الحفر والميول الترابية خلال تنفيذ الأشغال.

.....

التجريفات

1-تعريف التجريفات : نقصد بالتجريفات مجموع الأعمال الترابية التي تهدف إلى تغيير شكل وتضاريس الأرض الطبيعية بالزيادة أو النقصان،بما يتلاءَمُ وحاجةَ المشروع .

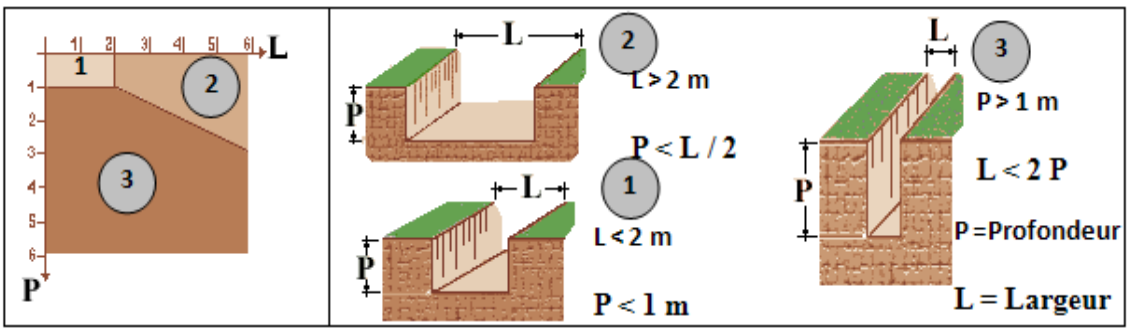
وهي تنقسم إلى نوعين رئيسيين :

- الحفر : والنقل والتخزين .
- الردم : ورصّ التربة .

2-أعمال الحفر:

- يشمل الحفرُ كلّ الأعمال الترابية التي من شأنها نزع وإزالة الأتربة الزائدة عن حاجة المشروع، لاستعمالها في مواضع أخرى قريبة أو لنقلها بعيدا وتخزينها -لحينِ الحاجة إليها- في أماكن مخصصة لهذا الغرض.
- يأخذ الحفر عدة أشكال هي :

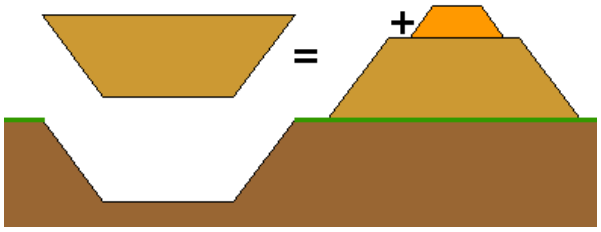
- الحفر السطحي:ويسمّى أيضا بالتجريفات المكشوفة أو أعمال الصّقل ،ويتمثل في نزع التربة الزراعية ضمن إطار المساحة المخصصة للمشروع على عمق 25-30 cm ، وغالبا ما تتم هذه العملية بواسطة البلدوزر .
- الساقية: هي عبارة عن حفرة محدودة الأبعاد بحيث لا يتجاوز عرضها 2mولا يتجاوز عمقها 1m، وتنجز لاستقبال الأساسات السطحية وبعض القنوات.
- الخندق : هو عبارة عن حفرة تنجز على عمق يتجاوز 1m ، بحيث يمكنها استقبال الأساسات نصف العميقة
- البئر : هو عبارة عن حفرة تتميز بعمقها المعتبر بالنسبة إلى أبعاد مقطعها الأفقي ،وهذا النوع من الحفر يقتضي تدعيم جوانب الحفرة لتفادي انهيارها.



- الحفر الكتلي : هو عبارة عن تجريف ذي عمق أكبر أهمية مما سبق ، ويستعمل لانجاز البنايات العالية والمشاريع الهامة .
- الحفر النفقي : هو عبارة عن حفر يتم تحت الأرض أو في المناطق الجبلية ،وهذا النوع من الأنفاق يقتضي تدعيم -ليس فقط جوانب الحفر- بل السقف الداخلي أيضا .

- **الانتفاش : الانتفاش أو الانتفاخ ظاهرة مرتبطة بالحفر،فغالبا ما تتعرض التربة بعد عملية الحفر إلى زيادة في حجمها تسمى بالانتفاش ؛وأهمية هذا الانتفاش تتعلق بطبيعة التربة،وعادة ما يزداد حجم الأتربة بعد الحفر بمقدار 10% ÷20%.**

ولتوضيح هذه الظاهرة نرسم الشكل التوضيحي التالي:



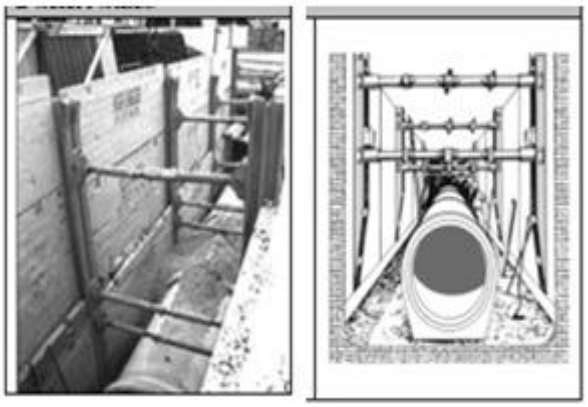
$$Vf = Vi + If \times Vi$$
$$Vf = (1 + If) \times Vi$$
$$Vf = Cf \times Vi$$

حيث: Vi: **الحجم الابتدائي(قبل الحفر)**

Vf : **الحجم النهائي (بعد الحفر)**

Cf : **معامل الانتفاش (يتعلق بطبيعة التربة).**

- **التدريع والتدعيم: في حالة ما إذا كانت تربة الحفر هشة وكان الحفر ذا عمق معتبر بالقياس إلى الأبعاد المساحية للحفرة يجب تدعيم جوانب الحفرة بواسطة ألواح خشبية لتفادي انجراف التربة وانهيارها .**

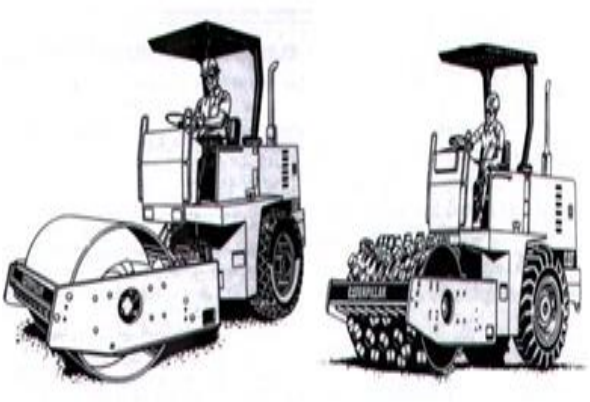


3-أعمال الردم :

- **يشمل الردم الأعمال الترابية التي من شأنها رفع منسوب التربة الطبيعية إلى مستوى المشروع بإضافة كميات من التربة المخزنة أو المجلوبة من مناطق أخرى. ويُشترط في هذه التربة أن تكون ذات خصائص مماثلة أو مقاربة لخصائص تربة الموقع الذي يخضع لعملية الردم .**
- **الإرتصاص:لأنّ التربة -التي تجلب إلى المشروع بغرض الردم- تكون منتفخة وغير متماسكة،فإنه يجب إخضاعها لعملية الارتصاص ،الأمر الذي ينقص من حجمها :**

$$Vf = Vi - It \times Vi$$
$$Vf = (1 - It) \times Vi$$
$$Vf = Ct \times Vi$$
$$Vi = \frac{Vf}{Ct}$$

- **حتى تتم عملية الرصّ بشكل فعال،فإنه لا يُكتفىَ برصّ الطبقة العلوية، بل يجب بسط الأتربة على شكل طبقات متراكبة سمكها 20÷30 cm ،نقوم بدكّها ورصّها بواسطة اللفيفة الضاغطة ذهابا وإيابا بسرعة تتراوح بين 3÷6km/h ،كما هو الحال في انجاز الطرق، كما يفضّل استعمال الماء بنسبة تتلاءم مع طبيعة التربة لتحسين مردود عملية الرصّ.**



4-عتاد التجريفات:للعتاد أهمية كبرى في انجاز المشاريع بشكل عامّ ،باعتبار أن مردوديتها تفوق-بكثير- مردودية العمل اليدوي،من ناحية التحكم في نوعية الانجاز وفي آجاله .

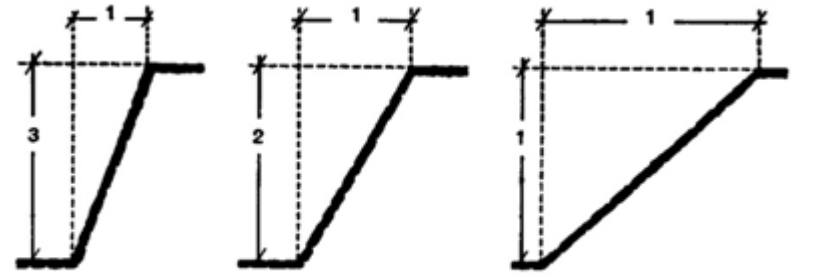
لذا فانه من المفيد توفير العتاد والآلات والمعدات التي تسمح لنا بتحقيق مردود جيد،والتي نذكر منها:

- **الجرافة : هي آلة ذات عجلات حديدية(سلاسل)،تتكون من صفيحة فولاذية متحركة في مقدّمتها، تستعمل في نقل الصخور المتفتتة ودفع الأتربة ،وكذا في تركيم المواد المحفورة أو لتفريش الردم.**
- **المحمل: هو آلة ذات قدرة كبيرة محمولة فوق عجلات مطاطية،تستعمل في نقل الردم والأتربة،وتحميل الشاحنات بواسطة قدح يتقدم الجهة الأمامية للمحمل .**
- **الحفارة الهيدروليكية:*هي آلة ذات عجلات حديدية(سلاسل)تتميز باستعمالاتها المتعددة من الحفر إلى النقل إلى التحميل .***
- **الشاحنة: هي آلة مخصصة لنقل الردم والأتربة، كما تستعمل لتموين الورشة بمواد البناء.**

<u>حماية المنحدرات</u> :نطلق لفظ المنحدر على المساحة المائلة من التربة بالنسبة إلى المستوي الأفقي .

وعموما تكون التربة الطبيعية مستقرة متوازنة دون الحاجة إلى عناصر ساندة ،لكنها مع أعمال الحفر والردم يمكن أن تتعرض إلى ظاهرة الانزلاق .

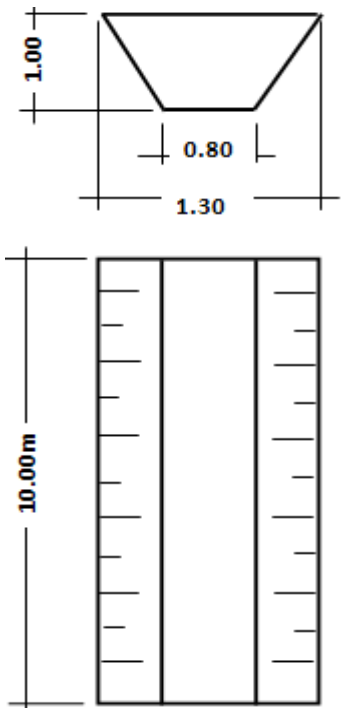
ولمعالجة هذه الظاهرة فإننا نستعمل الميول التالية :



تربة عالية التماسك　　تربة لدنة لكن متماسكة　　تربة قليلة التماسك

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول:



لربط منزل بشبكة التطهير الرئيسية للحي قمنا بما يلي:

1- حفر خندق حسب الأبعاد الموضحة في الشكل المقابل.
أحسب حجم التربة المستخرجة من الخندق ؟

2- إذا علمت أن المخبر قد حدّد معامل الانتفاش للتربة يقدر بـِ: Cf =1.10
أحسب حجم التربة الجديد ؟

3- وضع قناة تصريف للمياه قطرها Ø60cm داخل الخندق،ثم ردم الفراغ المتبقي داخل الخندق حتى مستوى الأرض الطبيعية .
إذا علمت أن معامل رص التربة Ct=0.80
أحسب حجم تربة الردم الضرورية لتحقيق هذا الغرض؟

التمرين الثاني:

يحتاج إنجاز أساسات مبنى فردي إلى تهيئة للأرضية بغرض التسطيح ثم حفر للأساسات.
عمليات التجريفات اللازمة هي :

1. صقل للتربة بسمك متوسط يعادل 20cm على مساحة إجمالية تقدر بـِ: $300m^2$.
2. إنجاز حفر مربعة الشكل $(1.20x1.20)\ m^2$ تصل إلى عمق 1.00m ، عددها 24.
   انجاز حفر على شكل ساقية $(3.00x0.50)\ m^2$ تصل إلى عمق 0.60m، عددها 15.
3. ردم الحفر بعد صبّ خرسانة الأساسات و نقل الفائض إلى أماكن التخزين.

- تتعرض تربة الحفر إلى انتفاش تقدر نسبته بقيمة 15% في عملية الصقل و 20 % في أعمال الحفر.
- حجم أتربة الردم المستعملة بعد صب خرسانة الأساسات يقدر بنسبة 50% من أتربة الحفر الإجمالية و الفائض ينقل إلى التخزين.
- تم تحديد تكلفة هذه العملية اعتمادا على الأسعار الأحادية التالية :
  - صقل التربة ⟵ $200\ DA/m^3$
  - أعمال الحفر ⟵ $250\ DA/m^3$

- **أعمال الردم ⟵ 160 DA/m^3**
- **نقل التربة إلى مركز التخزين ⟵ 180 DA/m^3**

العمل المطلوب: انطلاقا من الجدول التالي يُطلبُ:

- **تدوين القياسات الخاصة بعملية التجريف.**
- **تحديد التكلفة الكلية(الإجمالية) لعملية التجريف.**

طبيعة العملية	الطول m	العرض M	المساحة m^2	العمق m	العدد	الحجم النظري (m^3)	الحجم بعد التجريف (m^3)	السعر الأحادي (DA)	التكلفة (DA)
صقل التربة									
أعمال الحفر1									
أعمال الحفر2									
أعمال الردم									
نقل التربة									
التكلفة الكلية									

الأجوبة

التمرين الأول:

1- حجم التربة المستخرجة :

$$\mathrm{m}^3 Vi = S \times L = \left(\frac{1.30+0.80}{2}\right) \times 1.00 \times 10 = 10.50$$

2- حجم التربة بعد الانتفاش :

$$\mathrm{m} Vf = Cf \times Vi = 1.10 \times 10.50 = 11.55$$

3- حجم قناة تصريف المياه: $Ve = \pi . r^2 . L = 2.83\ m^3$

حجم الفراغ المتبقي داخل الخندق: $Vv = Vi - Ve = 7.67 m^3$

حجم تربة الردم: $Vt = \frac{Vv}{Ct} = \frac{7.67}{0.80} = 9.59 m^3$

التمرين الثاني:

طبيعة العملية	الطول m	العرض M	المساحة m^2	العمق m	العدد	الحجم النظري (m^3)	الحجم بعد التجريف (m^3)	السعر الأحادي(DA)	التكلفة (DA)
صقل التربة	-	-	300	0.20	-	60	69	200	13800
أعمال الحفر1	1.2	1.2	1.44	1.00	24	34.56	41.47	250	10368
أعمال الحفر2	3.0	0.5	1.50	0.60	15	13.50	16.20	250	4050
أعمال الردم	-	-	-	-	-	-	28.84	160	4613.6
نقل التربة	-	-	-	-	-	-	97.83	180	17609.4
التكلفة الكلية	-	-	-	-	-	-	-	-	50441.0

الأساسات

1-تمهيد:رغم التنوّع الشاسع في مشاريع الهندسية المدنية،فإنها تشتركُ جميعًا في كونها تتكون من جزأين أساسين :

- **جزء علوي :يسمى المنشأ العلوي.**
- **جزء سفلي : يسمى المنشأ السفلي أو الأساس .**

وعليه فإن الأساس هو القاعدة السفلية للمنشأ أو البناء،ومهمته تتمثل في استقبال مجموع حمولات البناء ونقلها إلى طبقة التربة التي تضمن استقرار وارتكاز المنشأ على الأرض ارتكازا ثابتا،والتي تعرف باسم "طبقة التأسيس " .

2-تربة التأسيس :إن اختيار نظام أساسات الإنشاءات أو المباني المصممة ومستوى أو عمق الأساسات يعتمد على:

- **أهمية المنشأ :على حد تعبير المثل القائل:" لكي نبني عاليا يجب أن نحفر عميقا ."**
- **طبيعة الأرض : باعتبار تربة الأساس جزء لا يتجزأ من المنشأ ككل فإنه من الضروري معرفة قدرة تحمل التربة.**

ولذا؛قبل البدء في تصميم القواعد والأساسات؛يتوجّب حساب قيمة الأثقال والحمولات التي تستقبلها التربة،وكذا توفر المعلومات حول طبوغرافية الموقع والظروف الجيولوجية والهيدرولوجية لمساحة البناء،وما يرتبط بها من الخواص التصميمية للتربة المتمثلة في قيم الإجهادات والتشوهات(الهبوط والانزلاق) الحاصلة في التربة نتيجة لتأثير حمولات البناء .

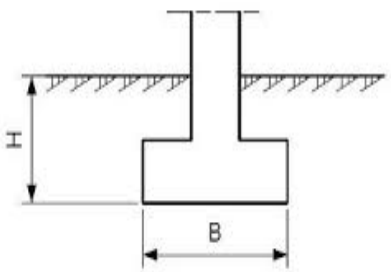
3-تصنيف الأساسات :بناء على أهمية المنشأ وطبيعة التربة يتم اختيار طبقة التأسيس ،التي توفر المتانة والتوازن والثبات والاستقرار للمنشأ،فإذا كانت طبقة التأسيس على عمق صغير بحيث يمكن الوصول إليها بحفر سطحي سميت الأساسات المنجزة " أساسات سطحية ".

أما إذا كانت الطبقات السطحية للتربة هشة ورديئة مما يستدعي نقل الحمولات المؤثرة إلى غاية التربة المتماسكة و المقاومة التي قد تكون على عمق متوسط يتطلب" أساسات نصف عميقة ".

وقد تشترط بعض المنشات الخاصة؛كما هو الحال مع ناطحات السحاب مثلا؛مواصفات معينة لتربة التأسيس التي يتم توفيرها على عمق معتبر، بما يتطلب إنجاز "أساسات عميقة ".

وعلى العموم فإنّ تصنيف الأساسات يكون كما يلي :

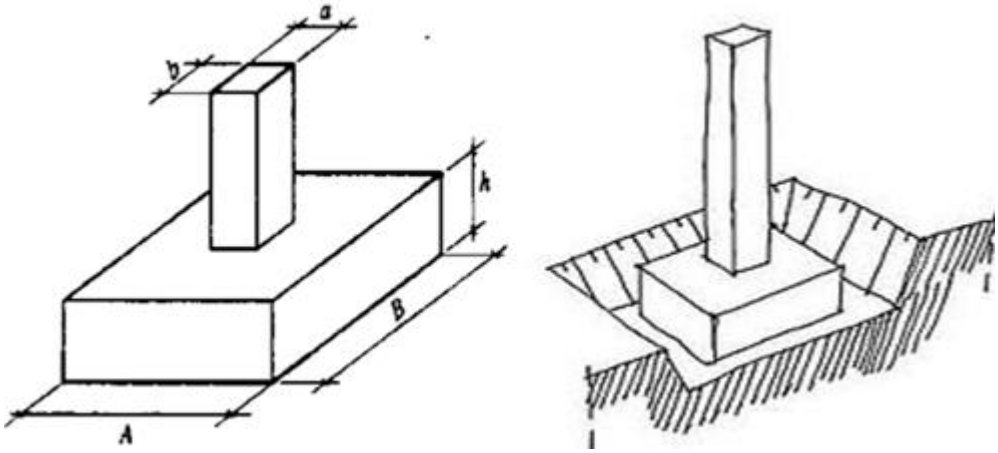
- **الأساسات السطحية : $\frac{H}{B} < 4$**



- الأساسات نصف العميقة: $4 \leq \frac{H}{B} < 10$
- الأساسات العميقة : $\frac{H}{B} \geq 10$

4-الأساسات السطحية : تشترك الأساسات السطحية في كونها ترتكز على طبقة تأسيس قريبة من سطح الأرض،غير أنها تأخذ أشكالا مختلفة أهمها :

- **الأساسات المنعزلة:** غالبًا ما نجدُ هذا النوع من الأساسات في البنايات الفردية،حيث تكون كقاعدة مستعرضة في المستوى الأفقي للأعمدة التي تشترك معها في جملة من الاعتبارات هي :



- تساوي عدد الأساسات مع عدد الأعمدة.
- تناسب الأبعاد المستعرضة للأساس مع أبعاد مقطع العمود ، بمعنى :

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b}$$

- تطابق محاور الأساسات مع محاور الأعمدة ،بحيث تؤول محصلة القوى المؤثرة إلى قوة وحيدة متمركزة في مركز ثقل المساحة ،وبالتالي يكون الإجهاد موزعا بالتساوي على المساحة :

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

ونحرص-عمليًا-على بقاء هذا الإجهاد أصغر من الإجهاد المسموح به للتربة :

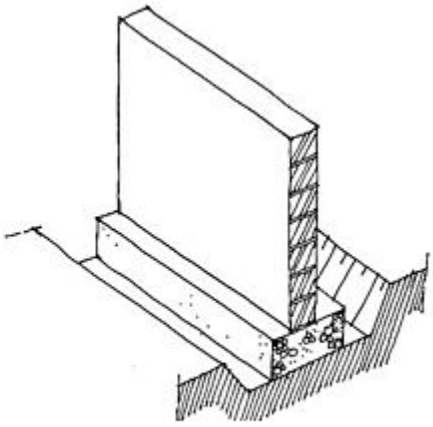
$$\sigma \leq \overline{\sigma} s$$

ولتفادي حركة الأساسات المنعزلة في المستويين : الأفقي والعمودي(الانزلاق والهبوط)فإنها تربط ببعضها البعض بواسطة روافد أرضية تسمى "الكمرات".

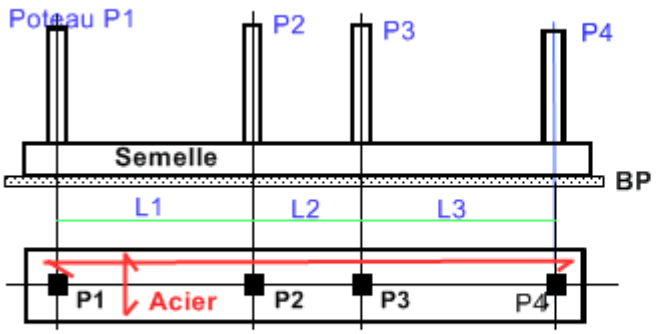
وفي معظم الأساسات المنعزلة تصب طبقة "خرسانة نظافة" ذات عيار 150kg من الاسمنت لـ $1m^3$ من الخرسانة بسمكٍ $\simeq$ 10cm تحت جسم الأساس المنعزل بغرض الحماية .

- **الأساسات المستمرة :** في حالة تقارب عمودين فإنه من المستحسن-عمليا- انجاز أساس مشترك .

وفي حالة وجود عدة أعمدة متقاربة يصبح الأساس مستمرا؛وغالبا ما يرتبط هذا النوع من الأساسات بالجدران الحاملة ،ويتم انجازها عن طريق حفر خندق على امتداد قاعدة الجدار.
وتعتمد نظرية هذا النوع من التأسيس على انتقال أحمال المبنى إلى التربة عن طريق الجدار وبالتالي يلزم استمرار الأساس تحت أسفل الجدار بالكامل، حيث يتميز الأساس المستمر بطوله المعتبر مقارنة بعرضه .
ويخضع تحديد هذه الأبعاد إلى شروط التوازن ،نظرا لكون طول الأساس مستخلص من طول الجدار الذي يعلوه .
أما عرضه فغالبا ما يبرز على جانبي الجدار بمسافة 20-50cm .



أساس مستمر تحت جدار



أساس مستمر تحت أعمدة

- **الأساسات المساحية:**الأساس المساحي أو اللبشة أو الحصيرة أساس سطحي يشمل مساحة موقع المنشأ كله،ويحمل الجدران والأعمدة جميعها .

ويتمّ اللجوء إلى تصميم الحصيرة؛في حالة كون طبقة التأسيس هشة ورديئة؛كحلٍّ أكثر اقتصادا من عديد الأساسات المنعزلة المستطيلة جدّا،وأكثر اقتصادا من النزول بمنسوب التأسيس إلى أعماق كبيرة عندما تكون مقاومة التربة السطحية ضعيفة ،فيتم بالحصيرة توزيع الحمولة توزيعا منتظما على سطح كبير لتقليل الإجهاد .

ويشترط في هذه الأساسات أن يكون جهد التربة متجانسا تماما تحت سطح المبنى بالكامل،كما يتطلب الأمر توزيع الأعمدة في المبنى بطريقة عادلة تضمن توزيع الأحمال على سطح الحصيرة ومنها إلى الأرض بالتساوي لتجنب الهبوط الموضعي المؤدي إلى تشقق جدران المنشأ .
ويتم تنفيذ هدا النوع من الأساسات بأن تحفر الأرض بكامل مسطح المبنى ثم تصبّ إمّا بالخرسانة أو بالخرسانة المسلحة .

5-الأساسات نصف العميقة :

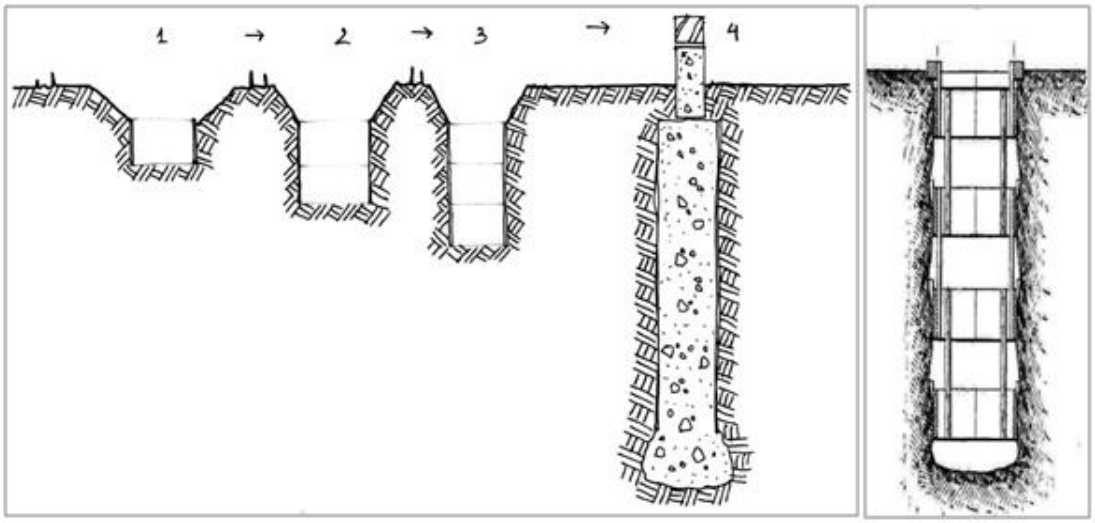
هي عبارة عن أسس خاصة تسمى بالآبـار،وهي عبارة عن أعمدة على شكل حفر ذات مقاطع أفقية متوسطة وعمق كبير،تملأ بـ:"الخرسانة الغليظة"،انطلاقا من الأساس السطحي مرورا بطبقات التربة الرديئة الهشة ووصولا إلى الطبقات الأكثر مقاومة حيث يشترط أن تغمس الآبار داخل طبقة التأسيس بعمق لا يقل عن 10cm ،مع توسيع قاعدة البئر على شكل ما يسمى بـ "قدم الفيل" بما يزيد في مساحة تماس قاعدة البئر مع طبقة التأسيس .

الآبار عادة ما تكون دائرية ،كما يمكن أن تكون مربعة أو مستطيلة ،والأبعاد الأكثر تداولا في الآبار هي :

- الضلع أو القطر : 1.00÷1.50 m
- العمق : 8÷10m
- المسافة بين المحاور : 4÷6 m

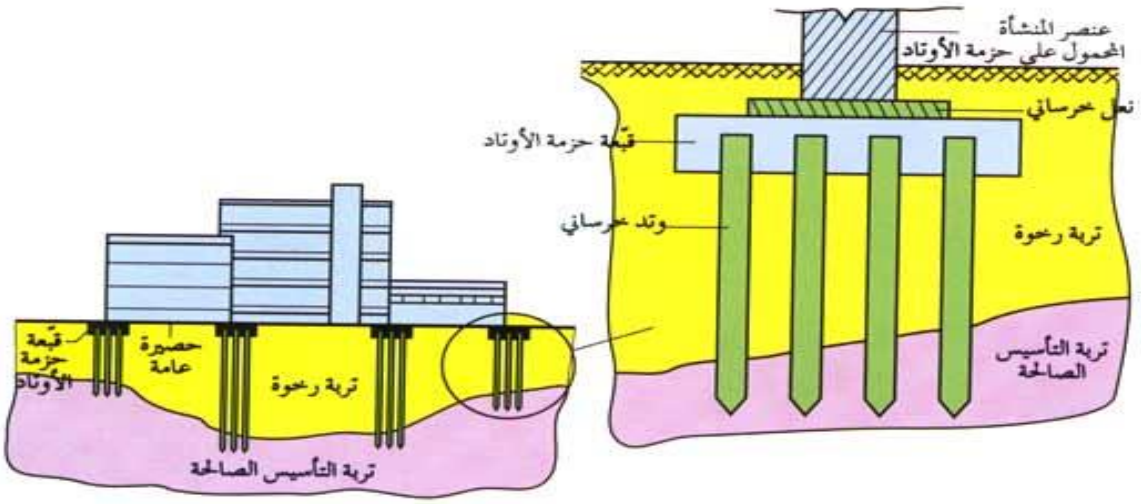
إن عملية انجاز الآبار تتم كما يلي :

- حفر البئر بطريقة ميكانيكية أو يدوية ،مع وضع صفائح حديدية أو قوالب خشبية بالموازاة مع تقدم الأشغال حول محيط الحفر لتفادي انهيار التربة .
- إخراج الركام ؛مع تقدم الحفر؛بواسطة رافعة صغيرة أو بكرة .
- صب الخرسانة على شكل طبقات انطلاقا من طبقة التأسيس وصعودا إلى غاية موضع الأساس المنعزل .
- إن عملية صبّ الخرسانة من علو مرتفع ؛كسطح الأرض مثلا ؛ تؤدي إلى انفصال الحصى عن الرمل تحت تأثير ثقله ،والى انفصاله حتى عن الاسمنت الذي يقوم بربط الحبيبات ببعضها وإعطائها شكل مادة الخرسانة المترابطة .
  لذا نستعمل أنبوبا أو قناة غاطسة .
- استعادة الصفائح والقوالب مع تقدم عملية صبّ الخرسانة .



6-الأساسات العميقة :تسمى الأساسات العميقة بالخوازيق أو الأوتاد .

وهي أسس خاصة يتم اللجوء إليها للوصول إلى منسوب التربة العميقة الصالحة للتأسيس عليها .
وهي عبارة عن ركائز أو قوائم رفيعة غاطسة في التربة ،مهمتها نقل الحمولات من الإنشاء إلى طبقات التربة الأكثر كثافة .
ومن المعلوم انه كلما كان طول الخازوق أكبر كلما توزع الحمل على مساحة أكبر ،وقلّت قيمة الإجهادات في التربة .
ولنفس السبب بالذات ،وكذلك نظرا لكون الكثافة في التربة المتجانسة تزداد بزيادة العمق بصورة عامة ،فإنه بزيادة طول الخازوق تصبح قيمة هبوط الأساس أقل .
ولهذا السبب يحاول المصممون استخدام خوازيق طويلة لأساسات المباني والإنشاءات الثقيلة الحساسة للهبوط .
تصنف الخوازيق حسب طريقة صنعها إلى قسمين كبيرين هما :
- **الخوازيق الجاهزة : وتسمى أيضا بالخوازيق المسبقة الصنع .**



وتتكون بشكل عام من ثلاثة أجزاء هي :

- **الرأس : يمثل قمة الخازوق ،ويسمح بعملية التطريق عليه .**
- **الجذع :يمثل جسم الخازوق ،و قد يكون مملوءا أو مفرغا ،ذا مقطع دائري أو مربع أو مستطيل .**
- **الحدّ :يمثل نقطة الارتكاز ،يسمح ويسهل دخول الخازوق في طبقات التربة.**

والخوازيق الجاهزة على ثلاثة أنواع :
1-خشبية : تستعمل في الأراضي الطينية الرخوة والأراضي الرملية.

ولعل من ايجابيات تكنولوجية معاملة الخشب للحصول على خوازيق بالأبعاد اللازمة هي كونها غير معقدة ؛فلهذه الخوازيق وزن خفيف ،ملائم للشحن والنقل ولا تحتاج إلى معدات ثقيلة لغرزها في التربة .

وفي صناعة الخوازيق الخشبية يستخدم على الأغلب خشب الصنوبر والزان والأرز والدردار والتنوب .

ولتجهيز الخازوق يجب تنظيف الجذع الخشبي للشجرة من اللحاء والقشرة والعقد الموجودة فيها ،مع مراعاة أن يزود رأسها بحلقة تغطية أو طوق حديدي لحمايته من الانكسار عند التطريق عليه ،وإذا كان من المفروض غرز الخازوق في تربة قوية ومتماسكة عندئذ يلبس الطرف الحاد برأس فولاذي .

غير أن عيب الخوازيق الخشبية يتمثل في قابليتها للتعفن أو الانحلال في ظروف الرطوبة المتغيرة ،كما يجب عدم استخدامها في مياه البحر ،وبالإضافة إلى ذلك فإنها تكون محدودة الأبعاد نوعاما ،وبالتالي تكون

حمولتها محددة أيضا .

2-فولاذية : تستعمل في التربة ذات الكثافة العالية والأحمال الكبيرة تكون على شكل أنابيب دائرية أو تكون ذات مقاطع على شكل حرف H ،ولأنها غالبا ما تكون ذات حد لولبي فقد سميت بالخوازيق الملولبة .

وتأخذ الخوازيق الملولبة في أغلب الأحيان الأبعاد التالية :

- **القطر : يتراوح بين 0.45m و 1.00m**
- **عمق الغرز : يتراوح بين 10m و 50m .**

وهي تدار بحركة دورانية بواسطة محرك كهربائي،يحقق سرعة غرز للخازوق مساوية لـ 20÷30 m/h.

ولذا فهي تستخدم في الأحوال التي يجب فيها اختراق عمق كبير من مجموعة طبقات التربة الرخوة والوصول إلى طبقة التربة القوية .

كما أن سلاسة غرز الخوازيق الملولبة بدون حدوث ارتجاج،تمكن من إنشاء هذه الخوازيق بالقرب من المباني والإنشاءات المبنية سابقا أي الموجودة فعلا .

غير أن سلبية هذه الخوازيق هو احتمال حدوث الصدأ أو التأكسد الذي يؤدي إلى التآكل، بما يستوجب معالجته ببعض الإضافات كالنحاس والنيكل والكروم و البيتومين أو الطلاء ببعض المواد الزفتية والقطرانية العازلة .

3-بالخرسانة المسلحة :هذه الخوازيق هي الأكثر استعمالا حاليا،وهي ذات مقاطع عرضية دائرية أو مربعة الشكل تتراوح أبعادها بين :$20\times20cm^2$ و $45\times45cm^2$ ،ويصل عمقها إلى غاية 30m .

إن الميزة الحسنة لهذه الخوازيق تتمثل في تكلفتها الاقتصادية بالنسبة إلى الخوازيق الفولاذية و إمكانية مراقبة المادة الأولية المستعملة بالإضافة إلى حمولتها الكبيرة

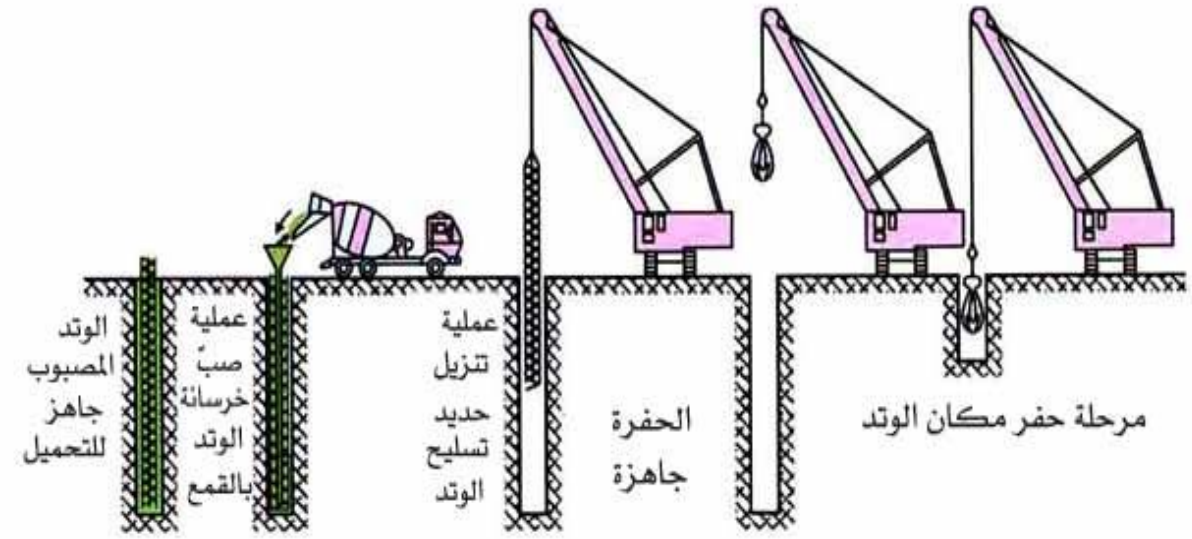
وإمكانية دقها وإيصالها إلى طبقات التربة القوية المتراصة على عمق كبير ،وكذلك عدم تعرضها لأية خطورة تالفة عند الرطوبة المتغيرة ، بما يجعل مدة استغلال هذه الأساسات طويلة جدا .

أما عيبها الرئيسي فهو وزنها الكبير وقابليتها لتكون الشقوق والشروخ عند تعرضها للصدمات أو الدقات التي لابد منها أثناء عملية النقل والشحن .

كما أن وزنها المعتبر يؤدي بالضرورة إلى استخدام معدات آلية ثقيلة لغرزها ودقها في التربة .

الخوازيق المصبوبة في الميدان :

هي عبارة عن خوازيق أو أوتاد تتكون من الخرسانة المسلحة ،وتنجز في مكانها عن طريق حفر أو ثقب الأرض بالقطر أو المقطع الأفقي والعمق المطلوبين بحفارات خاصة ، وتوضع أحيانا أنابيب أو صفائح حماية معدنية حول الأوتاد عندما تكون التربة رخوة أو مشبعة بالمياه ،ومن ثم يتم إنزال هيكل التسليح المعدني للوتد وبعد ذلك يملا الثقب بالخرسانة المسلحة ويسحب أنبوب الحماية إن وجد .-انظر الشكل-



وعطفا على هذه الملاحظة الأخيرة ،فإن الخوازيق المصبوبة في الميدان تنقسم إلى ثلاثة أقسام

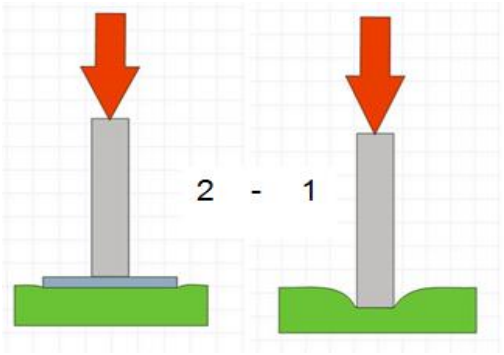
-الخوازيق ذات الأنابيب المسترجعة : يتم صنع هذه الخوازيق بالترتيب التالي :

1. **تجري عملية الحفر داخل أنبوب الحفر**
2. **يتم تنظيف قاع الحفرة**
3. **تملأ الحفرة بالخرسانة مع الدك والانتزاع المستمر للأنبوب من الحفرة**
4. **عند الضرورة يتم تسليح بهيكل من القضبان الطولية مربوطة بإطارات دائرية أو حلزونية.**

ولعل أقدم نموذج لهذه الخوازيق هي"خوازيق ستراوس" مهندس المناجم الأوكراني الذي استخدم هذه الخوازيق لأول مرة سنة 1899م .
ومنذ ذلك الحين استخدمت هذه الخوازيق على نطاق واسع،وخاصة في تلك الحالات التي يعتمد فيها الأساس القائم على الخوازيق بقرب أحد الإنشاءات المستخدمة عمليا أو في داخله،كما هو الحال مع خوازيق فرانكي و فروت و سمبلكس و بينيتو .
-الخوازيق ذات الأنابيب غير المسترجعة:نذكر من بينها"خوازيق واست"،وهي عبارة عن أنابيب اسطوانية مفرغة تنتهي بحدّ حافر،توضع ميدانيا بواسطة التطريق عليها إلى غاية الوصول إلى عمق طبقة التأسيس،ثم تملأ بالخرسانة تدريجيا .
-الخوازيق المصبوبة مباشرة في الحفر:يتم استعمال هذا النوع من الخوازيق ذات الأقطار الكبيرة في التربة المتماسكة والتي تنعدم فيها المياه .
ولأنّ هذه الخوازيق تخلو من الأنابيب والصفائح الداعمة،فإنه يتم تجميد التربة المحيطة بحفرة الأساس بإمرار مياه من كلور الكالسيوم تحت درجة 20^{o}-،وأحيانا تحقن بملاط إسمنتي رقيق أو بمادة البيتومين أو سيليكات الصوديوم لتدعيم التربة ولتسهيل عملية الحفر بكل أمان،حيث تتم بآلات حفر خاصة بإمكانها اختراق كل طبقات التربة دون خطر للاهتزازات أو لانهيار التربة على جوانب الحفرة .
7-ربط الخوازيق بالمنشأ :من المهم أن نشير إلى التأثير المتبادل بين الخوازيق والتربة،فعند غرز الخوازيق في التربة تحدث إزاحات وتشوهات في التربة التي تخترقها الخوازيق .
وهذه الإزاحات تؤدي-أساسًا-إلى انتفاخ أو بروز التربة إلى السطح،ولأن هذا البروز يتم أحيانا ببطء ويستمر في الغالب لعدّة أيام بعد انتهاء غرز الخوازيق،الأمر الذي يدعو إلى سبر التربة جيدا والتأكد من عدم تأثير ذلك عليها،ومراقبة التربة لاتخاذ الإجراءات اللازمة.
ومن جهة أخرى فإنّ الأحمال التي تقع على عاتق الخوازيق حتى إيصالها إلى قاعدة التأسيس،بالإضافة إلى كون قوى دفع التربة الأفقية والمائلة التي تمارسها على الخازوق تكون معتبرة،فإننا ننجز مجموعة من الخوازيق المتقاربة التي تشكل ما يسمى بشبكات الخوازيق،وهي عبارة عن أساس مساحي أو نعل مشترك يكون سمكه كبيرا ويصل رؤوس الخوازيق مع بعضها البعض ويؤمّن عملها المشترك أو الموحّد .

.....

تمارين وتطبيقات

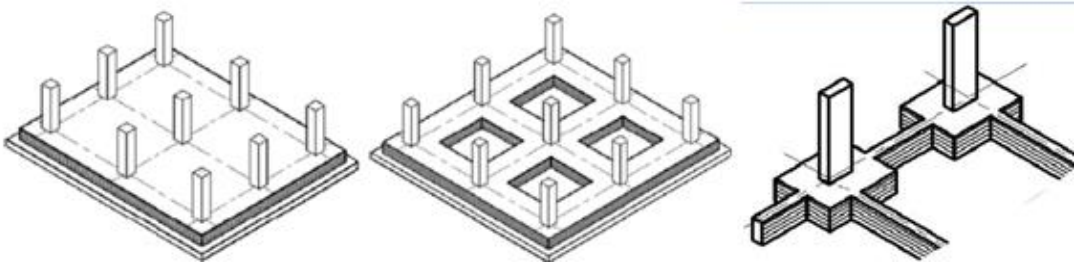


التمرين الأول :

- من خلال سلوك العنصرين المقابلين تحت تأثير قوى الضغط(الأحمال) ،بين أهمية استعراض مقاطع الأعمدة عند القاعدة، وتحولها إلى أساسات مستعرضة .

التمرين الثاني :

مع أن الأساسات التي ترتكز عليها الأعمدة سطحية في الأشكال الثلاثة التالية فإنها مختلفة.



- اذكر أنواع الأساسات السطحية الثلاثة الممثلة.
- ماهي العوامل (الأسباب) التي تفرض الانتقال من النوع الأول فالثاني فالثالث.

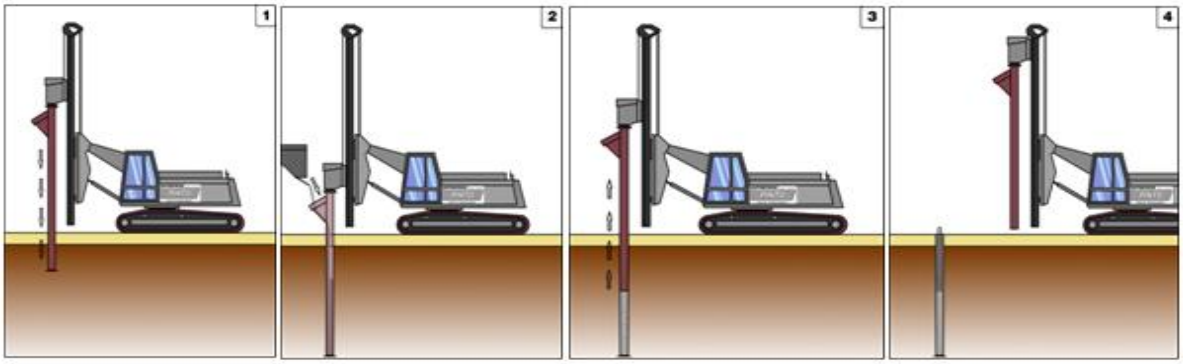
التمرين الثالث :

الشكل المقابل يمثل واحدا من أهم المعالم على وجه الأرض ممثلا في برج بيزا المائل .

- ما هو في نظرك السبب الذي أدى إلى ميلانه .

التمرين الرابع :

من خلال الأشكال أسفله اشرح مراحل انجاز الخازوق بطريقة التطريق.



الأجوبة

التمرين الأول :

مع أن القوة المطبقة هي نفسها في الشكلين فإن الهبوط في الشكل الأول يكون ملحوظا ومتميزا،لأن إجهاده (المتمثل في حاصل قسمة القوة على مساحة مقطع العمود) أكبر من إجهاد الشكل الثاني (المتمثل في حاصل قسمة نفس القوة على مساحة مقطع الأساس الأكبر)؛ ولذلك فإننا نقوم بتوسعة أبعاد العمود في قاعدته ليتحول إلى أساس مستعرض.

التمرين الثاني :

- الأساسات السطحية هي (على الترتيب): أساسات منعزلة- أساسات مستمرة – أساسات مساحية .
- الأسباب التي تفرض الانتقال من نوع لآخر هي: تقارب الأعمدة- هشاشة ورداءة طبقة التأسيس- الرغبة في التأسيس على مساحة خرسانية منتظمة الخصائص، بخلاف التربة التي قد لا تكون كذلك .

التمرين الثالث:

- إن ميلان برج بيزا ناتج عن ظاهرة " الهبوط التفاضلي"بسبب اختلاف مكونات وخصائص التربة المقام فوقها.

التمرين الرابع:

تسمّى هذه الطريقة في إنجاز الآبار بطريقة التطريق وتتم عبر المراحل التالية :

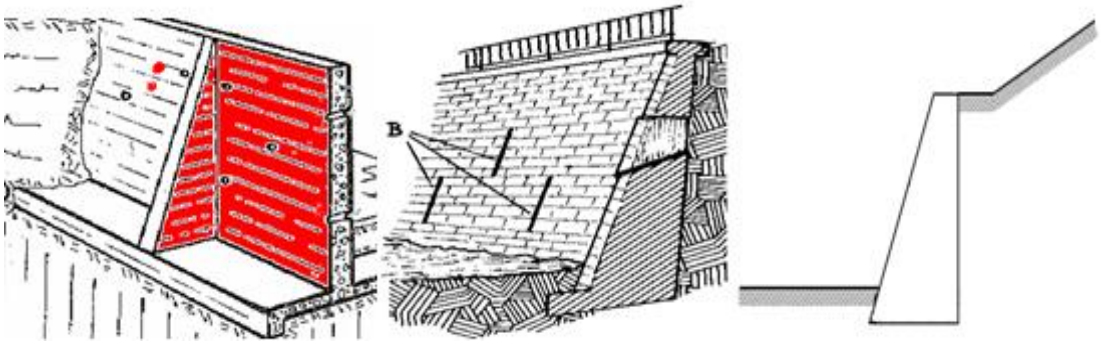
- تسليط ضربات خارجية بواسطة آلات ميكانيكية على رأس الأنبوب المعدني المجوف ليخترق طبقات الأرض.
- صبّ الخرسانة بواسطة أنابيب غاطسة أو عبر قمع داخل الأنبوب المجوف.
- استرجاع الأنبوب المجوّف تدريجيا بالموازاة مع عملية صبّ الخرسانة.
- إنهاء عملية صبّ الخرسانة وانجاز الخازوق مع استرجاع الأنبوب .

.....

الجدران السّاندة

1)تعريف الجدران الساندة:

الجدران الساندة عبارة عن منشات فنية تبنى لإسناد المواد والأتربة الهشة .



كما يمكن أن تستخدم في إسناد أكتاف الجسور وجدران السراديب وأحواض المياه والمسابح.

2)تصنيف الجدران الساندة :

تصنف الجدران الساندة بالنظر إلى مادتها الأولية إلى صنفين أساسين هما:

- جدران بالحجارة الطبيعية:هي جدران ثقيلة تعتمد أساسا على وزنها الذاتي لمقاومة تأثير قوة دفع التربة خلفها،ويقتصر استعمالها على الارتفاعات المتوسطة التي لا تتجاوز علو 3.50m
- جدران بالخرسانة:هي عبارة عن جدران خفيفة نسبيا تنجز بالخرسانة مع إضافة نسبة من التسليح على شكل شبكة،ويمنحها شكلها المحدد بدقة إمكانيات جيدة من ناحية اقتصاد المادة الأولية،بالإضافة إلى إمكانية التوازن الكلي تحت تأثير مختلف القوى المطبقة عليها.

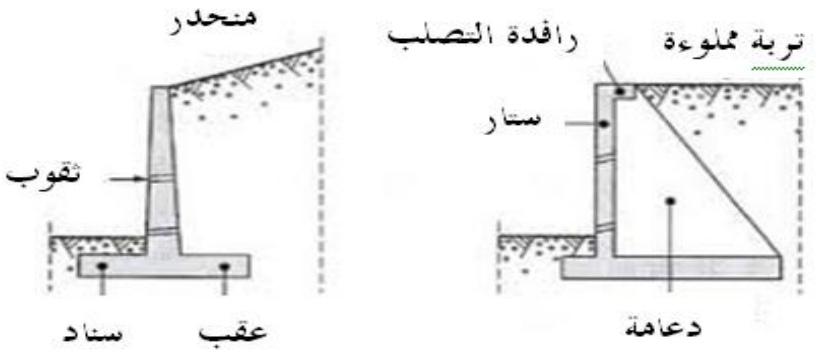
3)أجزاء الجدران الساندة الخفيفة: إن العناصر المكونة للجدران الخرسانية الخفيفة هي :

- الستار: هو الجدار الشاقولي المسلح الذي يقوم بمقاومة الدفع الأفقي للتربة المتواجدة خلفه.

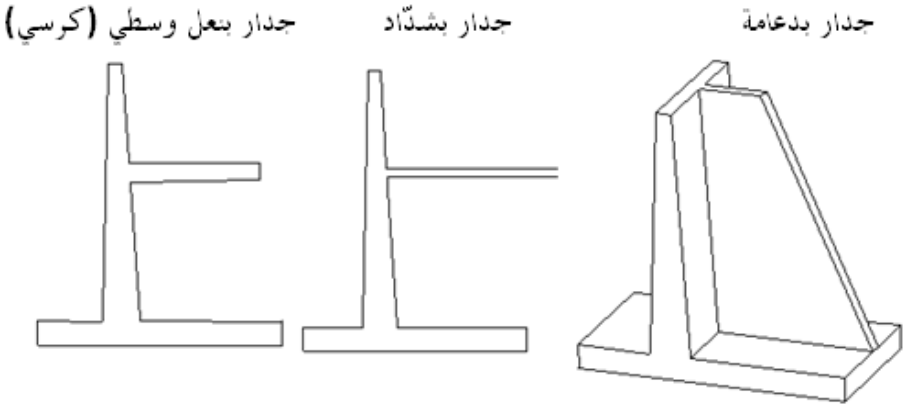
غالبا ما يعالج السطح الداخلي للستار بمواد مقاومة للرطوبة،وعادة ما يحتوي على" ثقوب"صارفة للمياه،لتفادي تراكم المياه التي قد تشكل قوة دفع إضافية على الستار.

وفي بعض الأحيان تغطى قمة الستار بقطع حجرية أو بطبقة من الخرسانة ذات الكثافة العالية،أو بانجاز روافد خرسانية تسمى "روافد التصلب" لتثبيت وتدعيم الستار.

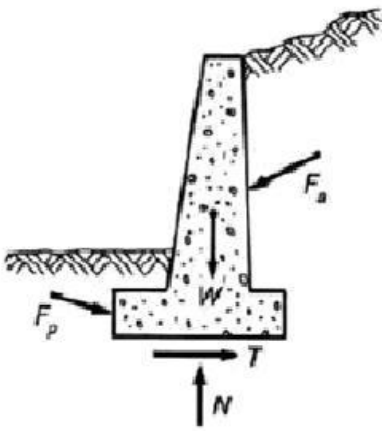
الأساس: يسمّى أيضا بالنعل،وهو عبارة قاعدة أفقية تمتد على طول الجدار،تتكون من جزء أمامي يسمى "السِّناد"، وجزء خلفي يسمى"العقب" يسمح بتحمل ثقل التربة (الشاقولي) فوقه،وفي بعض الأحيان يتكون من جزء إضافي يتمثل في رافدة خلفية تسمّى "المعزقة" تساهم في تثبيت الأساس داخل التربة وبالتالي تمنع انزلاق الجدار .



العناصر الداعمه: في حاله الجدران ذات الارتفاع المعتبر، بما يؤدي إلى الزياده في القوة الدافعة على الستار والقوة الثقالية المطبقة على القاعدة،نلجأ إلى بعض الحلول التي تهدف إلى تقسيم هذه القوى وتجزئتها ، من خلال انجاز نعال وسطية أو شدادات أفقية أو دعامات شاقولية .



4)توازن الجدران الساندة :



يمكن أن تتعرض جدران الإسناد تحت تأثير القوى المطبقة عليها إلى :

- الانقلاب (الدوران)
- الانغماس (الهبوط)
- الدفع (الانزلاق)

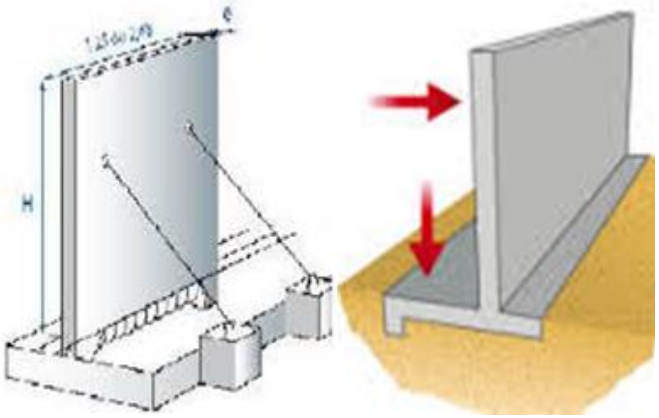
وحتى لا تتعرض الجدران لهذه الظواهر فإنها تنجز بحيث تحقق شروط الاستقرار والتوازن التي تتفادى كل الظواهر السابقة .

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول :

- بالنظر إلى الشكلين المقابلين ما هي الفائدة المرجوة من انجاز جدران الإسناد.

التمرين الثاني:



- بالنسبة للشكل الأول:

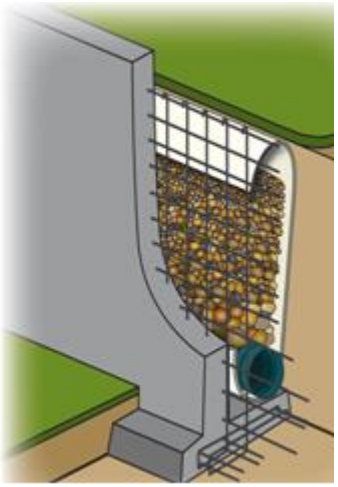
ما هي طبيعة كل من القوة الأفقية والعمودية .

أيهما القوة المقلبة وأيهما القوة المثبتة للجدار.

- بالنسبة للشكل الثاني:

ما هي فائدة الكوابل المثبتة خلف الجدار.

التمرين الثالث :



- ما هو نوع جداري الإسناد المقابلين
- ما هي المناطق التي وضع فيها التسليح الرئيسي.
- كيف يتم تصريف المياه المتجمعة خلف الجدار.

الأجوبة

التمرين الأول: فائدة هذه الجدران هو إسناد المنحدرات التي في قممها أو في سفوحها مشاريع.

التمرين الثاني:

- القوة الأفقية هي قوة دفع التربة على الجدار وهي قوة مقلبة للجدار .
- القوة العمودية هي ثقل التربة المؤثر على القاعدة (العقب) وهي قوة مثبتة للجدار.
- الكوابل هي عبارة عن شدادات مثبتة للستار، ومقاومة لقوة دفع التربة .

التمرين الثالث:

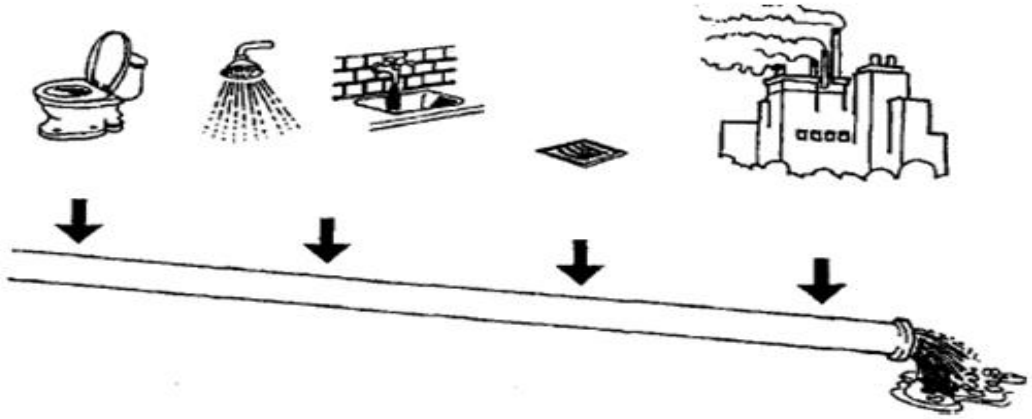
- جدارا الإسناد هما جداران خرسانيان خفيفان.
- المناطق التي وضع فيها التسليح الرئيسي هي المناطق المشدودة ،باعتبار الخرسانة ضعيفة المقاومة للشد ،لذلك نقوم بتسليح هذه المناطق.
- يتم تصريف مياه الأمطار المتجمعة خلف الجدار من خلال الثقوب(البرابخ) والردم النفوذ والقنوات (أسفل الجدار).

.....

التطهير

1)عموميات حول التطهير:أدى النمو السكاني والتوسع العمراني إلى زيادة الطلب على الخدمات الأساسية للوفاء باحتياجات المواطنين في المدن والقرى، ويأتي من بين هذه الخدمات توفير مياه الشرب و أنظمة الصرف الصحي أو التطهير .

وإذا كان جوهر الخدمة الأولى يتمثل في إنشاء السدود للتموين بالمياه الشّروب،فإن جوهر التحدي في الخدمة الثانية هو معالجة مخلفات الإفراز البشري والتخلص منه بأمان،حتى لا تتعرض صحة المجتمع للخطر عن طريق المياه والتربة والأغذية .



وعليه فإنه يقصد بالتطهير عمليات تجميع ومعالجة وتصريف المياه المستعملة بواسطة قنوات وشبكات ومحطات خاصة للمحافظة على نظافة البيئة والمحيط

2)أنواع المياه المجمعة:

- **مياه الأمطار: هي مياه نظيفة لا تشكل أي خطر على العموم ،لذا يمكن تحويلها إلى المجمعات بواسطة القنوات أو نحو الوسط الطبيعي مباشرة .**
- **المياه المستعملة: وهي على نوعين:**

✓ **منزلية: ناتجة من الحمامات والمطابخ .**

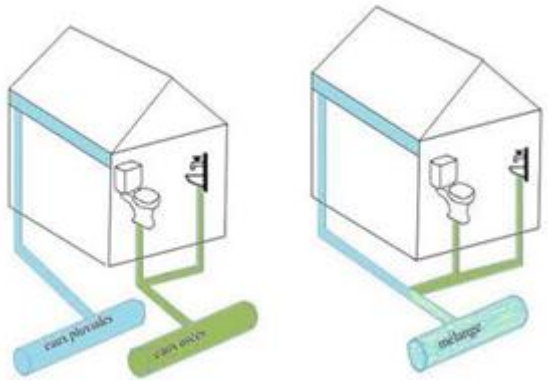
✓ **صناعية: ناتجة عن المصانع، وقد تحتوي أحيانا على بعض المواد الكيميائية الخطيرة التي يجب تصفيتها في محطات للتصفية قبل صرفها.**

- **المياه القذرة: ناتجة عن مياه المراحيض .**

3)طرق التطهير: تختلف طرق التطهير بين المناطق الحضرية والريفية .

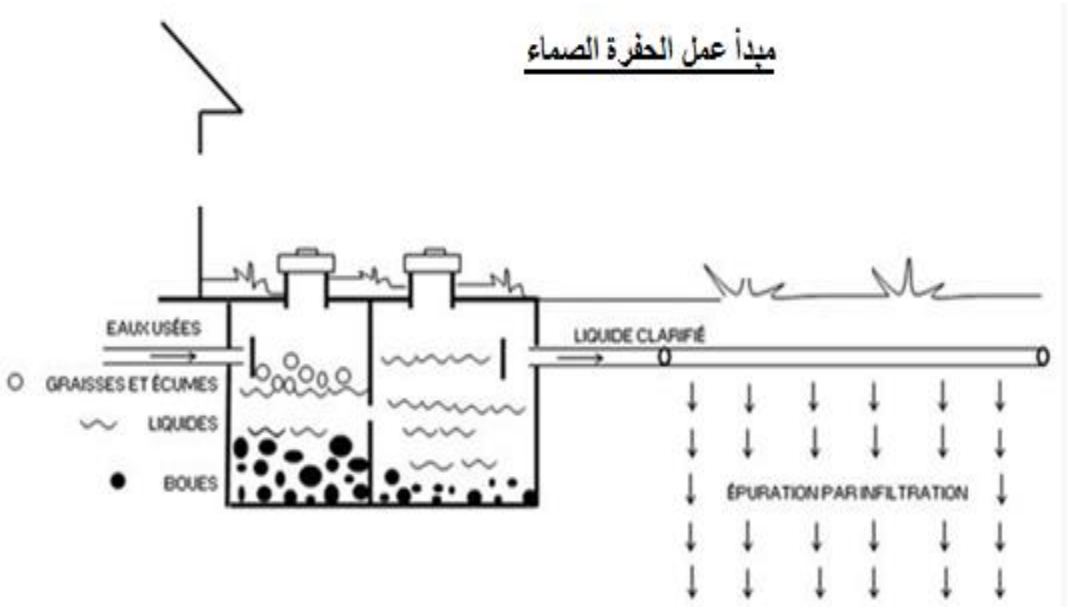
- **التطهير في المدن:يتم تجميع المياه داخل القنوات التي تشكل شبكات قد تكون أحادية أو مزدوجة ثم تحول المياه إلى المجمعات؛ مع العلم أنه عند وصول المياه إلى المجمعات تحول نحو محطات التصفية قبل صرفها إلى الوديان أو البحار أو الوسط الطبيعي .**

تجدر الإشارة إلى أن :



- ✓ **الشبكات الأحادية :تلتقط المياه بأنواعها الثلاثة أي مياه الأمطار والمياه المنزلية المستعملة والقذرة .**
- ✓ **الشبكات المزدوجة :تفصل فيها مياه الأمطار عن المياه المنزلية المستعملة والقذرة .**

- **التطهير في الأرياف :نظرا لقلة عدد السكنات وتباعدها فيما بينها ،فإن التطهير يتم بطريقة فردية ،حيث يتم تجميع المياه القذرة غالبا ـ وأحيانا المياه المستعملة- في الحفر الصماء التي تكون مخصصة على الأغلب للمياه القذرة؛ ونظرا لكون هذه تعتبر فردية أو لمجموعة محددة من المنازل فإنّ حجم الحفر الصماء غالبا ما يكون .$3\text{-}5m^3$**



وبعد تجميع المياه القذرة داخل الحفرة الصمّاء يتم تحويلها إلى الوسط الطبيعي عن طريق عملية النشر ،حيث تتعرض المياه إلى التصفية بتأثير بكتريا التربة الطبيعية النفوذة التي تقوم بعملية الامتصاص ،بالإضافة إلى عملية التبخر.

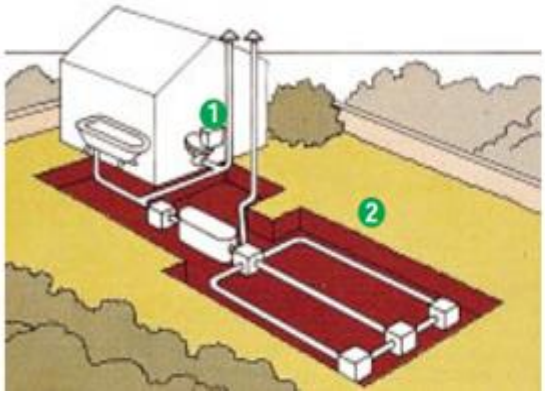
.....

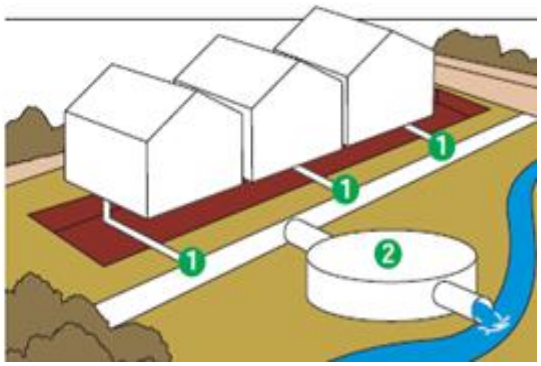
تمارين وتطبيقات

التمرين الأول :

ليكن لديك الشكلان Aو Bاللذان يبينان عمليتين مختلفتين التطهير.

B - A





1)ما هو نوع التطهير في الشكل A و في الشكل B

2) ماهما المرحلتان 1و 2 المشتركتان في حالتي التطهير.

التمرين الثاني :

بالنظر إلى الشكل المقابل .

1) ماهو نوع شبكات التطهير.

2) ماهي أنواع المياه في كلٍّ منها.

3) كيف يتم صرف كلٍّ منها.

الأجوبة

التمرين الأول:

1)التطهير في الشكل A تطهير جماعي يتم في الوسط الحضري والمنازل المتقاربة، أما في الشكل B فهو تطهير فردي ويتم في الأرياف والمنازل المتباعدة.

2)المرحلة 1 هي مرحلة التجميع والمرحلة 2 هي مرحلة المعالجة لتنقية المياه المستعملة من الشوائب والمواد العالقة والملوثات والمواد العضوية (يمكن إضافة مرحلة ثالثة تتمثل في صرف المياه إلى الوسط الطبيعي دون أن تسبب التلوث) .

التمرين الثاني :

1) شبكات التطهير في الشكل : مزدوجة .

2) القنوات باللون الأزرق تلتقط مياه الأمطار لتحولها إلى الوسط الطبيعي مباشرة.

3) القنوات باللون الأحمر تلتقط المياه المستعملة والمياه القذرة لتحولها إلى محطات التصفية لمعالجتها ثم إلى الوسط الطبيعي أو المجاري المائية .

.....

الفهرس

- باب عموميات حول الهندسة المدنية 02
  - مدخل إلى الهندسة المدنية 03
  - الأطراف المتدخلون في عملية البناء..... 08
  - مقاولة البناء..... 11
  - الملف التقني 17
- باب علم السكون والخصائص الهندسية..... 26
  - مفاهيم حول القوى..... 27
  - مركز الثقل 41
  - عزم العطالة..... 50
  - مبدأ الفعل ورد الفعل..... 57
- باب التجارب المخبرية..... 65
  - تجربة التحليل الحبيبي..... 66
  - تجربة مكافئ الرمل..... 73
  - حدود آتربارغ..... 79
- باب مكونات الخرسانة..... 88
  - الخرسانة..... 89
  - المواد الحصوية..... 90
  - الاسمنت 91
  - الماء..... 93
  - المواد المضافة..... 95
- باب مبادئ الطبوغرافيا..... 97
  - مبادئ الطبوغرافيا..... 98
  - قياس المسافات..... 100
  - قياس الزوايا الأفقية 105
  - قياس الزوايا العمودية..... 107
  - التسوية 109
- باب دراسة الأرضية والمنشآت السفلية 117
  - عموميات في الجيولوجيا..... 118

- **معرفة الأراضي.....121**
- **التجريفات.....125**
- **الأساسات.....132**
- **الجدران الساندة.....142**
- **التطهير.....146**