

# جهاز التسوية المساحي (Level)

## المادة: المساحة / 2

في هذه المحاضرة سيتم التطرق الى :-

1. مقدمة .
2. تعريف جهاز التسوية المساحي(Level) .
3. القراءات الاساسية في جهاز التسوية المساحي(Level) .
4. خطا الغلق في جهاز التسوية المساحي(Level) .
5. الخطا المسموح به Permissible Closing Error
6. توزيع خطأ الإغلاق على النقاط حسب المسافة ( Distribution of Closing Error According to Distance).
7. حساب المناسيب المصححة Corrected Reduced Levels (Corrected RLs)
8. الجانب العملي

## 1. المقدمة Introduction

تُعد الأجهزة المساحية من الأدوات الأساسية في أعمال المساحة والهندسة المدنية، إذ تساعد المسّاح والمهندس على تحديد مواقع النقاط وقياس الزوايا والمناسيب بدقة، وهي من الأسس المهمة في تنفيذ المشاريع الهندسية المختلفة، مثل الطرق والجسور والمباني وشبكات البنى التحتية. ومن أهم الأجهزة المستخدمة في الأعمال المساحية جهاز التسوية المساحي (Level) وجهاز الثيودولايت(Theodolite) ، حيث يؤدي كل جهاز وظيفة أساسية ومكملة للآخر ضمن عمليات الرفع والتوقيع والمسح الهندسي.

يُستخدم جهاز التسوية المساحي (Level) بصورة رئيسية لتحديد المناسيب والفرق في الارتفاع بين النقاط، وذلك من خلال إنشاء خط نظر أفقي وقراءة القامة المساحية، ومن أهم القراءات المستخدمة فيه القراءة الخلفية (Back Sight)والقراءة الأمامية(Fore Sight) ، والتي يمكن من خلالها حساب مناسيب النقاط والتحقق من خطأ الغلق.(Closing Error) أما جهاز الثيودولايت (Theodolite) فيُستخدم بصورة أساسية لقياس الزوايا الأفقية والرأسية بدقة، ويعتمد في عمله على دوران المنظار حول المحور الرأسي والمحور الأفقي، مما يسمح بتحديد الاتجاهات والزوايا اللازمة للعديد من الأعمال المساحية والهندسية. وعلى الرغم من اختلاف الوظيفة الأساسية لكل جهاز، فإنهما يشتركان في هدف رئيسي، وهو توفير بيانات مساحية دقيقة تساعد في تحديد مواقع النقاط ومناسيبها واتجاهاتها وتنفيذ الأعمال الهندسية وفق المخططات والتصاميم المعتمدة.




**شكل رقم 1 :- جهاز التسوية المساحي**

## 2. تعريف جهاز التسوية المساحي(Level)

التسوية المساحي (Level) هو جهاز يُستخدم في أعمال المساحة لتحديد مناسيب النقاط والفرق في الارتفاع بينها، وذلك من خلال إنشاء خط نظر أفقي وقراءة تدريج القامة المساحية(Staff) . ويُستخدم الجهاز بشكل واسع في:

1. أعمال الطرق والجسور .
2. تنفيذ شبكات المجاري ومياه الأمطار .
3. أعمال التسوية الترابية .
4. تحديد مناسيب المباني والأساسات .
5. تحديد مناسيب الأرصفة والتبليط .
6. أعمال التصريف والميلان .
7. نقل المناسيب من نقطة معلومة إلى نقاط أخرى .
8. فحص المناسيب أثناء تنفيذ المشاريع.

## 3. القراءات الأساسية في أعمال التسوية المساحية

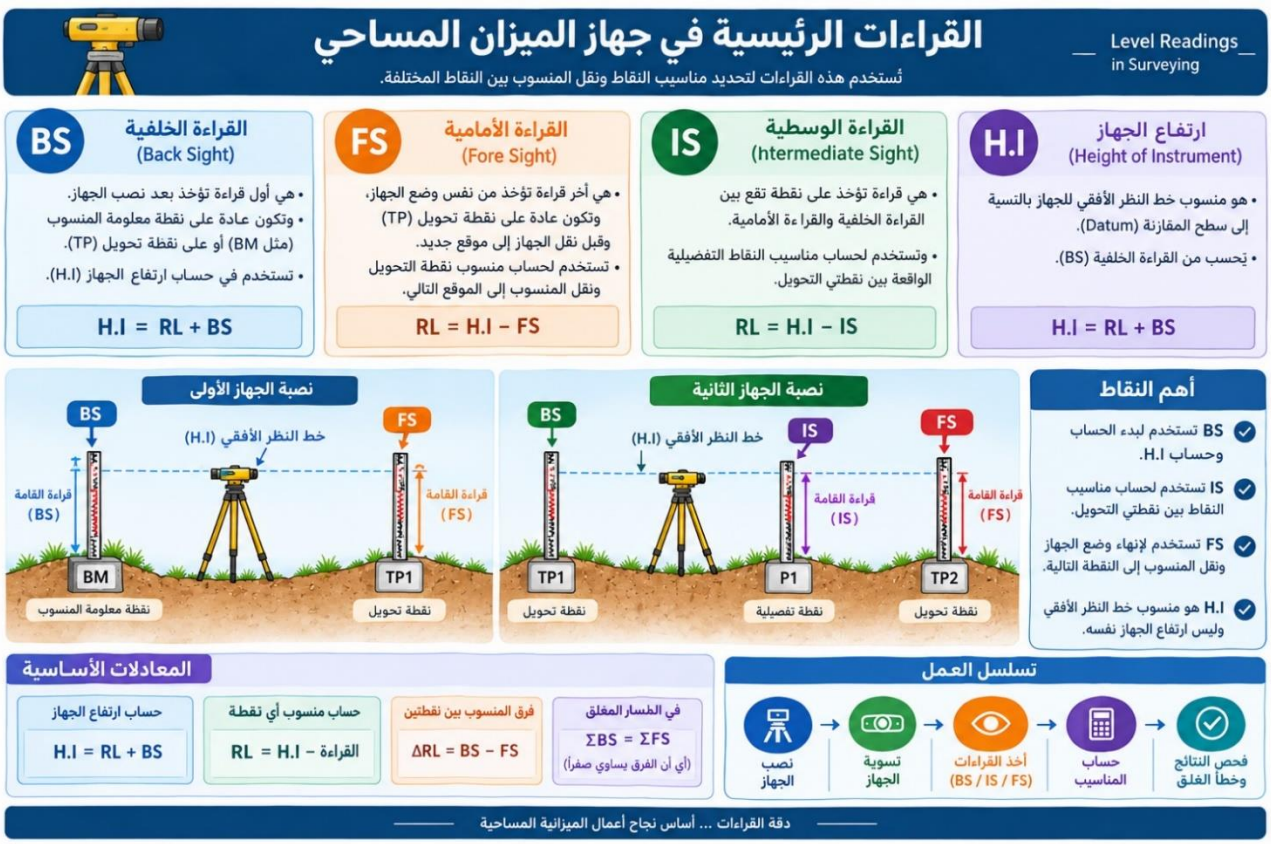
عند استخدام جهاز التسوية المساحي (Level) يتم نصب الجهاز وتسويته بحيث يصبح خط النظر أفقياً، ثم توضع القامة المساحية (Staff)على النقاط المراد تحديد مناسيبها. وتوجد أربع مفاهيم أساسية يجب فهمها ، وهي القراءة الخلفية(Back Sight – BS) ، والقراءة الأمامية(Fore Sight – FS) ، والقراءة الوسطية (Intermediate Sight – IS)، وارتفاع الجهاز أو منسوب خط النظر(Height of Instrument – H.I) .

1- القراءة الخلفية :(Back Sight – BS) هي أول قراءة تؤخذ بعد نصب الجهاز، وتكون عادةً على نقطة معلومة المنسوب مثل (Benchmark (BM، أو على نقطة تحويل Turning Point (TP)عند نقل الجهاز من موقع إلى آخر. وتستخدم القراءة الخلفية بصورة أساسية في حساب ارتفاع الجهازH.I ، وفق العلاقة (H.I = RL + BS ) حيث إن RLهو منسوب النقطة التي وضعت عليها القامة، و BSهي قيمة القراءة الخلفية.

2- ارتفاع الجهاز :(Height of Instrument – H.I) هو منسوب خط النظر الأفقي لجهاز الميزان بالنسبة إلى مستوى المقارنة Datum، وليس المقصود به الارتفاع الفيزيائي للجهاز عن سطح الأرض. فعلى سبيل المثال، إذا كان منسوب النقطة المعلومة RL = 100.000 mوكانت القراءة الخلفية BS = 1.500 m، فإن: H.I = 100.000 + 1.500 = 101.500 m.

3- القراءة الوسطية :(Intermediate Sight – IS) هي أي قراءة تؤخذ على نقطة تقع بين القراءة الخلفية والقراءة الأمامية ومن نفس وضع الجهاز، ولا يتم نقل الجهاز بعد أخذها. وتستخدم هذه القراءة لحساب منسوب النقاط التفصيلية الواقعة بين نقطتي التحويل. ويحسب منسوب النقطة من ( RL = H.I – IS)

4- القراءة الأمامية :(Fore Sight – FS) هي آخر قراءة تؤخذ من وضع الجهاز نفسه قبل نقل الجهاز إلى موقع جديد، وتكون غالباً على نقطة تحويل .TPوتستخدم لحساب منسوب نقطة التحويل، ثم يتم نقل الجهاز وأخذ قراءة خلفية BSعلى نفس نقطة التحويل من الموقع الجديد، وبذلك يستمر نقل المناسيب من نقطة إلى أخرى.




**شكل رقم 2 :- جهاز التسوية المساحي**

## 4. خطا الغلق في جهاز التسوية المساحي (Closing Error)

يُعد خطأ الغلق (Closing Error) من أهم الفحوصات التي تُجرى للتأكد من صحة نتائج أعمال الميزانية المساحية. ويظهر خطأ الغلق عندما نُجري مسار ميزانية يبدأ من نقطة معلومة المنسوب Benchmark (BM) وينتهي عند نقطة معلومة المنسوب، ثم نجد أن المنسوب المحسوب للنقطة النهائية لا يساوي منسوبها المعلوم. بمعنى آخر، نبدأ من منسوب معروف ونقوم بنقل المنسوب بواسطة جهاز الـ Levelمن نقطة إلى أخرى، وعند

العودة إلى نقطة النهاية يجب أن نحصل على المنسوب المعروف نفسه. وإذا ظهر فرق بين المنسوب المحسوب والمنسوب المعلوم، فإن هذا الفرق يسمى **خطأ الغلق**. و العلاقة الأساسية

في مسار الغلق **( معادلة رقم 1)** هي كتالي :

$$\text{Closing Error} = RL_{\text{محسوب}} - RL_{\text{معلوم}}$$

كما يمكن التحقق من خطأ الغلق **( معادلة رقم 2)** من خلال القراءات:

$$\text{Closing Error} = \sum BS - \sum FS$$

وفي حالة الغلق المثالي:

$$\sum BS = \sum FS$$

**وبالتالي:**

$$\textbf{Closing Error} = 0$$

### 5. الخطا المسموح به Permissible Closing Error

في التطبيقات العملية قد يظهر خطأ بسيط نتيجة أخطاء القراءة والتسجيل والحساب، أو بسبب الظروف الطبيعية وأخطاء الجهاز. بعد الانتهاء من أعمال الميزانية، يتم حساب خطأ الغلق ومقارنته بالخطأ المسموح به (**Permissible Closing Error**)، والذي يعتمد على طول مسار الميزانية ودرجة الدقة المطلوبة والمواصفات المعتمدة. وتكون حالات خطأ الغلق كما يأتي:

**اولاً: خطأ غلق مقبول**

إذا كان مقدار خطأ الغلق ضمن الحدود المسموح بها، فإن العمل يُعد مقبولاً من ناحية دقة الغلق، ويمكن إجراء التصحيح اللازم على المناسيب المحسوبة لتوزيع الخطأ وإزالته، وفق طريقة التصحيح المعتمدة.

**ثانياً: خطأ غلق غير مقبول**

إذا تجاوز مقدار خطأ الغلق الحد المسموح به، فإن نتائج الميزانية تُرفض، ولا يجوز اعتمادها أو إجراء تصحيح حسابي عليها لإخفاء الخطأ، بل يجب مراجعة القراءات والحسابات وإعادة القياس عند الحاجة.

الخطأ المسموح به (Permissible Closing Error) هو أكبر قيمة لخطأ الغلق يمكن قبولها في أعمال الميزانية، ويعتمد على درجة دقة التسوية وطول مسار الميزانية .لذلك لا توجد قيمة ثابتة تصلح لجميع الأعمال. ن أشهر المراجع الدولية في هذا المجال مواصفات FGCS/NGSالتابعة لـNOAA ، وهي تصنف التسوية الجيوديسية إلى First Order، Second Order Class I، Second Order Class II، Third Order، وتربط حد الغلق بطول المسار. ويمكن كتابة المعادلة العامه له كتالي ( معادلة رقم 3) :

$$e_{allow} = \pm C\sqrt{K}$$

حيث

( $e_{allow}$ ) = الخطا المسموح به ب( mm ).

( C ) = ثابت يعتمد على درجة دقة التسوية.

( K ) = طول مسار التسوية بكيلومتر.

وفق مواصفات FGCS للتسوية الجيوديسية، حدود خطأ القطاع Section Misclosure هي:

| *Levelling Order* ***درجة التسوية*** | *Permissible Closing Error* ***الخطأ المسموح به*** |
|---|---|
| First Order – Class I | $\pm 3mm\sqrt{K}$ |
| First Order – Class II | $\pm 4mm\sqrt{K}$ |
| Second Order – Class I | $\pm 6mm\sqrt{K}$ |
| Second Order – Class II | $\pm 8mm\sqrt{K}$ |
| Third Order | $\pm 12mm\sqrt{K}$ |

وهذه القيم منشورة ضمن مواصفاتFGCS ، حيث يعرّف K بأنه أقصر طول باتجاه واحد للقطاع بالكيلومتر.

هناك فرق بين ( Section Misclosure) يقيس خطأ إغلاق قطاع واحد بين نقطتين معلومتين، بينما ( Section Misclosure) يقيس خطأ إغلاق مسار كامل يعود إلى نقطة البداية. لذلك Section Misclosure، يُعرّف K بأنه أقصر طول باتجاه واحد للقطاع بالكيلومتر. أما في حالة الحلقة المغلقة، فإن K، وهو طول الحلقة الكلي.

قانون توزيع الخطأ حسب المسافة.

## 6. توزيع خطأ الإغلاق على النقاط حسب المسافة ( Distribution of Closing Error According to Distance)

يُعد توزيع خطأ الإغلاق من الخطوات الأساسية في أعمال التسوية، خصوصًا عند تنفيذ مسار تسوية مغلق يبدأ من نقطة معلومة المنسوب وينتهي عند النقطة نفسها أو عند نقطة معلومة المنسوب. الفكرة الأساسية هي أن خطأ الإغلاق لا يُهمل، وإنما إذا كان ضمن الدقة المسموح بها، يتم توزيعه على نقاط المسار بصورة تدريجية، بحيث يكون التصحيح عند البداية صفرًا ويصل إلى كامل قيمة التصحيح عند نقطة الإغلاق. (المعادلة رقم 4 ) تمثل قانون توزيع الخطأ حسب المسافة وكتالي:

$$C_i = -e \frac{d_i}{D}$$

**حيث:**

( $C_i$ ) = التصحيح الذي يضاف الى نقطة i.

( $e$ ) = خطا الاغلاق.

( $d_i$ ) = المسافة التراكمية من نقطة البداية الى نقطة i.

( $D$ ) = المسافة الكلية.

**ملاحظة مهمة**

**إشارة التصحيح تكون عكس إشارة خطأ الإغلاق:**

- **إذا كان e موجبًا ← التصحيحات سالبة .**
- **إذا كان e سالبًا ← التصحيحات موجبة .**

## 7. حساب المناسيب المصححة Corrected Reduced Levels (Corrected RLs)

بعد حساب **المناسيب الأولية (RL Calculated)** وحساب **خطأ الإغلاق (Closing Error)** وتوزيعه على النقاط، تأتي الخطوة الأخيرة وهي حساب **المنسوب المصحح لكل نقطة**. (المعادلة رقم 5 ) تمثل قانون حساب المنسوب المصحح وكتالي:

$$RL_C = RL + C$$

**حيث:**

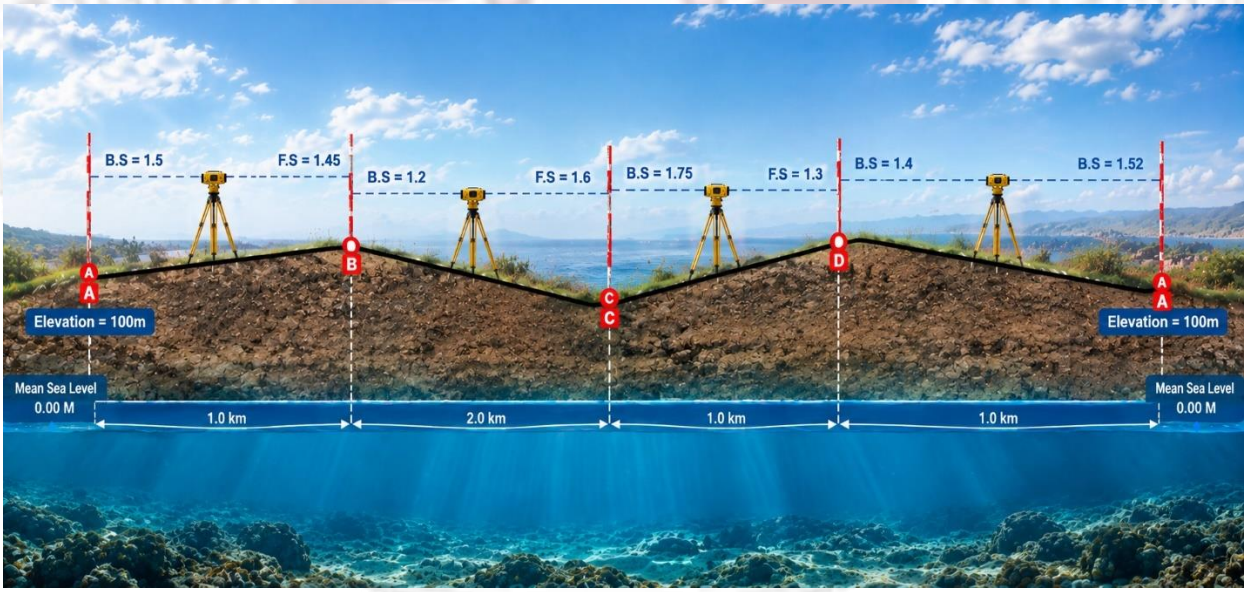
$(RL_C)$ = المنسوب المصحح.

$(RL)$ = المنسوب المحسوب قبل التصحيح.

$(C)$ = التصحيح الموزع على النقاط.

**مثال :-** لدينا مسار تسوية مغلق لطريق من الدرجة الثانية يبدأ من النقطة A ذات المنسوب المعلوم (RL=100.000,m)، ثم يمر بالنقاط Bو Cو Dويعود مرة أخرى إلى النقطة A. تم تنفيذ أعمال التسوية باستخدام جهاز الميزان المساحي، وكانت المسافة الكلية للحلقة 5.0 km. كما في جدول التسوية ادناه ( المطلوب حساب مناسيب النقاط اذا علمت ان دقة التسوية المطلوبة للعمل من الدرجة الثالثة Third Order)

| Station | B. S | F. S | H. I | Distance |
|---|---|---|---|---|
| A | 1.5 | | | |
| B | 1.2 | 1.45 | | A ⟶ B 1km |
| C | 1.75 | 1.6 | | B ⟶ C 2 km |
| D | 1.4 | 1.3 | | C ⟶ D 1 km |
| A | | 1.52 | | D ⟶ A 1km |




**الحل :-**

**1.** حساب ارتفاع الجهاز H.I

$$H.I_1 = RL_A + B.S \longrightarrow \quad 100 + 1.5 = 101.5M$$

**2.** نقوم بحساب منسوب نقطة B

$RL_B = H.I_1 - F.S \longrightarrow 101.5 - 1.45 = 100.05M$

**3.** نقوم بحساب منسوب النقطة C

$H.I_2 = RL_B + B.S \longrightarrow 100.05 + 1.2 = 101.25M$

$RL_C = H.I_2 - F.S \longrightarrow 101.25 - 1.6 = 99.65M$

**4.** نقوم بحساب منسوب النقطة D

$H.I_3 = RL_C + B.S \longrightarrow 99.65 + 1.75 = 101.4M$

$RL_D = H.I_3 - F.S \longrightarrow 101.25 - 1.3 = 100.100M$

**5.** العودة الى نقطة A وحساب منسوبها مره اخرى

$H.I_4 = RL_D + B.S \longrightarrow 100.100 + 1.4 = 101.5M$

$RL_A = H.I_4 - F.S \longrightarrow 101.5 - 1.3 = 99.98M$

**6.** حساب خطا الغلق

Closing Error = $RL_{محسوب} - RL_{معلوم}$ = 99.98 – 100 = -0.02m

Closing Error = $\sum_{BS}$ - $\sum_{FS}$ = 5.85 - 5.87 = -0.02

**7.** حساب قيمة الخطا المسوح به من الدرجة الثالثه Third Order

$e_{allow} = \pm C\sqrt{K} \longrightarrow \pm 12\sqrt{5}$ = 26.83 mm

**8.** التحقق من دقة أعمال التسوية

بالتالي، فإن قيمة الخطأ المسموح تبلغ 26.83ملم، في حين أن قيمة خطأ الإغلاق الفعلي تبلغ 20ملم. وبما أن خطأ الإغلاق الفعلي أقل من الخطأ المسموح، فإن نتائج أعمال التسوية تقع ضمن حدود الدقة المطلوبة، وعليه يتم اعتماد العمل.

$$e_{\text{eactual}} = 20\ mm$$

$$e_{\text{allowable}} = 26.83\ mm$$

**20 < 26.83**

## ✓ العمل مقبول – يتم اكمال التسوية

**9.** توزيع خطأ الإغلاق على النقاط حسب المسافة.

$$C = -e\frac{d}{D}$$

$$C_B = -e\frac{d_B}{D} = -(-0.02)\frac{1}{5} = +0.004$$

$$C_C = -e\frac{d_C}{D} = -(-0.02)\frac{3}{5} = +0.012$$

$$C_D = -e\frac{d_D}{D} = -(-0.02)\frac{4}{5} = +0.016$$

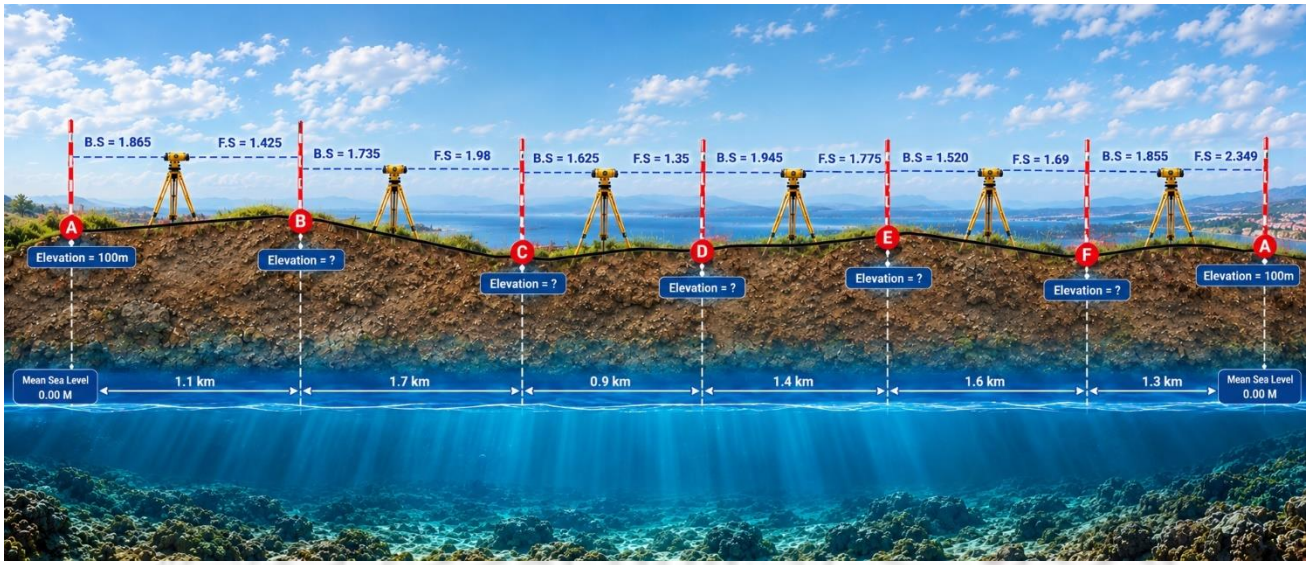
$$C_A = -e\frac{d_A}{D} = -(-0.02)\frac{5}{5} = +0.02$$

**10.**حساب المناسيب المصححه

| Station | المسافة التراكمية كم | المنسوب المحسوب متر | قيمة التصحيح متر | المنسوب المصحح متر |
|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 100.000 | 0.000 | 100.000 |
| B | 1 | 100.050 | +0.004 | 100.054 |
| C | 3 | 99.650 | +0.012 | 99.662 |
| D | 4 | 100.100 | +0.016 | 100.116 |
| A | 5 | 99.980 | +0.020 | 100.000 |

**مثال 2 :-** لدينا مسار تسوية مغلق يبدأ من النقطة Aذات المنسوب المعلوم منسوب نقطة ( $RL_A$ = 200M) ويمر بالنقاط: A→B→C→D→E→F→A. تم تنفيذ أعمال التسوية باستخدام جهاز الميزان المساحي، وكانت القراءات والمسافات كما في الجدول الآتي. المطلوب حساب مناسيب النقاط اذا علمت ان دقة التسوية المطلوبة للعمل من الدرجة الاولى First Order – Class I

| المحطة | B.S (m) | F.S (m) | المسافة |
|---|---|---|---|
| A | 1.865 | — | A → B = 1.1 km |
| B | 1.735 | 1.425 | B → C = 1.7 km |
| C | 1.625 | 1.980 | C → D = 0.9 km |
| D | 1.945 | 1.350 | D → E = 1.4 km |
| E | 1.520 | 1.775 | E → F = 1.6 km |
| F | 1.855 | 1.690 | F → A = 1.3 km |
| A | — | 2.349 | — |




| المحطة | B.S (m) | F.S (m) | المسافة |
|---|---|---|---|
| A | 1.865 | — | A → B = 1.1 km |
| B | 1.735 | 1.425 | B → C = 1.7 km |
| C | 1.625 | 1.980 | C → D = 0.9 km |
| D | 1.945 | 1.350 | D → E = 1.4 km |
| E | 1.520 | 1.775 | E → F = 1.6 km |
| F | 1.855 | 1.690 | F → A = 1.3 km |
| A | — | 2.349 | — |

الحل :

1. حساب مناسيب النقاط B, C, D, E, F.

$$H.I_1 = RL_A + B.S \longrightarrow 200 + 1.865 = 201.865M$$

$$RL_B = H.I_1 - F.S \longrightarrow 201.865 - 1.425 = 200.44M$$

$$H.I_2 = RL_B + B.S \longrightarrow 200.44 + 1.735 = 202.175M$$

$$RL_C = H.I_2 - F.S \longrightarrow 202.175 - 1.98 = 200.195M$$

$$H.I_3 = RL_C + B.S \longrightarrow 200.195 + 1.625 = 201.82M$$

$RL_D = H.I_3 - F.S \longrightarrow 201.82 - 1.35 = 200.47M$

$H.I_4 = RL_D + B.S \longrightarrow 200.47 + 1.945 = 202.415M$

$RL_E = H.I_4 - F.S \longrightarrow 202.415 - 1.775 = 200.64M$

$H.I_5 = RL_E + B.S \longrightarrow 200.64 + 1.52 = 202.16M$

$RL_F = H.I_5 - F.S \longrightarrow 202.16 - 1.69 = 200.47M$

2. حساب منسوب النقطة **A** عند إغلاق الحلقة .

$H.I_6 = RL_F + B.S \longrightarrow 200.64 + 1.855 = 202.325M$

$RL_A = H.I_6 - F.S \longrightarrow 202.325 - 2.349 = 199.976M$

3. إيجاد خطأ الإغلاق .

Closing Error = $RL_{محسوب} - RL_{معلوم}$ = 199.976– 200 = -0.024m

Closing Error = $\sum_{BS}$ - $\sum_{FS}$ = 10.545- 10.569= -0.024

4. حساب الخطأ المسموح. من الدرجة الاولى First Order – Class I

$e_{allow} = \pm C\sqrt{K}$ $\pm 4\sqrt{8}$ = 11.31 mm

5. التحقق من دقة أعمال التسوية .

بالتالي، فإن قيمة الخطأ المسموح تبلغ 11.31ملم، في حين أن قيمة خطأ الإغلاق الفعلي تبلغ 24ملم. وبما أن خطأ الإغلاق الفعلي اكبر من الخطأ المسموح، فإن نتائج أعمال التسوية **لا تقع** ضمن حدود الدقة المطلوبة، وعليه لا يتم اعتماد العمل.

**العمل مرفوض – يجب إعادة التسوية**

# الجانب العملي

إجراء أعمال تسوية تبدأ من النقطة المقابلة لقسم المساحة، ذات المنسوب المعلوم:

Elevation (A) = 10

حيث يتم تنفيذ مسار التسوية باتجاه رئاسة الجامعة مرورًا بالنقاط المحددة على المسار، ثم العودة إلى نقطة البداية نفسها، لتكوين حلقة تسوية مغلقة.

بعد الانتهاء من الرصد، يتم إجراء الحسابات اللازمة لإيجاد مناسيب جميع النقاط، وحساب خطأ الإغلاق ومقارنته مع الخطأ المسموح لأعمال التسوية من الدرجة الثالثة(Third Order) ، ثم الحكم على دقة العمل وتوزيع خطأ الإغلاق، عند قبول النتائج، على نقاط المسار وفق المسافة.

المطلوب من الطالب:

1. تسجيل قراءات B.S وF.S لجميع نقاط المسار .
2. حساب منسوب كل نقطة .
3. حساب خطأ الإغلاق .
4. حساب الخطأ المسموح للتسوية من الدرجة الثالثة .
5. مقارنة خطأ الإغلاق الفعلي بالخطأ المسموح .
6. تحديد ما إذا كان العمل مقبولًا أو يحتاج إلى إعادة التسوية .
7. توزيع خطأ الإغلاق على النقاط المقبولة وحساب المناسيب المصححة.



# جهاز الثيودولايت المساحي
# (Theodolite)
## المادة: المساحة2

في هذه المحاضرة سيتم التطرق الى:-

1. مبدأ عمل الثيودولايت.
2. أهم أجزاء الثيودولايت.
3. استعمالات الثيودولايت.
4. أنواع الثيودولايت.
5. الفرق بين الثيودولايت والمحطة الشاملة.
6. نصب الثيودولايت في الموقع.
7. القياس الأفقي للزاوية.
8. القياس الرأسي للزواية.

## 1. تعريف جهاز الثيودولايت Definition of the Theodolite .

**الثيودولايت** هو جهاز مساحي دقيق يُستخدم بصورة أساسية لقياس:

1. الزوايا الأفقيةHorizontal Angles .
2. الزوايا الرأسيةVertical Angles .
3. الاتجاهات الأفقية.
4. بعض تطبيقات تحديد الارتفاعات والفروق في المناسيب.
5. توقيع الزوايا والخطوط في الموقع.

وتُعرّف الزاوية الأفقية بأنها الزاوية المحصورة بين اتجاهين في المستوى الأفقي، بينما تكون الزاوية الرأسية مرتبطة باتجاه خط النظر في المستوى الرأسي.

## 2. مبدأ عمل الثيودولايت Principle of Operation of the Theodolite .

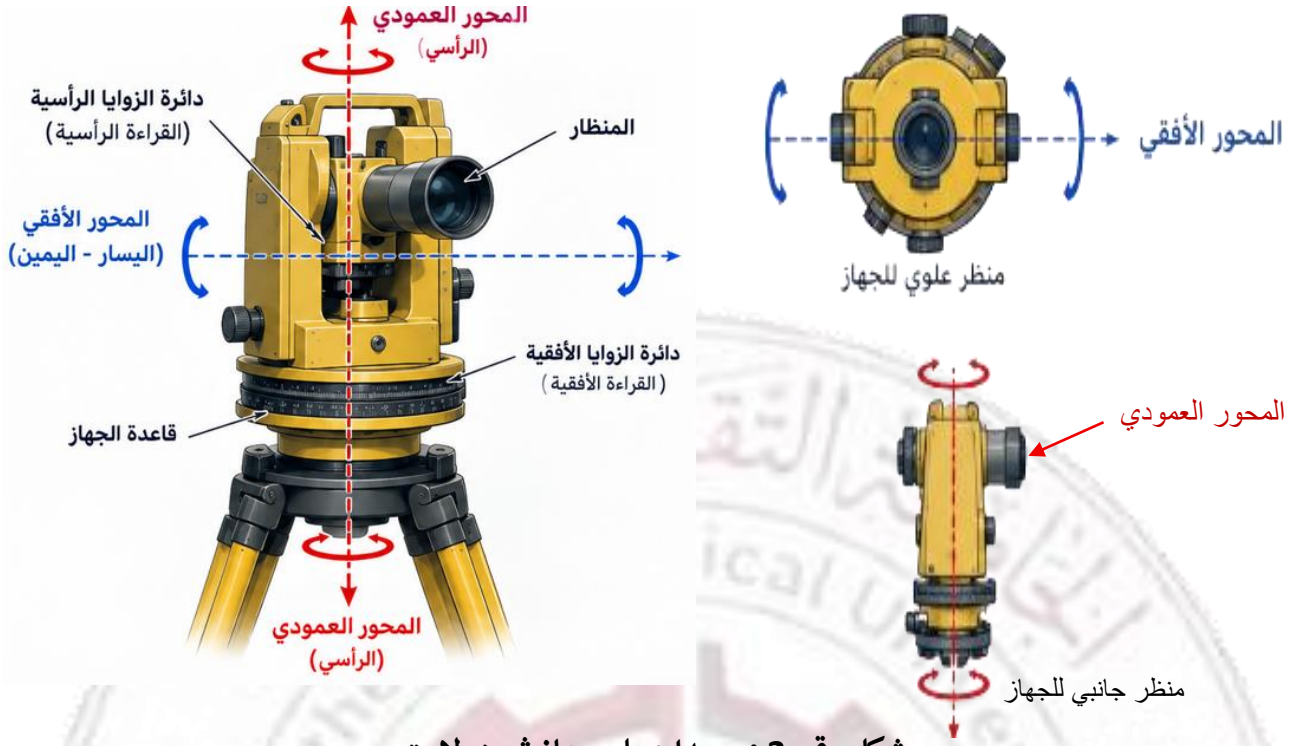
يعتمد مبدأ عمل جهاز الثيودولايت على إمكانية تدوير المنظار حول محورين رئيسيين، هما المحور الرأسي (Vertical Axis)والمحور الأفقي أو محور الدوران .(Horizontal / Trunnion Axis) ومن خلال الحركة حول هذين المحورين يستطيع الجهاز توجيه خط النظر نحو النقاط المراد رصدها وقياس الزوايا الأفقية والرأسية بدقة.(Anna University, 2020; Central Polytechnic College Trivandrum, 2020) .

### A. المحور الرأسي Vertical Axis

يسمح المحور الرأسي (Vertical Axis)بتدوير المنظار في المستوى الأفقي (Horizontal Plane) حول الجهاز، مما يتيح توجيه خط النظر إلى اتجاهات مختلفة وقياس الزوايا الأفقية بين النقاط المرصودة. ويكون المحور الرأسي عمودياً على المستوى الذي توجد فيه الدائرة الأفقية عند ضبط الجهاز بصورة صحيحة (Central Polytechnic College Trivandrum, 2020; Al-Muthanna University, 2020).

### B. المحور الافقي Horizontal Axis

يسمح المحور الأفقي، ويُعرف أيضاً باسم محور الدوران(Trunnion Axis) ، بدوران المنظار في المستوى الرأسي .(Vertical Plane) وتكون الدائرة الرأسية مرتبطة بالمنظار وتتحرك معه، ولذلك يمكن من خلال هذه الحركة تحديد وقراءة الزوايا الرأسية.(Anna University, 2020) .




**شكل رقم 2 :- مبدا عمل جهاز ثيودولايت**

## 3. أهم أجزاء الثيودولايت Main Parts of the Theodolite

تختلف تفاصيل أجزاء جهاز الثيودولايت باختلاف الشركة المصنعة والطراز، إلا أن أجهزة الثيودولايت التقليدية تشترك في مجموعة من الأجزاء الأساسية، من أهمها: المنظار، الدائرة الأفقية، الدائرة الرأسية، مسامير التثبيت والحركة الدقيقة، مستويات التسوية، قاعدة الجهاز، والشاقول البصري. وتعمل هذه الأجزاء معاً لتوجيه خط النظر وإجراء القياسات الزاوية الأفقية والرأسية.(Anna University, 2025; BIET, 2021) .

### 1) المنظار Telescope

المنظار هو الجزء الذي يستخدمه الراصد لرؤية الهدف وتوجيه خط النظر إليه. ويتكون بصورة أساسية من العدسة الشيئية Objective Lens، والعدسة العينية Eyepiece، والحجاب أو شبكة الشعيرات Diaphragm/Cross Hairs، وآلية التركيز Focusing Mechanism. ويكون المنظار مثبتاً على محور الدوران الأفقي أو Trunnion Axis، مما يسمح له بالدوران في المستوى الرأسي (Anna University, 2025; BIET, 2021).

### 2) العدسة الشيئية Objective Lens

توجد العدسة الشيئية في مقدمة المنظار، وتستقبل الضوء القادم من الهدف وتكوّن صورته داخل المنظار ليتمكن الراصد من رؤيتها بوضوح من خلال العدسة العينية. وتعد نظافة العدسة وسلامة سطحها من العوامل المهمة للمحافظة على وضوح الصورة أثناء الرصد.(Anna University, 2025) .



**3) العدسة العينية Eyepiece**

العدسة العينية هي الجزء الذي ينظر الراصد من خلاله إلى الهدف وشبكة الشعيرات. ويتم ضبطها بحيث تظهر شبكة الشعيرات بوضوح للراصد قبل إجراء عملية التركيز على الهدف (Anna University, 2025).

**4) شبكة الشعيرات Cross Hairs / Diaphragm**

توجد شبكة الشعيرات Cross Hairs داخل المنظار وتستخدم لتحديد موضع الهدف وخط النظر أثناء الرصد. وتتضمن عادةً شعيرة رأسية وشعيرة أفقية، وتستخدم الشعيرة المناسبة لتحديد الهدف بدقة أثناء قياس الزوايا.(Anna University, 2025) .

**5) الدائرة الافقية Horizontal Circle**

الدائرة الأفقية Horizontal Circle هي دائرة مدرجة تستخدم لقراءة الاتجاهات والزوايا الأفقية. وتختلف طريقة قراءة هذه الدائرة باختلاف نوع الثيودولايت؛ ففي الأجهزة التقليدية يمكن استخدام التدريجات والفيرنيير Vernier، بينما تستخدم الأجهزة الإلكترونية أنظمة قراءة رقمية (Anna University, 2025; BIET, 2021).

**6) الدائرة الراسية Vertical Circle**

الدائرة الرأسية Vertical Circle هي دائرة مدرجة مرتبطة بحركة المنظار حول المحور الأفقي أو Trunnion Axis، وتستخدم لقياس الزوايا الرأسية. وفي بعض الأجهزة يمكن استخدام قراءتها لتحديد زاوية الزينث Zenith Angle وفق نظام التدريج والقراءة المستخدم في الجهاز (Anna University, 2025).

**7) مسمار التثبيت الافقي Horizontal Clamp Screw**

يستخدم مسمار التثبيت الأفقي Horizontal Clamp Screw لتثبيت الحركة الأفقية للجهاز بعد توجيه المنظار بصورة تقريبية نحو الاتجاه المطلوب. وبعد تثبيت الحركة، يمكن استخدام المسمار المماسي الأفقي لإجراء الضبط الدقيق للاتجاه.(Anna University, 2025; BIET, 2021) .

**8) المسمار المماسي الافقي Horizontal Tangent Screw**

يستخدم المسمار المماسي الأفقي Horizontal Tangent Screw لإجراء الحركة الأفقية الدقيقة بعد تثبيت الحركة الرئيسية للجهاز. ويساعد على ضبط خط النظر بدقة ووضع الشعيرة الرأسية على الهدف قبل أخذ القراءة.(Anna University, 2025; BIET, 2021) .

**9) مسمار التثبيت الراسي Vertical Clamp Screw**

يستخدم مسمار التثبيت الرأسي Vertical Clamp Screw لتثبيت حركة المنظار حول المحور الأفقي بعد توجيهه بصورة تقريبية في المستوى الرأسي نحو الهدف. ويسمح ذلك بإجراء الضبط الدقيق باستخدام المسمار المماسي الرأسي.(BIET, 2021) .

**10) المسمار المماسي الرأسي Vertical Tangent Screw**

يستخدم المسمار المماسي الرأسي Vertical Tangent Screw لإجراء الحركة الرأسية الدقيقة للمنظار بعد تثبيت الحركة الرأسية الرئيسية. ويساعد على وضع الشعيرة الأفقية بدقة على الهدف وإجراء القراءة المطلوبة للزاوية الرأسية.(BIET, 2021) .




**شكل رقم 3 :- اجزاء جهاز ثيودولايت**

## 5. استعمالات جهاز الثيودلايت Applications of the Theodolite

يستخدم الثيودولايت في مجموعة واسعة من الأعمال المساحية، ومن أهمها:

1) قياس الزوايا الأفقية.
2) قياس الزوايا الرأسية.
3) تحديد الاتجاهات.

4) توقيع الزوايا.
5) تمديد خطوط المسح.
6) تحديد نقاط على استقامة واحدة.
7) أعمال الترافيرس.
8) بعض أعمال تحديد فروق الارتفاع.
9) أعمال توقيع المنحنيات.
10) إنشاء وقياس بعض شبكات السيطرة المساحية.

## 6. أنواع الثيودولايت Types of Theodolites

يمكن تصنيف أجهزة الثيودولايت وفق أكثر من أساس، وأهم التصنيفات المستخدمة في مناهج المساحة هي: حسب إمكانية قلب المنظار (Transit / Non-Transit)، وحسب طريقة قراءة الزوايا ( / Vernier / Micrometer Optical / Electronic). وتوضح مناهج المساحة الجامعية هذه التصنيفات بصورة مباشرة.

A. حسب إمكانية قلب المنظار According to Telescope Transiting

1. الثيودولايت النافذ أو القابل لقلب المنظار Transit Theodolite

هو الثيودولايت الذي يمكن فيه تدوير المنظار حول محوره الأفقي بزاوية 180° في المستوى الرأسي، بحيث يمكن قلب المنظار من وضع إلى الوضع المقابل. وتعد هذه الخاصية من الخصائص الأساسية للـ Transit Theodolite، وهو النوع الأكثر شيوعاً في أعمال المساحة التقليدية.

2. الثيودولايت غير النافذ أو غير القابل لقلب المنظار Non-Transit Theodolite

هو الثيودولايت الذي لا يمكن فيه قلب المنظار حول المحور الأفقي بزاوية **180°** في المستوى الرأسي. ويعد هذا النوع أقل استخداماً مقارنة بالثيودولايت القابل لقلب المنظار.

B. حسب طريقة قراءة الزوايا According to the Angle Reading System

3. الثيودولايت الميكرومتري Micrometre Theodolite

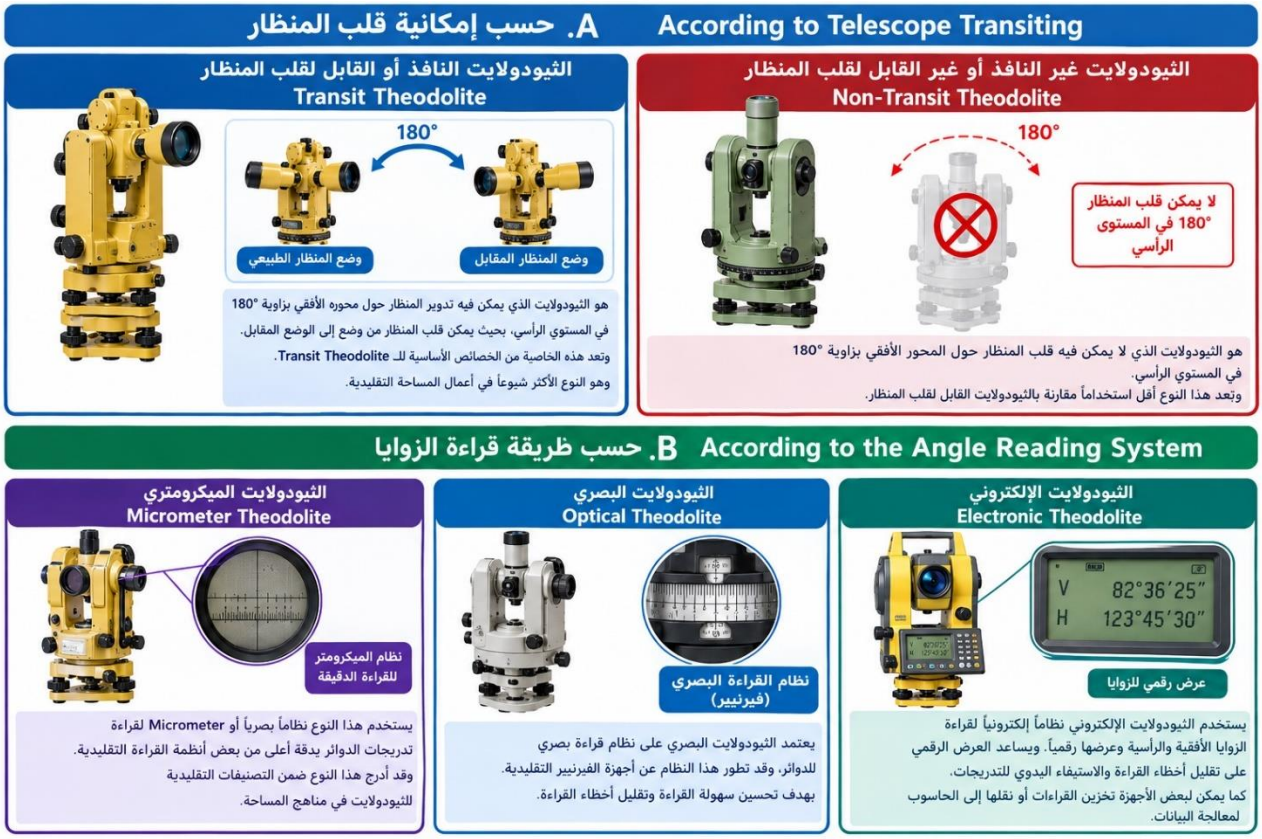
يستخدم هذا النوع نظاماً بصرياً أو Micrometre لقراءة تدريجات الدوائر بدقة أعلى من بعض أنظمة القراءة التقليدية. وقد أُدرج هذا النوع ضمن التصنيفات التقليدية للثيودولايت في مناهج المساحة.

4. الثيودولايت البصري Optical Theodolite

يعتمد الثيودولايت البصري على نظام قراءة بصري للدوائر، وقد تطور هذا النظام عن أجهزة الفيرنيير التقليدية بهدف تحسين سهولة القراءة وتقليل أخطاء القراءة.

5. الثيودولايت الإلكتروني Electronic Theodolite

يستخدم الثيودولايت الإلكتروني نظاماً إلكترونياً لقراءة الزوايا الأفقية والرأسية وعرضها رقمياً. ويساعد العرض الرقمي على تقليل أخطاء القراءة والاستيفاء اليدوي للتدريجات، كما يمكن لبعض الأجهزة تخزين القراءات أو نقلها إلى الحاسوب لمعالجة البيانات.




**شكل رقم 3 :- انفوكراف انواع جهاز ثيودولايت**

## 7. الفرق بين الثيودولايت والمحطة الشاملة

الثيودولايت هو جهاز مساحي يُستخدم أساسًا لقياس الزوايا الأفقية والزوايا الرأسية بدقة. ويعتمد مبدأ عمله على توجيه خط النظر نحو نقطة معينة وقراءة الزاوية بين اتجاهين أو قياس الزاوية الرأسية للهدف. ويمكن أن يكون الثيودولايت تقليديًا ذا قراءة Vernier أو بصريًا أو إلكترونيًا(NPTEL, 2020; BIET, 2018) . بمعنى آخر، الوظيفة الأساسية للثيودولايت هي القياس الزاوي، بينما لا يقوم الثيودولايت التقليدي بقياس المسافة المائلة إلى الهدف بصورة مباشرة. لذلك، عند الحاجة إلى المسافة، يجب استخدام وسيلة أخرى مثل الشريط أو جهاز قياس المسافات الإلكترونيEDM ، بحسب نوع الجهاز وإمكاناته.

المحطة الشاملة هي جهاز مساحي إلكتروني متكامل يجمع في جهاز واحد بين الثيودولايت الإلكتروني وجهاز قياس المسافات الإلكتروني EDM ووحدة لمعالجة وتخزين البيانات. ولذلك تستطيع المحطة الشاملة قياس الزوايا والمسافات، ثم استخدام هذه القياسات لإجراء حسابات مساحية واستخراج إحداثيات النقاط (University of Kentucky, 2018; NPTEL, 2020) .

وتُعد المحطة الشاملة تطورًا مهمًا في أجهزة المساحة؛ لأنها لا تقتصر على قياس الزوايا فقط، وإنما تستطيع جمع مجموعة من القياسات والبيانات في الموقع ومعالجتها إلكترونيًا.




**جدول رقم 1 :- الفرق بين جهاز الثيودولايت و المحطة الشاملة**

| الخاصية | الثيودولايتTheodolite | المحطة الشاملةTotal Station |
|---|---|---|
| قياس الزوايا الأفقية | ✓ | ✓ |
| قياس الزوايا الرأسية | ✓ | ✓ |
| قياس المسافات إلكترونياً | ✗ | ✓ |
| وجودEDM | ✗ | ✓ |



| | | |
|---|---|---|
| قياس المسافة المائلة | لا يقيسها مباشرة | ✓ |
| حساب المسافة الأفقية | يحتاج إلى حسابات خارجية | ✓ |
| حساب فرق الارتفاع | يحتاج إلى حسابات خارجية | ✓ |
| حساب الإحداثياتE, N, Z | يحتاج إلى حسابات خارجية | ✓ |
| تخزين البيانات إلكترونياً | محدود أو غير متوفر في التقليدي | ✓ |
| تسجيل القراءات | غالباً يدوي | إلكتروني |
| إجراء الحسابات المساحية | محدود | متوفر |
| استخدام المنشورPrism | غير ضروري للقياس الزاوي | يستخدم غالباً لقياس المسافات |
| الرفع الطبوغرافي | ممكن | واسع الاستخدام |
| التوقيع المساحيSetting Out | ممكن | واسع الاستخدام |
| الترافيرسTraversing | ✓ | ✓ |
| جمع البيانات الرقمية | محدود | ✓ |
| نقل البيانات إلى الحاسوب | غالباً يدوي | إلكتروني |
| المكونات الأساسية | منظار + دوائر زاوية + آليات الحركة والتسوية | ثيودولايت إلكتروني + EDM + معالج + ذاكرة |
| طبيعة العمل | قياس الزوايا أساساً | قياس الزوايا والمسافات ومعالجة البيانات |
| الحسابات والإحداثيات | غالباً خارج الجهاز | يمكن إجراؤها داخل الجهاز |

## 8. نصب الثيودولايت في الموقع Theodolite Setup in the Field

يعد نصب الثيودولايت بصورة صحيحة من أهم الخطوات التي تسبق قياس الزوايا، لأن دقة القياسات تعتمد بصورة مباشرة على توسيط الجهاز فوق النقطة، وتسويته، وضبط وضوح المنظار وإزالة خطأ اختلاف المنظر (Parallax). وتُعرف هذه الإجراءات مجتمعةً باسم الضبط المؤقت للثيودولايت(Temporary Adjustments) . (Harvard University; Anna University)

### 1) اختيار موقع نصب الجهاز

يُختار موقع مناسب لنصب الجهاز بحيث تكون النقطة المساحية واضحة ويمكن رؤية النقاط المراد قياسها، مع اختيار أرض مستقرة نسبيًا تسمح بتثبيت الحامل بصورة جيدة. ويُفضل أن



يكون الجهاز في موقع يوفر مجال رؤية مناسبًا للهدفين أو النقاط المراد رصدها (Harvard University) .

**2) فتح وتثبيت الحامل الثلاثي**

يُفتح الحامل الثلاثي (Tripod) وتُثبت أرجله على الأرض بصورة جيدة، ثم تُضبط ارتفاعاته بحيث يكون سطح الحامل قريبًا من الوضع الأفقي. ويجب التأكد من ثبات الأرجل وعدم وجود حركة أو اهتزاز قد يؤثر في الجهاز أثناء القياس.

**3) تثبيت الثيودولايت على الحامل**

وضع الثيودولايت على رأس الحامل ويُثبت باستخدام مسمار التثبيت المركزي (Instrument Fixing Screw)، مع التأكد من أن الجهاز مثبت بصورة آمنة ولكن دون شد مفرط

**4) توسيط الجهاز فوق النقطة Centering**

يمكن إجراء عملية توسيط الثيودولايت (Centering) فوق النقطة المساحية باستخدام المنظار الشاقولي البصري (Optical Plummet) في الأجهزة الحديثة، أو باستخدام الشاقول (Plumb Bob)في بعض الأجهزة التقليدية، وذلك من خلال تحريك أرجل الحامل أو الجهاز بالشكل المناسب حتى تصبح النقطة المساحية واقعة تمامًا في مركز المنظار الشاقولي. وتهدف هذه العملية إلى جعل المحور الرأسي للثيودولايت يمر بالنقطة المساحية، ويجب إتمام التوسيط بدقة قبل البدء بقياس الزوايا، لأن أي انحراف عن النقطة يؤدي إلى خطأ في القياسات الزاوية، خاصة عند قياس الزوايا الدقيقة أو العمل على نقاط متقاربة(Harvard University) .

**5) تسوية الجهاز Leveling**

بعد إتمام عملية التوسيط، تتم تسوية الثيودولايت (Leveling) باستخدام مسامير التسوية (Foot Screws/Leveling Screws)وميزان الجهاز، وذلك بهدف جعل المحور الرأسي للجهاز في الوضع الرأسي الصحيح، بحيث تصبح الدوائر الأفقية والرأسية في الوضع المناسب لإجراء القياسات بدقة. وتتم عملية التسوية تدريجيًا من خلال ضبط الفقاعة باستخدام مسامير التسوية، ثم تدوير الجهاز إلى اتجاهات مختلفة وإعادة ضبط الفقاعة عند الحاجة، إلى أن تبقى الفقاعة في مركز الميزان عند دوران الجهاز، مما يدل على إتمام التسوية بصورة صحيحة(Anna University) .

**6) ضبط المنظار Focusing**

بعد إكمال عمليتي التوسيط والتسوية، يتم ضبط وضوح المنظار (Focusing) لضمان رؤية الهدف والشعيرات المتقاطعة بوضوح، وذلك بتوجيه المنظار أولًا نحو خلفية فاتحة أو السماء وضبط العدسة



العينية (Eyepiece) حتى تظهر الشعيرات المتقاطعة (Crosshairs)بصورة واضحة، ثم توجيه المنظار نحو الهدف المراد رصده وضبط مسمار التركيز (Focusing Knob) حتى تظهر صورة الهدف بوضوح ودقة، مما يساعد على الحصول على قراءة صحيحة للزوايا وتجنب أخطاء الرصد الناتجة عن عدم وضوح الهدف أو الشعيرات(Harvard University; Anna University) .

**7) إزالة اختلاف المنظر Elimination of Parallax**

يحدث Parallaxعندما يبدو أن الشعيرات المتقاطعة تتحرك بالنسبة إلى صورة الهدف عند تحريك عين الراصد أمام العدسة. ولإزالة هذا الخطأ، يجب أولًا ضبط العدسة العينية حتى تكون الشعيرات واضحة، ثم ضبط عدسة التركيز حتى تظهر صورة الهدف والشعيرات في المستوى البؤري الصحيح. وتُعد إزالة اختلاف المنظر خطوة مهمة قبل تسجيل أي قراءة(Harvard University) .

**8) الفحص النهائي قبل القياس**

بعد إكمال عملية نصب الثيودولايت، يجب إجراء فحص نهائي للتأكد من ثبات الحامل الثلاثي وتثبيت الجهاز بصورة صحيحة، ووجود الجهاز متمركزًا فوق النقطة المساحية، وتمركز الفقاعة في الميزان، ووضوح الشعيرات المتقاطعة والهدف، وعدم وجود اختلاف في المنظر(Parallax) ، كما يجب التأكد من تحرير حركات المنظار الأفقية والرأسية قبل توجيهه نحو النقاط المراد رصدها، والتحقق من صحة القراءة الابتدائية للجهاز قبل البدء بعملية القياس، وذلك لضمان الحصول على قياسات زاوية دقيقة وموثوقة(Harvard University; Anna University) .

**تسلسل نصب الثيودولايت**

**اختيار الموقع → تثبيت الحامل → تثبيت الجهاز → التوسيط → التسوية → ضبط المنظار → إزالة Parallax → الفحص النهائي → بدء القياس**




**شكل رقم 4 :- انفوكراف نصب جهاز ثيودولايت في الموقع**

## 9. القياس الأفقي للزاوية Horizontal Angle Measurement

يُستخدم الثيودولايت لقياس **الزاوية الأفقية بين اتجاهين أو خطين** يخرجان من نقطة واحدة، وذلك من خلال نصب الجهاز وتوسيطه وتسويته فوق نقطة المحطة، ثم توجيه المنظار إلى النقطة الأولى وتسجيل قراءة الدائرة

الأفقية، وبعد ذلك تدوير المنظار أفقيًا نحو النقطة الثانية وتسجيل القراءة الجديدة. وتُحسب الزاوية الأفقية بالفرق بين القراءتين، مع مراعاة اتجاه الدوران وتصحيح القراءة إذا تجاوزت 360° ويُعد قياس الزوايا الأفقية من التطبيقات الأساسية للثيودولايت، ويُستخدم في أعمال الترافيرس والتثليث والتوقيع المساحي (Anna University; NIT Trichy) .




## طرق قياس ورصد الزوايا الأفقية

توجد عدة طرق مساحية لرصد الزوايا الأفقية، ويُختار الأسلوب المناسب حسب **الدقة المطلوبة وعدد الاتجاهات وطبيعة العمل المساحي**، ومن أهمها:

### 1. طريقة الاتجاه الواحد(Single Angle Method)

تُستخدم عندما تكون الزاوية المطلوبة بين اتجاهين فقط. يُنصب الجهاز فوق نقطة الزاوية، ثم يُوجَّه المنظار إلى الاتجاه الأول وتُسجل القراءة، وبعد ذلك يُدار المنظار إلى الاتجاه الثاني وتُسجل القراءة الجديدة، وتكون الزاوية هي الفرق بين القراءتين. وهي من أبسط طرق قياس الزوايا الأفقية.

**مثال :-** لنفترض أن جهاز الثيودولايت منصوب فوق النقطة **O**، ونريد قياس الزاوية **AOB**.

- تم توجيه المنظار إلى النقطة **A** وكانت قراءة الدائرة الأفقية: $R_A = 35°20'$



- ثم وُجّه المنظار إلى النقطة **B** وكانت القراءة: $R_B = 82°40'$
- إذن: $\theta = R_B - R_A$
- $47°20' = 82°40' - 35°20'$

**2. طريقة التكرار(Repetition Method)**

تُستخدم للحصول على دقة أعلى، حيث تُقاس الزاوية نفسها عدة مرات بصورة متتابعة، بحيث تتراكم القراءات على الدائرة الأفقية، ثم تُقسم القراءة التراكمية على عدد مرات التكرار للحصول على متوسط الزاوية. وتساعد الطريقة على تقليل تأثير بعض أخطاء القراءة والتدريج(Anna University) .

**مثال :-** إذا كانت الزاوية الحقيقية المراد قياسها تقريبًا $360°$، يمكن تكرار قياسها **3مرات** بحيث تصبح القراءة التراكمية :

$$3\theta = 120°06'$$

وبالتالي تكون الزاوية:

$$\theta = \frac{120°06'}{3} = 40°02'$$

**3. طريقة التكرار على الوجهين Face Left وFace Right**

يتم رصد الزاوية على **الوجه الأيسر (Face Left)** ثم إعادة الرصد على **الوجه الأيمن(Face Right)** ، وبعد ذلك تُقارن النتائج أو يؤخذ متوسط القراءات وفق طريقة الرصد المستخدمة. ويساعد الرصد على الوجهين في تقليل تأثير بعض الأخطاء الجهازية، مثل أخطاء خط التسديد وبعض أخطاء المحاور(NIT) .

**مثال :-** تم قياس زاوية مره على الوجه الايسر **(Face Left)** $\theta_{FL} = 52°18'\ 20''$ و على الوجه الايمن **(Face Right)** $\theta_{FR} = 52°17'\ 40''$ يمكن حساب الزاوية من المتوسط

$$\theta = \frac{52°18'\ 20'' + 52°17'\ 40''}{2} = 52°18'\ 00''$$

**4.طريقة الاتجاهات أو التكرار الدائري(Direction/Direction Set Method)**

تُستخدم عندما توجد عدة اتجاهات من نقطة واحدة، حيث يُثبت الجهاز عند اتجاه ابتدائي ثم تُرصد النقاط بالتتابع حول المحطة، مع تسجيل اتجاه كل نقطة. ويمكن بعد ذلك الحصول على الزوايا بين الاتجاهات المختلفة من خلال فروق القراءات. وتناسب هذه الطريقة أعمال الشبكات والترافيرس التي تتطلب رصد عدة اتجاهات.

**مثال :-** إذا كانت الزاوية الحقيقية المراد قياسها تقريبًا 360°، يمكن تكرار قياسها **3مرات** بحيث تصبح القراءة التراكمية :

لنفترض أن الجهاز منصوب فوق النقطة **O**، وتم رصد النقاط التالية:

| النقطة | قراءة الاتجاه |
|---|---|
| A | 20°15′00″ |
| B | 75°30′00″ |
| C | 140°45′00″ |
| D | 215°20′00″ |

يمكن حساب الزوايا بين الاتجاهات من خلال طرح القراءات:

$$\angle AOB = 75°30′00″ - 20°15′00″ = 55°15′$$

$$\angle BOC = 140°45′00″ - 75°30′00″ = 65°15′$$

وهكذا يمكن الحصول على عدة زوايا من مجموعة واحدة من الاتجاهات.

**جدول رقم 2 :- مقارنة طرق رصد الزوايا الأفقية**

| طريقة الرصد | عدد الرصدات | مثال الاستخدام | الدقة النسبية | أهم ميزة |
|---|---|---|---|---|
| الزاوية الواحدة | رصد واحد | قياس زاوية بسيطة | عادية | سهلة وسريعة |
| التكرار | عدة مرات | الأعمال التي تتطلب دقة أعلى | أعلى | تقليل تأثير بعض أخطاء القراءة والتدريج |
| الوجهين FRوFL | وجهان للجهاز | التحقق من القياسات وتقليل الأخطاء الجهازية | عالية | كشف وتقليل بعض الأخطاء الجهازية |
| الاتجاهات المتعددة | عدة اتجاهات | رصد عدة نقاط من محطة واحدة | حسب أسلوب الرصد | الحصول على عدة اتجاهات وزوايا من محطة واحدة |




**شكل رقم 5 :- انفوكراف طرق قياس الزاوية الافقية في جهاز ثيودولايت**

## 10. القياس العمودي للزاوية(Vertical Angle Measurement)

يُستخدم جهاز الثيودولايت لقياس الزوايا العمودية (Vertical Angles) من خلال الدائرة الرأسية (Vertical Circle)، حيث يتم توجيه المنظار نحو النقطة المراد رصدها وقراءة الزاوية من التدريج الرأسي للجهاز. وتمثل الزاوية العمودية مقدار ميل خط النظر (Line of Sight) بالنسبة إلى المستوى الأفقي؛ فإذا كان خط النظر أعلى من المستوى الأفقي تسمى الزاوية زاوية ارتفاع (Angle of Elevation)، وإذا كان أسفل المستوى الأفقي تسمى زاوية انخفاض (Angle of Depression). ويجب قبل إجراء القياس التأكد من نصب الجهاز وتوسيطه وتسويته وضبط المنظار وإزالة اختلاف المنظر (Parallax).ويمكن إجراء الرصد على وجهي الجهاز (Face Left) و (Face Right)ومقارنة القراءات للحصول على قياس أكثر موثوقية وتقليل تأثير بعض الأخطاء الجهازية. وتُستخدم الزوايا العمودية في أعمال المساحة لحساب فروق المناسيب، والارتفاعات، والمسافات الأفقية، وتحديد ميل خطوط النظر بين نقاط الرفع المساحي(Anna University; NIT Trichy) .

1. طريقة القراءة المباشرة(Direct Reading Method)

بعد نصب الثيودولايت وتسويته وتوجيه المنظار نحو الهدف، تتم قراءة قيمة الزاوية من الدائرة الرأسية (Vertical Circle) مباشرة. فإذا كانت قراءة الجهاز تمثل الزاوية



بالنسبة إلى المستوى الأفقي، فإن القراءة تكون موجبة عندما يكون الهدف أعلى من خط الأفق، وسالبة عندما يكون أسفل خط الأفق.

مثال :- إذا كانت قراءة الدائرة الرأسية للهدف $+30°12'$، فإن: الزاوية العمودية $= +30°12'$ أي أن خط النظر يرتفع عن المستوى الأفقي بمقدار $30°12'$ أما إذا كانت القراءة $-8°20'$ فهذا يعني أن خط النظر ينخفض عن المستوى الأفقي بمقدار $8°20'$.

2. طريقة الرصد بالوجهين(Face Left & Face Right)

تم قياس الزاوية العمودية مرتين، مرة باستخدام الوجه الأيسر (Face Left – FL) ومرة باستخدام الوجه الأيمن (Face Right – FR) للجهاز. وتُستخدم هذه الطريقة للتحقق من الرصد وتقليل تأثير بعض الأخطاء الجهازية.

مثال :- اذا كانت قراءة زاوية الوجه الايسر $\theta_{FL} = +15°20'\ 40''$ و وقراءة الزاوية في الوجه الأيمن $\theta_{FR} = +15°19'\ 20''$ يكون متوسط الزاويتين:

$$\theta = \frac{15°20'\ 40'' + 15°19'\ 20''}{2} = 15°20'\ 00''$$

**الزاوية العمودية المعتمدة** $15°20\ 00''$

ملاحظة: في بعض أنواع الثيودولايت تكون قراءة الوجه الآخر معبَّرة على مقياس مختلف، مثل **زاوية السمت الرأسي(Zenith Angle)** ، ولذلك لا يجوز أخذ المتوسط مباشرة قبل تحويل القراءات إلى نفس نوع الزاوية.

3. القياس باستخدام زاوية السمت الرأسي(Zenith Angle)

عض أجهزة الثيودولايت لا تعطي الزاوية العمودية مباشرة بالنسبة إلى المستوى الأفقي، وإنما تعطي **زاوية السمت الرأسي(Z)** ، وهي الزاوية المقاسة من الاتجاه الرأسي إلى أعلى.

العلاقة الأساسية:

- إذا كان $Z < 90°$ ← الهدف أعلى من المستوى الأفقي .
- إذا كان $Z = 90°$ ← خط النظر أفقي .
- إذا كان $Z > 90°$ ← الهدف أسفل المستوى الأفقي .

**مثال 1:**

إذا كانت: $Z = 65°20'$ فان $V = 90° - 65°20'$ وتساوي $V = +24°40'$ زاوية ارتفاع

**مثال 2:**

إذا كانت: $Z = 103°15'$ فان $V = 90° - 103°15'$ وتساوي $V = -13°15''$ زاوية انخفاض

## الجانب العملي

**التجربة الاولى: التعرف على نصب جهاز و انواع جهاز الثيودولايت :-**

الهدف:

التدرب على نصب جهاز الثيودولايت بصورة صحيحة وإجراء التوسيط والتسوية. وكذلك التعرف على أنواع الثيودولايت T1 و T2وT16

خطوات العمل:

1. اختيار النقطة المساحية وتحديد موضع الجهاز.
2. فتح الحامل الثلاثي وتثبيته جيدًا على الأرض.
3. تثبيت جهاز الثيودولايت على الحامل.
4. إجراء التوسيط Centering باستخدام الشاقول.
5. إجراء التسوية Leveling باستخدام مسامير التسوية والفقاعة.
6. إعادة فحص التوسيط بعد التسوية.
7. التأكد من ثبات الجهاز وصحة التسوية.

النتيجة:

يكون الجهاز جاهزًا للرصد عندما يكون متمركزًا فوق النقطة ومستويًا بصورة صحيحة.

التعرف على أنواع الثيودولايت T1 و T2وT16. حيث تختلف أجهزة الثيودولايت من حيث الدقة، وطريقة القراءة، وحجم الجهاز، وطبيعة الاستخدام .ومن الأنواع التقليدية المهمة في التعليم والعمل المساحي أجهزة T1وT2وT16.

| النوع | مستوى الدقة التقريبي | الاستخدام |
|---|---|---|
| T1 | دقة عالية نسبيًا | الأعمال المساحية الدقيقة |
| T2 | دقة عالية | الترافيرسات وأعمال المسح الهندسي |
| T16 | دقة أقل نسبيًا | الأعمال المساحية والتعليمية والأعمال الأقل تطلبًا للدقة |



النتيجة:

يكون الجهاز جاهزًا للرصد عندما يكون متمركزًا فوق النقطة ومستويًا بصورة صحيحة. وكذلك يتعرف على انواع اجهزة الثيودولايت.

## التجربة الثانية: أخذ القراءات الأفقية

الهدف:

التدرب على قراءة الدائرة الأفقية وقياس زاوية أفقية بين اتجاهين.

## خطوات العمل:

1- نصب الجهاز وتسويته فوق النقطة O.
2- توجيه المنظار نحو النقطة A.
3- تثبيت الحركة الأفقية والتوجيه الدقيق نحو الهدف.
4- تسجيل القراءة الأفقية للنقطة A.
5- توجيه المنظار نحو النقطة B.
6- تسجيل القراءة الأفقية للنقطة B.
7- حساب الزاوية الأفقية:

$\theta = R_B - R_A$ :

8- كرار القياس بالوجه الثاني Face II للتحقق من النتيجة.

جدول تسجيل القراءات

| الوجه | النقطة A | النقطة B | الزاوية الأفقية |
|---|---|---|---|
| Face I | | | |
| Face II | | | |

النتيجة:

يتم الحصول على الزاوية الأفقية بين الاتجاهين OA وOB.

## التجربة الثالثة: أخذ القراءات العمودية (الرأسية)

الهدف:

التدرب على قراءة الدائرة الرأسية وتحديد الزاوية الرأسية أو الزاوية السمتية حسب نظام الجهاز.

خطوات العمل:

1. نصب الجهاز وتسويته فوق النقطة .
2. توجيه المنظار نحو الهدف المطلوب .
3. ضبط التركيز والتأكد من عدم وجود Parallax.
4. تثبيت الحركة الرأسية وإجراء التسديد الدقيق .
5. تسجيل القراءة الرأسية Face I.
6. قلب المنظار إلى Face II.
7. إعادة توجيه المنظار نحو الهدف نفسه .
8. تسجيل القراءة الرأسية Face II.
9. مقارنة القراءتين وتطبيق طريقة الحساب المناسبة لنظام تدريج الجهاز.

جدول تسجيل القراءات

| النقطة | Face I | Face II | الملاحظة |
|---|---|---|---|
| A | | | |
| B | | | |
| C | | | |

**النتيجة:**

يتم تحديد القراءة الرأسية للهدف، مع التحقق من القياس باستخدام الوجهين.

ملخص التجارب الثلاثة

| رقم التجربة | اسم التجربة | أهم المهارات |
|---|---|---|
| **1** | نصب جهاز الثيودولايت | التوسيط + التسوية |
| **2** | أخذ القراءات الأفقية | قراءة الدائرة الأفقية + حساب الزاوية |
| **3** | أخذ القراءات العمودية | قراءة الدائرة الرأسية + الرصد بالوجهين |