Mustansiriyah University
College of Engineering
Highway and Transportation Engineering Department

Engineering Surveying Laboratory

Second Year - First Semester

Experiment 6

Reciprocal Leveling





Prepared by:

Asst. Lect. Hussein Mohammed Noor
Asst. Prof. Teba Tariq
Lect. Dr. Wafaa Khudhair

2027-2026

General Objective

To develop students' skills in performing reciprocal leveling and accurately determining the difference in elevation between two points separated by an obstacle.

Learning Objectives

By the end of this experiment, students will be able to:

1. Explain the purpose of reciprocal leveling and when it is required.
2. Set up the level instrument near points A and B.
3. Take and record staff readings (a_1, b_1, a_2, and b_2).
4. Calculate the corrected difference in elevation between two points.
5. Explain how reciprocal leveling minimizes collimation, curvature, and atmospheric refraction errors.

Introduction

Reciprocal leveling is a surveying method used to determine the difference in elevation between two points separated by an obstacle, such as a river or deep valley. When the level instrument cannot be placed midway between the points, readings are taken from both sides. The observed differences are averaged to minimize systematic errors and obtain a more accurate difference in elevation.

Mustansiriyah University
College of Engineering
Highway and Transportation Engineering Department
Asst. Lect. Hussein Mohammed Noor / Asst. Prof. Teba Tariq /Lect. Dr. Wafaa Khudhair

Experiment 6: Reciprocal Leveling

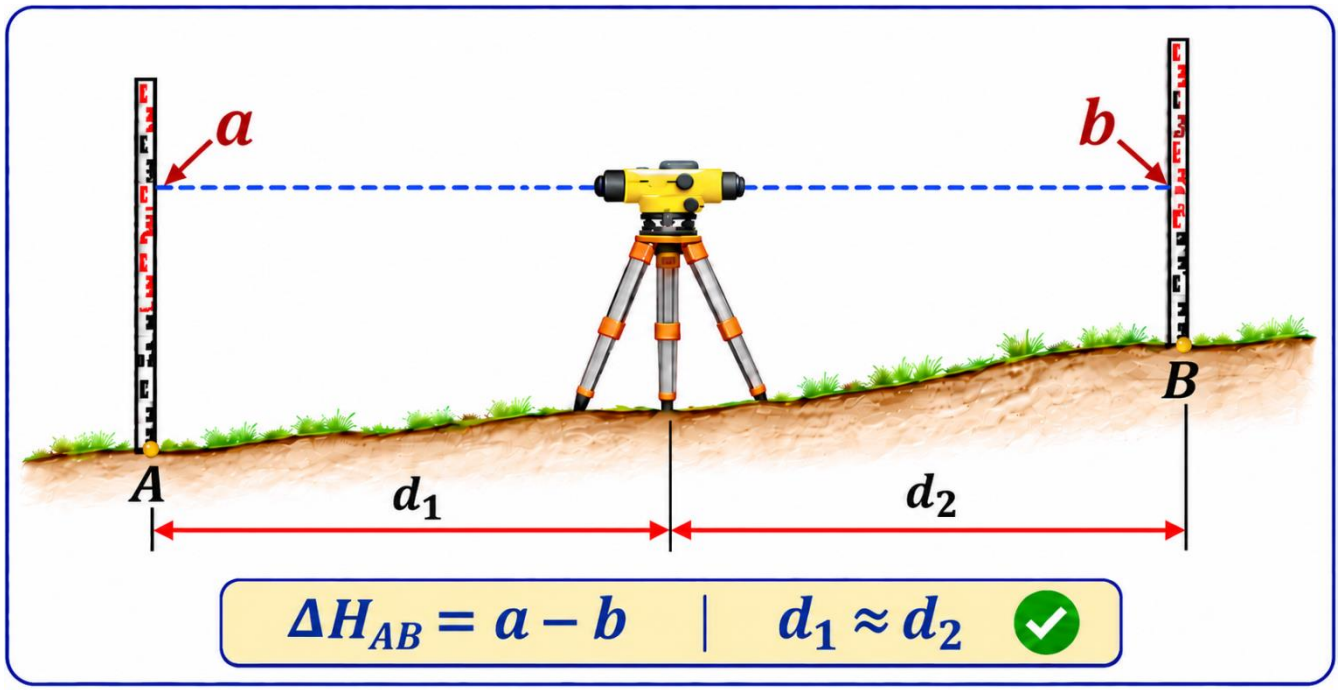
Review of Ordinary Leveling

In ordinary leveling, the level instrument is placed approximately **midway** between the backsight (BS) and foresight (FS) to obtain accurate elevation measurements.

Equal sight distances help minimize systematic errors, such as **collimation error**, **Earth's curvature**, and **atmospheric refraction**.

في التسوية الاعتيادية، يُوضع جهاز الـ Levelتقريبًا في **منتصف المسافة** بين القامة الخلفية (BS) والقامة الأمامية (FS) للحصول على قياسات دقيقة للمناسيب.

يساعد تساوي مسافات النظر على تقليل الأخطاء المنتظمة، مثل **خطأ خط النظر وانحناء الأرض والانكسار الجوي**.



The Problem: Obstacles in Leveling

In some surveying situations, obstacles prevent the level instrument from being placed **midway** between two points.

في بعض الأعمال المساحية، توجد عوائق تمنع وضع جهاز الـ Levelفي **منتصف المسافة** بين نقطتين.

Common obstacles include (تشمل العوائق الشائعة):

1. Rivers and canals (الأنهار والقنوات).
2. Deep valleys (الوديان العميقة).
3. Lakes and water bodies (البحيرات والمسطحات المائية).
4. Wide excavations (الحفريات الواسعة).
5. Roads or other inaccessible areas (الطرق أو المناطق الأخرى التي يصعب الوصول إليها).

As a result, the sight distances become unequal, which may introduce errors in the calculated difference in elevation.

ونتيجة لذلك، تصبح مسافات النظر غير متساوية، مما قد يؤدي إلى أخطاء في حساب فرق المنسوب.



Due to the obstacle between points A and B, the level instrument must be set up near either point A or point B.In both cases, the staff reading at the point closer to the instrument is generally more accurate, while the reading at the distant point is more affected by **collimation error, Earth's curvature error, and atmospheric refraction error**.

بسبب وجود العائق بين النقطتين A وB، نضطر إلى نصب جهاز التسوية بالقرب من النقطة A أو النقطةB وفي كلتا الحالتين ستكون قراءة القامة القريبة من الجهاز عادةً أكثر دقة، بينما تتأثر قراءة القامة البعيدة بدرجة أكبر بسبب **خطأ ميل خط النظر، وخطأ انحناء الأرض، وخطأ الانكسار الجوي**.

Causes of Errors in Leveling (أسباب حدوث الأخطاء في التسوية)

Three main systematic errors may affect leveling observations:
هناك ثلاثة أخطاء منتظمة رئيسية قد تؤثر على قياسات التسوية:

A. Collimation Error (خطأ خط النظر)

This error occurs when the line of sight is not perfectly horizontal due to improper adjustment or calibration of the level instrument.
يحدث هذا الخطأ عندما لا يكون خط النظر أفقيًا تمامًا بسبب عدم ضبط أو معايرة جهاز التسوية بصورة صحيحة.

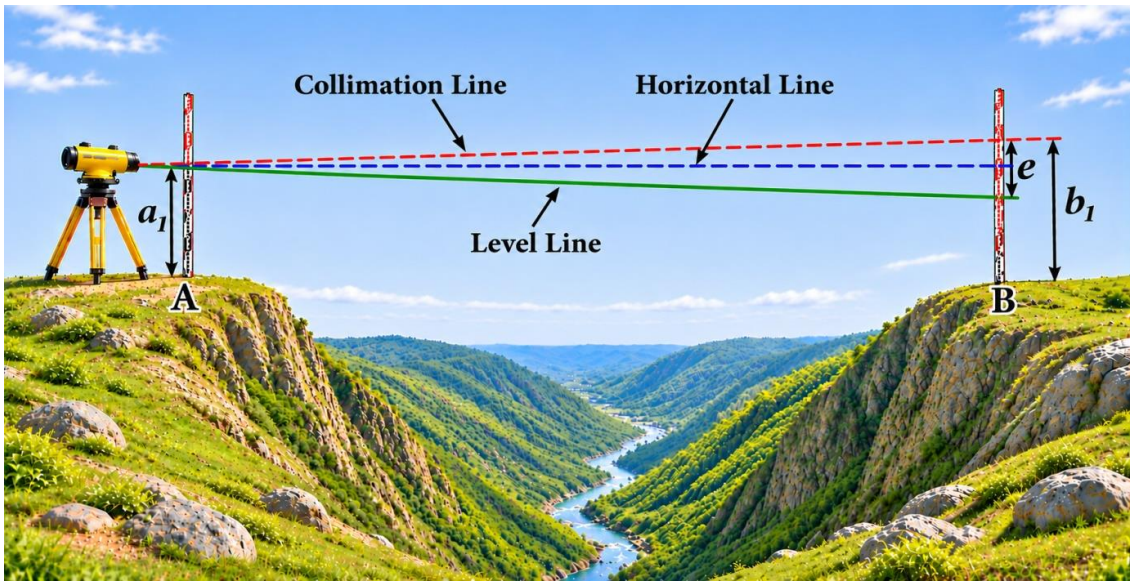
B. Curvature Error (خطأ انحناء الأرض)

This error occurs because the Earth's surface is curved while the horizontal line of sight is straight.
يحدث هذا الخطأ بسبب كروية سطح الأرض، بينما يكون خط النظر الأفقي مستقيمًا.

C. Atmospheric Refraction Error (خطأ الانكسار الجوي)

This error occurs when light rays bend due to changes in atmospheric temperature and air density.
يحدث هذا الخطأ بسبب انحناء أشعة الضوء نتيجة اختلاف درجة حرارة الهواء وكثافته.

These errors generally become more significant over long sight distances.
يزداد تأثير هذه الأخطاء عمومًا مع زيادة مسافة النظر.



Definition of Reciprocal Leveling

Reciprocal leveling is a surveying method used to determine the difference in elevation between two points separated by an obstacle that prevents placing the level instrument midway between them. Measurements are taken from both sides to minimize collimation, curvature, and atmospheric refraction errors.

التسوية التبادلية هي طريقة مساحية تُستخدم لتحديد فرق المنسوب بين نقطتين يفصل بينهما عائق يمنع وضع جهاز الـ Levelفي المنتصف.تؤخذ القراءات من الجهتين لتقليل الأخطاء الناتجة عن ميل خط النظر وانحناء الأرض والانكسار الجوي.

Purpose of Reciprocal Leveling (الغرض من التسوية التبادلية)

The main purposes of reciprocal leveling are (الأهداف الرئيسية للتسوية التبادلية هي) :

1. To determine the difference in elevation between two points separated by an obstacle (تحديد فرق المنسوب بين نقطتين يفصل بينهما عائق).
2. To minimize errors caused by unequal sight distances (تقليل الأخطاء الناتجة عن عدم تساوي مسافات النظر).
3. To obtain a more accurate difference in elevation (الحصول على فرق منسوب أكثر دقة).

Equipment:

1. Level instrument (جهاز التسوية)



2. Tripod (الحامل الثلاثي)



3. Staff (المسطرة)

Field Procedure (خطوات العمل الحقلي)

Setup 1: Near A (الجهاز قرب A)

1. Set up the level near A (نصب الجهاز قرب A).
2. Record readings a_1 and b_1 (تسجيل القراءتين).

Setup 2: Near B (الجهاز قرب B)

3. Move the level near B (نقل الجهاز قرب B).
4. Record readings a_2 and b_2 (تسجيل القراءتين).
5. Calculate the average elevation difference (حساب معدل فرق المنسوب).



Calculations

For the first instrument setup:

$$\Delta h_1 = a_1 - b_1$$

For the second instrument setup:

$$\Delta h_2 = a_2 - b_2$$

The corrected difference in elevation is:

$$\Delta h_{AB} = \frac{\Delta h_{1+} \Delta h_2}{2}$$

If the reduced level of A is known:

$$Elev.B = Elev.A \pm \Delta h_{AB}$$

positive value of Δh_{AB} means that point B is higher than point A. A negative value means that B is lower than A.

Example

During reciprocal leveling across a river, the following staff readings were recorded:

Instrument Position	Reading at A (m)	Reading at B (m)
Near A	1.500	0.520
Near B	2.220	1.200

If the reduced level of point A is 33.500 m, determine the difference in elevation and the reduced level of point B.

Solution:

First Setup:

$\Delta h_1 = a_1 - b_1$

$\Delta h_1 = 1.500 - 0.520 =$ **0.980 m**

Second Setup:

$\Delta h_2 = a_2 - b_2$

$\Delta h_2 = 2.220 - 1.200 = \mathbf{1.020\ m}$

Corrected Difference in Elevation:

$$\Delta h_{AB} = \frac{0.980 + 1.020}{2} = 1\ m$$

Reduced Level of Point B:

$Elev.B = Elev.A \pm \Delta h_{AB}$

$Elev.B = 33.5 + 1$

$Elev.B = 34.5\ m$

Mustansiriyah University
College of Engineering
Highway and Transportation Engineering Department
Asst. Lect. Hussein Mohammed Noor / Asst. Prof. Teba Tariq /Lect. Dr. Wafaa Khudhair

Data Sheet

Experiment 6: Reciprocal Leveling

Student Name: Date: / /

Instrument Position	Reading at A (m)	Reading at B (m)
Near A		
Near B		

Group Names

No.	Student Name
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

Supervisor signature