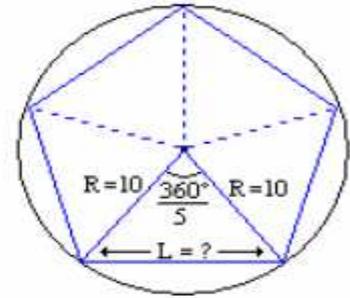
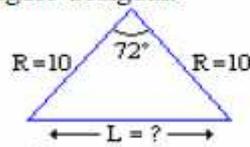


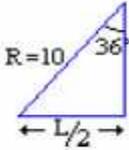
Calcular la longitud del lado y el área de un pentágono regular inscrito en una circunferencia de radio 10 cm.

Solución.

Un pentágono regular inscrito en una circunferencia se puede dividir en cinco triángulos isósceles de los que se conocería la longitud de los lados iguales (R) y el ángulo desigual.



Cada triángulo isósceles a su vez se puede dividir en dos triángulos rectángulos de los que se conocería un ángulo agudo y la hipotenusa.



Aplicando la definición de seno de 36° se calcula la longitud del lado de triángulo (L/2) y de está, la del lado del pentágono regular.

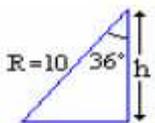
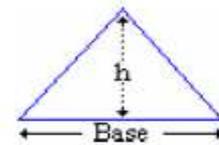
$$\text{sen } 36^\circ = \frac{L/2}{R} \quad \frac{L}{2} = R \cdot \text{sen } 36^\circ \quad L = 2R \cdot \text{sen } 36^\circ = 2 \cdot 10 \text{ sen } 36^\circ \approx 11'8 \text{ cm}$$

El área del pentágono se calcula como cinco veces la de uno cualquiera de los triángulos isósceles en el que lo hemos dividido.

$$A_{\text{Pent}} = 5A_{\text{Tr}}$$

El área del triángulo se calcula según su definición

$$A_{\text{Tr}} = \frac{1}{2} b \cdot h$$



Donde la base es la longitud del lado del pentágono y la altura se calcula de igual forma que el lado del pentágono solo que en este caso utilizando la definición de coseno de 36° .

$$\text{cos } 36^\circ = \frac{h}{R} \quad h = R \text{ cos } 36^\circ = 10 \text{ cos } 36^\circ \approx 8'1 \text{ cm}$$

Conocida la base y la altura se calcula el área del triángulo, y multiplicando por cinco está, el área del pentágono.

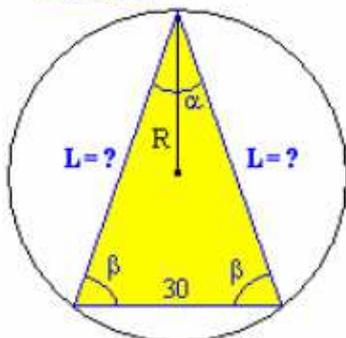
$$A_{\text{Tr}} = \frac{1}{2} b \cdot h = \frac{1}{2} 11'8 \cdot 8'1 \approx 47'6 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Pent}} = 5A_{\text{Tr}} = 5 \cdot 47'6 = 237'8 \text{ cm}^2$$

Cuestión 32.-

Un triángulo isósceles esta inscrito en una circunferencia de 50 cm de diámetro, si el lado desigual es de 30 cm de longitud, calcular la longitud de los otros dos lados, los ángulos y el área.

Solución.

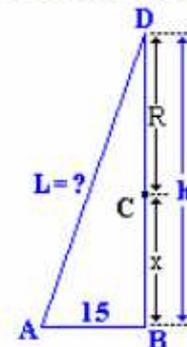


Se pide calcular la longitud de los lados iguales (L), los ángulos α y β , y el área del triángulo. Se empieza por calcular la longitud de los lados iguales, para ello se divide por la base el triángulo isósceles en dos triángulos rectángulos, obteniendo el triángulo ABD.

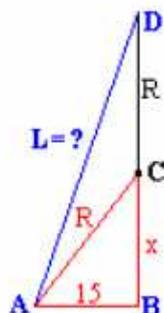
Aplicando Pitágoras al triángulo rectángulo

$$L^2 = 15^2 + h^2$$

Donde $h = R + x$



La longitud x se puede calcular en el triángulo ABC aplicando el teorema de Pitágoras:



$$R^2 = 15^2 + x^2 \quad x = \sqrt{R^2 - 15^2}$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

$$x = \sqrt{25^2 - 15^2} = \sqrt{400} = 20$$

Conocido x se calcula h

$$h = 25 + 20 = 45$$

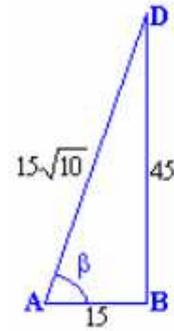
Conocido h se calcula L con la primera ecuación.

$$L^2 = 15^2 + 45^2 = 2250 \quad L = \sqrt{2250} = 15\sqrt{10}$$

Ángulo β . Se calcula con la definición de cualquier razón trigonométrica del ángulo β .

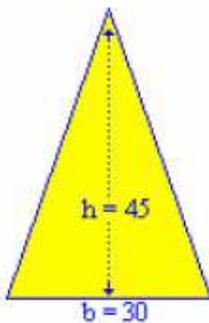
$$\cos \beta = \frac{\text{Cateto contiguo}}{\text{Hipotenusa}} = \frac{15}{15\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{10}}{10}$$

$$\beta = \arccos \frac{\sqrt{10}}{10} = 71'6''$$



Conocido β y teniendo en cuenta que la suma de ángulos es igual a 180° , se calcula α .

$$\alpha + 2\beta = 180^\circ \quad \alpha = 180 - 2\beta = 180 - 2 \cdot 71'6'' = 36'8''$$



El área del triángulo se calcula por su definición

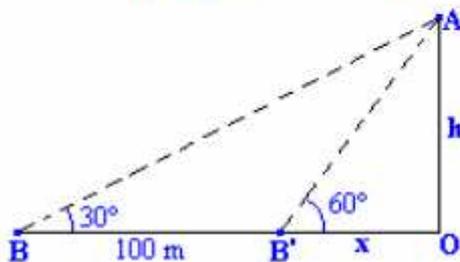
$$A = \frac{1}{2} b \cdot h = \frac{1}{2} 30 \cdot 45 = 675 \text{ cm}^2$$

Cuestión 33.-

Desde un barco se divisa el alto de una montaña bajo una visual que forma con la horizontal un ángulo de 60° . Si el barco se aleja 100 m. la nueva visual forma un ángulo de 30° con la horizontal. Calcular la altura de la montaña.

Solución.

Problema de la doble observación ó doble tangente.

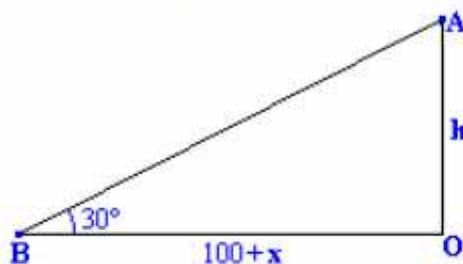


Triángulo AOB:

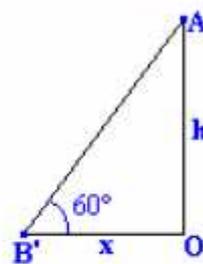
Se resuelve descomponiendo en dos triángulos rectángulos BOA y B'OA, y definiendo en cada uno de ellos la tangente del ángulo conocido en función de h y de x . Las dos ecuaciones permiten plantear un sistema del que se calcula h .

$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Cateto contiguo}}$$

Triángulo AOB'



$$\text{tg } 30^\circ = \frac{h}{100 + x}$$



$$\text{tg } 60^\circ = \frac{h}{x}$$

$$\text{Sistema: } \begin{cases} \text{tg } 30^\circ = \frac{h}{100 + x} \\ \text{tg } 60^\circ = \frac{h}{x} \end{cases} : h = x \text{ tg } 60^\circ : \text{tg } 30^\circ = \frac{x \text{ tg } 60^\circ}{100 + x}$$

$$\operatorname{tg} 30^\circ(100+x) = x \operatorname{tg} 60^\circ \quad : \quad 100 \operatorname{tg} 30^\circ + x \operatorname{tg} 30^\circ = x \operatorname{tg} 60^\circ \quad : \quad 100 \operatorname{tg} 30^\circ = x \operatorname{tg} 60^\circ - x \operatorname{tg} 30^\circ$$

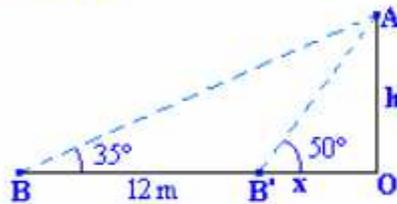
$$100 \operatorname{tg} 30^\circ = x (\operatorname{tg} 60^\circ - \operatorname{tg} 30^\circ) \quad : \quad x = \frac{100 \operatorname{tg} 30^\circ}{\operatorname{tg} 60^\circ - \operatorname{tg} 30^\circ} = 50 \text{ m}$$

$$h = x \operatorname{tg} 60^\circ = 50 \operatorname{tg} 60^\circ = 50\sqrt{3} \approx 86'6 \text{ m}$$

Cuestión 34.-

Al observar desde el suelo el punto más alto de un árbol, el ángulo de la visual y la horizontal mide 50° . Desde 12 m más atrás el ángulo es de 35° . Calcula la altura del árbol gráficamente y por técnicas trigonométricas.

Solución.



Problema de doble observación ó doble tangente.

$$\begin{cases} \text{BOA} : \operatorname{tg} 35^\circ = \frac{h}{12+x} \\ \text{B'OA} : \operatorname{tg} 50^\circ = \frac{h}{x} \end{cases} \quad : \quad h = x \operatorname{tg} 50^\circ \quad : \quad \operatorname{tg} 35^\circ = \frac{x \operatorname{tg} 50^\circ}{12+x}$$

$$\operatorname{tg} 35^\circ(12+x) = x \operatorname{tg} 50^\circ \quad : \quad 12 \operatorname{tg} 35^\circ + x \operatorname{tg} 35^\circ = x \operatorname{tg} 50^\circ \quad : \quad 12 \operatorname{tg} 35^\circ = x \operatorname{tg} 50^\circ - x \operatorname{tg} 35^\circ$$

$$12 \operatorname{tg} 35^\circ = x (\operatorname{tg} 50^\circ - \operatorname{tg} 35^\circ) \quad : \quad x = \frac{12 \operatorname{tg} 35^\circ}{\operatorname{tg} 50^\circ - \operatorname{tg} 35^\circ} = 17'1 \text{ m}$$

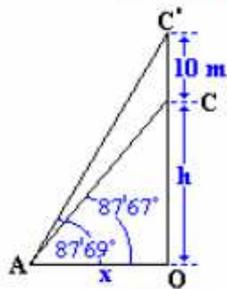
$$h = x \operatorname{tg} 50^\circ = 17'1 \operatorname{tg} 50^\circ \approx 20'4 \text{ m}$$

Cuestión 35.-

Se quiere calcular la altura de una colina situada al borde del mar, si colocamos un poste de 10 m sobre su punto más alto, desde un punto de la orilla del mar, se observan los vértices inferior y superior del poste bajo ángulos de $87'67''$ y $87'69''$ respectivamente. Calcular la altura de la colina sobre el nivel del mar.

Solución.

Problema de la doble observación ó doble tangente.

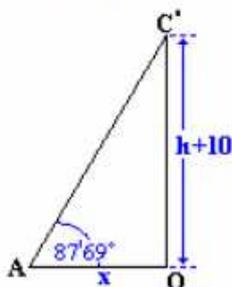


Triángulo AOC':

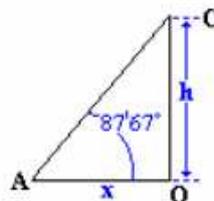
El problema se resuelve descomponiendo la figura en dos triángulos rectángulos AOC y AOC', y definiendo en cada uno de ellos la tangente del ángulo conocido en función de h y de x. Las dos ecuaciones permiten plantear un sistema del que se calcula h.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Cateto contiguo}}$$

Triángulo AOC:



$$\operatorname{tg} 86'69'' = \frac{h+10}{x}$$



$$\operatorname{tg} 86'67'' = \frac{h}{x}$$

$$\begin{cases} \operatorname{tg} 86'69'' = \frac{h+10}{x} \\ \operatorname{tg} 86'67'' = \frac{h}{x} \end{cases} \quad : \quad h = x \operatorname{tg} 86'67'' \quad : \quad \operatorname{tg} 86'69'' = \frac{x \operatorname{tg} 86'67'' + 10}{x}$$

$$x \operatorname{tg} 86'69'' = x \operatorname{tg} 86'67'' + 10 \quad : \quad x \operatorname{tg} 86'69'' - x \operatorname{tg} 86'67'' = 10 \quad : \quad x (\operatorname{tg} 86'69'' - \operatorname{tg} 86'67'') = 10$$

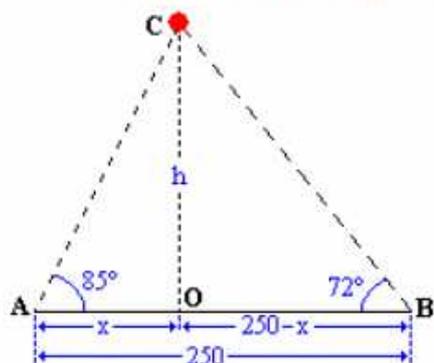
$$x = \frac{10}{\operatorname{tg} 86'69'' - \operatorname{tg} 86'67''} = 96'1 \text{ m}$$

Cuestión 36.-

Dos observadores separados 250 m ven un globo estático situado entre ellos bajo ángulos de 72° y 85° . A que altura se encuentra el globo. A que distancia del globo se encuentra cada observador.

Solución.

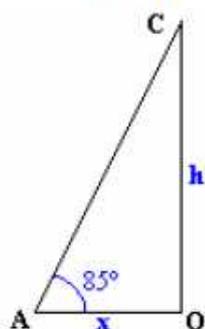
Problema de la doble observación ó doble tangente.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Cateto contiguo}}$$

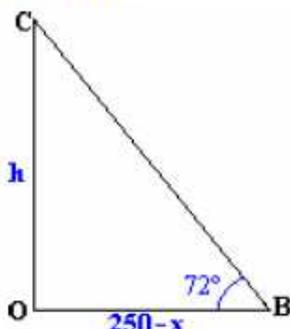
El problema se resuelve descomponiendo la figura en dos triángulos rectángulos AOC y BOC, y definiendo en cada uno de ellos la tangente del ángulo conocido en función de h y de x. Las dos ecuaciones permiten plantear un sistema del que se calcula h.

Triángulo AOC:



$$\operatorname{tg} 85^\circ = \frac{h}{x}$$

Triángulo BOC:



$$\operatorname{tg} 72^\circ = \frac{h}{250 - x}$$

$$\text{Sistema: } \begin{cases} \operatorname{tg} 85^\circ = \frac{h}{x} \\ \operatorname{tg} 72^\circ = \frac{h}{250 - x} \end{cases} \quad : h = x \operatorname{tg} 85^\circ \quad : \operatorname{tg} 72^\circ = \frac{x \operatorname{tg} 85^\circ}{250 - x}$$

$$\operatorname{tg} 72^\circ (250 - x) = x \operatorname{tg} 85^\circ \quad : \quad 250 \operatorname{tg} 72^\circ - x \operatorname{tg} 72^\circ = x \operatorname{tg} 85^\circ \quad : \quad 250 \operatorname{tg} 72^\circ = x \operatorname{tg} 85^\circ + x \operatorname{tg} 72^\circ$$

$$x (\operatorname{tg} 85^\circ + \operatorname{tg} 72^\circ) = 250 \operatorname{tg} 72^\circ \quad : \quad x = \frac{250 \operatorname{tg} 72^\circ}{\operatorname{tg} 85^\circ + \operatorname{tg} 72^\circ} \approx 53 \text{ m}$$

$$h = 53 \operatorname{tg} 85^\circ \approx 606'2 \text{ m}$$

Las distancias de cada observador al globo se calculan con la definición de seno en cada uno de los triángulos.

- **Triángulo AOC:** $\operatorname{sen} 85^\circ = \frac{h}{AC} \quad : \quad \overline{AC} = \frac{h}{\operatorname{sen} 85^\circ} = \frac{602'2}{\operatorname{sen} 85^\circ} \approx 604'3 \text{ m}$
- **Triángulo BOC:** $\operatorname{sen} 72^\circ = \frac{h}{BC} \quad : \quad \overline{BC} = \frac{h}{\operatorname{sen} 72^\circ} = \frac{602'2}{\operatorname{sen} 72^\circ} \approx 633 \text{ m}$

Cuestión 37.-

Resolver los siguientes triángulos:

- i. $b = 57 \quad c = 100 \quad \hat{A} = 57^\circ$ Se conocen dos lados y el ángulo comprendido entre los dos. Aplicando el teorema del coseno se calcula el lado que falta.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \hat{A} \quad a = \sqrt{b^2 + c^2 - 2bc \cos \hat{A}} = \sqrt{57^2 + 100^2 - 2 \cdot 57 \cdot 100 \cos 57} = 83'9$$

Conocidos los tres lados, se calcula uno cualquiera de los ángulos que faltan por el teorema del coseno.

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos \hat{B} \Rightarrow \cos \hat{B} = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} = \frac{(83'9)^2 + 100^2 - 57^2}{2 \cdot 83'9 \cdot 100} = 0'82$$

$$\cos \hat{B} = 0'82 \Rightarrow \hat{B} = \arccos 0'82 = 34'7^\circ$$

Conocidos dos ángulos, el tercero se saca como diferencia hasta 180° .

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180 \quad \hat{C} = 180 - (\hat{A} + \hat{B}) = 180^\circ - (100^\circ + 34'7'') = 45'3''$$

- ii. $b = 57$ $c = 100$ $\hat{B} = 57^\circ$ Conocidos dos lados y el ángulo contiguo a uno de ellos. Lo primero es saber si el triángulo tiene solución. Para ello aplicamos el teorema de seno a los datos, y despejamos el seno del ángulo que nos falta.

$$\frac{b}{\sin \hat{B}} = \frac{c}{\sin \hat{C}} \quad \sin \hat{C} = \frac{c}{b} \sin \hat{B} = \frac{100}{57} \sin 57^\circ = 1'47 > 1 \Rightarrow \text{No tiene solución}$$

- iii. $a = 7$ $b = 17$ $\hat{B} = 76^\circ$ Conocidos dos lados y el ángulo contiguo a uno de ellos. Lo primero es saber si el triángulo tiene solución. Para ello aplicamos el teorema de seno a los datos, y despejamos el seno del ángulo que nos falta.

$$\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{b}{\sin \hat{B}} \quad \sin \hat{A} = \frac{a}{b} \sin \hat{B} = \frac{7}{17} \sin 76^\circ = 0'40 < 1 \Rightarrow \text{Tiene solución}$$

Como además $\frac{7}{17} < 1$, la solución es única, y el ángulo \hat{A} es agudo.

$$\sin \hat{A} = 0'40 \quad \hat{A} = \arcsen 0'40 = 23'5''$$

Conocidos dos ángulos, el tercero se calcula como diferencia hasta 180°

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180 \quad \hat{C} = 180 - (\hat{A} + \hat{B}) = 180^\circ - (23'5'' + 76^\circ) = 80'5''$$

El lado que falta se calcula por el teorema del seno.

$$\frac{b}{\sin \hat{B}} = \frac{c}{\sin \hat{C}} \quad c = b \frac{\sin \hat{C}}{\sin \hat{B}} = 17 \cdot \frac{\sin 80'5''}{\sin 76^\circ} = 17'3''$$

- iv. $a = 12$, $b = 15$, $c = 18$. Conocidos los tres lados, los dos primeros ángulos se calculan por el teorema del coseno, y el tercero por la suma de ángulos.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \hat{A} \quad \cos \hat{A} = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c} = \frac{15^2 + 18^2 - 12^2}{2 \cdot 15 \cdot 18} = -0'45 \quad \hat{A} = 116'7''$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \hat{B} \quad \cos \hat{B} = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2 \cdot a \cdot c} = \frac{12^2 + 18^2 - 15^2}{2 \cdot 12 \cdot 18} = 0'56 \quad \hat{B} = 55'8''$$

Conocidos dos ángulos, el tercero se calcula como diferencia hasta 180°

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180 \quad \hat{C} = 180 - (\hat{A} + \hat{B}) = 180^\circ - (116'7'' + 55'8'') = 7'5''$$

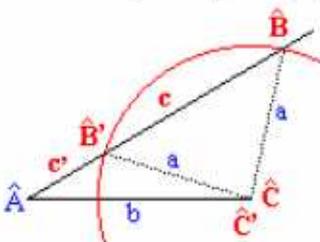
- v. $\hat{A} = 30^\circ$, $a = 15$, $b = 20$. Conocidos dos lados y el ángulo contiguo a uno de ellos.

Lo primero es comprobar si el triángulo tiene solución, para lo cual se aplica el teorema del seno a los datos que nos dan, despejando el seno del ángulo que se desconoce, en este caso $\sin \hat{B}$

$$\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{b}{\sin \hat{B}} \quad \sin \hat{B} = \frac{b}{a} \sin \hat{A} = \frac{20}{15} \sin 30^\circ = 0'67 < 1 \quad \text{El triángulo tiene solución}$$

Teniendo en cuenta que $\left\{ \begin{array}{l} \frac{b}{a} \sin \hat{A} < 1 \\ b > a \end{array} \right\}$ la solución es doble, es decir el ángulo \hat{A} puede tomar

dos valores, uno agudo (\hat{B}) y otro obtuso (\hat{B}') que son suplementarios.



$$\sin \hat{B} = 0'67 \Rightarrow \hat{B} = \arcsen 0'67 = 41'8''$$

$$\hat{B}' = 180 - \hat{B} = 180 - 41'8'' = 138'2''$$

Con \hat{A} y \hat{B} se calcula \hat{C} , con \hat{A} y \hat{B}' se calcula \hat{C}' .

$$\hat{C} = 180 - (\hat{A} + \hat{B}) = 180 - (30 + 41'8'') = 108'2''$$

$$\hat{C}' = 180 - (\hat{A} + \hat{B}') = 180 - (30 + 138'2'') = 11'8''$$

Con \hat{C} se calcula c y con \hat{C}' c' mediante el teorema del seno, aplicando entre a y c .

$$\frac{a}{\text{sen } \hat{A}} = \frac{c}{\text{sen } \hat{C}} \quad \Rightarrow \quad c = a \frac{\text{sen } \hat{C}}{\text{sen } \hat{A}} = 15 \frac{\text{sen } 108'2^\circ}{\text{sen } 30^\circ} = 28'5$$

$$\frac{a}{\text{sen } \hat{A}} = \frac{c'}{\text{sen } \hat{C}'} \quad \Rightarrow \quad c' = a \frac{\text{sen } \hat{C}'}{\text{sen } \hat{A}} = 15 \frac{\text{sen } 11'8^\circ}{\text{sen } 30^\circ} = 6'1$$

Obteniéndose los siguientes triángulos:



vi. $\hat{B} = 95^\circ$, $b = 12$, $c = 10$. Conocidos dos lados y el ángulo contiguo a uno de ellos.

Como el ángulo conocido es mayor de 90° (obtuso), el triángulo tendrá solución y será única, con la condición de que el lado opuesto al ángulo conocido (b) sea mayor que el lado contiguo (c).

$$b (12) > c (10)$$

Aplicando el teorema del seno:

$$\frac{b}{\text{sen } \hat{B}} = \frac{c}{\text{sen } \hat{C}} \quad \text{sen } \hat{C} = \frac{c}{b} \text{sen } \hat{B} = \frac{10}{12} \text{sen } 95 = 0'83$$

$$\hat{C} = \arcsen 0'83 = 56'1^\circ$$

Conocido \hat{C} se calcula \hat{A} mediante la suma de ángulos.

$$\hat{A} = 180 - (\hat{B} + \hat{C}) = 180 - (95 + 56'1) = 28'9^\circ$$

El lado que falta (a) se calcula mediante el teorema del seno.

$$\frac{a}{\text{sen } \hat{A}} = \frac{b}{\text{sen } \hat{B}} \quad a = b \frac{\text{sen } \hat{A}}{\text{sen } \hat{B}} = 12 \frac{\text{sen } 28'9^\circ}{\text{sen } 95^\circ} = 5'8$$

vii. $b = 80$, $\hat{A} = 15^\circ$, $\hat{B} = 30^\circ$. Conocidos dos ángulos y un lado.

Mediante la suma de ángulos se calcula el ángulo que falta (\hat{C}).

$$\hat{C} = 180 - (\hat{A} + \hat{B}) = 180 - (15 + 30) = 135^\circ$$

Conocidos los tres ángulos y un lado, con el teorema del seno se calculan los lados que faltan.

$$\frac{a}{\text{sen } \hat{A}} = \frac{b}{\text{sen } \hat{B}} \quad a = b \frac{\text{sen } \hat{A}}{\text{sen } \hat{B}} = 80 \frac{\text{sen } 15^\circ}{\text{sen } 30^\circ} = 41'4$$

$$\frac{b}{\text{sen } \hat{B}} = \frac{c}{\text{sen } \hat{C}} \quad c = b \frac{\text{sen } \hat{C}}{\text{sen } \hat{B}} = 80 \frac{\text{sen } 135^\circ}{\text{sen } 30^\circ} = 113'1$$

viii. $a = 40$, $\hat{B} = 45^\circ$, $C = 75^\circ$. Conocidos dos ángulos y un lado.

El ángulo \hat{A} se calcula como diferencia hasta 180° .

$$\hat{A} = 180 - (\hat{B} + \hat{C}) = 180 - (45 + 75) = 60^\circ$$

Conocidos los tres ángulo y un lado (a), los restantes lados se calculan con el teorema del seno, utilizando en ambos casos a y \hat{A} .

$$\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{b}{\sin \hat{B}} \quad b = a \frac{\sin \hat{B}}{\sin \hat{A}} = 40 \frac{\sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} = 32'7$$

$$\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{c}{\sin \hat{C}} \quad c = a \frac{\sin \hat{C}}{\sin \hat{A}} = 40 \frac{\sin 75^\circ}{\sin 60^\circ} = 44'6$$

Cuestión 38.-

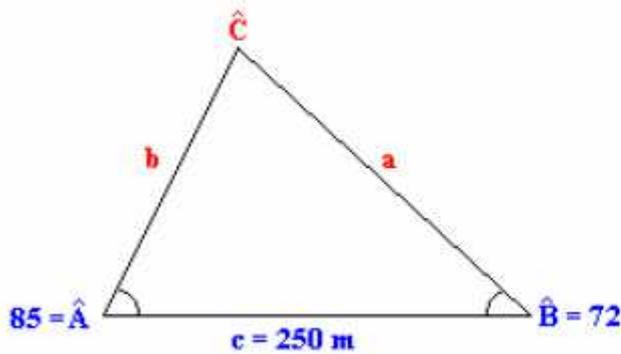
Dos observadores separados 250 m ven un globo estático situado entre ellos bajo ángulos de 72° y 85° . A que altura se encuentra el globo. A que distancia se encuentra cada observador del globo.

Solución.

Lo primero es calcular el ángulo que falta teniendo en cuenta que la suma de todos los ángulos vale 180°

$$\hat{C} = 180 - (\hat{A} + \hat{B}) = 180 - (85 + 72) = 23^\circ$$

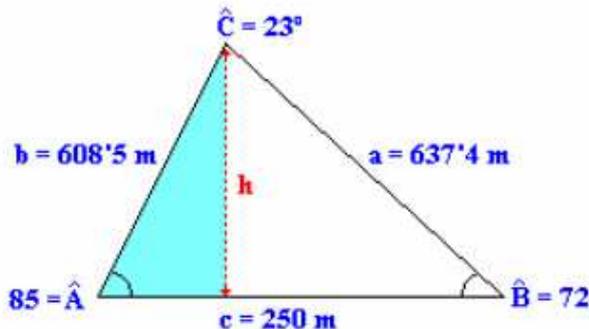
Conocidos los tres ángulos y un lado los restantes se calculan mediante el teorema del seno.



$$\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{c}{\sin \hat{C}} \quad \therefore a = c \cdot \frac{\sin \hat{A}}{\sin \hat{C}} = 250 \cdot \frac{\sin 85^\circ}{\sin 23^\circ} = 637'4 \text{ m}$$

$$\frac{b}{\sin \hat{B}} = \frac{c}{\sin \hat{C}} \quad \therefore b = c \cdot \frac{\sin \hat{B}}{\sin \hat{C}} = 250 \cdot \frac{\sin 72^\circ}{\sin 23^\circ} = 608'5 \text{ m}$$

Los observadores se encuentran a 637'4 m y a 608'5 m



Aplicando la definición de seno al ángulo A se calcula la altura del globo

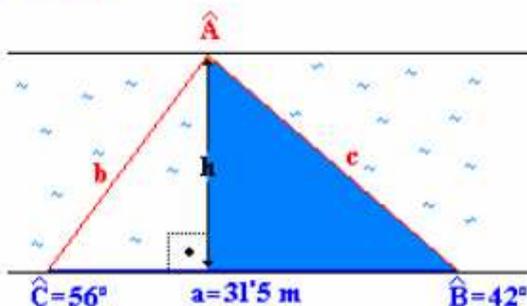
$$\sin \hat{A} = \frac{h}{b}$$

$$h = b \cdot \sin \hat{A} = 608'5 \cdot \sin 85^\circ = 606'2 \text{ m}$$

Cuestión 39.-

Un río tiene las dos orillas paralelas. Desde los puntos A y B de una orilla se observa un punto C de la orilla opuesta. Las visuales forman con la orilla unos ángulos de 42° y 56° respectivamente. Calcular la anchura del río sabiendo que la distancia entre los puntos A y B es de 31,5 m

Solución.



La anchura del río (h) se puede obtener aplicando la definición del $\sin \hat{B}$ al triángulo rectángulo resaltado en la figura.

$$\sin \hat{B} = \frac{h}{c} \quad \Rightarrow \quad h = c \cdot \sin \hat{B}$$

El lado c se calcula en el triángulo ABC, del que se conocen los ángulos \hat{B} , \hat{C} y el lado a.

Conocidos dos ángulos, el tercero se calcula como diferencia hasta 180°

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180 \quad \hat{A} = 180 - (\hat{B} + \hat{C}) = 180 - (42 + 56) = 82^\circ$$

Conocidos los tres ángulos y el lado a, se calcula el lado c mediante el teorema del seno.

$$\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{c}{\sin \hat{C}} \quad c = a \cdot \frac{\sin \hat{C}}{\sin \hat{A}} = 31'5 \cdot \frac{\sin 56}{\sin 82} = 26'4 \text{ m}$$

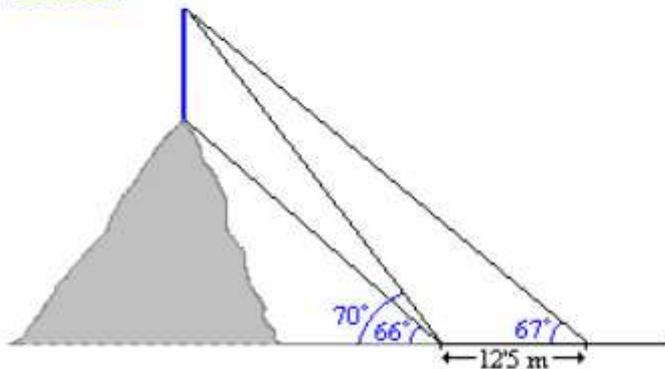
Conocido c se calcula la anchura del río.

$$h = c \cdot \sin \hat{B} = 26'4 \cdot \sin 42 = 17'6 \text{ m}$$

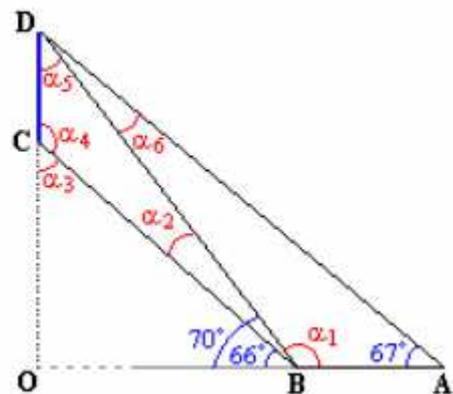
Cuestión 40.-

Calcular la altura de un repetidor de TV ubicado en la cima de una montaña sabiendo que desde un punto alejado del pie de la montaña la base y el vértice del repetidor se ven bajo unos ángulos de 66° y 70° respectivamente. Si nos alejamos de esa posición en línea recta 12,5 m el vértice ahora lo vemos bajo un ángulo de 67° .

Solución.



Con la información del enunciado se pueden obtener una serie de triángulos, rectángulos y oblicuángulos, en los que calcular todos los ángulos únicamente con la condición de que la suma de ángulos es igual a 180° .



- α_1 . Es suplementario al ángulo de 70° .

$$\alpha_1 = 180 - 70 = 110^\circ$$

- α_2 . Como diferencia de ángulos

$$\alpha_2 = 70 - 66 = 4^\circ$$

- α_3 : Complementario al ángulo de 66° .

$$\alpha_3 = 90 - 66 = 24^\circ$$

- α_4 . Suplementario a α_3 .

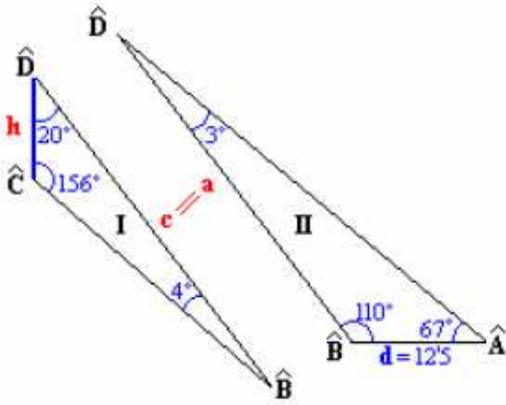
$$\alpha_4 = 180 - 24 = 156^\circ$$

- α_5 . En el triángulo BCD: $\alpha_2 + \alpha_4 + \alpha_5 = 180^\circ$

$$\alpha_5 = 180 - (4 + 156) = 20^\circ$$

- α_6 . En el triángulo ABD: $67 + \alpha_1 + \alpha_6 = 180^\circ$

$$\alpha_6 = 180 - (67 + 110) = 3^\circ$$



Una vez conocidos todos los ángulos, el problema se resuelve mediante dos triángulos oblicuángulos que comparten un lado como muestra la figura.

En el triángulo I se calcula a mediante el teorema del seno.

$$\frac{a}{\widehat{\text{sen A}}} = \frac{d}{\widehat{\text{sen D}}} \quad a = d \cdot \frac{\widehat{\text{sen A}}}{\widehat{\text{sen D}}}$$

$$a = 125 \cdot \frac{\widehat{\text{sen } 67^\circ}}{\widehat{\text{sen } 3^\circ}} \approx 220$$

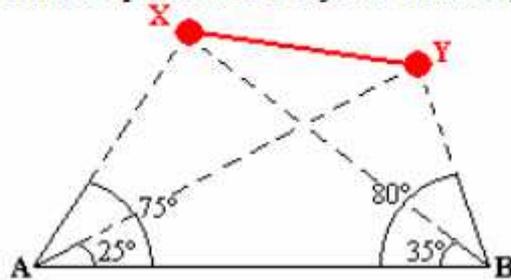
Teniendo en cuenta que $a = c$, en el triángulo II se calcula h con el teorema des seno.

$$\frac{h}{\widehat{\text{sen B}}} = \frac{c}{\widehat{\text{sen C}}} \quad h = c \cdot \frac{\widehat{\text{sen B}}}{\widehat{\text{sen C}}}$$

$$h = 220 \cdot \frac{\widehat{\text{sen } 4^\circ}}{\widehat{\text{sen } 156^\circ}} \approx 377 \text{ m}$$

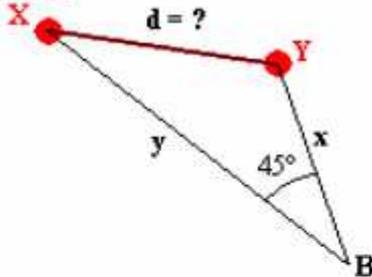
Cuestión 41.-

Calcular la distancia entre dos puntos inaccesibles (X e Y) si desde dos puntos, A y B que distan 210 m, se observan los puntos X e Y bajo las visuales que muestra la figura.



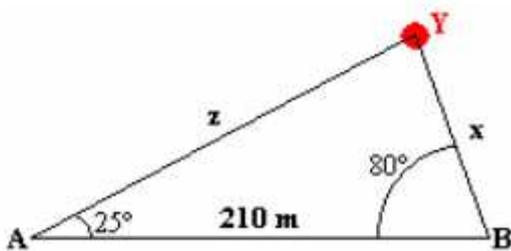
Solución.

Lo primero es seleccionar un triángulo donde este la longitud pedida, uno de ellos puede ser el BXY.



Para calcular d , necesitamos conocer x e y , que localizamos en otros triángulos donde tengamos más datos.

- x se puede calcular en el triángulo ABY aplicando el teorema del seno.

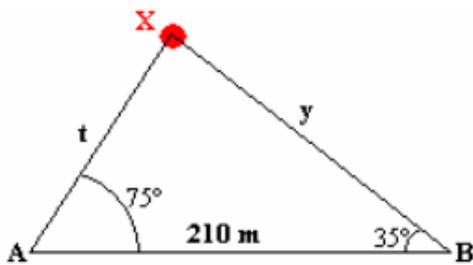


$$25^\circ + 80^\circ + \widehat{Y} = 180^\circ \quad \widehat{Y} = 75^\circ$$

$$\frac{x}{\widehat{\text{sen } 25^\circ}} = \frac{210}{\widehat{\text{sen } 75^\circ}} \quad x = 210 \frac{\widehat{\text{sen } 25^\circ}}{\widehat{\text{sen } 75^\circ}}$$

$$x \approx 92 \text{ m}$$

- y se puede calcular en el triángulo ABX

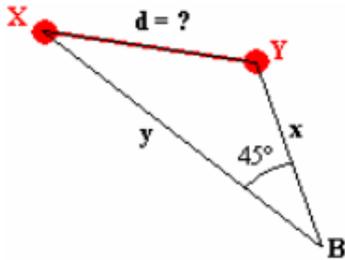


$$75^\circ + 35^\circ + \hat{X} = 180^\circ \quad \hat{X} = 70^\circ$$

$$\frac{y}{\sin 75^\circ} = \frac{210}{\sin 70^\circ} \quad x = 210 \frac{\sin 75^\circ}{\sin 70^\circ}$$

$$x \approx 216 \text{ m}$$

Conocidos \hat{B} , x e y se calcula el valor de d mediante el teorema del coseno.



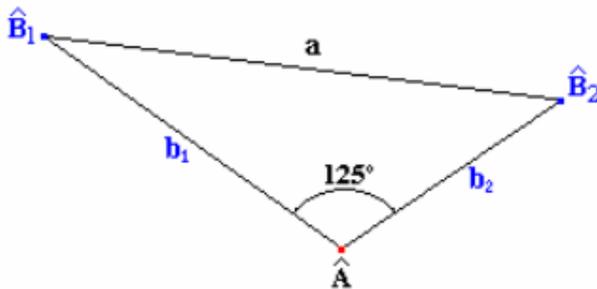
$$d^2 = x^2 + y^2 - 2x \cdot y \cdot \cos \hat{B}$$

$$d = \sqrt{92^2 + 216^2 - 2 \cdot 92 \cdot 216 \cdot \cos 45^\circ} \approx 164 \text{ m}$$

Cuestión 42.-

Dos barcos salen de un puerto con rumbos distintos, formando ángulo de 127° . El primero partió a las 10 h. con velocidad de 17 Km./h. El segundo lo hizo a las 11'30 con velocidad de 26 Km./h. Si el alcance de sus equipos de radio es de 150 Km, ¿podrán ponerse en contacto a las 3 de la tarde?

Solución.



Triángulo oblicuángulo del que se conocen dos lados en función del tiempo y el ángulo que forman, y se pide la longitud del lado que falta. La solución se obtiene mediante el teorema del coseno.

Las longitudes de los lados conocidos se expresan en función del tiempo que llevan navegando los barcos y de sus velocidades

respectivas mediante la ecuación del M.R.U. $s = s_0 + v \cdot t$.

$$\begin{cases} b_1 = v_1 \cdot t_1 \\ b_2 = v_2 \cdot t_2 \end{cases}$$

A las tres de la tarde (15'00), la distancia que separa a cada barco de puerto teniendo en cuenta la hora de partida de cada uno y sus respectivas velocidades es:

$$\begin{cases} b_1 = 17 \text{ Km/h} \cdot (15 - 10) \text{ h} = 85 \text{ Km} \\ b_2 = 26 \text{ Km/h} \cdot (15 - 11'5) \text{ h} = 91 \text{ Km} \end{cases}$$

Conocido b_1 , b_2 , y el ángulo que forman (\hat{A}), con el teorema del seno se calcula el lado que falta

(a).

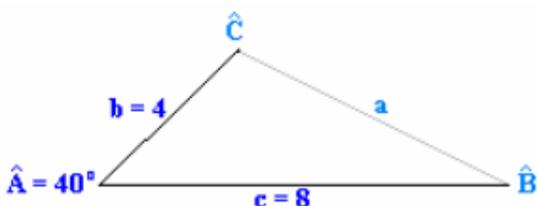
$$a = \sqrt{b_1^2 + b_2^2 - 2b_1b_2 \cos \hat{A}} = \sqrt{85^2 + 91^2 - 2 \cdot 85 \cdot 91 \cdot \cos 125^\circ} = 156 \text{ Km}$$

Como la distancia entre los barcos es mayor que el alcance, no podrán ponerse en contacto.

Cuestión 43.-

En el triángulo ABC conocemos el ángulo $\hat{A} = 40^\circ$, y los lados $b = 4 \text{ cm}$ y $c = 8 \text{ cm}$. Dibújalo. Traza la altura, la mediana y la bisectriz que parten del vértice C y calcula sus medidas trigonométricamente.

Solución.



Triángulo oblicuángulo del que se conocen la longitud de dos de sus lados (b y c) y el ángulo que forman estos (\hat{A}).

Aplicando el teorema del coseno se calcula el lado que falta (a).

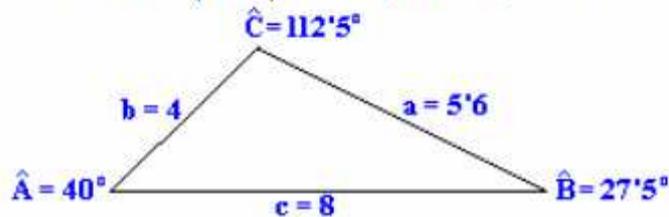
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \hat{A} : a = \sqrt{4^2 + 8^2 - 2 \cdot 4 \cdot 8 \cos 40^\circ} = 5'6$$

Conocidos todos los lados, se calcula el coseno de uno de los ángulos desconocidos a partir del teorema del coseno.

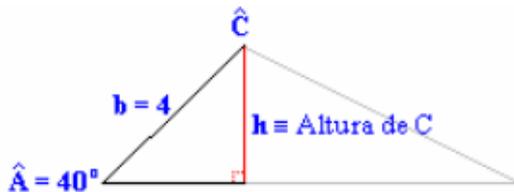
$$\cos \hat{B} = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} = \frac{5'6^2 + 8^2 - 4^2}{2 \cdot 5'6 \cdot 8} = 0'89 : \hat{B} = \arccos 0'89 = 27'5^\circ$$

El último ángulo se obtiene como diferencia hasta 180°.

$$\hat{C} = 180 - (\hat{A} + \hat{B}) = 180 - (40 + 27'5) = 112'5^\circ$$



Altura: Recta que pasa por un vértice y es perpendicular al lado opuesto.

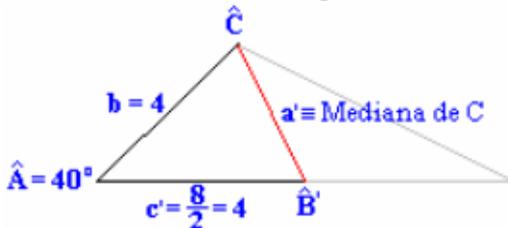


Se calcula por la definición de seno.

$$\text{sen } \hat{A} = \frac{h}{b}$$

$$h = b \cdot \text{sen } \hat{A} = 4 \cdot \text{sen } 40^\circ = 2'5$$

Mediana: Recta que une un vértice con el punto medio del lado opuesto.

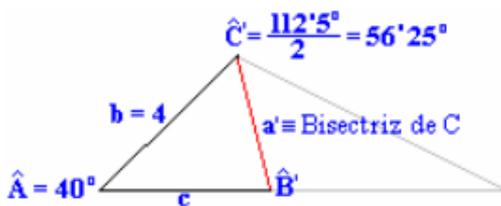


Se calcula por el teorema del coseno.

$$a' = \sqrt{b^2 + c'^2 - 2bc \cos \hat{A}}$$

$$a' = \sqrt{4^2 + 4^2 - 2 \cdot 4 \cdot 4 \cos 40^\circ} = 2'7$$

Bisectriz: Recta que divide a un ángulo en dos partes iguales.



Por suma de ángulos se calcula \hat{B}'

$$\hat{B}' = 180 - (\hat{A} + \hat{C}') = 180 - (40 + 56'25) = 83'75^\circ$$

Mediante el teorema del seno se calcula la bisectriz

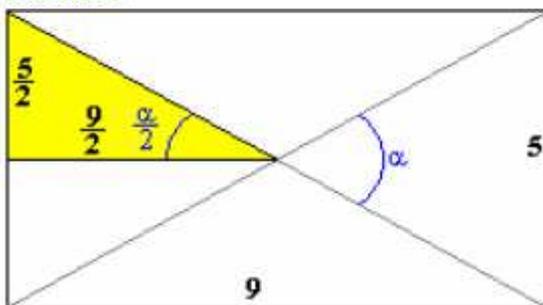
de \hat{C} (a').

$$\frac{a'}{\text{sen } \hat{A}} = \frac{b}{\text{sen } \hat{B}'} \quad a' = b \frac{\text{sen } \hat{A}}{\text{sen } \hat{B}'} = 4 \frac{\text{sen } 40^\circ}{\text{sen } 83'75^\circ} = 2'6$$

Cuestión 44.-

Una mesa de ping-pong es un rectángulo de 9x5 pies. Calcula el ángulo que forman al cortarse las diagonales de dicho rectángulo.

Solución.



Observando la figura, el ángulo pedido se puede obtener por aplicación de la definición de tangente en el triángulo rectángulo coloreado.

$$\text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Cateto adyacente}} = \frac{5/2}{9/2} = \frac{5}{9}$$

$$\frac{\alpha}{2} = \arctg \frac{5}{9} = 29^\circ \Rightarrow \alpha = 2 \cdot 29^\circ = 58^\circ$$