الثيودولايت Theodolite

مقدمة ....

ان من اهم الاسس التي يعتمد عليها علم المساحة هو قياس الزوايا و الاتجاهات، وجهاز الثيودولايت يعتبر أدق الأجهزة المستعملة في قياس الزوايا ، سواء الزوايا الأفقية أو الزوايا الرأسية ولذلك فإنه يستعمل في كافة العمليات المساحية التي تحتاج الى دقة كبيرة في الارصاد مثل الارصاد الفلكية والشبكات المثلثية كما يستعمل في قياس زوايا المضلع وأعمال التخطيط والتوجيه الدقيقة .

وقد تطورت أجهزة الثيودولايت في السنوات الأخيرة تطورا سريعا فبعد أن كان الثيودولايت ذو الورنية ثم الثيودولايت ذو الميكرومتر ثم الثيودولايت الضوئي ، أصبح الآن الثيودولايت الالكتروني (الرقمي) و ثيودولايت الليزر، وأمكن جهاز الثيودولايت من قياس الزوايا الأفقية والراسية وكذلك المسافات الكترونيا.

جهاز الثيودولايت :

يتكون جهاز الثيودولايت عموما من جزأين رئيسيين هما :

الجزء العلوي ويسمي الاليداد الذي يحمل المحور الأفقي والدائرة الرأسية والمنظار .

الجزء السفلي ويشمل القاعدة وهو الجزء الثابت بالجهاز ويحتوي على ثلاث مسامير تسوية محصورة بين قرصين دائريين .

- وبين الجزأين العلوي والسفلي توجد الدائرة الأفقية .

والثلاثة أجزاء (العلوي والسفلي والدائرة الأفقية) أحرار في الحركة حول المحور الراسي ويتصلون مع بعضهم البعض بواسطة نوعين من مسامير الحركة وهي :

- مسامير حركة تربط الجزء العلوي بالدائرة الأفقية أحدهم للحركة السريعة و الآخر للحركة البطيئة .
- مسامير حركة تربط الدائرة الأفقية بالجزء السفلي أحدهم للحركة السريعة والآخر للحركة البطيئة .

أولا : الأليداد Alidade

هو الجزء العلوي من الجهاز الذي يدور حول المحور الرأسي و يشتمل على :

- منظار (Telescope) و ميكروميتر (Micrometer) لقراءة الدائرتين (الأفقية و العمودية) و هما مركبان على المحور الأفقي الواصل بين أعلى قائمي الأليداد الرأسيين.
- ميزان تسوية طولي لضبط أفقية الجهاز، أي لجعل المحور الرأسي للجهاز رأسياً تماماً.
- الدائرة الرأسية و هي مركبة بمكان خاص في القائم الرأسي الأيسر، و هو مزود بمرآة لأدخال الضوء المنعكس منها الى الدائرة الرأسية، و كذلك مسمار للأستدلال (الأبتداء) الأوتوماتيكي يمكن أضاءة الدائرة الرأسية عند العمل في الأماكن المظلمة كما في الدائرة الأفقية.

- مسمار لتطبيق الميكرومتر و كذلك مسمار لأختيار الدائرة المطلوب قراءتها (أفقية أم عمودية).
- مسماران للحركة الأفقية السريعة و البطيئة و مسماران للحركة الرأسية السريعة و البطيئة.
- ذراع حمل الجهاز متصل بالقائمين الرأسيين من الأعلى.

المنظار (Telescope) :

هوعباره عن منظار مساحي يدور حول محور أفقي يصل بين القائمين الرأسيين، و يتكون المنظار من :

أ . عدسة شيئية مجمعة تعطي للهدف المرصود صورة حقيقة معتدلة أو مقلوبة مصغرة ، وتتكون عادة من مجموعة من العدسات المتقاربة وذلك لتفادي بعض الأخطاء المصاحبة للعدسة الواحدة ، وتغطى العدسة الشيئية بمادة خاصة لحمايتها من الأتربة وتقلل من نسبة عكسها للضوء .

ب . حامل الشعرات : وهو عبارة عن قرص صغير من الزجاج الشفاف ويثبت عليه خطين متعامدين ومتناهين في الدقة ، ويتم تثبيتها على القرص الزجاجي إما بالحفر أو بواسطة التصوير .

اشكال مختلفه من حامل الشعرات

وحامل الشعرات له أهمية كبيرة في المنظار المساحي لأنه يحدد خط النظر الذي نستعمله في التوجيه واستقبال صورة الهدف المرصود . وتختلف أشكال الخطوط المبينة علي القرص الزجاجي حسب الغرض من استعمال المنظار . ونقطة تقاطع الشعرات هي النقطة التي في منتصف القرص والناتجة من تقاطع الشعرتين الأفقية والراسية .

جـ . العدسة العينية : وتتكون من عدسة مركبة لتفادي بعض أخطاء العدسات المفردة وعادة تكون ذو قطر صغير يتناسب مع فتحة حدقة العين ، وتوضع العدسة العينية من حامل الشعرات على مسافة أقل من بعدها البؤري لتتكون له صورة تقديرية معتدلة مكبرة .

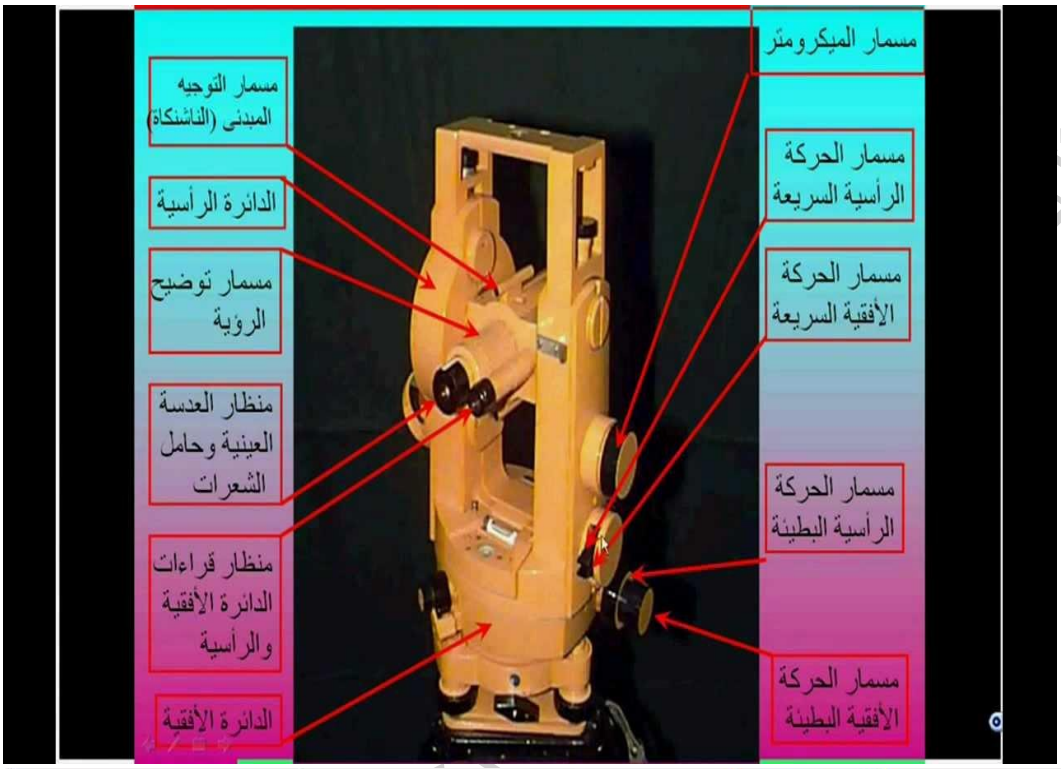
د . عدسة التطبيق : وهي عدسة مفرقة داخل المنظار بين العدسة الشيئية وحامل الشعرات وتتصل هذه العدسة بمسمار التطبيق لتحريكها حتى نحصل على البعد البؤري المكافئ لتطبيق صورة الهدف المرصود علي مستوي حامل الشعرات.

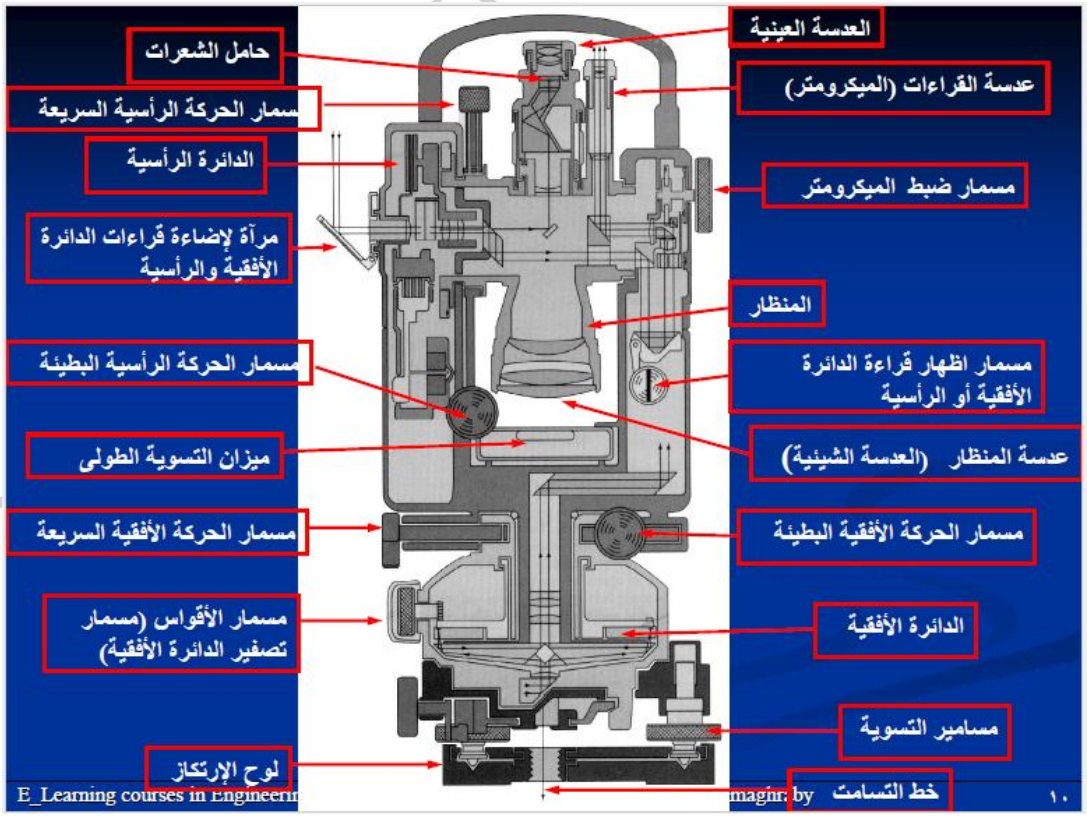
ثانياً : الدائرة الأفقية

تصنع الدائرة الأفقية من الزجاج ويتم عمل تقسيم دقيق جداً لها ومتقارب على المادة الزجاجية ويمكن القياس عليها بدقة ولذا فأقطار الدوائر الأفقية قد لا تزيد عن عشرة سنتيمترات ، وفي الإمكان قراءة جزء من عشره من الثانية عليها .

ثالثا : القاعدة Base or Tribrach

هو الجزء الثابت بالجهاز، وهو عبارة عن ثلاث مسامير للتسوية محصورة بين قرصين دائريين ، القرص العلوي لتثبيت الاليداد والقرص السفلي فهو لتثبيت الجهاز على الحامل. و تحتوي على منظار للتسامت الضوئي (تسامت الجهاز فوق النقطة المحتلة)، و كذلك تحتوي على ميزان تسوية دائري لضبط أفقية الجهاز بشكل تقريبي.





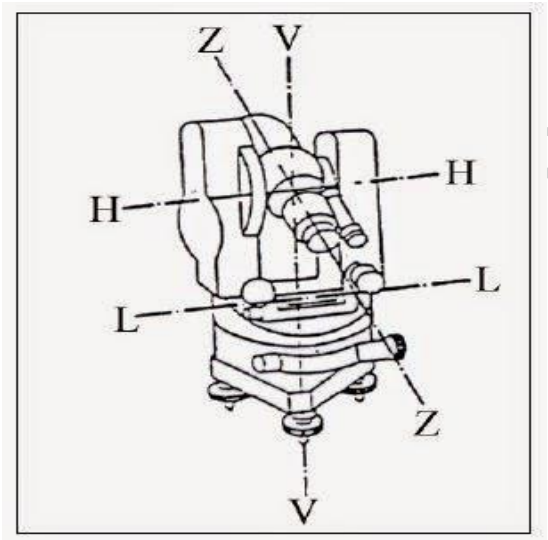
محاور جهاز الثيودولايت:

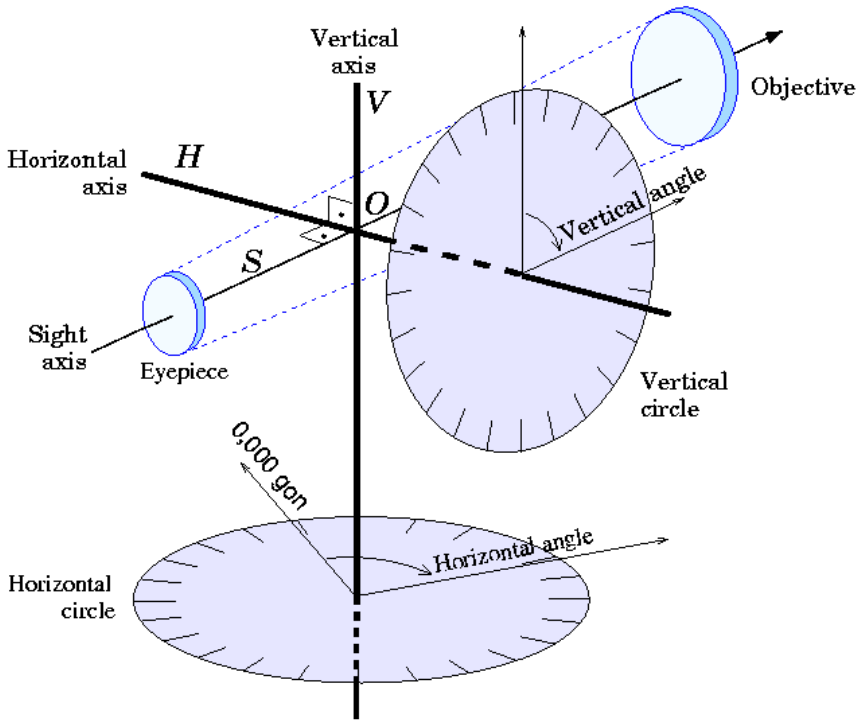
المحور الأفقي Horizontal axis , H-H ، يمر بمركز الدائرة الرأسية و يدور حوله الجهاز في مستوى رأسي.

المحور الرأسي Vertical axis , V-V، يمر بمركز الدائرة الأفقية و يدور حوله الجهاز في مستوى أفقي.

محور خط النظر Line of collimation ,Z-Z،هو الخط الواصل بين نقطة تقاطع حامل الشعرات للعدسة العينية و المركز الضوئي للعدسة الشيئية و أمتداده.

محور ميزان التسوية الطولي Level bubble tube ،L-L هو الخط المستقيم المماس لميزان التسوية الطولي عند المنتصف.





أنواع أجهزة الثيودولايت:

أولاً- التصنيف حسب طريقة رصد القراءة على الدائرة الأفقية و الرأسية

- الثيودولايت ذو الورنية، و قد قل أستعماله حالياً.
- الثيودولايت العادي (الحديث أو البصري) و هو مزود بميكرومتر لقراءة الدائرة الأفقية و الرأسية.
- الثيودولايت الرقمي، حيث تظهر القراءة مباشرة على شاشة الجهاز.

ثانياً- التصنيف حسب الدقة

- أجهزة ثيودولايت ذات دقة عالية، تستخدم في الأرصاد الفلكية و في رصد زوايا شبكات المثلثات من الدرجة الأولى و الثانية.
- أجهزة ثيودولات دقيقة، تستخدم في رصد زوايا شبكات المثلثات من الدرجة الثالثة و الرابعة.
- أجهزة ثيودولايت متوسطة و عادية الدقة، و تستخدم في أعمال المضلعات و في التطبيقات الهندسية المختلفة.

ثالثاً- التصنيف حسب المحور الرأسي

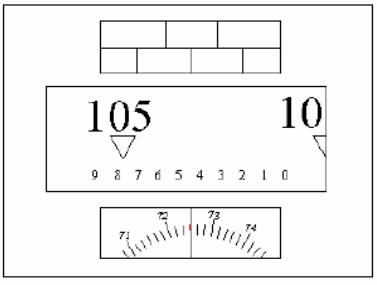
- الثيودولايت الذي يحتوي على مفتاحين للحركة الأفقية (يمكن تصفير القراءه)، و يسمى ثيودولايت تكرار.
- الثيودولايت الذي يمتلك حركة أفقية واحدة (لا يمكن تصفير القراءه)، و يسمى ثيودولايت إتجاه.

قراءة الزاوية في جهاز الثيودولايت:

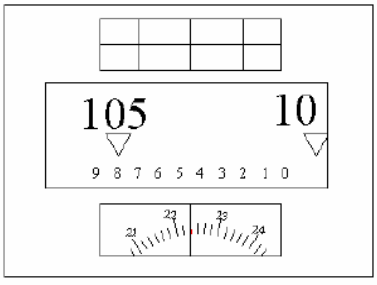
تقسم اقراص الدائرة الافقية و العمودية بصورة منتظمه بالنظام الستيني او النظام المئوي، و حسب نوع جهاز الثيودولايت.

خطوات قراءة الزاوية في حالة النظام المئوي 400^g

أ- التوجيه الدقيق على الهدف.
ب- النظر في عينية منظار القراءة، حيث خطوط التقسيم في الشباك العلوي لن تكون متطابقة (شكل a).
ت- ندير مسمار الميكروميتر حتى تتطابق خطوط التقسيم تماماً (شكل b)، بعد ذلك نأخذ القراءة من الاعلى الى الاسفل.



a



b

رقم الكرادات الصحيحة = 105^g

عشرات السنتي جراد = $0.8^g = 80^c$

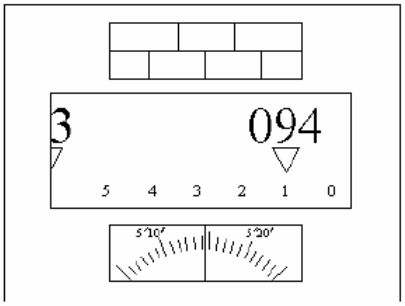
قراءة الميكرومتر = $0.0224^g = 224^{cc}$

القراءة الكلية = $105.8224^g = 105^g\,82^c\,24^{cc}$

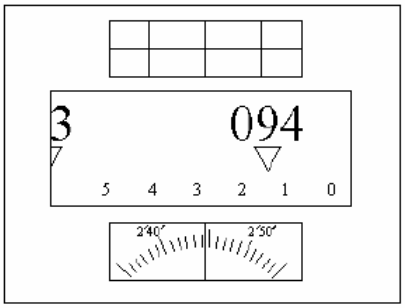
خطوات قراءة الزاوية في حالة النظام الستني 360°

أ- التوجيه الدقيق على الهدف.
ب- النظر في عينية منظار القراءة، حيث خطوط التقسيم في الشباك العلوي لن تكون متطابقة (شكل a).
ت- ندير مسمار الميكروميتر حتى تتطابق خطوط التقسيم تماماً (شكل b)، بعد ذلك نأخذ القراءة من الاعلى الى الاسفل.

a



b

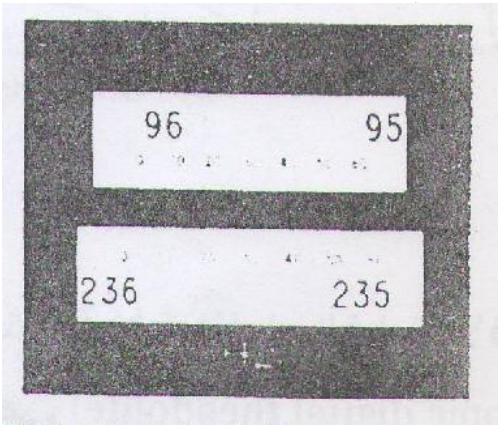


رقم الدرجات الصحيحة = 94°

عشرات الدقائق = 10´

قراءة الميكروميتر = 2´ 44"

القراءة الكلية = 94° 12´ 44"

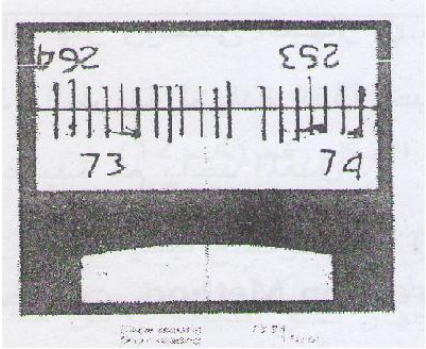


جهاز قياس الزوايا نوع Wild T16

اقل قراءة ممكنة له 1´

قراءة الزاوية العمودية = 96° 06.5´

قراءة الزاوية الافقية = 235° 56.4´



جهاز قياس الزوايا نوع Wild T3

اقل قراءة ممكنه له 0.2 "

يستخدم للاعمال المساحية الدقيقة

خالد احمد علي / تقنيات

مجالات استخدام جهاز الثيودولايت:

يستخدم جهاز الثيودولايت في الكثير من التطبيقات المساحية و الهندسية على اختلاف اغراضها و منها

- يستخدم في اعمال الارصاد الفلكية.
- يستخدم في عمل التسوية المثلثية (الجيوديسية).
- يستخدم في ارصاد الشبكات المثلثية بدرجاتها المختلفة.
- يستخدم في رفع و توقيع المنحنيات.
- يستخدم في توقيع محاور الطرق و انابيب المياه و الصرف الصحي.
- يستخدم في تخطيط المنشآت الهندسية المختلفة.

خالد احمد علي / التقني-المسيب

شروط ضبط الثيودولايت :

يعتبر ضبط الأجهزة من الأمور ذات الأهمية القصوي للراصد الذي لابد وان يكون قادرا على اختبار الجهاز الذي يعمل عليه، حتى لا يقوم بعمل وجهازه به عيب أو خطأ يؤدي إلي نتائج خاطئه . وتنقسم شروط ضبط الثيودولايت إلي قسمين رئيسيين هما :

أولاً: شروط الضبط المؤقت

وهي شروط تجري كلما اعد الجهاز للرصد والقياس سواء كانت زوايا أفقية أو راسية وتنتهي هذه الشروط برفع الجهاز من مكان الرصد ، ويمكن تلخيص خطواتها علي النحو الآتي :

❖ **التسامت (المركزية) centering**

و يقصد به وضع الجهاز و بشكل تام على النقطة المطلوبة، و هذه النقطة عادة في أعمال المسح الأفقي هي رأس الزاوية الأفقية المطلوب قياسها أو تسقيط الهدف منها. و تتم عملية مركزة الجهاز كما يلي:

1. نضع الجهاز فوق الحامل قريبا من مركز الوتد مع فرد الأرجل بحيث يكون ارتفاع الجهاز مناسب .
2. نحرك أثنان من أرجل الحامل إلى الداخل أو الخارج في حركة قطرية بالنسبة للوتد حتى يصبح الجهاز أفقيا فوق النقطة.

✓ هنالك عدة طرق لاجراء عملية التسامت و حسب نوع الجهاز منها: التسامت باستخدام خيط و ثقل الشاقول، التسامت باستخدام قضيب التسامت، التسامت باستخدام نظام التسامت الضوئي.

❖ **أفقية الجهاز Balancing**

يتم موازنة الجهاز وجعله موازياً للمستوي الأفقي من خلال رفع او خفض الأرجل(من خلال المسامير الخاصة بها) حتى يتم جعل الفقاعة الدائرية في المنتصف و بالتالي يتم موازنة مجموعة القاعدة، وهي المرحلة الاولى للموازنة. و المرحلة الثانية تتم بجعل ميزان التسوية الطولي (الفقاعة الانبوبية) الخاص بالدائرة الأفقية موازيا لأي مسمارين من مسامير التسوية الثلاثة ، ونحرك هذين المسمارين معا إما للداخل أو الخارج حتى تثبت في منتصف مجراها ، ثم نجعل ميزان التسوية عموديا على وضعه الأول (°90) ، ونحرك المسمار الثالث حتى تصبح الفقاعة في منتصف مجراها ونكرر العملية حتى تستقر الفقاعة في منتصف مجراها.

❖ **التطبيق أو أزالة البرالاكس (focusing)**

نوجه المنظار نحو هدف فاتح اللون أو إلى ورقة بيضاء ونحرك العينية حتى يظهر حامل الشعرات بوضوح وفي هذه الحالة نجد صورة حامل الشعرات تقع على قاع العين ، نطبق صورة الهدف المتكونة من الشيئية على حامل الشعرات بواسطة مسمار التطبيق .

ثانياً: شروط الضبط الدائم للثيودولايت

للثيودولايت أربعة محاور رئيسية إما متوازية أو متعامدة مع بعضها البعض وهي التي بنى عليها الثيودولايت نظريته . ولكي يكون الثيودولايت في حاله مضبوطة وسليمة، يجب أن يحقق الثيودولايت الأوضاع التالية:

1- (LL ⊥VV) **يجب** تعامد المحور الراسي (وهو محور خيط الشاقول المعلق في قاعدة الثيودولايت) مع المحور الأفقي لميزان التسوية الطولي الموجود بين الحاملين الراسيين للأليداد.

بعد نصب الجهاز في ارض صلبه و تعديله افقيا باتجاهين و توسط فقاعة التسوية بالضبط، يدار الجهاز حول محوره الراسي °180 فيكون في هذه الحالة قد عكس اتجاه فقاعة التسوية من طرف الى اخر. يلاحظ موقع الفقاعة، فان وجدت في موقعها الاول وسط التقاسيم دل ذلك على ان الشرط متوفر (VV ⊥ LL)، و الا فتكون الفقاعة قد انحرفت مسافة معينة في اي جهة عن موضعها الاول، و لارجاعها الى موضعها الاول وسط التقاسيم ، ترجع نصف هذه المسافة بواسطة البراغي المثبتة لاحد طرفي الانبوبة في الحافة الافقية، و نصفها الاخر بواسطة مسامير التسوية، و تكرر العملية الى ان تثبت الفقاعة في الوسط عند دوران الجهاز في جميع الاتجاهات.

2- (HH ⊥VV) **يجب** تعامد محور دوران المنظار الأفقي مع المحور الراسي .

يثبت الجهاز فوق نقطة معينة و يضبط افقياً، نرصد نقطة مثل نقطة A على قمة بناية و بعد غلق الحركة الافقية يخفض التلسكوب الى الاسفل و تعين نقطة B على الارض، يعكس وضع المحور الافقي و يدار الجهاز حول محورة الراسي °180، و كذلك يدار التلسكوب حول محورة الافقي °180. يوجه التلسكوب باتجاه النقطة A و بعد رصدها يقفل مسمار الحركة الافقية، ثم يخفض التلسكوب مره اخرى حتى يواجه النقطة السفلى B، فاذا رصدت على استقامة الشعرة الراسية بالضبط ، فان هذا الشرط يكون متوافر في المحورين.

3- (ZZ ⊥HH) **يجب** تعامد خط النظر (محور خط الانطباق الخاص بالمنظار) مع المحور الأفقي.
4- (AA // ZZ) **يجب** أن يكون المحور الأفقي لصفر الدائرة الراسية موازيا لمحور خط النظر عندما يكون أفقيا.

العيوب التي لايمكن ضبطها وتصحيحها :

تنشأ غالبا من الصناعة ولا يتيسر تصحيحها إلا في المصنع ومن هذه العيوب :

عدم ثبات أجزاء الثيودولايت عند اجراء الحركة، أي عدم مرونتها .

عدم دوران الجهاز حركة دائرية تماما يسبب عدم انتظام استدارة قطاع المحور الراسي .

عدم تساوي التدريج على الدائرة الأفقية والراسية .

اوضاع الرصد بجهاز الثيودولايت:

عند اخذ الارصاد بجهاز الثيودولايت (قياس زوايا افقية و راسية)، يكون الجهاز في احد الوضعين: المتيامن او المتياسر.

الوضع المتياسر Face Left : و هو عندما تكون الدائرة الراسية للجهاز يسار الراصد (يسار عينية منظار الجهاز). يسمى ايضا الوضع المباشر Direct

- ✓ لاخذ الارصاد في هذا الوضع ندير الاليداد باتجاه عقارب الساعة لرصد الاهداف المطلوبة.

الوضع المتيامن Face Right : و هو عندما تكون الدائرة الراسية للجهاز يمين الراصد (يمين عينية منظار الجهاز). يسمى ايضا الوضع المقوب Inverted, Reverse

- ✓ لاخذ الارصاد في هذا الوضع ندير الاليداد بعكس اتجاه عقارب الساعة لرصد الاهداف المطلوبة.

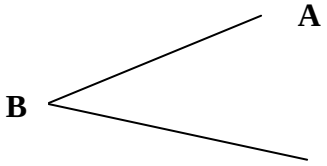
خالد احمد علي / التقني-المسيب

طرق قياس الزوايا الافقية: Horizontal angles measurement

اولاً - طريقة الزوايا المنفردة Single Angle

تعد طريقة الزوايا الفردية اسرع و اسهل طرق الرصد بجهاز الثيودولايت، و هي تعتمد على قياس كل زاوية منفردة من خلال الوضعين المتيامن و المتياسر للجهاز، ثم يتم حساب متوسط كلا الوضعين لحساب قيمة الاتجاة لكل نقطة مرصودة، ثم نحسب قيمة الزاوية عن طريق ايجاد الفرق بين الاتجاهين.

مثال: احسب قيمة الزاوية ABC بطريقة الزاوية المنفردة .



الحل:

- يتم نصب جهاز الثيودولايت فوق النقطة B، ثم تجرى عملية التسامت و ضبط افقية الجهاز، توضع شواخص على النقاط A,C و التي سيتم الرصد عليها.

- يوجه الجهاز باتجاه نقطة A ثم تسجل قراءة الدائرة الافقية و هو في الوضع المتياسر.
- ثم يوجه الجهاز باتجاه نقطة C (باتجاه عقرب الساعة) ثم تسجل قراءة الدائرة الافقية و هو في الوضع المتياسر.
- يدور تلسكوب الجهاز °180، يدور الجهاز حول محوره الراسي °180 باتجاه عقرب الساعة (الوضع المتيامن للجهاز). يوجه الجهاز باتجاه نقطة C و تسجل قراءة الدائرة الافقية.
- ثم يوجه الجهاز باتجاه نقطة A (عكس اتجاه عقرب الساعة) و تسجل قراءة الدائرة الافقية.

Instrument at	Sight to	Reading F.L			Reading F.R			Mean Angle
		°	´	"	°	´	"	
B	A	272	11	10	92	11	04	66° 27' 48"
	C	338	39	00	158	38	50	

- تحسب الزاوية كما يلي

Mean Angle = [F.L (C) - F.L (A)] + [F.R (C) – F.R (A)] / 2

ثانياً - طريقة التكرار Repetition Method

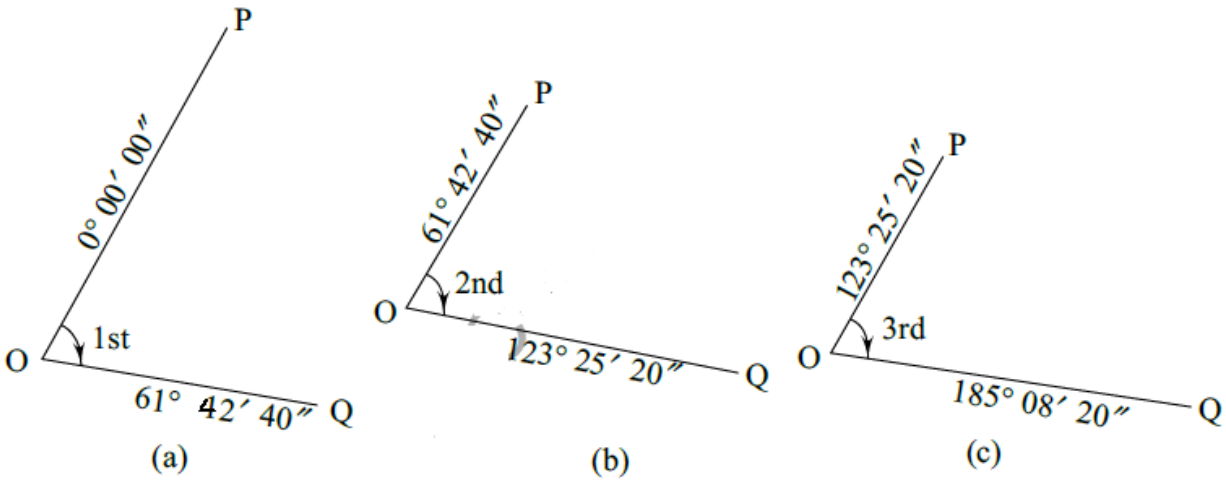
تستخدم هذه الطريقة عند استخدام الاجهزة التي تحتوي على مفتاحين للحركة الافقية، الاعلى المرتبط بالدائرة الافقية و الاسفل الذي يعمل على تثبيت القراءة عند تحريك الجهاز، و يسمى الجهاز في هذه الحالة (ثيودولايت تكرار). تستخدم هذه الطريقة لزيادة الدقة، حيث يتم من خلال هذه الطريقة قياس نفس الزاوية مرات عديدة ثم يؤخذ المعدل.

مثال: المطلوب قياس قيمة الزاوية الافقية $A\hat{B}C$ باستخدام طريقة التكرار.

الحل:

يتم نصب جهاز الثيودولايت فوق النقطة B، ثم تجرى عملية التسامت و ضبط افقية الجهاز، توضع شواخص على النقاط A,C و التي سيتم الرصد عليها.

- يدار الجهاز بعد فتح برغي الحركة الافقية العلوي و غلق برغي الحركة الافقية السفلي، و بعد التقرب من قراءة الصفر، يقفل برغي الحركة الافقية العلوي و تثبت قراءة الصفر بصورة مضبوطة، بواسطة برغي الحركة الافقية البطيئة.
- يفتح برغي الحركة الافقية الاسفل ثم يتم التوجيه الى النقطة A ، يغلق برغي الحركة الافقية الاسفل و يفتح برغي الحركة الافقية العلوي و يدار الجهاز نحو النقطة C ، تسجل القراءة.
- ثم يغلق البرغي العلوي حيث تبقى القراءة نفسها عند فتح البرغي الاسفل و التوجيه الى نقطة A، يغلق برغي الحركة الافقية الاسفل و يفتح برغي الحركة الافقية العلوي و يدار الجهاز نحو النقطة C، تسجل القراءة .... تكرر العملية عدة مرات للحصول على قيمة الزاوية و حسب الدقة المطلوبة.



Repetition method

Instrument at	Sight to	Repetition no.	Reading F.L °	′	″	Angle	Mean Angle
O	P	1st	00	00	00	61° 42′ 40"	61° 42′ 47"
	Q		61	42	40		
	P	2nd	61	42	40	61° 42′ 40"	
	Q		123	25	20		
	P	3rd	123	25	20	61° 43′ 00"	
	Q		185	08	20		

حيث ان الزاوية بين A, C تحسب كما يلي $\text{Angle} = \text{F.L (C)}_{1,2,3} - \text{F.L (A)}_{1,2,3}$

معدل الزاوية يحسب كما يلي $\text{Mean Angle} = (\text{Angle}_1 + \text{Angle}_2 + \text{Angle}_3) / 3$

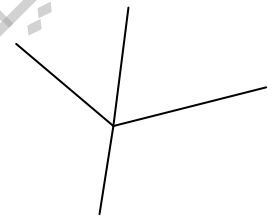
- ✓ يمكن قياس الزاوية بالوضع المتيامن للجهاز لزيادة الدقة، كما يمكن قياسها بعدة أطقم (Sets) و يؤخذ المعدل. Mean Angle = [Angle $_{(set\ 1)}$ + Angle $_{(set\ 2)}$] / 2

ثالثاً - طريقة الاتجاهات Reiteration (Direction) Method

تعتبر هذه الطريقة اسرع من طريقة التكرار من الناحية العملية و الحسابية، و تفضل هذه الطريقة اذا كان عدد الزوايا عند نقطة الرصد كبيراً. و لكن هذه الطريقة اقل دقة من طريقة التكرار و ذلك لان اي خطأ في احدى الزوايا سوف يؤثر على الزوايا التاليه لها، و بذا تتراكم الاخطاء و يكون من الصعب تصحيحها الا بطرق معقده، و في هذه الطريقة تعتبر جميع الاشعة مرتبطة ببعضها كمجموعة واحدة و يفرض لها خطأ اساسياً يبتدأ منه الرصد. و تسمى بطريقة قفل الافق.

مثال: المطلوب قياس الزوايا الافقية بين الاهداف A, B, C, D من النقطة M.

- نثبت جهاز الثيودولايت فوق النقطة M، و نجري عمليتي التسامت و ضبط الافقية.
- نضع شواخص رأسية تماما فوق النقط التي سيتم الرصد عليها A, B, C, D.
- نجعل قراءة الدائرة الافقية "30 ´00 °00.
- نوجه الجهاز نحو الهدف الاول A، و هو في الوضع المباشر (متياسر) و نتخلص من البارالاكس.
- ندير المنظار باتجاه عقرب الساعة لرصد النقطة B (التوجيه الدقيق على الهدف، التطبيق)، و لتكن قراءة الدائرة الافقية "10 ´22 °40 و تسجل في الجدول مقابل الهدف المرصود B.
- ندير المنظار نحو الاهداف (C, D, and A)، على الترتيب و تتم العمليات السابقة (التوجيه الدقيق على الهدف، التطبيق، قراءة الدائرة الافقية)، و تسجل القراءات في الجدول.
- بعد قفل الافق على النقطة A في الوضع المتياسر، ندير المنظار حول محوره الافقي °180، ثم ندير الجهاز (الاليداد) باتجاه عقرب الساعة °180، فيصبح الجهاز بوضع متيامن و يوجه الى النقطة A.
- تسجل قراءة الدائرة الافقية عند النقطة A (و التي من المفروض ان تكون نفس القراءة بالوجه المتياسر للنقطة مضافاً لها °180).
- ندير الجهاز عكس عقرب الساعة لرصد النقاط (D, C, B, and A)، على الترتيب و تسجل القراءات في الجدول. (من الاسفل الى الاعلى).



Instrument	Sight	Reading F.L	Reading F.R	Angle	Mean Angle

at	to	°	′	"	°	′	"		°	′	"
M	A	00	00	30	180	00	30				
	B	40	22	10	220	22	12	AM̂B	40	21	41
	C	135	05	59	315	06	01	BM̂C	94	43	49
	D	288	14	04	108	14	04	CM̂D	153	08	04
	A	00	00	35	180	00	35	DM̂A	71	46	31

- تحسب الزوايا بين الاهداف على النحو التالي

Mean Angle = [F.L (B) - F.L (A)] + [F.R (B) – F.R (A)] / 2

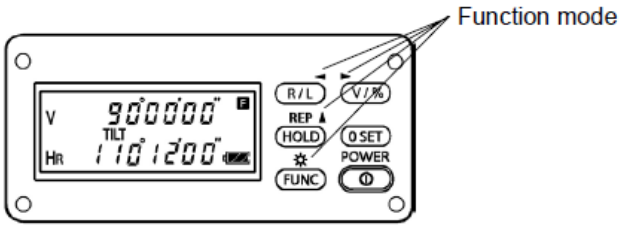
جهاز ثيودولايت DT-205:

Display Marks: علامات العرض (الشاشة)

Display	Contents	
V	Vertical Angle	الزاوية الرأسية
HR	Horizontal Angle Right	الزاوية الافقية - يمين
HL	Horizontal Angle Left	الزاوية الافقية - يسار
Ht	Repetition Angle measurement	قياس الزاوية - تكرار
8 AVG	The number of repetition / Average of angle	عدد التكرارات / معدل الزاوية
TILT	Tilt correction mode	نمط تصحيح اليملان
F	Function key selection mode	اختيار وضع المفاتيح
%	Percent grade	النسبة المئوية

خالد احمد علي / التقني المدني

Operating keys: مفاتيح التشغيل



Key	Function	
O	Power switch	مفتاح التشغيل و الاطفاء
R/L	Selection of horizontal angle right / left measurement	مفتاح تحديد نمط قياس الزوايا الافقية – يمين / يسار
V/%	Vertical angle display	مفتاح عرض الزوايا الرأسية
HOLD	Holding the horizontal angle	مفتاح تثبيت قراءة الزاوية الافقية
0 SET	Horizontal angle 0 set	مفتاح تصفير الزاوية الافقية
FUNC	Upper function selection	مفتاح تفعيل المهام الاخرى (الاعلى) للمفاتيح
REP	Repetition angle measurement	مفتاح قياس الزاوية الافقية - تكرار
O	Illumination of display ON/OF	اضاءة الشاشة
► ◄ ▼	Moving the blinking digit to the Right/Left - Increment	مفاتيح تحريك المؤشر يمين/يسار – زيادة الارقام

خالد احمد علي / التقني - المسيب

التضليع Traversing

يعرف التضليع بانه كافة اعمال المساحة الحقلية و الحسابية اللازمة لحساب المواقع الافقية للنقاط التي تمثل نقاط السيطرة الافقية control points ضمن المساحات الصغيرة نسبيا قياسا بالمساحات التي تغطيها شبكات التثليث. و عمليا تشمل اعمال التضليع بشكل عام قياس الزوايا بين الاضلاع (بواسطة الاجهزة المستعملة لقياس الزوايا)، و قياس المسافات بين النقاط.

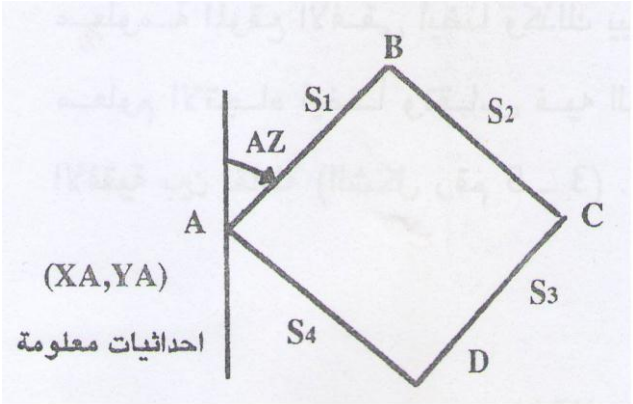
استخدامات عملية التضليع:

1- المسح الكادسترائي، حيث يتم تعين مواقع اركان و حدود القطع الموجوده فعلا او توقيع اركان و حدود القطع المنوي افرازها او تقسيمها، و خاصة داخل المدن حيث تكثر العوارض و العوائق للرؤية و القياس و التي تمنع لحد ما اقامة شبكات تثليث رئيسيه، كما يمكن الحصول على مساحات تلك القطع بدقة.
2- المسح الطبوغرافي، حيث يتم توقيع الظواهر الطبيعية و الاصطناعية من المواقع الافقية المثبته مسبقا، و عمل الخرائط اللازمة.
3- المسح الانشائي، حيث يتم عمل شبكات السيطرة الافقية على امتداد الطرق و السكك و مشاريع الري و المواصلات لغرض جمع المعلومات عن الخط المركزي و توقيعه حقليا، و ما يتصل به من حساب الكميات الترابية و تصميم المنحنيات الافقية و تسقيطها، خاصة بعد استخدام الاجهزة الالكترونية في التوقيع و الانشاء عى نطاق واسع في السنين الاخيرة، و الحاجة الى نقاط سيطرة افقية على امتداد الخط المركزي و ادخال مواقعها عند اجراء الحسابات من قبل الجهاز الالكتروني لغرض تحديد الاتجاهات و الاطوال اللازمة للتسقيط.
4- المسح التصويري، حيث يستفاد من نقاط السيطرة الافقية الارضية لغرض تقويم الصور الجوية و عمل الخرائط اللازمة منها بدقة عالية.

أنواع المضلعات Traverse Types

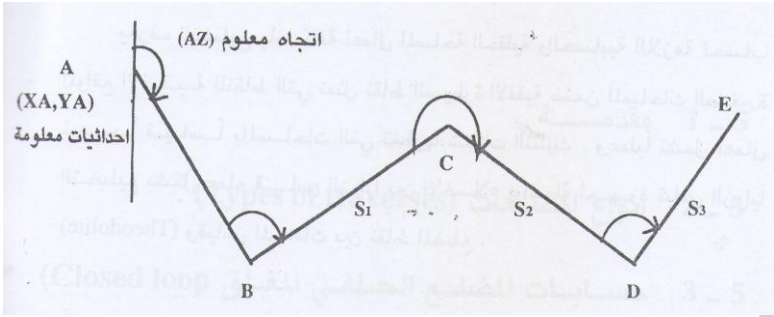
اولا – المضلع المغلق Closed loop traverse

و هو المضلع الذي يبدا بنقطة معلومة الموقع الافقي، و ينتهي بنفس النقطة. و كذلك تقاس فيه الزوايا الداخلية بين اضلاعه، كما تقاس المسافات بين نقاطه. و لغرض حساب الاتجاهات لكافة اضلاعه وجب معرفة اتجاه احد اضلاعه.



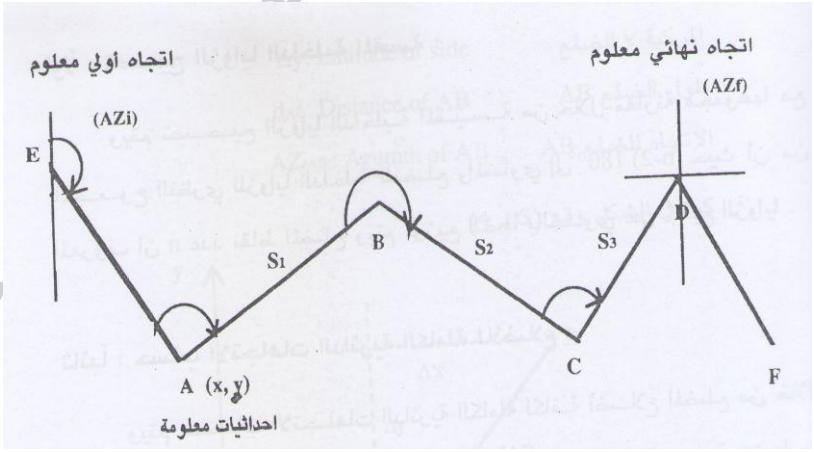
ثانيا – المضلع المفتوح Open travers

و هو المضلع الذي يبدأ بنقطة معلومة الموقع الافقي (او مفروضة الموقع الافقي) و يمتد و ينتهي بنقطة غير معلومة الموقع الافقي، اضافة الى اتجاه معلوم لاحد اضلاعه، و تقاس فيه الزوايا اليمينيه بين اضلاعه، و كذلك المسافات الافقية بين نقاطه. و عادة تنفذ هذه المضلعات في اعمال المساحة غير الدقيقه لعدم امكانية التدقيق و التصحيح لقيم زواياه المقيسه و لقيم المركبات الافقية و الراسيه المحسوبه لحساب احداثيات نقاطه.



ثالثا - المضلع الرابط المغلق Link traverse

و هو المضلع الذي يبدا بنقطه معلومة الموقع الافقي و ينتهي بنقطه اخرى معلومة الموقع الافقي ايضا، و كذلك يكون اتجاه الضلع الاول و اتجاه الضلع الاخير معلومين. و تقاس فيه الزوايا اليمينيه بين اضلاعه و كذلك المسافات الافقيه بين نقاطه.



حسابات التضليع Traverse computations

1- حسابات المضلع المغلق Closed traverse computations

بعد اكمال الجانب العملي المتعلق بقياس المسافات الافقية بين نقاط المضلع و الزوايا الداخلية بين اضلاعه، تبدا عملية الحسابات الخاصة بالمضلع، و هي على النحو التالي:

اولا – تصحيح الزوايا الداخليه المقيسه

يتم تصحيح الزوايا الداخليه المقيسه من خلال مقارنة مجموعها مع المجموع النظري للزوايا الداخليه للمضلع.

$$\sum_{theo.} = (n-2) * 180°$$

خطأ القفل الزاوي : هو الفرق بين المجموع النظري للزوايا الداخلية لمضلع مغلق و مجموع الزوايا الداخلية المقيسة. تختلف مستويات الدقة لمضلعات الثيودولايت والمواصفات المطلوبة لانجاز تلك الدقة حسب نوعية العمل الهندسي، الجدول ادناه يوضح مستويات الدقة لمضلع الثيودولايت.

$$\text{خطأ القفل الزاوي} = \sum_{theo} - \sum_{Meas.}$$

	درجة أولى	درجة ثانية	درجة ثالثة	درجة رابعة
خطأ القفل الزاوي المسموح به بالثانية (")	$\pm 2\sqrt{n}$	$\pm 10\sqrt{n}$	$\pm 30\sqrt{n}$	$\pm 60\sqrt{n}$
عدد اطقم القراءة	16	8	4	2

ثانيا – حساب الاتجاهات الدائرية الكاملة لكافة اضلاع المضلع المغلق من خلال اتجاه احد الاضلاع (المعلوم مسبقا)، و الزوايا الداخليه المصححه عن طريق قاعدة جمع الزوايا الداخليه (فقره اولا).

ثالثا – حساب المركبات الافقية و الراسيه للاضلاع

يتم حساب المركبات الافقية و الراسيه لكافة اضلاع المضلع المغلق من خلال اتجاهات اضلاعه المحسوبه (فقره ثانيا)، و المسافات الافقيه بين نقاط المضلع و كما يلي :

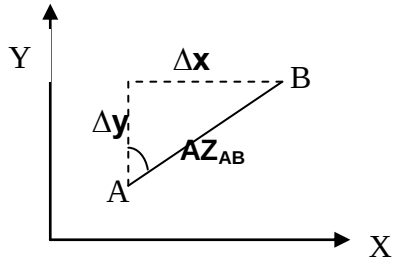
$$\Delta \mathbf{x} = d_{AB} * \sin AZ_{AB} \quad , \quad \Delta \mathbf{y} = d_{AB} * \cos AZ_{AB}$$

$\Delta \mathbf{x}$: Departure of AB المركبه الافقيه للضلع

$\Delta \mathbf{y}$: Latitude of AB المركبه الراسيه للضلع

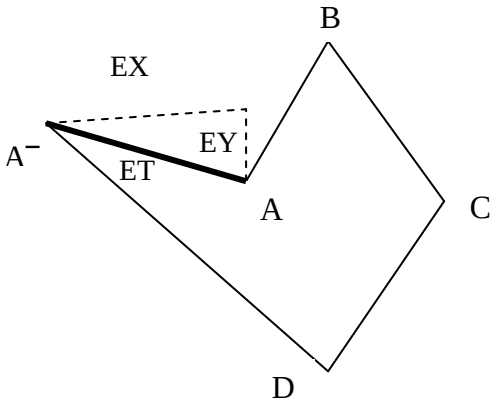
d_{AB}: distance of AB طول الضلع

AZ_{AB}: Azimuth of AB الاتجاه للضلع



رابعا – خطا الاغلاق Error of closure

بعد حساب المركبات الافقية و الراسية لكافة اضلاع المضلع، يتم حساب خطأ الاغلاق و الذي يمثل محصلة الاخطاء الناتجة من عملية القياس، اي يحتوي على الخطا الناتج من قياس المسافات و كذلك الخطا الناتج من قياس الزوايا الداخلية للمضلع، و يحسب كما يلي:



$$Ex = \sum \Delta x_i \quad , \quad Ey = \sum \Delta y_i$$

Ex: محصلة الخطا باتجاه x (المركبه السينيه لخطا الاغلاق)

Ey: محصلة الخطا باتجاه y (المركبه الصاديه لخطا الاغلاق)

اما مقدار خطا الاغلاق فيمكن حسابه كما يلي: $E_T = \sqrt{Ex^2 + Ey^2}$

الاتجاه ربع الدائري لخطا الاغلاق E_T يحسب كما يلي : $\alpha = \tan^{-1}(Ex/Ey)$

خامسا – الخطأ النسبي او معامل الضبط Relative error or Ratio of accuracy

و يتم حساب الخطأ النسبي او معامل الضبط للمضلع (R) كما يلي : $R = E_T / \sum d_i$

و يحسب الخطأ النسبي على شكل كسر اعتيادي مثل 1/5000، 1/10000 و يتم مقارنة هذا الخطأ مع الخطأ المسموح به ضمن اعمال التضليع ضمن المواصفات الخاصة بها، فاذا كان مقدار الخطأ النسبي المحسوب من خلال اعمال التضليع اكبر من الخطأ النسبي ضمن المواصفات فعندئذ يجب اعادة القياسات من جديد و العكس بالعكس.

سادسا – تصحيح المركبات الافقية (Δx) و المركبات الراسية (Δy) للأضلاع

<u>قاعدة البوصلة للتصحيح Compass Rule</u>

اذا كان الخطأ النسبي المحسوب لعملية التضليع واقع ضمن المواصفات و مقبول من ناحية الدقة، فيمكن توزيع الخطأ Ex و الخطأ Ey على المركبات الافقية و المركبات الراسية $\Delta x, \Delta y$ ، و على النحو التالي:

$$\mathbf{Cx_k} = - Ex * d_k / \sum di \quad , \quad \mathbf{Cy_k} = - Ey * d_k / \sum di$$

Cx_k : التصحيح للمركبة الافقية للضلع ، Cy_k : التصحيح للمركبة الراسية للضلع

d_k : طول الضلع ، $\sum di$: مجموع اطوال اضلاع المضلع

ثم يتم حساب المركبات الافقية و الراسية <u>المصححة</u> على النحو التالي:

$$\Delta \mathbf{x'}_k = \Delta x_k + Cx_k \quad , \quad \Delta \mathbf{y'}_k = \Delta y_k + Cy_k$$

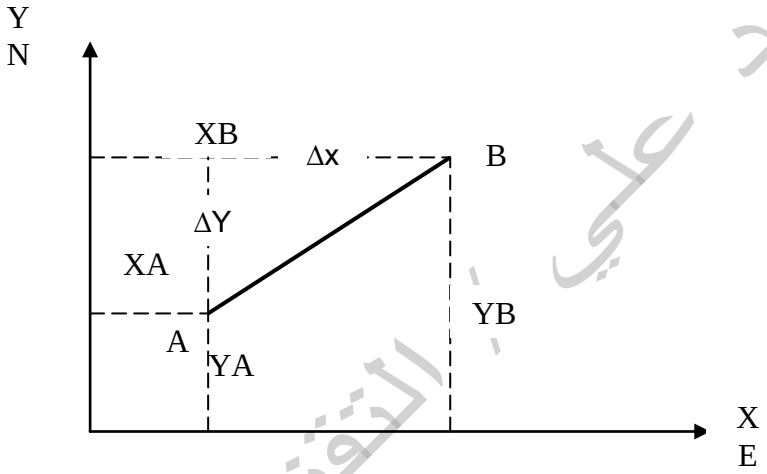
خالد احمد علي / التقني - الصديق

✓ للتأكد من صحة الحسابات، يكون المجموع الجبري للمركبات الافقية و الراسية المصححة يساوي صفر. $\sum \Delta x' = 0$, $\sum \Delta y' = 0$

سابعا – حساب الاحداثيات Computation of coordinate

بعد حساب المركبات الافقية و الراسية المصححة، يتم حساب احداثيات كافة نقاط المضلع، و على النحو التالي:

اذا كانت احداثيات النقطة A معلومة ، و المطلوب حساب احداثيات النقطة B ، تحسب من خلال المعادلة التالية: $(NB)\ Y_B = Y_A + \Delta y'_{AB}$, $(EB)\ X_B = X_A + \Delta x'_{AB}$



ثامنا – حساب المسافة المعدلة و الاتجاه المعدل لكافة الاضلاع

بعد تصحيح المركبات الافقية و الراسية او تعديلها، فقد تم ضمنيا تعديل المسافات و الاتجاهات لاضلاع المضلع، لذلك و بعد حساب الاحداثيات المصححة، يتم حساب المسافات بين نقاط المضلع و اتجاهات اضلاعه من خلال قاعدة الحسابات المعكوسة Inverse Computation.

المسافة بين نقطتين من نقاط المضلع مثلا A,B تحسب كما يلي: $d_{AB} = \sqrt{(\Delta x_{AB})^2 + (\Delta y_{AB})^2}$

كما يحسب الاتجاه المعدل للضلع AB كما يلي: $\alpha_{AB} = \tan^{-1}\ (\Delta x_{AB} / \Delta y_{AB})$

خالد احمد علي - التقني - المدرس

مثال :

المضلع ABCDE، الزوايا الداخلية المقيسه و المسافات بين نقاطه كما مبين في الجدول . المطلوب حساب الدقة النسبية لعملية التضليع اذا علمت ان الاتجاه الدائري الكامل للضلع AB هو 50.

Point	Interior Angle			Side	Distance
	◦	'	"		
A	92	00	04	AB	449.01
B	118	58	05	BC	810.02
C	39	39	00	CD	448.98
D	208	46	31	DE	448.01
E	80	36	10	EA	602.99

الحل:

أولا – تصحيح الزوايا الداخلية

$\sum_{theo.} = (n-2) * 180° = 540◦\ 00'\ 00"$

$\sum_{Meas.} = 539◦\ 59'\ 50"$

$T.C = \sum_{theo} - \sum_{Meas.} = +\ 10"$

مقدار التصحيح لكل زاوية = 10" / 5 = +2"

Point	Interior Angle			Corrected Angle		
	◦	'	"	◦	'	"
A	92	00	04	92	00	06
B	118	58	05	118	58	07
C	39	39	00	39	39	02
D	208	46	31	208	46	33
E	80	36	10	80	36	12
	539	59	50	540	00	00

خالد احمد علي / التقني - النسيب

ثانيا – حساب الاتجاه الدائري الكامل للاضلاع

ثالثا – حساب المركبات الافقية و العمودية للاضلاع

Point	Side	Corrected Angle			Azimuth			Distance	Δx	ΔY
		°	'	"	°	'	"			
A	AB	92	00	06	50	00	00	449.01	343.96	288.62
B	BC	118	58	07	111	01	53	810.02	756.06	- 290.70
C	CD	39	39	02	251	22	51	448.98	- 425.48	- 143.35
D	DE	208	46	33	222	36	18	448.01	- 303.28	- 329.75
E	EA	80	36	12	322	00	06	602.99	- 371.22	475.17
								2759.01	+ 0.04	- 0.01

رابعا – خطا الاغلاق Error of closure

$Ex = \sum \Delta x_i = + 0.04$, $Ey = \sum \Delta y_i = - 0.01$

$E_T = \sqrt{Ex^2 + Ey^2} = 0.041231$

خامسا – الخطا النسبي او معامل الضبط Relative error or Ratio of accuracy

$R = E_T / \sum d_i = 1 / 66915.82$

خالد احمد علي / التقني - المسيب