GEOMETRÍA RECREATIVA
PARTE PRIMERA
GEOMETRÍA AL AIRE LIBRE

CAPITULO CUARTO
GEOMETRÍA DE VIAJE

Contenido:

1. Habilidad de medir con pasos

Encontrándose por las afueras cerca de un ferrocarril o en la carretera, podemos hacer un par de ejercicios geométricas muy interesantes.

Antes de todo utilizaremos la carretera, para saber la longitud de nuestro paso y la marcha. Esto nos ayuda medir a las distancias con pasos, técnica que se consigue bastante fácil, después de un par de ejercicios. Lo más importante es aprender hacer los pasos de igual longitud, es decir, similar a la definida durante la marcha.

En la carretera, cada *100 metros* se coloca una piedra blanca; caminando este espacio de *100 metros* con su paso "mesurado" y contando la cantidad de pasos, es muy fácil de encontrar la longitud media de un paso. La medición semejante es deseable repetirla cada año, por ejemplo, cada primavera, porque longitud del paso, no es invariable.

Una correlación muy curiosa, encontrada por las mediciones frecuentes: La longitud mediana del paso de una persona mayor es equivalente a la mitad de su estatura, hasta los ojos. Si, por ejemplo, estatura de una persona es 1,40 m, entonces la longitud de su paso, es *70 centímetros.* Aconsejo comprobarlo.

Aparte de la longitud de su paso, es útil saber la *velocidad* de la marcha, la cantidad de kilómetros, hechos durante la hora. A veces se usa la regla siguiente: Nosotros andamos durante la hora tanto kilómetros, ¿cuántos pasos se hacen durante tres segundos?

Por ejemplo, si durante tres segundos nosotros hacemos cuatro pasos, entonces, durante la hora dejamos detrás *4 kilómetros.* Sin embargo, la regla es útil solamente, cuando sabemos la longitud del paso. No es difícil de encontrar, señalando longitud del paso por *x,* la cantidad de pasos durante tres segundos a través de *n,* tenemos la ecuación:

$$\frac{3600}{3} \times n \times x = n \times 1000$$

de donde *1.200 x = 1000* y *x = 5/6 metros,* es decir, mas o menos *80 a 85 centímetros.* Relativamente es paso muy grande; estos son pasos de personas muy altas. Si el paso de Uds. es diferente de *80 – 85 cm,* entonces, tendrá que hacer la medida de la marcha de otra manera, midiendo el tiempo que transcurre caminando entre dos mojones.
Volver

2. Buen ojo.
Es agradable y no solo útil saber medir las distancias sin cadena y sin pasos mensurados, sino valorar directamente a ojo, sin mediciones. La maestría se consigue solamente por el camino de los ejercicios. Durante mis años escolares, cuando yo con un grupo de amigos hacía excursiones fuera de la ciudad, los ejercicios fueron para nosotros muy habituales. Realizados en una forma deportiva y especial, inventada por nosotros, en una forma de competición. Saliendo en la carretera, nosotros marcábamos con la mirada cualquier árbol junto la carretera u otro elemento sólido, y la competencia había comenzado.
-¿Cuántos pasos hasta el árbol? – preguntaba alguien.
El resto decían el número aproximado y después juntos contábamos los pasos, para saber, quién había estado más cerca del verdadero. Era su turno elegir el objeto para valorar la buena vista.
Quien había medido con mas éxito la distancia, obtenía un punto. Después de diez veces calculábamos los puntos: el que obtenía mas puntos era el ganador.
Recuerdo que en las primeras distancias estuvimos muy errados. Pero muy pronto, mas pronto de lo que se esperaba, ejercimos el arte de medir las distancias, aprovechando la vista, haciendo cada vez menos errores.

Figura 78. Un árbol detrás de colina parece mas cerca.

Basta un cambio rápido de la situación, por ejemplo, con el traspaso de un campo a un bosque, o a un calvero de arbustos, volviendo a la ciudad, pasando por las calles estrechas, a veces por la noche, bajo de la luz engañosa de la Luna, nos dábamos cuenta que los errores eran mayores. Luego, sin embargo, aprendimos que era necesario, para mediciones más exactas, tener presente este cambio de circunstancias. Por fin, nuestro grupo consiguió tanta perfección dentro de la evaluación de las distancias con la vista, que debimos eliminar este tipo de deporte; todos adivinaban igualmente bien, y las competiciones perdieron el interés. Pero por otra parte, conseguimos tener un buen ojo, que siempre sirvió durante los paseos fuera de la ciudad.

Es curioso, pero el buen ojo parece que no depende de agudeza visual. Entre nuestro grupo fue un chico cegato, y no solo tuvo buenos resultados, sino a veces ganaba. Al contrario, un chico con una vista normal no pudo conseguir medir las distancias. Mas tarde tuve necesidad de hacer lo mismo con medición visual de la altura de los árboles: ejercitando a los estudiantes, esta vez no para un juego, sino para su profesión futura, noté que los cegatos lo hacían igual que los otros. Esto puede ser el consuelo para cegatos: sin estar dotado de una vista aguda, ellos son capaces de desarrollar un cálculo visual bastante satisfactorio.

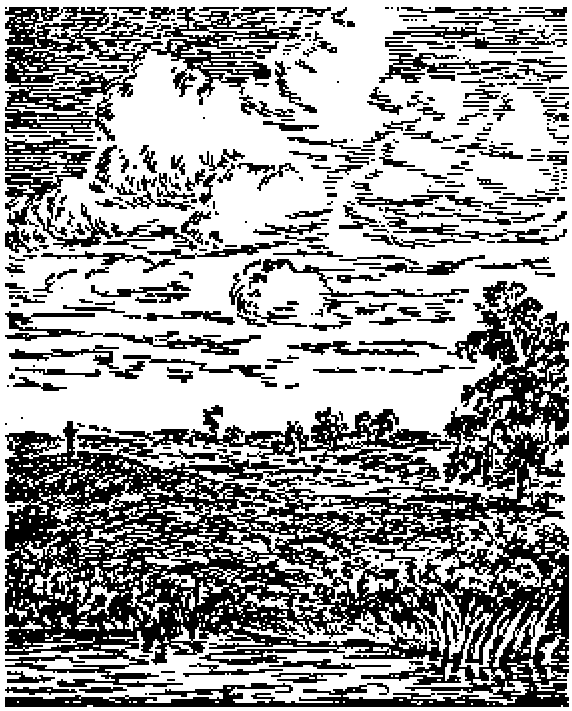

Figura 79. Subes en la colina, hasta el árbol tantos.

Ejercitarse en la exactitud de las distancias visibles, lo podemos en cualquiera temporada y dentro de cualquier circunstancia. Paseando por las calles de ciudad Uds. podrán imponerse a si mismos las tareas, probando adivinar, cuantos pasos hasta farola mas cercana, hasta uno u otro objeto. Durante el mal tiempo, sin darnos cuenta, tendremos minutos mas útiles paseando por las calles sin gente.

Los militares le dan mucha importancia a las mediciones visuales: buena vista necesita el batidor, el tirador, el artillero. Es interesante conocer aquellas propiedades, los que llevan en la practica.

- ″A ojo se miden las distancias o con la posibilidad de distinguir, sobre el grado de claridad a los objetos visibles sus distintas distancias del observador, o valorar la distancia sobre una dimensión de 100 – 200 pasos, parece menor, cuando esta mas lejos del observador″.

- *"*Los objetos parecen más cercano por el grado de claridad. Debemos tener en cuenta, que aquellos que están más alumbrados o más claros, y dependiendo del terreno o si está encima de una superficie acuática; los objetos que están más alto, los grupos comparados con otros objetos y en general los objetos más grandes*"*.
- *"*Podemos seguir a las propiedades siguientes: hasta *50* pasos se pueden distinguir la boca y los ojos de la persona; Hasta *100* pasos, los ojos parecen dos puntos; Hasta *200* pasos – los botones y otros detalles de ropa se podrán distinguir; sobre *300* se ve la cara; sobre *400 pasos* se distingue el movimiento de las piernas; Sobre *500* pasos se ve el color de ropa*"*.

Sobre eso, el ojo mas práctico comete un error de *10%* de la distancia medida. Entre los casos cuando los errores de la vista son más significativos, se encuentra la estimación de la distancia sobre una superficie llana y absolutamente de un color, por ejemplo, encima de agua de un río, de un lago, encima de llanura arenosa, en un campo verde. Aquí las distancias parecen más pequeñas que las verdaderas; valorando visualmente, nos equivocamos en el doble, sino en más. Por otra parte, los errores posibles, cuando medimos la distancia hasta un objeto, el fundamento del que está tapado por una colina o por un edificio o por alguna elevación. En estos casos sin querer pensamos, que el objeto está no *detrás* de la elevación, sino *encima* de la misma, por lo tanto, cometemos un gran error aparte de disminución de la distancia (figuras 78 y 79).
En casos semejantes, confiar al buen ojo es peligroso, y deberemos usar otros modos, de los cuales ya hemos hablando y vamos a hablar.
Volver

3. Inclinaciones

A lo largo de ferrocarril, aparte de postes de versta (de un kilómetro), vemos otros no muy altos, con tablillas fijadas con una inscripción de algo incomprensible para mucha gente, como en la figura 80.

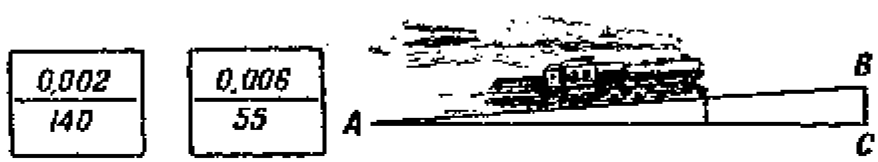

Figura 80. ²Señales de inclinación²

Eso es *"*señales de inclinación*"*. En la primera inscripción el numero arriba *0.002* significa, que ahí la inclinación del camino (en qué sentido, también lo indica la tablilla) es *0,002;* el camino sube o baja *2 mm* sobre cada mil de milímetros. Él numero de bajo, *140,* significa, que esta inclinación dura *140 metros,* donde está la otra señal indicando la nueva inclinación.

Otra tablilla con inscripción $\frac{0,006}{55}$ indica, durante próximos *55 m,* el camino baja o sube *6 mm* con cada metro.
Sabiendo significación de las señales de inclinación, podemos calcular la diferencia de alturas a los dos puntos vecinos, marcados por estas señales. En primer caso, por ejemplo, la diferencia de alturas es *0,002 ´ 140 = 0,28 m;* En otro, *0,006 ´ 55 = 0,33 m.*
En la práctica del ferrocarril, como vemos, la cantidad de inclinación se busca no por medida graduada. Pero es posible transformar en medidas graduadas estos indicaciones de la inclinación de vía férrea. Si *AB* (figura 80), es la línea da vía, *BC,* diferencia de alturas a los puntos *A* y *B,* entonces la rampa de vía *AB* sobre línea horizontal *AC* será indicada por proporción

$$\frac{BC}{AB}$$

Como el ángulo *A* es demasiado pequeño, entonces podemos utilizar *AB* y *AC* como radios de circunferencia, donde el arco es *BC*[1]*.* Después el cálculo del ángulo *A,* si sabemos la proporción *BC / AB,* no será tan difícil. La longitud del arco es 1/57 el radio, el ángulo es de *1°* ; ¿Qué ángulo corresponde al arco con *0,002* del radio? Obtenemos su valor *x* de la proporción

$$\frac{x}{1^\circ} = \frac{0{,}002}{\frac{1}{57}}$$

$$x = 0{,}002 \times 57 = 0{,}11^\circ$$

entonces, mas o menos *7´.*

En las vais férreas son admisibles solo rampas pequeñas. Tenemos la norma de inclinación máxima de *0,008,* es decir, en medida graduada *0,008 ´ 57,* menos de ½: Esa es una inclinación pequeña. Solamente para la vía férrea Transo-Caucásica son admisibles inclinaciones hasta *0,025,* en medida graduada es casi *1 ½°.*

Nosotros no notamos inclinaciones tan pequeñas. El peatón empieza sentir una inclinación del piso, cuando supera a $^{1}/_{24}$: en medida graduada es $^{57}/_{24}$, es decir *2 ½°.*

Paseando por ferrocarril unos cuantos kilómetros y anotando las señales de inclinación observadas, se puede calcular, en cuánto los subieron o bajaron, es decir, que diferencia de alturas entre el primer punto y el punto final.

Problema

Uds. empiezan el paseo a lo largo de la vía del ferrocarril cerca del poste con señal de subida $\frac{0{,}004}{153}$ y anotan luego otras señales:

plazoleta[2]	subida	subida	plazoleta	bajada
$\frac{0{,}000}{60}$	$\frac{0{,}0017}{84}$	$\frac{0{,}0032}{121}$	$\frac{0{,}000}{45}$	$\frac{0{,}004}{210}$

El paseo terminaba cerca de la última señal de la inclinación. ¿Cuál es el camino recorrido y cuál es la diferencia de alturas entre la primera y la última señal?

Solución

Todo el camino recorrido es

$$153 + 60 + 84 + 121 + 45 + 210 = 673 \text{ m.}$$

Subiendo a

---

1 A algunos lectores les parece inadmisible creer, que la rampa *AB* equivalente a *AC.* Es instructivo asegurarse, como es pequeña la diferencia de longitud *AC* y *AB,* cuando *BC* se calcula, por ejemplo, *0,01* de *AB.* Por teorema Pitágoras:

$$AC^2 = \sqrt{AB^2 - \left(\frac{AB}{100}\right)^2} = \sqrt{0{,}9999 \times AB^2} = 0{,}99995 \times AB$$

La diferencia de longitud es *0,00005.* Para cálculos aproximadamente error no toma en cuenta.

2 Señal *0,000* significa un trozo horizontal de la vía (una plataforma, plazoleta).

0,004 ´ 153 + 0,0017 ´ 84 + 0,0032 ´ 121 = 1,15 m.

Bajando a

0,004 ´ 210 = 0,84 m,

entonces finalmente, aparecieron Uds. en un punto más alto del punto de la salida en:

1,15 – 0,84 = 0,31 m = 31 cm.

Volver

4. Montón del casquijo.

Los montones del casquijo sobre los bordes de una vía levantan nuestro interés.
Pregunta: ¿Qué volumen tiene esta gran cantidad de casquijo? Inmediatamente recibimos una tarea, bastante complicada para una persona acostumbrada superar dificultades matemáticas en el papel o en la pizarra. Necesita calcular el volumen del cono, donde la altura y el radio son inaccesibles para medir de manera inmediata. Pero podemos encontrar su cantidad por la vía indirecta. El radio se encontrará midiendo la circunferencia de la base y dividiendo[3] su longitud por *6,28.*
Más difícil es con la altura: se necesita medir la longitud formada por *AB* o (figura 81), como harían los capataces de carril, ambas formadas al *ABC* (pasando la cinta de medir por encima), luego, sabiendo el radio de la base, calculan altura *BD* por el teorema Pitágoras

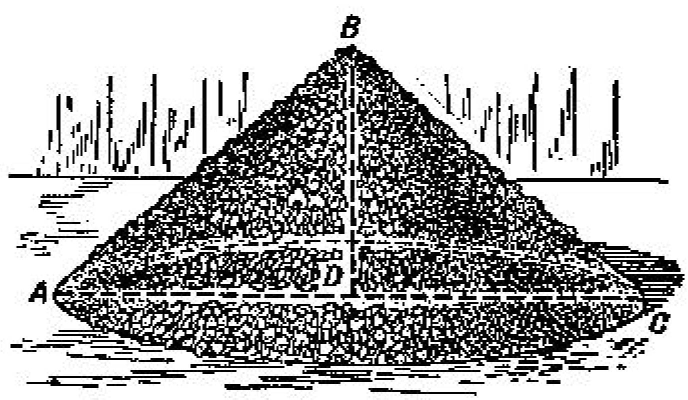

Figura 81. Montón de casquijo

Problema
Tenemos el montón del casquijo. La circunferencia de la base del cono es *12,1 m;* la longitud de dos formadas es *4,6 m.* ¿Cuál es el volumen del montón?

Solución
El radio de la base es equivalente a

12,1 ´ 0,159 (en vez de *12,1 : 6,28) = 1,9 m.*

La altura equivale a

---

[3] En la practica esta operación cambian por la *multiplicación* a *0,318,* si buscan el diámetro y al *0,159,* para el radio

$$\sqrt{2{,}3^2 - 1{,}9^2} = 1{,}2m$$

donde el volumen del cono es

$$\frac{1}{3} \times 3{,}14 \times 1{,}9^2 \times 1{,}2 = 4{,}5m^3$$

Los valores de los volúmenes de montones con casquijos de nuestras carreteras, habitualmente, de acuerdo con Reglamento de Circulación y Seguridad Vial, fueron, ½, ¼ y 1/8 *sazhen*[4] , es decir, *4,8 2,4* y *1,2 m*^{3}

Volver

5. Una colina orgullosa.

Viendo los montones cónicos del casquijo o de arena me acordé de una vieja leyenda rusa, contada por el poeta A. Pushkin en "Un caballero avaricioso".

Leí en alguna parte,
Que el zar a sus guerreros
Mando llevar la tierra en la mano para una pila,
Y colina orgullosa se ha levantado,
Y el zar pudo observar desde arriba
Y valle, cubierta por los toldos,
Y mar, donde corren los barcos...

Es una de las muchas leyendas, donde en la realidad aparente no hay ni una gota de verdad. Podemos examinar con cálculo geométrico, que podría pasar, si de verdad se le ocurriera esta idea a un tirano antiguo, al final, el resultado seria miserable: delante de nosotros se levantaría un pobre montoncillo de tierra, que ninguna fantasía sería capaz de convertir en una "colina orgullosa".

Haremos el calculo. ¿Cuántos guerreros pudo tener el zar? Es sabido que los ejércitos antiguos no eran tan numerosos. Las tropas se calculaban en unas 100.000 personas y ya el numero era significativo. Si la colina se levantó por aquellas 100.000 manos colmadas de tierra, entonces por favor, cojan un puño de tierra lo más grande posible y échenla en un vaso: como verán no podemos ni llenar un vaso con solo un puño.

Si admitimos, que el volumen del puño de un guerrero es 1/5 litros (*decímetros*^{3}*),* deducimos que el volumen de la colina:

$$\frac{1}{5} \times 100.000 = 20.000 dm^3 = 20 m^3$$

Entonces, la colina es un cono con el volumen de no más de *20 m*^{3}*.* Un volumen tan limitado ya desilusiona. Vamos a continuar haciendo cálculos para encontrar la altura de la colina. Para esto necesito saber, el ángulo que forman las generatrices del cono con su base. En nuestro caso podemos admitir el ángulo de reposo natural, es decir *45°* y la altura de este cono es equivalente al radio de su base; por lo tanto,

$$20 = \frac{\pi x^2}{3}$$

de donde

[4] *Sazhen* es la medida rusa equivalente a *2,13 metros.*

$$x = \sqrt[3]{\frac{60}{\pi}} = 2,4m$$

Deberemos tener una gran imaginación, para que un montón de tierra en *2,4 m* (*1 ½* veces la estatura de una persona) llamar la ″colina orgullosa″.
Átela tenia unas las de más numerosas tropas de todo el mundo antiguo. Historiadores dicen de 700.000 personas. Si todos los guerreros participaran en el ejercicio, entonces habrían hecho un montón un poco mas alto del calculado por nosotros: como su volumen es siete veces más grande, que el nuestro, entonces la altura superaba solo en $\sqrt[3]{7}$, es decir, en *1,9* veces; equivalente a *2,4 ´ 1,9 = 4,6 m.* Es dudoso, que el túmulo de estos tamaños pudiera satisfacer la ambición de Átela.
Desde estas alturas fue fácil observar ″valles, cubiertos por los toldos″, pero ver el mar fue imposible, si es que no se tratara de un sitio cerca del mar.
Sobre, cuán lejos podemos ver desde una o otra altura, hablaremos en el capitulo sexto.
Volver

6. Circunvalación vial.
Ni las carreteras ni ferrocarril nunca tuercen bruscamente, sino que cambian de sentido suavemente, siguiendo la trayectoria de un arco. El arco es, normalmente la parte de circunferencia, situada de manera que las partes rectas de la carretera son tangentes a ella. Por ejemplo, en la figura 82, las partes rectas *AB* y *CD* de la carretera están unidas por el arco *BC* así, que *AB* y *CD* convergen (geométricamente) a este arco en los puntos *B* y *C,* es decir, *AB* forma un ángulo recto con el radio *OB,* y *CD* el mismo ángulo con el radio *OC.* Se hace, normalmente, para que la vía pase suavemente desde la dirección recta a la línea curva y volviendo a la línea recta.

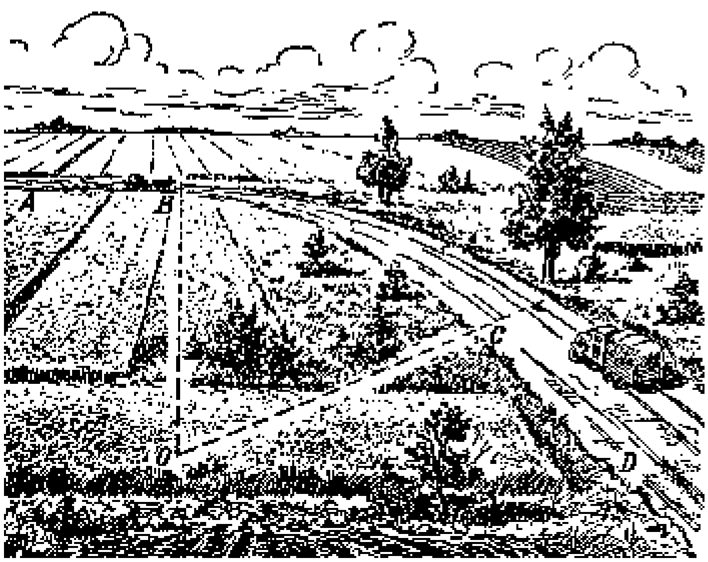

Figura 82. Circunvalación vial

El radio de circunvalación vial habitualmente se toma bastante grande, en los ferrocarriles no menos de *600 m;* El radio más habitual en el carril principal es *1000* y también *2000 m.*
Volver

7. El radio de circunvalación.
Estando cerca de aquellas curvas, ¿Podrían Uds. encontrar el tamaño de su radio? No es tan fácil, como buscar el radio del arco, dibujando sobre el papel. Hacer el dibujo lineal es fácil:

Pasamos dos cuerdas cualesquiera y desde sus centros trazaremos unas perpendiculares. En el punto de su intersección, como sabemos, está el centro del arco. Su distancia desde cualquier punto de la curva es la longitud del radio buscado.

Para hacer la misma construcción en terreno sería, evidentemente, incómodo: además el centro de curvatura está a 1 ó 2 kilómetros desde el carril. Pudiéremos hacer una construcción del plano lo que tampoco es tan fácil.

Todas estas dificultades se eliminan, cuando aprovechamos el cálculo del radio. Para esto lo haremos del modo siguiente.

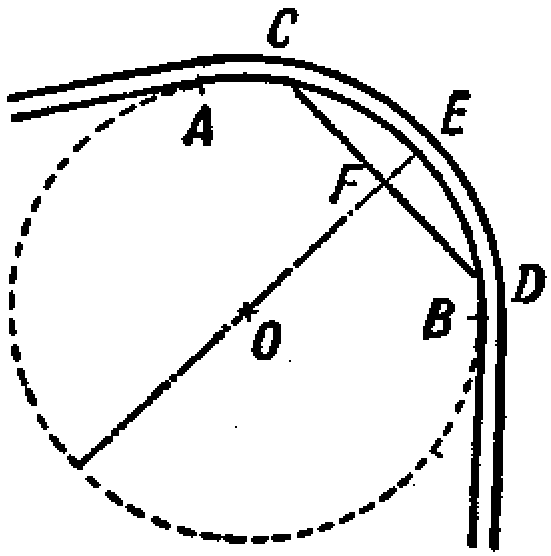

Figura 83. Para el calculo del radio de la circunvalación.

Añadimos mentalmente (figura 83) el arco AB de circunvalación hasta la circunferencia. Uniendo dos puntos cualesquiera C y D del arco, medimos la cuerda CD y también la “flecha” EF (es decir, la altura del segmento CED). Sobre estos dos datos ya no es tan difícil de calcular la longitud del radio buscado. Examinando las rectas CD y el diámetro del circulo como las cuerdas de intersección, designamos a través de a, longitud de flecha por h, radio por R; tenemos:

$$\frac{a^2}{4} = h \times (2R - h)$$

de donde

$$\frac{a^2}{4} = 2 \times R \times h - h^2$$

y el radio buscado

$$R = \frac{a^2 + 4h^2}{8h}$$

Por ejemplo, con la flecha de 0,5 m y cuerda de 48 m el radio buscado será

$$R = \frac{48^2 + 4 \times 0{,}5^2}{8 \times 0{,}5} = 580\,\mathrm{m}$$

Este calculo lo podemos facilitar si tomamos 2R – h equivalente a 2R, licencia permitida, porque h es demasiado pequeño comparando con R (R es centenares de metros, h algunas unidades). Entonces sale, probablemente, una fórmula bastante cómoda para hacer los cálculos aproximadamente

$$R = \frac{a^2}{8h}$$

Su uso en nuestro caso, dará el mismo resultado

$$R = 580 \text{ m.}$$

Calculando longitud del radio de la circunvalación y sabiendo, además, que el centro de circunvalación esta sobre la perpendicular hacia el centro de cuerda, Uds. pueden marcar también el sitio, donde debe estar el centro de circunvalación vial.

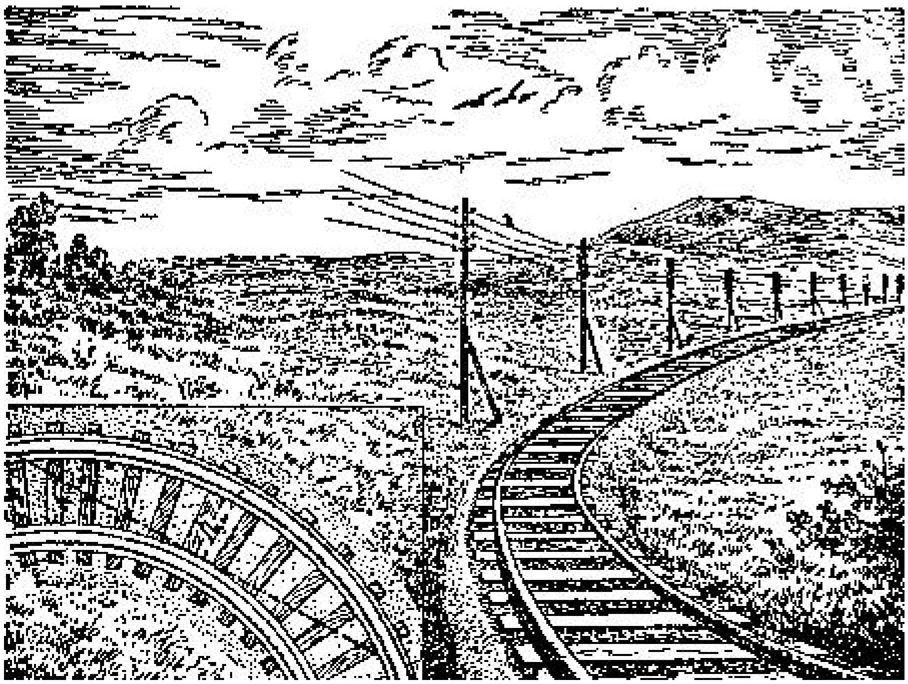

Figura 84. Para el calculo del radio de la circunvalación ferrocarril.

Si hay rieles puestos, entonces búsqueda del radio se facilita. La verdad, que trazando una cuerda sobre el riel interior, obtenemos la cuerda del arco de riel exterior, donde su flecha *h* (figura 84) es equivalente a la anchura entre rieles (trocha) *1,52 m.* El radio de circunvalación en este caso (si *a* es la longitud de la cuerda) es

$$R = \frac{a^2}{8 \times 1{,}25} = \frac{a^2}{12{,}2}$$

Si *a = 120 m* el radio de circunvalación será equivalente a *1.200 m*[5]
[Volver]

[5] Como el radio es muy grande, y con la necesidad de tener una cuerda bastante larga este modo se presenta no muy cómodo.

8. El fondo de océano.

Desde la circunvalación vial hasta el fondo oceánico, es un salto inesperadamente para Uds. Pero geometría le une ambas temas de manera natural.

Se trata de la curvatura del fondo oceánico, sobre qué forma tiene el fondo: cóncavo, llano o convexo. La mayoría, sin duda, parece increíble, que los océanos con su enorme profundidad no muestra en el globo terráqueo los huecos; como ahora vamos a ver, su fondo no es cóncavo, sino convexo.

Tomando el océano como ″sin el fondo e inmenso″ olvidamos, que su ″inmenso″ en centenares de veces mas que su ″profundidad″, es decir, que el espesor acuático es muy profundo y repite, evidentemente, la curvatura de nuestro planeta.

Por ejemplo, el océano Atlántico; su anchura cerca de ecuador es, mas o menos, la sexta parte de la circunferencia total. Entonces el circulo ecuatorial (figura 85), el arco *ACB,* refleja la superficie acuática del océano Atlántico.

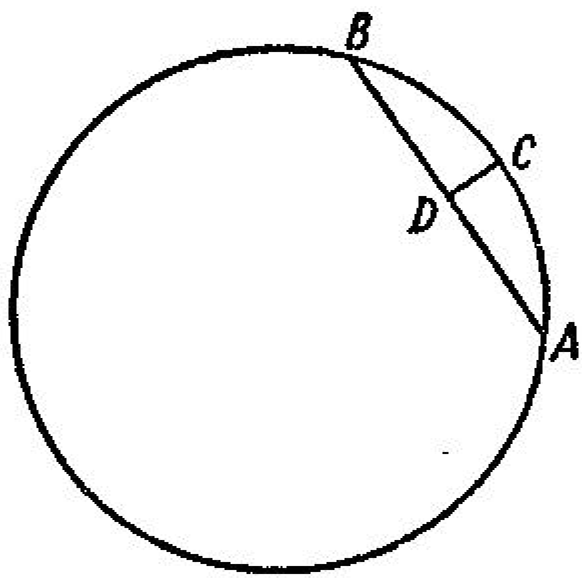

Figura 85. ¿El fondo oceánico es llano?

Si su fondo fuera llano, entonces la profundidad, equivalente a *CD,* es la flecha del arco *ACB.* Sabiendo, que el arco es $AB = \frac{1}{6}$ de la circunferencia y, por lo tanto, la cuerda *AB* es el lado de un hexágono correctamente inscrito (equivalente al radio *R* del círculo), podemos calcular *CD,* aprovechando la formula anterior de circunvalaciones viales:

$$R = \frac{a^2}{8h}$$

donde

$$h = \frac{a^2}{8R}$$

Sabiendo, que $a = R$, obtenemos para este caso:

$$h = \frac{R}{8}$$

Si $R = 6\ 400$ *km.* tenemos que $h = 800$ *km.*

Pues, si el fondo del océano Atlántico fuera llano, su mayor profundidad tendría que alcanzar a 800 km. En realidad, no alcanza ni 10 km. De aquí se deduce: El fondo de este océano es cóncavo y tiene un poco curvatura, que es la de su superficie acuática.
Es cierto y para otros océanos: su fondo representa en la superficie de la tierra a los *sitios de curvatura disminuida,* casi sin desequilibrarlo a su forma esférica.
Nuestra fórmula para calcular el radio de circunvalación vial indica, que cuando más amplia la superficie acuática, más convexo será su fondo.
Examinando la formula $h = \frac{a^2}{8R}$ vemos, que con el aumento de la anchura oceánica *a* su profundidad *h* debería, para el fondo llano, aumentarse muy rápido, proporcionalmente al cuadrado de anchura *a.*
Antes de todo, desde unas no muy grandes cuencas hidrológicas hasta las mas grandes, la profundidad no crece tan rápido. Un océano puede ser más ancho que el mar, digamos en 100 veces, pero no es *100 ´ 100,* es decir, en 10.000 veces mas profundo. Por eso, relativamente, las pequeñas cuencas hidrológicas tienen el fondo mas hundido, que los océanos. El fondo del Mar Negro entre Crimea y Asia Menor no es convexo, como en los océanos, y tampoco es llano, es un poco cóncavo. La superficie del mar representa el arco de ≈*2°* (exactamente de 1/700 parte de circunferencia terrestre). La profundidad del Mar Negro es bastante regular, *2,2 km.* Asimilando en el mismo caso el arco a la cuerda, obtenemos, que para el fondo llano debe de ser profundidad máxima

$$h = \frac{40.000^2}{1{,}70^2 \times 8 \times R} = 1{,}1\text{km}$$

Entonces, en realidad el fondo del Mar Negro esta mas de un kilómetro (2,2 – 1,1) bajo del plano imaginario, pasando a través de los puntos extremos de sus orillas opuestas, es decir, representa el hueco.
Volver

9. ¿Existen las montañas acuáticas?
La formula anterior para el calculo del radio de circunvalación vial les ayudará encontrar la respuesta a esta pregunta.

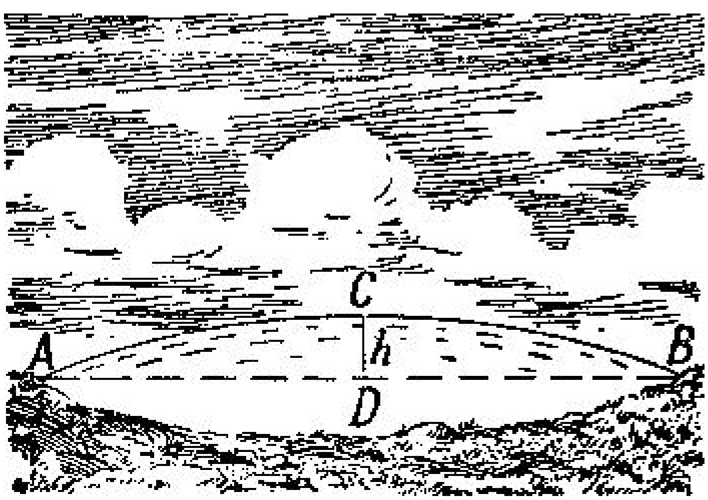

Figura 86. "Montaña acuática"

Unos de los problemas anteriormente propuestos nos ha preparado para contestar.
Montañas acuáticas existen, pero no físicamente, sino que tiene significado geométrico. No

solo el mar, también los lagos representan de un modo la montaña acuática. Cuando estamos cerca de un lago, nosotros nos separa con la orilla apuesta la concavidad acuática, donde más ancho el lago, mas alta la concavidad.

Podemos encontrar esta altura con formula: $R = \frac{a^2}{8h}$, tenemos altura de flecha $h = \frac{a^2}{8R}$; aquí *a* es la distancia entre orillas sobre una línea recta, el que podemos asimilar a la anchura de lago (cuerda al arco). Si esta anchura, digamos, es *100 km.,* entonces altura de la ″montaña″ acuática

$$h = \frac{10.000}{8 \times 6.400} \approx 200\,m$$

¡La ″montaña″ tiene el aspecto imponente!
Aunque el lago tiene una anchura de *10 km.* levanta el vértice de su comba sobre la línea recta, (la que une sus orillas), en más de *2 m*, es decir, mas alta de estatura de una persona.
Pero realmente, ¿tenemos derecho de llamar a estas concavidades, ″montañas″? Físicamente ellas no se alzan sobre el horizonte, entonces, son llanuras.
Es equivocado pensar, que la recta *AB* (figura 86) es la línea horizontal, sobre cual sube el arco *ACB.* Línea horizontal aquí no es *AB,* sino es *ACB,* uniendo con la superficie de agua. La recta *ADB,* es la inclinada sobre horizonte: *AD* va inclinándose para bajo hasta el punto *D,* su punto más profundo, y luego otra vez sube arriba de abajo de tierra (o de agua) en el punto *B.* Si, a lo largo de la recta *AB* se instalaran tuberías, entonces una pelota, estado en el punto *A,* bajaría hasta el punto *D* y desde aquí acelerando hasta el punto *B;* luego sin parar bajaría hasta *D,* corriendo hasta *A,* y otra vez abajo y etc. Una pelota dentro de una superficie perfectamente lisa (sin aire que estorbe el movimiento) iría de ida y vuelta por siempre...
Entonces, aunque parezca (figura 86), que *ACB* es la montaña, físicamente aquí es un sitio plano. Solamente del punto de vista de la geometría existe la montaña.
Volver