

فصل دهم

روش‌های مختلف ترازیابی



عکس ماهواره‌ای از بین الحرمین

به نظر شما چگونه می‌توان با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، اختلاف ارتفاع بین نقاط را به دست آورد؟

هدف های رفتاری :

پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:
۱- انواع روش های مختلف ترازیابی را نام ببرد و هر کدام را با رسم شکل توضیح دهد.



قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با مفاهیم اولیه ی ترازیابی
- ۲- آشنایی با نسبت های مثلثاتی در مثلث قائم الزاویه
- ۳- آشنایی با مفهوم فشار هوا
- ۴- آشنایی با عکس هوایی
- ۵- آشنایی با سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای (GPS)

: مطالب پیش نیاز

مقدمه - روش‌های ترازیابی

جهت تعیین اختلاف ارتفاع یا ارتفاع نقاط، روش‌های مختلفی وجود دارد. بعضی از روش‌های ترازیابی از قدیم الایام مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند (مانند ترازیابی به کمک وسایل ساده یا با استفاده از شیلنگ تراز) و بعضی از روش‌ها نیز امروزه به کار گرفته شده‌اند (مانند استفاده از ترازهای لیزری یا ترازیابی به کمک سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای).

در این فصل با برخی از روش‌های ترازیابی ساده آشنا می‌شوید و در فصل یازدهم متداول‌ترین روش‌های ترازیابی هندسی را می‌آموزید.

بیش‌تر بدانیم . . .



آیا می‌توانید غیر از روش‌هایی که در این فصل ذکر می‌گردد، روش‌های دیگری نیز برای محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع ذکر کنید؟ برای این منظور می‌توانید به کتاب‌های نقشه‌برداری موجود در بازار و یا سایت‌های مختلف نقشه‌برداری و ژئوماتیک رجوع کنید.

۱-۱۰ روش‌های مختلف ترازیبی

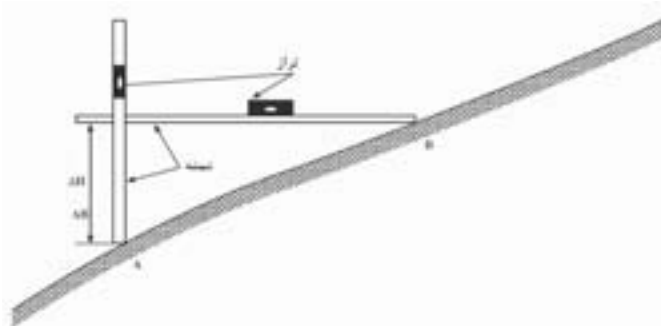
به طور کلی روش‌های مختلف ترازیبی را می‌توان به اشکال زیر تقسیم‌بندی نمود:

- ترازیبی به کمک وسایل ساده (تراز شاقولی - شمشه تراز)
- ترازیبی هیدرواستاتیکی (روش استفاده از شیلنگ تراز)
- ترازیبی هندسی (ترازیابی مستقیم)
- ترازیبی مثلثاتی (ترازیابی غیرمستقیم)
- ترازیبی به کمک ترازیب‌های الکترونیکی
- ترازیبی به کمک انواع تئودولیت‌های اُپتیکی و الکترونیکی
- ترازیبی فشارسنجی
- ترازیبی به کمک عکس‌های هوایی
- ترازیبی به کمک سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای

۲-۱۰ ترازیبی به کمک وسایل ساده

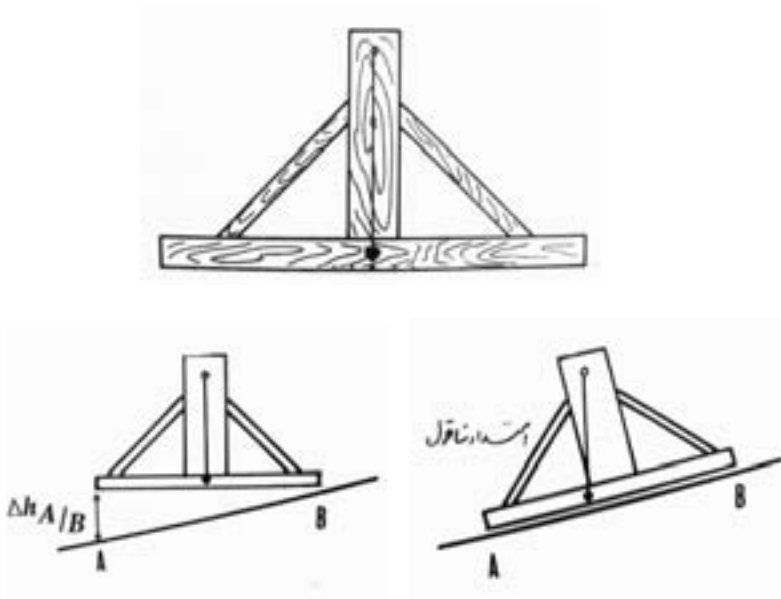
در این روش از وسایل ساده و اولیه برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین دو نقطه استفاده می‌شود. امروزه این روش در نقشه‌برداری کم‌تر مورد استفاده است. مهم‌ترین وسایل این روش تراز شاقولی و شمشه تراز بنایی است.

شمشه و ترازبنایی نیز برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو سطح، که دارای فاصله‌ی متناسب با طول شمشه هستند، در کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌توانید روش کار را توضیح دهید؟



شکل ۱۰-۱. شمشه و تراز بنایی

تراز شاقولی از یک مثلث متساوی الساقین تشکیل شده و با کمک شاقولی که به آن متصل است و خط نشان‌دهی که روی پایه‌ی آن قرار دارد، می‌توان سطح را تراز نمود (شکل ۱۰-۲)



شکل ۱۰-۲. تراز شاقولی

بیش تر بدانیم . . .

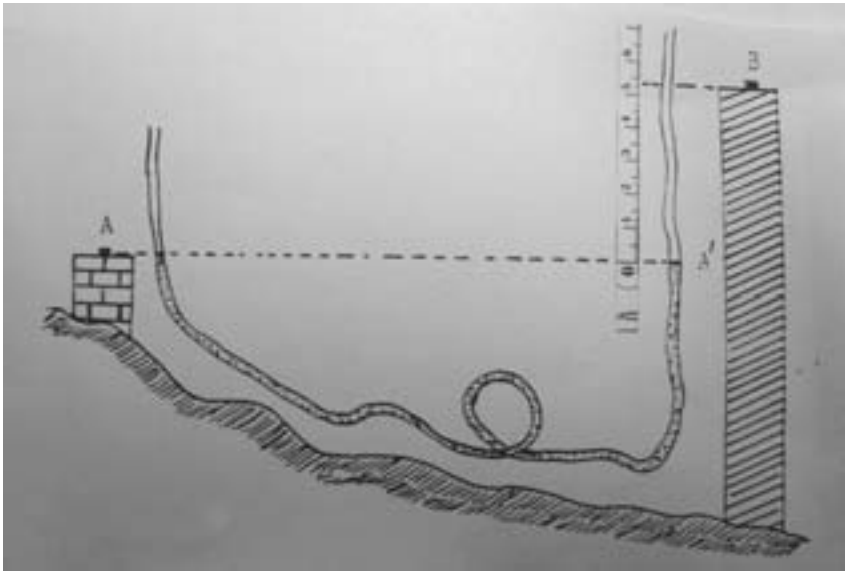


ابوبکر محمد بن حسین کرجی (حسن)، ریاضی‌دان و آب‌شناس فرهیخته ایرانی است و در نیمه دوم سده چهارم و آغاز سده پنجم هجری زندگی کرده است. وی هم دوران ابوریحان بیرونی، زکریای رازی و پورسینا بوده است اما کسی وی را به اندازه‌ی این سه تن نمی‌شناسد. به احتمال قوی کرجی نخستین کسی است که نقشه برداری زمینی را مطرح کرده است. وی برای هدایت راستا و شیب کف قنات‌های هابی ارائه کرده که از نظر اصول ریاضی درست منطبق بر آن چیزی است که امروزه در نقشه برداری‌های زیرزمینی انجام می‌شود و تفاوت اندک آنها در اجرا، به دلیل ابزارهایی مثل تئودولیت است که در آن زمان موجود نبوده است.

در این روش از قانون ظروف مرتبط یا ظروف به هم پیوسته استفاده می‌شود (قانون توریچلی). وقتی در یک لوله‌ی پلاستیکی (شیلنگ شفاف) آب بریزیم، سطح آزاد آب در دو شاخه‌ی لوله در یک ارتفاع قرار می‌گیرد. وسیله‌ی ساده‌ای که در این روش به کار برده می‌شود یک لوله یا شیلنگ پلاستیکی شفاف است.

مطابق شکل (۳-۱۰) بین دو نقطه‌ی A و B که نسبت به هم دارای پستی و بلندی هستند یک شیلنگ پر شده از آب قرار می‌دهیم و اختلاف سطح نقطه‌ی A را از نقطه‌ی B با این وسیله به دست می‌آوریم. به این ترتیب محل عبور سطح تراز نقطه‌ی A از امتداد قائم نقطه‌ی B است (A' هم ارتفاع A است. چرا؟)

با اندازه‌گیری فاصله‌ی قائم $A'B$ به وسیله‌ی متر، اختلاف ارتفاع دو نقطه را به دست می‌آوریم.



شکل ۱۰-۳. ترازیابی هیدرواستاتیکی (استفاده از شیلنگ تراز برای تعیین اختلاف ارتفاع)

ایراد این روش این است که فقط می‌توان در مواردی که نقاط به هم نزدیک باشند آن را به کار برد. به همین دلیل کاربردش در نقشه‌برداری کم است ولی در کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ترازیابی هندسی از دقیق‌ترین و مهم‌ترین روش‌های اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع است. در این روش به کمک دستگاه ترازیاب و شاخص و با ایجاد یک صفحه‌ی افقی در فضا اختلاف ارتفاع نقاط به دست می‌آید. به این صورت که با استفاده از تعریف و خاصیت صفحه‌ی افقی، که قبلاً گفته شد، مستقیماً اختلاف ارتفاع بین دو نقطه اندازه‌گیری می‌شود. در فصل بعد، روش‌های کار در ترازیابی هندسی به صورت کامل توضیح داده خواهد شد.



شکل ۱۰-۴. ترازیابی هندسی (ترازیابی مستقیم)

بیش تر بدانیم . . .

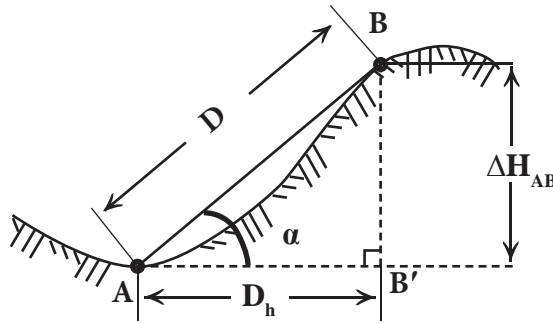


تحقیقی درمورد توریجلی و قانون معروفش (قانون ظروف مرتبط) انجام

دهید.

ترازیابی مثلثاتی یا ترازیابی غیرمستقیم (Trigonometric Levelling)

در این روش اختلاف ارتفاع نقاط با استفاده از روابط مثلثاتی تعیین می‌گردد. مثلاً اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B در شکل (۵-۱۰) با معلوم بودن فاصله‌ی شیب‌دار دو نقطه‌ی A و B (D) یا فاصله‌ی افقی آنها (D_h) و زاویه‌ی شیب امتداد AB (α)، به کمک شیب‌سنج به سهولت به دست می‌آید.



$$\Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha$$

$$\Delta H_{AB} = D_h \times \tan \alpha$$

شکل ۵-۱۰. ترازیابی مثلثاتی (ترازیابی غیرمستقیم)

محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله‌ی مایل و زاویه‌ی شیب :

$$\Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha$$

(رابطه‌ی ۱۰ - ۱)

محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله‌ی افقی و زاویه‌ی شیب :

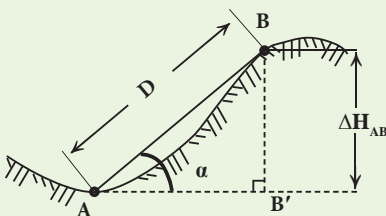
$$\Delta H_{AB} = D_h \times \tan \alpha$$

(رابطه‌ی ۱۰ - ۲)

مثال ۱۰-۱



اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله‌ی مایل و زاویه‌ی شیب (ترازیابی مثلثاتی)



با توجه به شکل مقابل اختلاف ارتفاع AB

(ΔH_{AB}) چند متر است؟

اگر ارتفاع A برابر ۱۰۰ متر باشد ارتفاع B چند

متر است؟ ($D = ۱۲ \text{ m}$ و $\alpha = ۳۰^\circ$)

راهکار کلی: مشاهده می شود که مثلث ABB' یک مثلث قائم الزاویه است. هم چنین ارتفاع A و B' برابرند زیرا این دو نقطه بر روی یک سطح افقی قرار دارند. بنابراین، با پیدا کردن ضلع BB' در این مثلث در حقیقت اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B را به دست آورده ایم. به دلیل معلوم بودن زاویه α شیب و طول مایل از رابطه $\sin \alpha = \frac{\Delta H_{AB}}{D}$ در مثلث قائم الزاویه ABB' استفاده می کنیم:

$$\sin \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{BB'}{AB} = \frac{\Delta H_{AB}}{D}$$

$$\sin \alpha = \frac{\Delta H_{AB}}{D} \Rightarrow \Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha$$

پس از به دست آوردن مقدار ΔH_{AB} کافی است آنرا با ارتفاع معلوم A جمع جبری نمائیم:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB}$$

روش حل:

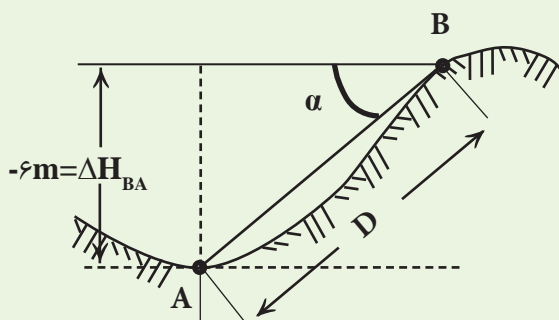
$$\left. \begin{array}{l} D = 12\text{m} \\ \alpha = 30^\circ \\ H_A = 10\text{m} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha = 12 \times \sin 30^\circ = 6\text{m} \\ H_B = H_A + \Delta H_{AB} = 10 + 6 = 16\text{m} \end{array}$$

بیش تر بدانیم . . .



ارتفاع برج میلاد که نماد مهندسی ایرانی است، چند متر است؟

بحث و بررسی: در مثال بالامشاهده می‌شود که اختلاف ارتفاع بین نقاط A تا B (ΔH_{AB}) برابر $+6\text{m}$ و معنی آن این است که نقطه‌ی B به اندازه‌ی ۶ متر از نقطه‌ی A در سطح بالاتری قرار دارد. $(\Delta H_{AB} = +6\text{m})$. حال اگر بخواهیم اختلاف ارتفاع بین B تا A (ΔH_{BA}) را به دست آوریم مطابق شکل، مقدار آن -6 متر خواهد شد. یعنی نقطه‌ی A به اندازه‌ی ۶ متر پایین‌تر از نقطه‌ی B قرار می‌گیرد. در این حالت چون امتداد BA پایین خط افق BB' قرار گرفته است، پس زاویه‌ی شیب -30° درجه خواهد شد.



$$\left. \begin{array}{l} D = 12\text{m} \\ \alpha = -30^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta H_{BA} = D \times \sin \alpha \\ \Delta H_{BA} = 12 \times \sin(-30^\circ) = -6\text{m} \end{array}$$

۶-۱۰ ترازیبی به کمک ترازیب‌های الکترونیکی

در این نوع ترازیبی از ترازیب‌های الکترونیکی همراه با شاخص مخصوص استفاده می‌شود. این ترازیب‌ها قادرند از خود اشعه‌ای صادر کنند و این اشعه پس از برخورد به شاخص و برگشت، می‌تواند اختلاف ارتفاع را مشخص نماید.

مزیت مهم این دستگاه‌ها آن است که در آن‌ها خطای قرائت و خطای ثبت اعداد وجود ندارد. این دستگاه‌ها قادرند فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی ایستگاه و محل استقرار شاخص را اندازه‌گیری نمایند. هم‌چنین، به تعداد دفعات لازم، اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع و فاصله را تکرار می‌کنند.



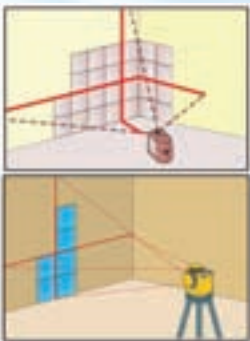
شکل ۱۰ - ۶. تراز یاب الکترونیکی

بیش تر بدانیم . . .



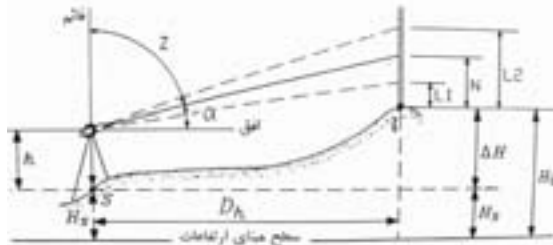
ترازیاب های لیزری

تحقیقی در مورد کاربردهای
عمرانی تراز یاب های لیزری انجام
دهید.



اصول کلی این روش در کتاب «نقشه برداری عمومی» سال آینده به صورت مشروح بیان می شود و روابط مورد نظر اثبات می گردد، اما این جا در حد اختصار به توضیح موضوع می پردازیم.

همان گونه که در شکل (۷-۱۰) ملاحظه می شود دستگاه زاویه یاب (تئودولیت) در نقطه S مستقر شده و ارتفاع دوربین اندازه گیری می گردد. سپس با قراول روی به شاخص نگاه داشته شده در نقطه i ، اعداد مربوط به تارهای صفحه ی رتیکول و هم چنین زاویه ی قائم دوربین قرائت می شود. بنابراین، با داشتن مقادیر اندازه گیری شده و هم چنین ارتفاع نقطه S می توان اختلاف ارتفاع دو نقطه S و i را به دست آورد.



شکل ۱۰-۷. ترازیابی به کمک زاویه یاب (تئودولیت)

در این روش اختلاف ارتفاع نقاط بر اساس اختلاف فشار هوا و درجه ی حرارت در دو نقطه تعیین می گردد. به طوری که با اندازه گیری فشار هوا در هر نقطه می توان ارتفاع آن را تعیین نمود. زیرا فشار هوا در لایه های هم ارتفاع یکسان است و هرچه از سطح زمین بالاتر برویم از فشار هوا کاسته می شود. یعنی فشار هوا با ارتفاع نسبت معکوس دارد. دقت این روش کم است و برای مناطق کوهستانی مناسب است.

برای اندازه گیری فشار هوا از وسیله ای به نام «بارومتر» استفاده می گردد.



شکل ۱۰-۸. بارومتر

با استفاده از عکس‌های هوایی و وسایل مخصوص کار با آن‌ها و نیز با توجه به روابط ریاضی مربوطه و فرمول‌های مناسب می‌توان اختلاف ارتفاع تعداد بسیاری از نقاط را، که در عکس زمینی موجودند، به دست آورد. این کار با دستگاه‌های تبدیل، کامپیوتر و ماشین حساب به سهولت انجام می‌شود.



شکل ۱۰-۹. عکس هوایی

بیش تر بدانیم . . .



فشار کمیتی است برابر با نیروی عمود بر سطح در واحد سطح. اتمسفر یکی از واحدهای اندازه‌گیری فشار است. در دهمین کنفرانس عمومی واحدهای اندازه‌گیری اتمسفر به عنوان یک واحد رسمی اندازه‌گیری فشار پذیرفته شد و مقدار دقیق آن برابر با 101325 پاسکال تعیین شد. هر اتمسفر تقریباً برابر با میانگین فشار هوا در سطح دریا در سواحل شهر پاریس فرانسه است. شهرهای دیگر دنیا که در عرض جغرافیایی مشابهی قرار دارند، از میانگین فشار هوای مشابهی نیز برخوردارند.

ترازیابی به کمک سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS)

در این روش با استقرار گیرنده‌های GPS بر روی نقطه‌ای که می‌خواهیم ارتفاع مطلق آن را به دست آوریم و از طریق ارتباط گیرنده‌ها با ماهواره، ارتفاع توسط دستگاه گیرنده، پس از محاسبه، بر روی صفحه‌ی نمایش آن نشان داده می‌شود.



شکل ۱۰-۱۰. گیرنده GPS

خلاصه‌ی فصل

- مهم‌ترین روش‌های ترازیابی عبارت‌اند از:
 - ۱- ترازیابی به کمک وسایل ساده (تراز شاقولی - شمشه تراز)
 - ۲- ترازیابی هیدرواستاتیکی (روش استفاده از شیلنگ تراز)
 - ۳- ترازیابی هندسی (ترازیابی مستقیم)
 - ۴- ترازیابی مثلثاتی (ترازیابی غیرمستقیم)
 - ۵- ترازیابی به کمک ترازیب‌های الکترونیکی
 - ۶- ترازیابی به کمک انواع تئودولیت‌های اپتیکی و الکترونیکی
 - ۷- ترازیابی فشارسنجی
 - ۸- ترازیابی به کمک عکس‌های هوایی
 - ۹- ترازیابی به کمک سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای



سؤالات تشریحی

- ۱- روش‌های مختلف ترازیابی را نام ببرید.
- ۲- دو روش متداول ترازیابی با وسایل ساده را نام ببرید و هر کدام را شرح دهید.
- ۳- ترازیابی هیدرواستاتیکی (استفاده از شیلنگ تراز) را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۴- ترازیابی مثلثاتی چیست؟ با رسم شکل روابط آن را توضیح دهید.
- ۵- ترازیابی به کمک دستگاه‌های الکترونیکی را توضیح دهید.
- ۶- چگونه می‌توان از تغییرات فشار هوا برای تعیین اختلاف ارتفاع استفاده کرد؟ توضیح دهید.
- ۷- ترازیابی به کمک عکس هوایی چگونه است؟
- ۸- ترازیابی با GPS را شرح دهید.

سؤال جورکردنی

- ۹- روش‌های ستون «الف» را با وسایل ستون «ب» تکمیل کنید.

<u>الف</u>	<u>ب</u>
ترازیابی با وسایل ساده	تئودولیت
هیدرواستاتیکی	فشارسنج
هندسی	شیلنگ تراز
بارومتری	نیوو
	عکس هوایی
	شمشه و تراز



سؤالات چهارگزینه‌ای

۱۰- تراز یابی با شیلنگ تراز جزو کدام روش تراز یابی است؟

(۱) هیدرواستاتیکی

(۲) هندسی

(۳) غیر مستقیم

(۴) الکترونیکی

۱۱- کدام گزینه تراز یابی مستقیم نامیده می‌شود؟

(۱) هندسی

(۲) مثلثاتی

(۳) فشارسنجی

(۴) ماهواره‌ای

۱۲- در کدام روش تراز یابی اختلاف ارتفاع نقاط بر اساس اختلاف فشار هوا و درجه‌ی

حرارت در دو نقطه تعیین می‌گردد؟

(۱) هیدرواستاتیکی

(۲) غیر مستقیم

(۳) ماهواره‌ای

(۴) بارومتری