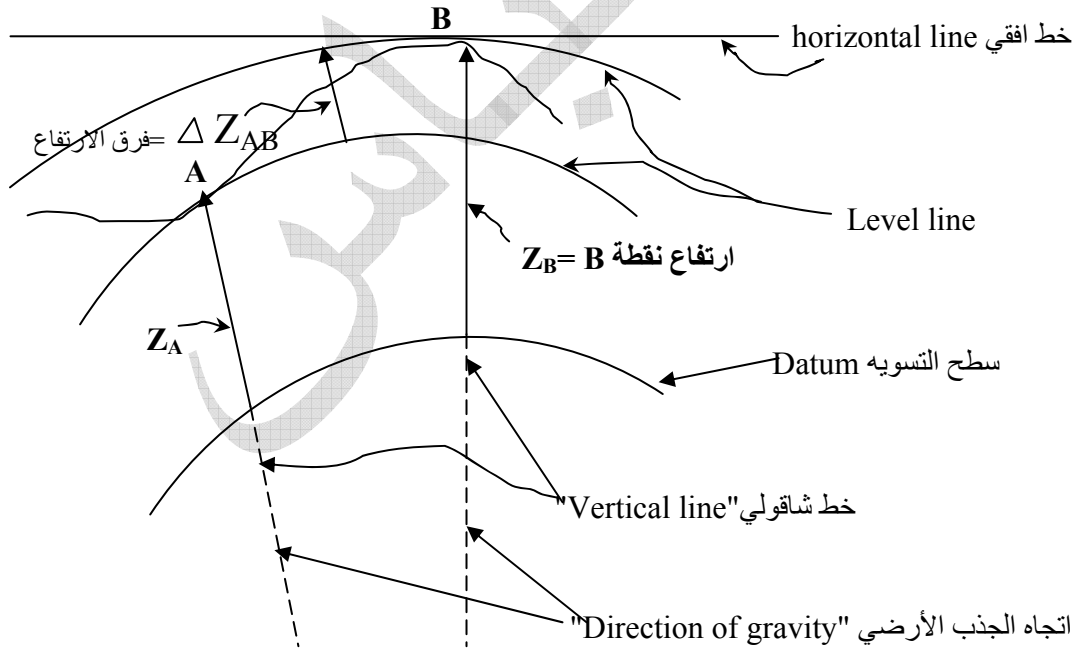


4- التسوية (Leveling)

وهي عملية تحديد "Determining" او تعيين "establishing" ارتفاع "Elevation" النقاط والذي يعتمد اساسا على تحديد فرق الارتفاع بين نقطتين .
في المساحة المستوية plane surveying ارتفاع Elevation اي نقطة يمثل الاحداثي الشاقولي (Z-coordinate) للنقطة فوق (+) او تحت (-) سطح المرجع [عادة يمثل بمعدل مستوى سطح البحر Mean sea level] .

4-1 المتغيرات الأساسية في التسوية (Basic variable in leveling):-

ان التسوية تمثل احد الاركان الاساسيه في موضوع المساحة "Surveying".
قبل البدء في تناول مفردات موضوع التسوية , لا بد من اعطاء صوره هندسيه واضحه للعلاقات الرياضيه بين المتغيرات " Variables " الاساسيه في التسويه "Levelling" وكما مبين في الشكل [4-1] ادناه.



شكل (4-1) المتغيرات الأساسية في التسوية

يمكن تعريف المتغيرات " Variable " الاساسيه في التسويه على النحو الاتي:-

خط شاقولي "Vertical Line"

هو عبارته عن خط مستقيم يكون باتجاه الجذب الارضي "direction of gravity", لذلك هنالك خط شاقولي واحد في كل نقطه.

خط افقي "Horizontal Line"

الخط الافقي في اي نقطه هو عبارته عن الخط العمودي "Perpendicular" على الخط الشاقولي "Vertical Line" في تلك النقطه, لذلك هنالك مالاهاييه من الخطوط الافقيه في اي نقطه.

سطح التسويه "Level Surface"

هو عبارته عن سطح مستمر له ارتفاع "Elevation" ثابت ويكون متعامد مع اتجاه الجذب الارضي في كل نقطه من نقاطه, لذلك فان سطح التسويه عبارته عن سطح منحنى "Curved" جميع نقاطه لها نفس الارتفاع.

خط التسويه "level line"

وهو عبارة عن خط منحنى "curved line" جميع نقاطه لها نفس الارتفاع "Elevation" لذلك فان خط التسويه هو احد خطوط سطح التسويه وانه هنالك ما لانهايه من خطوط التسويه في سطح التسويه.

سطح المرجع "Datum"

وهو عبارة عن سطح التسويه الذي يستخدم كمرجع "Datum" في اعمال التسويه. من الممكن ان يكون سطح المرجع سطح حقيقي متمثلاً بسطح الماء لبحيرة راكدة ~ متوسط مستوى سطح البحر "mean sea level", ويمكن ان يكون سطح المرجع "Datum" سطح خيالي (مفترض "assumed").

ارتفاع نقطة "Elevation of a point"

هو عبارة عن المسافة الشاقولية للنقطة فوق او تحت سطح المرجع, لذلك فان ارتفاع النقطة عبارة عن كمية متجهة [موجبة + او سالبة -].

فرق الارتفاع "Difference in Elevation"

فرق الارتفاع بين نقطتين هو عبارة عن المسافة الشاقولية بين خطي التسويه اللذان يحتويان النقطتين, وهو عبارة عن كمية متجهة (+ او -), اي ان:

$$\Delta Z_{AB} = Z_B - Z_A \quad \dots\dots\dots [4 - 1]$$

راقم التسويه "Bench Mark "B.M"

هو عبارة عن نقطة معلومة الارتفاع ومثبتة في الطبيعة ومعرفة بشكل جيد.

4-2 طرق التسوية:- Methods of leveling

بشكل عام هنالك اربع طرق للتسوية :-

1. التسوية المباشرة " Direct leveling "

وهي الطريقة الاعتيادية في التسوية . قياس المسافة الشاقولية يتم بصورة مباشرة من خلال استخدام جهاز التسوية "level" ومسطرة تسوية "level rod" .

2. التسوية المثلثية "Trigonometric leveling"

في هذه الطريقة يتم قياس المسافة الافقية والزاوية العمودية "vertical angle" . تقاس الزاوية العمودية باستخدام جهاز الثيودلايت . وتقاس المسافة الافقية باستخدام شريط القياس (او EDM) لذلك فإن الاجهزة المستخدم في هذه الطريقة هي :-
ثيودلايت "theodolite" + شريط القياس "Tape" او جهاز الكتروني "EDM" + مسطرة تسوية "level Rod" .

3. التسوية البارومترية "Barometric leveling"

في هذه الطريقة يتم تحديد ارتفاع "Elevation" النقاط من خلال قياس الضغط الجوي "air pressure" وتعتمد هذه الطريقة على مبدأ ان الضغط الجوي "air pressure" يقل مع زيادة الارتفاع والعكس صحيح .

4. التسوية بطريقة الستيديا "staidia leveling"

هذه الطريقة مشابهة الى التسوية المثلثية "Trigonometric leveling" ما عدا المسافة الافقية يتم قياسها بصورة غير مباشرة بطريقة الستيديا "staidia method" .

ان افضل الطرق اعلاه واكثرها اتقان "precise" في تحديد ارتفاعات "Elevations" النقاط هي طريقة التسوية المباشرة " Direct leveling" باستخدام جهاز التسوية "Level" ،تليها في الاتقان طريقة التسوية المثلثية "Trigonometric leveling" [بالامكان الحصول على اتقان عالي والذي قد يكون افضل من التسوية المباشرة من خلال استخدام اجهزة متطورة عالية الاتقان في قياس الزاوية العمودية والمسافة الافقية] .
اما التسوية البارومترية والتسوية بطريقة الستيديا فان نتائجها تقريبيه وتستخدم لاغراض الاستطلاع والاعمال التقريبيه فقط .

4-3 التسوية المباشرة: Direct Leveling

في التسوية المباشرة يتم تحديد فرق الارتفاع بين نقطتين من خلال استخدام الاجهزة التالية :-

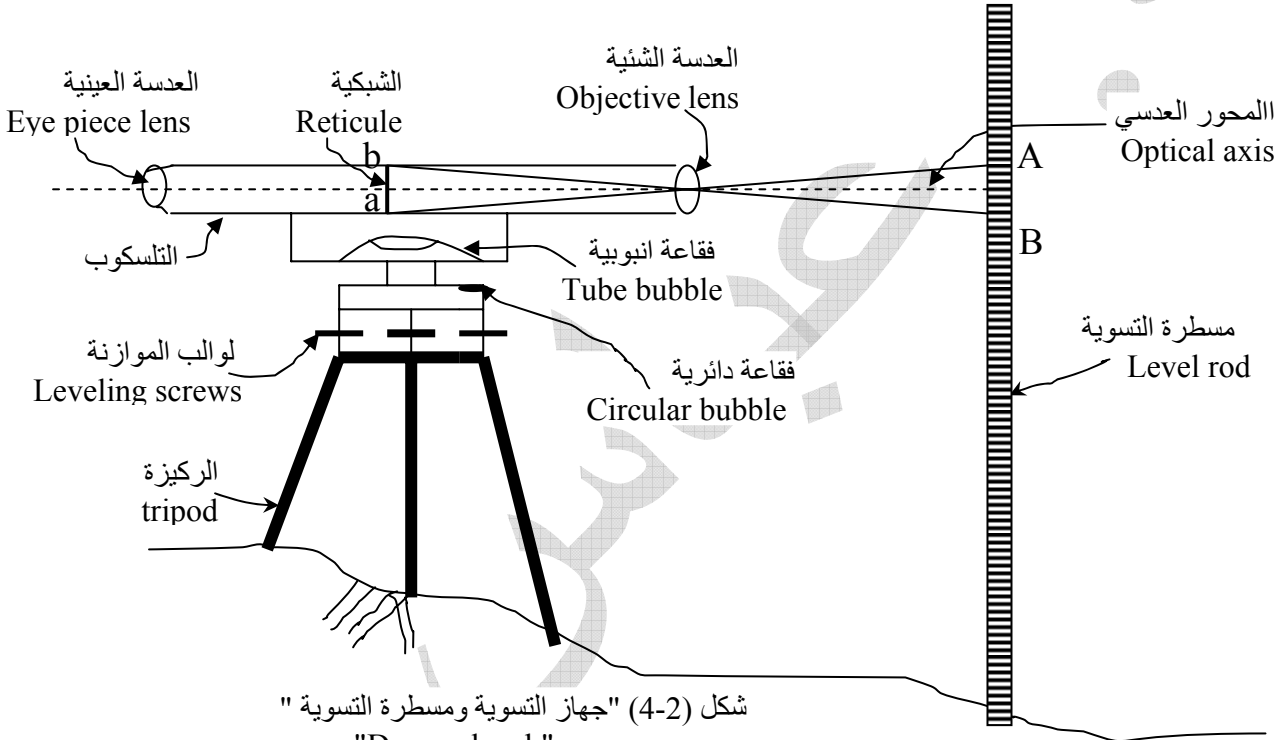
1-جهاز التسوية level

2-مسطرة التسوية level rod

4-4 جهاز التسوية : Level

4-4-1 المركبات الأساسية: Basic Components

ان المركبات (المكونات) الاساسية لجهاز التسوية مبينة في الشكل (4-2) ويمكن ايجازها على النحو الآتي :-



1- التلسكوب Telescope :-

الغرض الاساسي للتلسكوب هو تثبيت خط النظر "Line of sight" واعطاء صورة مبكرة للجسم المنظور [مسطرة التسوية "level rod"].
اشارة الى الشكل [4-2] ، فان التلسكوب يتالف من ثلاثة اجزاء رئيسية :

أ- العدسة الشيئية "objective lens"

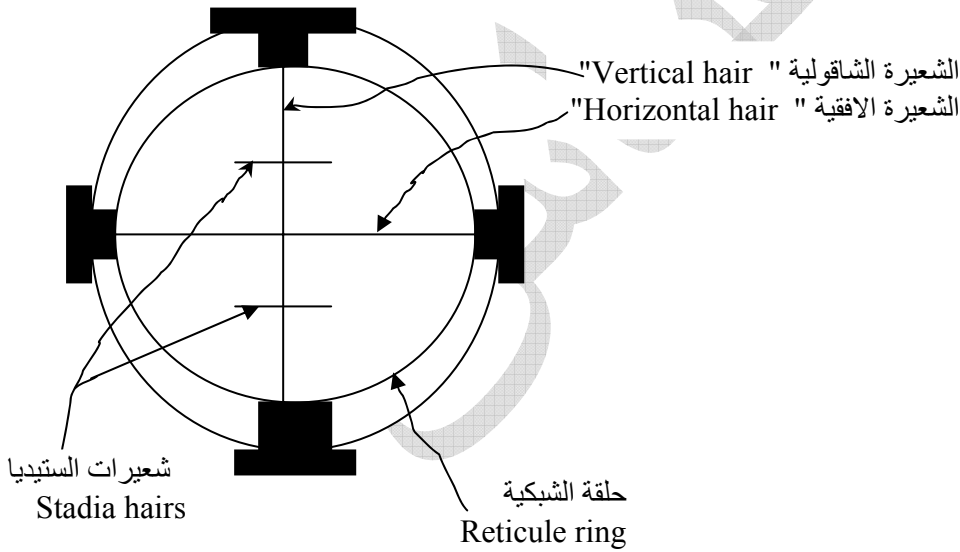
الغرض من العدسة الشيئية هو تكوين صورة حقيقية للجسم المنظور وتكون هذه الصورة صغيرة ومقلوبة ، تقع هذه الصورة في مستوى الشبكية " Reticule " .

ب- العدسة العينية " eye pice lens"

الغرض الرئيسي للعدسة العينية هو تكبير صورة الجسم المنظور [مسطرة التسوية] وشعيرات الشبكية "cross hairs"

ت- الشبكية Reticule

ان الموقع مستوى الشبكية في التلسكوب يمثل مستوى توضح الصورة "focusing plane" لكل من العدسة العينية والعدسة الشيئية .
تتألف الشبكية بشكل رئيسي من شعيرتان " Two hairs " احدهما افقية والشعيرية الشاقولية تمثل مركز الجهاز وتقع على المحور العدسي "optical axes" للجهاز .
الشبكية في معظم اجهزة التسوية تحتوي على شعيراتين افقيين اضافيتين تسمى شعيرات الستيديا "stadia hairs" [شكل (3-4)]



شكل (3-4) الشبكية

2- الفقاعة الانبوية [انوبة التسوية] bubble tube

تستخدم الفقاعة الانبوية [Bubble "level" tube] في جهاز التسوية "level" وذلك للحصول على خط افقي . ان الاتقان الذي يتم الحصول عليه من جهاز التسوية يعتمد بالدرجة الاساس على الفقاعة الانبوية. تتألف الفقاعة الانبوية Bubble tube من انبوبة زجاجية

مغلقة بشكل محكم ، الانبوبية مملوءة تقريبا بسائل "liquid" خليط من الأثير والكحول (سائل غير قابل للأنجماد) أما الجزء المتبقي من الانبوبية عبارة عن فضاء هوائي يسمى الفقاعة "bubble". السطح العلوي للأنبوبية عبارة عن منحنى دائري "circular curve" , إن السائل الموجود في الانبوبية يرفع الفقاعة الى اعلى نقطة في الانبوبية ,وبما ان اعلى نقطة في منحنى دائري يقع في مستوى شاقولي فان المماس في تلك النقطة يكون عبارة عن خط افقي يسمى بمحور الفقاعة الأنبوبية "axis of the bubble tube"

" sensitivity of the bubble tube " حساسية الفقاعة الأنبوبية

ان حساسية الفقاعة الانبوبية تتمثل بالزاوية " α " وهي عبارة عن زاوية ميل الانبوبية لتسبب حركة الفقاعة بمقدار جزء واحد من المقياس المثبت على زجاج الانبويه .

$$*** \alpha = 0.2063 \times 10^6 \times \frac{d}{r} \dots\dots (4-2)$$

حيث ان α = زاوية الميل بالثانية
 d = طول تقسيم واحد من تقسيمات زجاجة الانبويه
 (عادة = 2mm)
 r = نصف قطر منحنى الانبوب

من المعادلة [4-2] اعلاه ، لقيمة معينة لطول التقسيم الواحد "d" ان الزاوية α تتناسب عسكيا مع "r" وعليه يعتبر "r" قياس لحساسية الفقاعة الانبوبية [اذا كبر "r" تزداد حساسية الانبويه (تقل α) والعكس صحيح]
 وعليه فان الانبوبية التي لها [$\alpha=10''$] لها حساسية تساوي ضعف حساسية الانبوبية التي لها [$\alpha=20''$] .

3- الفقاعة الدائرية : circular bubble

تستخدم في جهاز التسوية للحصول على مستوى افقي بشكل تقريبي.

4- لوابل الموازنة: leveling screws

والتي عددها ثلاثة بشكل عام، تستخدم لوزن جهاز التسوية والذي يتم من خلال جعل محور الجهاز (level axis) خط افقي والذي يتم الحصول عليه من خلال تحريك الفقاعة (باستخدام لوابل الموازنة) الى ان تصبح في اعلى موقع في الانبوبية وبشكل منتظم (منتصف الانبوبية).

5- الركيزة : Tripod

عبارة عن ركيزة ذات ثلاثة ارجل تستخدم لحمل "support" جهاز التسوية.

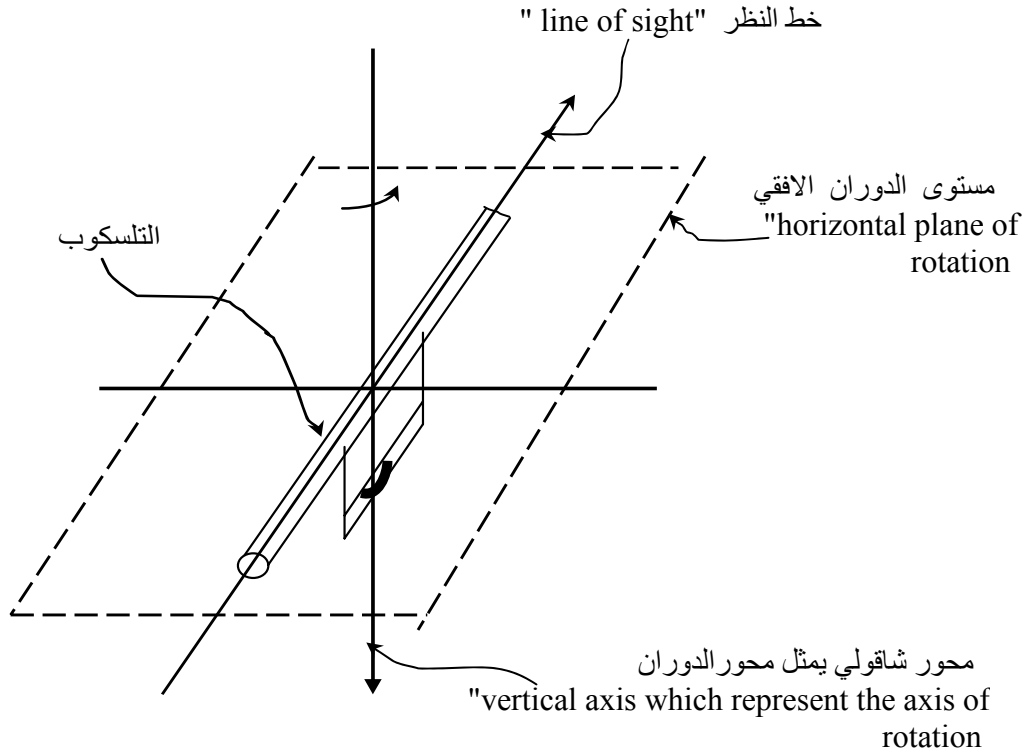
$$*** d = r \times \alpha_{rad} = r \times \alpha'' \times \frac{\pi}{180} \times \frac{1}{3600}$$

4-4-2 Setup of the level التسوية جهاز

يمكن ايجاز وزن الجهاز بالخطوات الاتية:

- 1- فتح ارجل الركيزة Tripod بطول مناسب ($1.5m \rightarrow 1.7m$) ومن ثم تثبيت الركيزة بشكل جيد في الارض بحيث تشكل قاعدة ارجل الركيزة مثلث متساوي الاضلاع (تقريبا) وان اطوال اضلاع هذا المثلث تتلائم مع طول (ارتفاع) ارجل الركيزة على ان يكون السطح العلوي للركيزة افقي قدر المستطاع .
- 2- جعل الانبوبة موازية الى اثنين من لولب الموازنة ويتم تحريك اللولبين سوية الى الداخل او الى الخارج لحين جلب الفقاعة الى منتصف الانبوبة.
- 3- يتم تدوير محور جهاز التسوية الى ان تصيح الانبوبة بشكل متعامد مع اللولب الثالث. يتم تحريك اللولب الى الداخل او الخارج لحين جلب الفقاعة الى منتصف الانبوبة.
- 4 - يتم تدوير الجهاز لا على التعيين للتأكد من وزن الجهاز فان بقيت الفقاعة في المنتصف فهذا يعني انه تم وزن الجهاز وبخلافه تعاد الخطوات 2 و3 و4 اعلاه لحين وزن الجهاز (وزن الجهاز يعني تكوين مستوى افقي عند تدوير "rotating" التلسكوب).

4-4-3 المبادئ الاساسية لجهاز التسوية: Basic principles of the level



شكل (4-3) " المبادئ الاساسية لجهاز التسوية

- المبادئ الأساسية التي يجب توفرها في جهاز التسوية هي:
- 1- خط النظر للتلسكوب متعامد مع المحور الشاقولي للتلسكوب.
 - 2- بعد اجراء نصب "set up" و وزن "leveling" جهاز التسوية "level" ، يجب ان يكون المحور الشاقولي للجهاز باتجاه الجذب الارضي

3- عند دوران [تدوير] التلسكوب حول محوره الشاقولي ، يجب ان تكون حركة خط النظر في مستوى افقي .

4-4-4 انواع جهاز التسوية types of level :

هناك ثلاثة انواع رئيسية لجهاز التسوية وهي:-

1- dumpy level

الوصف العام لجهاز التسوية الذي تم شرحه سابقا والمبين في شكل [4-2] يمثل جهاز Dumpy level.

تلسكوب ال Dumpy level مربوط بشكل محكم مع انبوبة التسوية "Bubble tube". اذا تم وزن "leveling" الجهاز بشكل جيد ، يكون خط النظر موازي الى محور انبوبة التسوية "level tube" [ملاحظة مهمة تم استخدام مصطلحات مختلفة لانبوبة التسوية، جميعها لها نفس المعنى ، اي ان :

Level tube = bubble tube = tube bubble

[الفقاعة الانبوبية = انبوبة التسوية].

2- Tilling level

ان الميزة الرئيسية التي تميز هذا النوع هو امكانية تدوير "tilting" التلسكوب بمستوى شاقولي حول محور افقي مما يوفر السرعة والدقة في تحريك الفقاعة الانبوبية الى منتصف الانبوبة "center" وعندها يتم رؤية صورة الحرف "u - shape" وبهذا يصبح خط النظر خط افقي. لا بد من الاشارة هنا الى انه يجب وزن الجهاز بشكل تقريبي باستخدام الفقاعة الدائرية اولا ومن ثم يتم استخدام المسمار الخاص "tilting screw" والموجود بمحور العدسة العينية للتلسكوب للحصول على ال "u- shape" يجب التأكد من وجود صورة "U- shape" قبل كل قراءة للمسطرة.

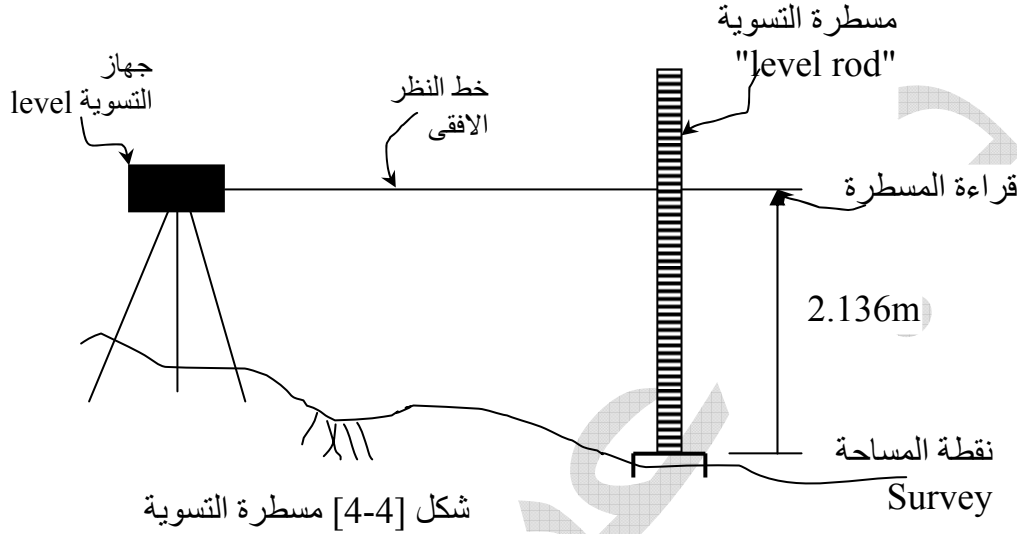
3- Automatic level

ان الميزة الرئيسية التي تميز هذا النوع هو احتواء التلسكوب على مكونات اضافية (مواشير ، مرايا mirrors , prisms) تجعل خط النظر خط افقي بشكل تلقائي اوتوماتيكي من خلال تطبيق مبدأ الجذب الارضي.

لذلك فانه بعد وزن جهاز التسوية بشكل تقريبي باستخدام الفقاعة الدائرية "circular bubble" تتحرك هذه المكونات بحرية الى مواقع جديدة تلقائيا "automatically" ويصبح عندها خط النظر خط افقي. ان هذه الاجهزة لها اتقان عالي ، سهولة وسريعة الاستخدام.

4-5 مسطرة التسوية: Level Rod

تستخدم مسطرة التسوية لقياس المسافة الشاقولية "vertical distance" من نقطة المساحة "survey point" الى خط النظر الافقي. وهي عبارة عن كمية متجهة ، موجبة الى الاعلى " + " وسالبة الى الاسفل " - ↓ "



هناك انواع واطوال مختلفة لمسطرة التسوية، اقل قراءة فيها "least count" هي 1 cm وعليه تكون قراءة المليمترات الاضافية بالتخمين "by estimation" ويجب تسجيل القراءة الى ثلاث مرتب بعد الفاصلة [الوحدة هي المتر m] كما هو مبين في شكل [4-4].

4-6 انواع التسوية:-

- 1- التسوية التفاضلية Differential leveling:- تتخصص التسوية التفاضلية "Differential leveling" في تحديد "determining" ارتفاعات "Elevations" رواقم تسوية جديدة "New Bench Marks".
- 2- Profile Leveling:- تتخصص في تحديد شكل (تضاريس) الارض , بما فيه من ارتفاعات وانخفاضات , على امتداد خط معين مثبت مسبقا.
- 3- Grid leveling:- تتخصص في تحديد شكل (تضاريس الارض) بما فيه من ارتفاعات وانخفاضات من خلال تقسيم قطعة الارض الى شبكة مربعات ويتم تحديد ارتفاعات نقاط الشبكة .

4-7 التسوية التفاضلية Differential leveling :-

وهي عملية تحديد ارتفاعات رواقم تسوية جديدة "New Bench Marks" [جديدة "New" يعني أن هذه النقاط عبارة عن نقاط مجهولة الارتفاع "unknown elevation" والمطلوب هو تحديد ارتفاعاتها لتصبح رواقم تسوية Bench Marks معلومة الارتفاع "Known elevation"] .
أن التسوية التفاضلية "Differential leveling" غالبا (عادة) يتم انجازها بطريقة التسوية المباشرة باستخدام جهاز التسوية "level" ومسطرة التسوية "level rod".

4-7-1 تعريفات أساسية Basic definitions :-

أشارة الى الشكل [4-6] أدناه ، في البداية لابد من تعريف بعض المتغيرات variables الاساسية في موضوع التسوية التفاضلية المباشرة :-

راقم التسوية Benchmark (B.M) :- هو عبارة عن نقطة دائمية "permanent" معلومة الارتفاع "known elevation" مثبتة في الطبيعة , يتم وصفها وتعريفها بشكل جيد.

قراءة خلفية Backsight (B.S) :- وهي قراءة المسطرة التي تؤخذ على نقطة معلومة (محسوبة) الارتفاع "Elevation".

قراءة أمامية Foresight (F.S) :- وهي قراءة المسطرة التي تؤخذ على نقطة مجهولة الارتفاع.

نقطة تحول Turning Point (T.P) :- وهي عبارة عن نقطة [مؤقتة "ليست دائمية"] تؤخذ عليها قرانتين لمسطرة التسوية , الاولى قراءة أمامية "F.S" [من نصبة جهاز التسوية القديمة] والثانية قراءة خلفية "B.S" [من نصبة جهاز التسوية الجديدة].

مسافة القراءة الخلفية "D_{B.S}" Back sight distance

وهي عبارة عن المسافة الافقية من النقطة المنصوب عليها جهاز التسوية (مركز الجهاز) الى النقطة التي تؤخذ عليها قراءة مسطرة خلفية B.S.

مسافة القراءة الامامية "D_{F.S}" foresight distance

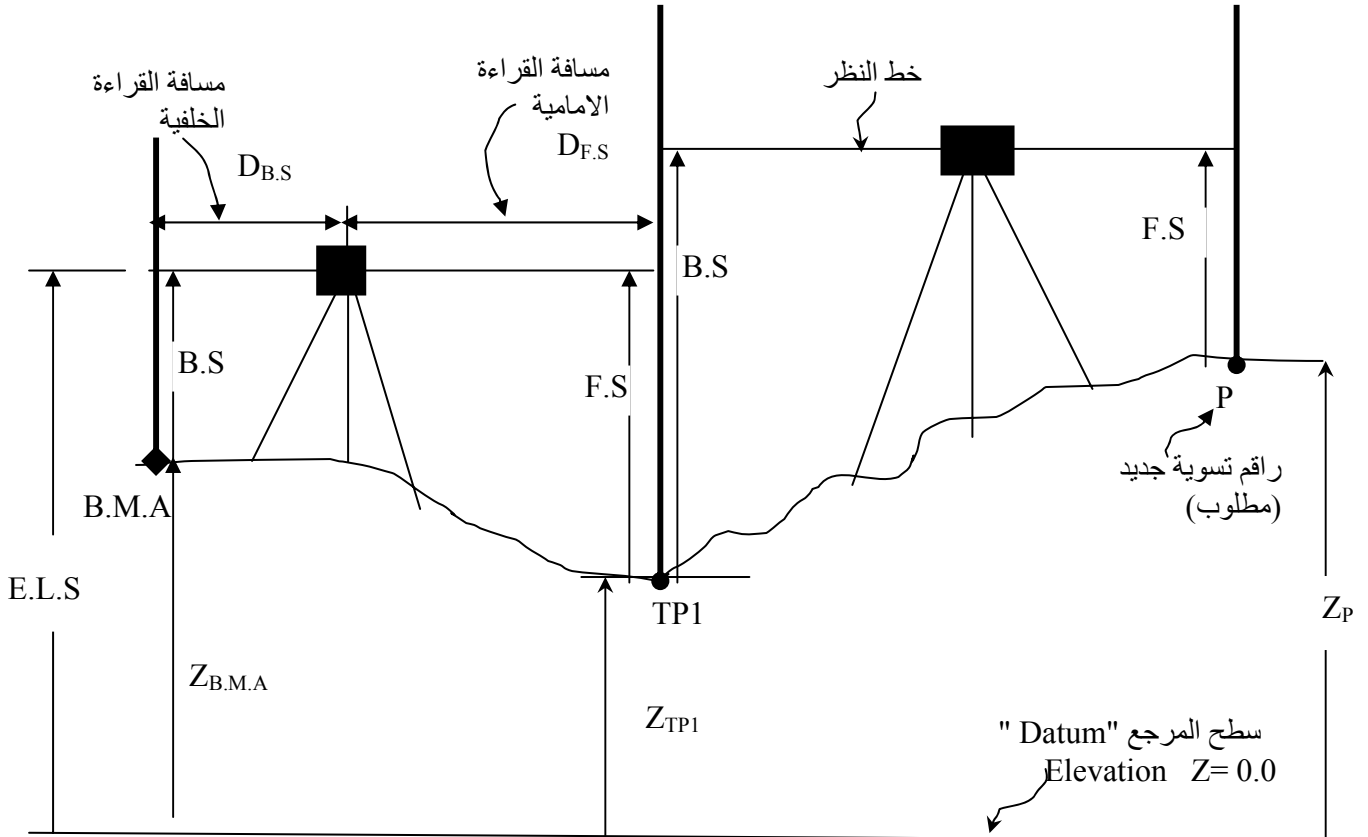
وهي عبارة عن المسافة الافقية من النقطة المنصوب عليها جهاز التسوية (مركز الجهاز) الى النقطة التي تؤخذ عليها قراءة مسطرة الامامية F.S.

ارتفاع خط النظر "E.L.S"

وهو عبارة عن ارتفاع "elevation" مركز جهاز التسوية والتمثل بنقطة تقاطع المحور العدسي "optical axis" للتلسكوب مع مستوى الشبكية "reticule plane"

4-7-2 اسلوب التسوية التفاضلية المباشرة

اشارة الى الشكل (4-6) ، بشكل عام تتطلب التسوية التفاضلية المباشرة عدد "series" من نصبات "set ups" جهاز التسوية على امتداد مسار "Route" معين وفي كل نصبة من نصبات الجهاز يتم اخذ قرائتين لمسطرة التسوية ; قراءة مسطرة خلفية "back to" لنقطة معلومة (محسوبة) الارتفاع [B.S] والاخرى قراءة مسطرة أمامية "forward" لنقطة مجهولة الارتفاع [F.S] لابد من الاشارة هنا الى أن طول مسار التسوية "leveling route" , من راقم التسوية (B.M) المعلوم الارتفاع الى راقم التسوية الجديد المجهول الارتفاع , يجب أن يكون أقصر ما يمكن , لأنه كلما كان مسار التسوية أطول كلما كان الخطأ أكبر والعكس صحيح. أو بعبارة أخرى ; كلما كان مسار التسوية "leveling Route" أطول كلما كانت عدد نصبات "set ups" جهاز التسوية أكبر وهذا يعني أن الخطأ يكون أكبر والعكس صحيح.



شكل (4-6) " اسلوب التسوية التفاضلية المباشرة"

4-7-3 تسجيل البيانات الحقلية في التسوية المباشرة Direct Leveling Field Notes:-

في التسوية التفاضلية Differential leveling باستخدام جهاز التسوية يتم رصد نقطتين في كل نصبة من نصبات جهاز التسوية وتكون احدى هاتين النقطتين معلومة الارتفاع وقراءة المسطرة عليها تكون B.S ; والنقطة الاخرى مجهولة الارتفاع وتكون قراءة المسطرة عليها F.S. أما في أعمال المقاطع profile leveling وأعمال الاخرى من التسوية والتي يكون الغرض فيها تحديد شكل (تضاريس) الارض باستخدام جهاز التسوية يتم رصد عدد من النقاط في كل نصبة من نصبات الجهاز.

احدى هذه النقاط تكون معلومة الارتفاع وتسمى قراءة المسطرة عليها B.S أما النقاط الاخرى فهي نقاط مجهولة الارتفاع وتكون قراءة المسطرة عليها F.S (عادة يتم تسمية قراءات المسطرة على النقاط التي لا تتبعها نقلة الجهاز I.F.S).

وعليه يمكن القول أنه بشكل عام في التسوية المباشرة من المحتمل وجود ثلاث أنواع من قراءات المسطرة B.S, F.S, I.F.S في كل نصبة من نصبات جهاز التسوية.

ولغرض تلافي الغلط Mistake الذي قد يحصل عند تسجيل قراءة المسطرة في كون هذه القراءة هي قراءة B.S أم F.S يتم أتباع الاسلوب الاتي في تدوين البيانات الحقلية في التسوية المباشرة

Level set up	Observed pt. \ sta.	Rod reading(m)	Remarks
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

4-7-4 طرق اجراء الحسابات Computation Method

توجد طريقتين لاجراء الحسابات في التسوية التفاضلية المباشرة
"Direct differential leveling "

1. طريقة ارتفاع خط النظر

2. طريقة فرق الارتفاع

الفرق بين الطريقتين هو اسلوب اجراء الحسابات فقط الا ان النتائج تكون واحدة .

مثال

في الشكل (4-6) ولغرض تحديد ارتفاع راقم تسوية جديد "p" ، تم اجراء اعمال التسوية التفاضلية باستخدام جهاز التسوية وكانت قراءات مسطرة التسوية على النحو الاتي :

نصبة الجهاز Level setup	النقطة المرصودة Observed point	قراءة المسطرة Rod reading (m)	الارتفاع Elevation (m)
1	B.M.A	1.805	25.164
2	TP ₁	2.347	
	TP ₁	2.653	
	P	1.568	

احسب ارتفاع "Elevation" نقطة "p" بطريقتين :-

1. احسب ارتفاع خط النظر.

2. طريقة فرق الارتفاع.

مع اجراء كافة التدقيقات الحسابية "Arimatical check"

الحل

1. طريقة ارتفاع خط النظر :-

يتم اجراء الحسابات بهذه الطريقة وفق [بموجب] الجدول الاتي :

Point	B.S m	E.L.S m	F.S m	Elevation Z m
B.M.A	1.805	26.969		25.164
TP ₁	2.653	27.275	2.347	24.622
P			1.568	25.707
	$\sum B.S =$ 4.458		$\sum F.S =$ 3.915	

$$0.543m \sum B.S - \sum F.S = 4.458 - 3.915 =$$

$$\text{Last Elev.} - \text{First Elev.} = 25.707 - 25.164 = 0.543m$$

Check

2. طريقة فرق الارتفاع

يتم اجراء الحسابات بهذه الطريقة وفق الاتي:-

Point	B.S m	F.S m	ΔZ_{ij} m	Elevation Z m
B.M.A	1.805			25.164
TP ₁	2.653	2.347	-0.542	24.622
P		1.568	1.085	25.707
	$\sum B.S =$ 4.458	$\sum F.S =$ 3.915	$\sum \Delta Z =$ 0.5543	

$$\sum B.S - \sum F.S = 4.458 - 3.915 = 0.543m \quad \leftarrow \text{check}$$

$$\text{Last. Elev.} - \text{first elve.} = 25.707 - 25.164 = 0.543$$

$$\sum \Delta Z = 0.543m \quad \leftarrow \text{check}$$

ملاحظة:-

اشارة الى الشكل (4-6) ، لقد تم اجراء الحسابات بالطريقتين اعلاه ولاي نسبة من نصبات الجهاز على النحو الاتي :-
لو فرض ان :-

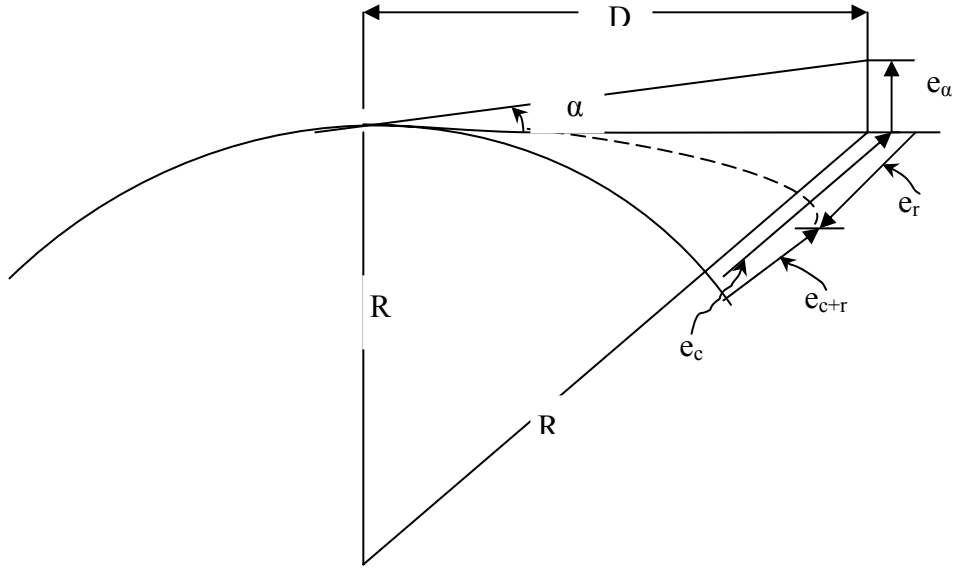
- = k = نصبة الجهاز (الاولى او الثانية او)
 = i = النقطة التي اوخذ عليها قراءة خلفية "B.S" في نصبة الجهاز "K"
 = j = النقطة التي اوخذ عليها قراءة امامية "F.S" في نصبة الجهاز "K"
 وعليه ، اشارة الى الشكل (4-6):-
 1. طريقة ارتفاع خط النظر
 $Z_i + B.S_i = E.L.S_k \rightarrow Z_j = E.L.S_k - F.S_j$
 2. طريقة فرق الارتفاع
 $B.S_i - F.S_j = \Delta Z_{ij} \rightarrow Z_j = Z_i + \Delta Z_{ij}$

4-7-5 الاخطاء المنتظمة في التسوية التفاضلية المباشرة

Systematic errors in direct differential leveling

هناك ثلاث مصادر للاخطاء المنتظمة في التسوية التفاضلية المباشرة :-

1. تكور الارض Earth curvature
2. انكسار الضوء refraction of light
3. ميلان خط النظر Inclination of line of sight



شكل (4-7) الاخطاء المنتظمة في التسوية

- في الشكل (4-7) ،
- e_c = الخطأ المنتظم لتكور الارض
 e_r = الخطأ المنتظم لانكسار الضوء
 e_{c+r} = الخطأ الاجمالي لتكور الارض وانكسار الضوء

$$\therefore e_{c+r} = e_c - e_r$$

(اي ان انكسار الضوء يقلل من تأثير تكور الارض)

" α " = الخطأ المنتظم لميلان خط النظر بزاوية عمودية مقدارها

$$e_{\alpha} \therefore = D \tan \alpha \quad \dots [4-2]$$

حيث ان : α = زاوية ميل خط النظر

D = المسافة الافقية من مركز جهاز التسوية الى النقطة المرصودة .

وكذلك ؛

$$R^2 + D^2 = (R + e_c)^2$$

$$\therefore R^2 + D^2 = R^2 + 2R e_c + e_c^2$$

$$D^2 = e_c [2R + e_c]$$

$$\therefore e_c = \frac{D^2}{2R + e_c}$$

(لان قيمته صغيرة جدا مقارنة مع R ، حيث ان $R=6371\text{km}$)

$$\therefore e_c = \frac{D^2}{2R}$$

$$R = 6371 \text{ km}$$

$$\therefore e_c = 0.0785 D^2 \dots \dots [4 - 3]$$

$$e_c = \text{in} \cdot m$$

$$D = \text{in} \cdot \text{km}$$

$$e_r \cong 0.14 e_c \quad (\text{من التجارب})$$

$$\therefore e_{c+r} = e_c - e_r = e_c - 0.14 e_c = 0.86 e_c$$

$$\therefore e_{c+r} = 0.0675 D^2 \dots \dots (4-4)$$

$$e_{c+r} = m, D = \text{km}$$

وبهذا يكون الخطأ المنتظم الاجمالي لتكور الارض وانكسار الضوء وميلان خط

$$e_{c+r+\alpha} = \text{النظر}$$

$$e_{c+r+\alpha} = e_{c+r} + e_{\alpha}$$

$$\therefore e_{c+r+\alpha} = 0.0675 \left[\frac{D}{1000} \right]^2 + D \tan \alpha \dots \dots (4-5)$$

$$D = \text{in}(m), e_{c+r+\alpha} = \text{in}(m)$$

التصحيح للاخطاء المنتظمة

ان المعادلة (4-5) اعلاه تمثل علاقة رياضية شاملة لتصحيح قراءة مسطرة التسوية لكافة الاخطاء المنتظمة الناجمة عن تكور الارض وانكسار الضوء وميلان خط النظر .

ان المسافة $D_{B.S} = D$ = مسافة القراءة الخلفية " backsight distance "

في حالة كون قراءة المسطرة B.S

" foresight distance " $D_{F.S} = D$ = مسافة القراءة الامامية

في حالة كون قراءة المسطرة F.S

لو فرض ان : $\overline{B.S}$ = قراءة المسطرة الخلفية المصححة للاخطاء المنتظمة

$\overline{F.S}$ = قراءة المسطرة الامامية المصححة للاخطاء المنتظمة.

$e_{B.S}$ = الخطأ في قراءة المسطرة الخلفية نتيجة الأخطاء المنتظمة.

$e_{F.S}$ = الخطأ في قراءة المسطرة الامامية نتيجة الأخطاء المنتظمة.

أشارة الى المعادلة [4-5] أعلاه

$$e_{B.S} = 0.0675 \left[\frac{D_{B.S}}{1000} \right]^2 + D_{B.S} \tan \alpha \dots [4-6]$$

$$e_{F.S} = 0.0675 \left[\frac{D_{F.S}}{1000} \right]^2 + D_{F.S} \tan \alpha \dots [4-7]$$

$$\overline{B.S} = B.S - e_{B.S} \dots \dots [4-8]$$

$$\overline{F.S} = F.S - e_{F.S} \dots \dots [4-9]$$

مثال :-

في التسوية التفاضلية المباشرة يفضل دائما نصب جهاز التسوية في منتصف المسافة بين النقطتين المرصودتين $[D_{B.S}=D_{F.S}]$. لماذا؟ بين ذلك رياضيا.

الحل:- لو فرض أنه في احدى نصبات جهاز التسوية تم رصد النقطتين A, B حيث أن

A = نقطة أخذت عليها قراءة خلفية B.S

B = نقطة أخذت عليها قراءة أمامية F.S

وأن جهاز التسوية نصب في منتصف المسافة بين النقطتين A,B أي أن $D_{B.S}=D_{F.S}$ وعليه لو فرض أيضا وجود أخطاء منتظمة نتيجة تكور الارض ، أنكسار الضوء وميلان خط النظر.

في هذه الحالة فإن:-

$$\begin{aligned}\Delta Z_{AB} &= \overline{B.S_A} - \overline{F.S_B} \\ &= (B.S_A - e_{B.S}) - (F.S_B - e_{F.S}) \\ \Delta Z_{AB} &= B.S_A - F.S_B - [e_{B.S} - e_{F.S}] \dots \dots [4-10]\end{aligned}$$

اشارة الى المعادلة [4-6] والمعادلة [4-7] ولكون $D_{B.S}=D_{F.S}$

$$e_{B.S}=e_{F.S}$$

أشارة الى المعادلة [4-10] أعلاه فإن ذلك [نصب جهاز التسوية في منتصف المسافة $D_{B.S}=D_{F.S}$] يلغي تأثير الأخطاء المنتظمة.

وهذا يعني عدم وجود الحاجة لتصحيح قراءات المسطرة في حالة $D_{B.S}=D_{F.S}$.

(و.ه.م)