

Projek Eratosthenes

Ini adalah pengenalan kepada Panduan Guru; panduan ini mengimbas kembali pemerhatian dilakukan oleh Eratosthenes, hipotesis dan konklusi beliau, diikuti dengan gambaran keseluruhan bagaimana semua konsep ini dapat digunakan di dalam kelas melalui aktiviti-aktiviti yang mudah disediakan.

Projek ini sudah wujud sejak September 2000. Projek ini telah membantu beribu-ribu murid seluruh dunia untuk mengukur lilitan bumi seperti lelaki bernama Eratosthenes dilakukan 2200 tahun lalu. Panduan Guru ini akan menghuraikan lebih banyak maklumat tentang subjek ini; tetapi kami akan memberitahu anda kata-kata prinsip tentang eksperimen ini:

Letak tiang kayu di bawah matahari, ukur bayang matahari semasa matahari berada dalam posisi paling tinggi, menyimpulkan sudut sinaran matahari dibandingkan dengan tiang kayu, dan membandingkan keputusan anda dengan kelas lain yang mempunyai latitud yang berbeza. Kemudian, melalui pengiraan arimetik, kita dapat mencari berapa panjangnya meridian bumi.

Suatu projek antara disiplin

Banyak subjek akan dilihat sebagai spontan dari sudut pandangan, supaya murid dapat memperoleh pengetahuan yang kaya dan berbeza (kebanyakan berkaitan dengan program sekolah terkini).

-Sejarah dan geografi: Kita mula dengan Egypt zaman kuno untuk menjelaskan siapa itu Eratosthenes, masa dan tempat dia. Apabila projek ini berakhir, murid-murid sepatutnya mencari lokasi sekolah yang menyertai projek ini seluruh dunia, dan dapat belajar Geografi pada masa sama.

-Astronomi: Bayang tiang kayu akan menunjuk trajektori matahari pada hari siang dan menentukan bila trajektori berada pada posisi tertinggi, dan melihat bagaimana kitaran ini berubah mengikut musim.

-Fizik: Cahaya dan bayang merupakan nadi projek ini, dan eksperimen akan dilakukan pada tempat lapang. Simulasi akan dilakukan dalam kelas untuk menghasilkan semula apa yang telah disaksikan.

-Teknologi juga: Oleh kerana instrument hendak dibuat dan diubahsuaikan; gnomon, tali sipat, paras angin, set persegi, kuadran akan direka bentuk, dibuat, diuji dan diubahsuaikan oleh murid.

-Matematik: terutamanya geometri, kerana murid hendaklah menggunakan konsep selari, sudut, segi tiga, bulatan, perbezaan kepanjangannya dan lain-lain.

-Mahir bercakap dan bertulis bahasa-bahasa, kerana setiap aktiviti akan menggunakannya, terutamanya projek eksperimen, digunakan oleh La main a la pate: murid akan membuat hipotesis, mereka eksperimen, membuat pemerhatian dan membuat konklusi secara bertulis atau lisan.

-Teknik informasi dan komunikasi: Melalui Internet, murid akan membuat kajian dokumentari, dan berbincang dengan murid-murid lain untuk membandingkan dan menukar keputusan pengukuran dan penghitungan mereka.

-Seni plastik: sejak projek ini memberi peluang kepada murid untuk memaparkan kreativiti mereka, seperti lukisan tentang sejarah Eratosthenes, kartun, model eksperimen, kaligrafi untuk menghasilkan hieroglif dan abjad Greek

Menyesuaikan kursus anda

Kursus yang diberikan dalam projek ini sesuai, dan anda boleh menyesuaikan projek ini bila-bila masa mengikut banyak keadaan luar jangka: umur, aras dan motivasi murid anda, saiz kumpulan, masa anda ingin memberi dedikasi kepada projek ini, dan juga kebahayaan meterologi... Anda juga akan menggunakan jawapan yang dikemukakan oleh murid-murid dan cadangan mereka yang mungkin menukarkan haluan secara tidak dijangka.

Anda boleh memendekkan kursus anda, tetapi kursus 'minima' anda mesti mempunyai sekurang-kurangnya lima prosedur seperti di bawah:

1. Menunjukkan lengkung permukaan bumi dan selarian sinaran matahari;
2. Memerhatikan evolusi bayang kayu dan menyimpulkan kitaran matahari;
3. Penemuan masa tengah hari matahari (apabila matahari berada pada posisi paling tinggi dan bayang kayu paling pendek)
4. Menggunakan gnomon untuk menyimpulkan sudut sinaran matahari tercanggung dengan kayu tegak.
5. Menggunakan kaji selidik yang dilakukan oleh wartawan dan mencari pasangan sekolah daripada seluruh bumi, untuk menganggarkan berapa panjangnya meridian bumi.

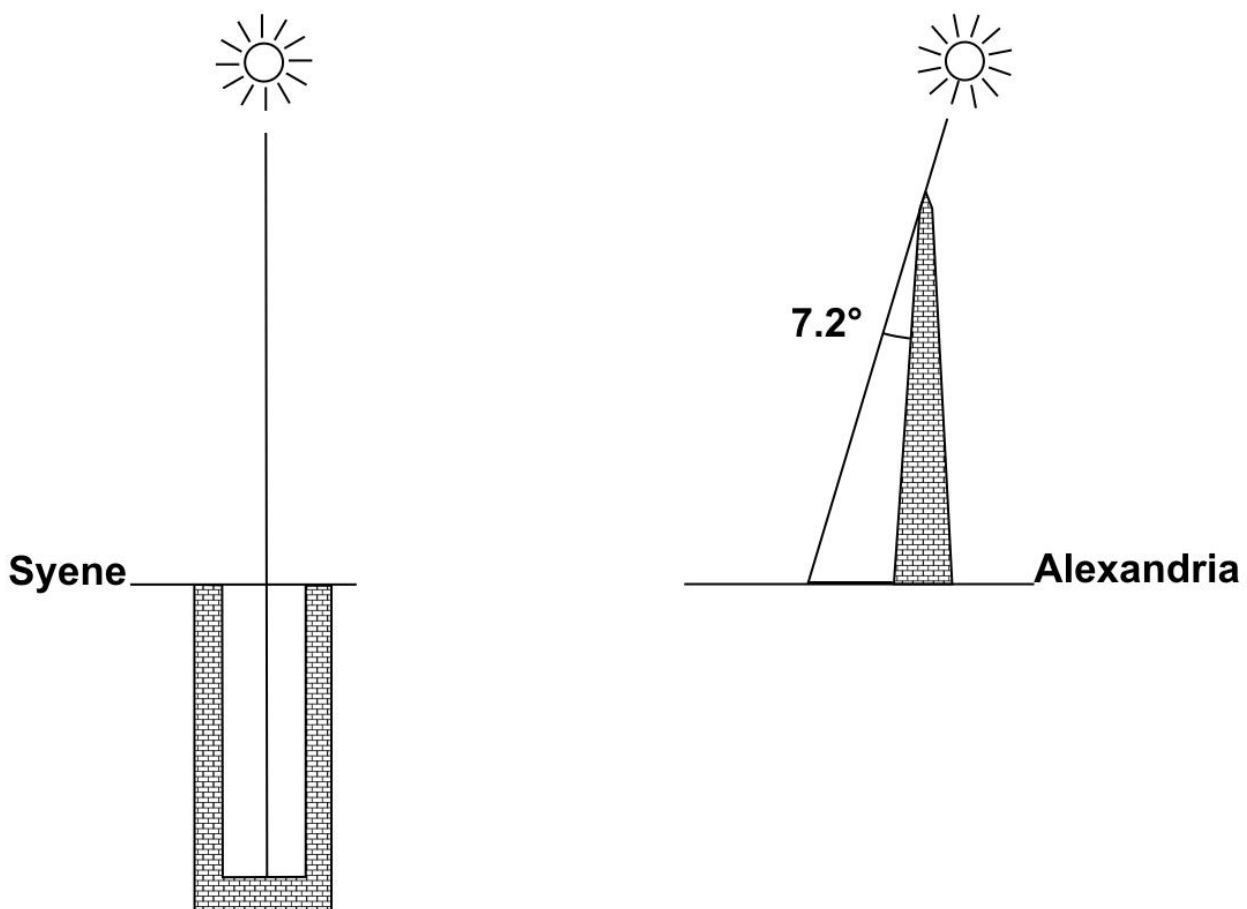
Bahan-bahan yang diperlukan untuk eksperimen ini sangat mudah dan murah, kerana bahan-bahan ini mudah dijumpai (Bristol, kertas lukis, skru, papan kecil, tali, lampu elektrik, bola, glob...). Anda akan mencari senarai ini pada permulaan setiap lima urutan pengajaran modul ini.

1 – Pemerhatian yang dilakukan oleh Eratosthenes

Pada 205 B.C., ahli astronomi Greek, Eratosthenes, pada masa itu pengarah Great Library of Alexandria di Egypt, mencadangkan sesuatu langkah geometri yang benar untuk mengukur panjang meridian bumi (bulat melalui tiang-tiang).

Beliau bermula dengan menggunakan pemerhatian bayang-bayang yang dihasilkan pada dua tempat yang berbeza, iaitu Alexandria dan Syene (kini Aswan) yang jaraknya kira-kira 800km jauh (jarak dianggar berdasarkan masa diambil oleh kereta unta untuk menghubungkan dua bandar ini!) pada musim panas dan pada tengah hari.

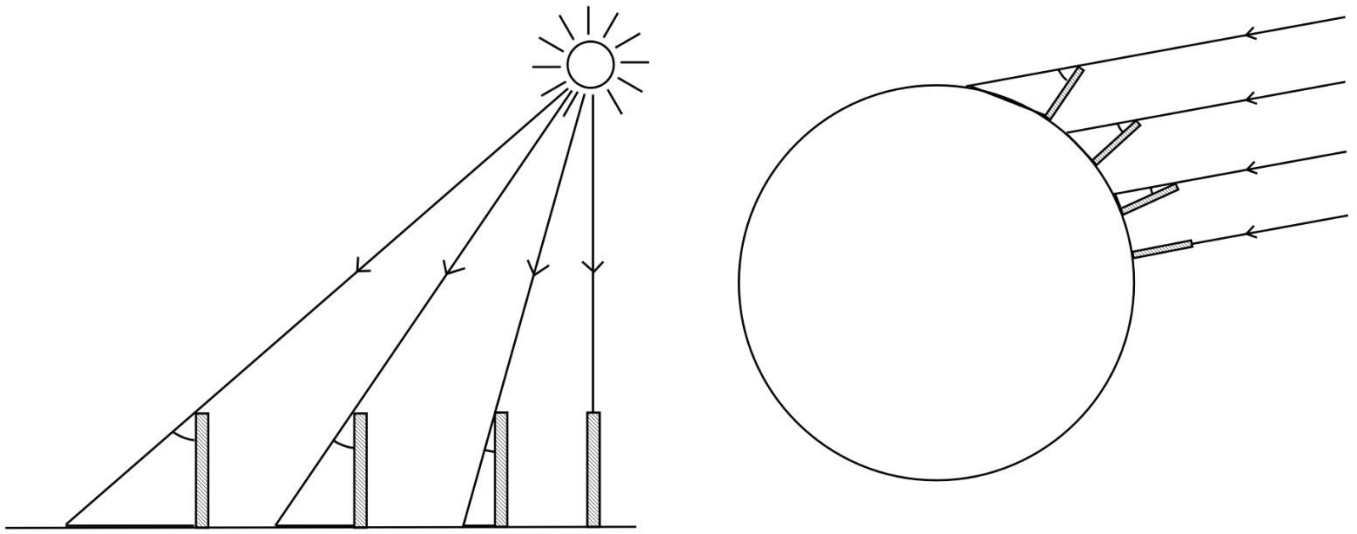
Pada hari itu dan pada masa yang tepat di Kutub Utara, matahari terbit ke posisi yang tertinggi pada tahun itu atas ufuk. Tetapi, Eratosthenes terjumpai perbezaan antara satu tempat ke tempat lain.



Di Syene (kira-kira berada di tropik Cancer), Matahari berada pada posisi tegak sehingga sinarnya tiba bawah terigi; dan bayang objek tegak sempurna berpusat.

Di Alexandria, Matahari tidak berada dalam posisi tegak, dan objek ini mempunyai bayang yang cetek (dan kecil). Eratosthenes mengukur bayang tuju yang tingginya ditahu oleh beliau, dan menggunakan maklumat ini untuk menyimpulkan sudut sinaran Matahari daripada tegak (dia dapat 7.2°)

Asas pemerhatian ini, dua hipotesis boleh disimpulkan oleh beliau:

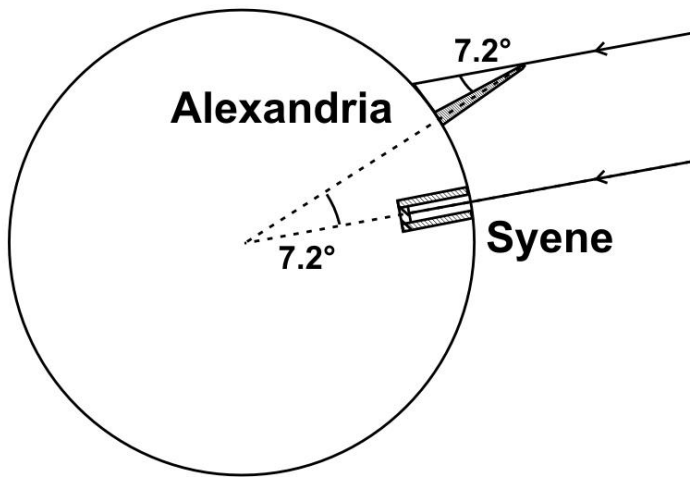


Bumi kita rata, tetapi dalam situasi ini Matahari cukup dekat sehingga pencapahan sinaran matahari yang tiba ke objek jauh amat ketara: sejak objek dengan panjang yang sama ada bayang-bayang yang panjangnya berbeza dan tiada bayang jika objek berada tegak di bawah Matahari (0°).

Bumi kita tidak rata, tetapi mempunyai permukaan yang lengkung atau bulat. Hanya keputusan yang sama dapat dicapai dengan sinaran matahari yang semuanya selari: ini bermaksud matahari sangat jauh. ...

Eratosthenes memilih hipotesis yang kedua. Zaman kuno memang telah mensyaki bumi tidak rata, asas pelbagai pemerhatian menyokong bukti bahawa permukaan bumi sedikit lengkung; orang navigasi yang bertenggek atas tiang utama adalah pertama untuk melihat pantai jauh; pemerhati atas bukit boleh lihat kapal bergerak ke arah horizon lebih panjang daripada pemerhati di pantai; tiang bintang bukan pada ketinggian yang sama atas horizon di Greece jika dibandingkan di Egypt. Akhirnya, semasa gerhana bulan, bayang bumi yang muncul di bulan menunjuk bahagian yang bulat.

Eratosthenes amat yakin bumi memang bulat, beliau mula menemui angka geometri yang mudah dan terunggul, dan digunakan untuk hitungkan panjang meridian bumi dengan senang.



Jika bumi memang bulat, apabila tegak Alexandria dilanjutkan (iaitu tugu) dan tegak di Syene (iaitu perigi), kedua-dua tegak sepatutnya terjumpa di tengah bumi. Eratosthenes juga tahu bandar Syene berada secara langsung di selatan berhubung dengan Alexandria, dua bandar berada pada meridian yang sama. Sejak sinaran matahari memang selari, sudut yang dihasilkan oleh kedua-dua tegak pada tengah bumi mesti sama dengan sudut yang diukur oleh Eratosthenes dengan bayang tugu (7.2°).

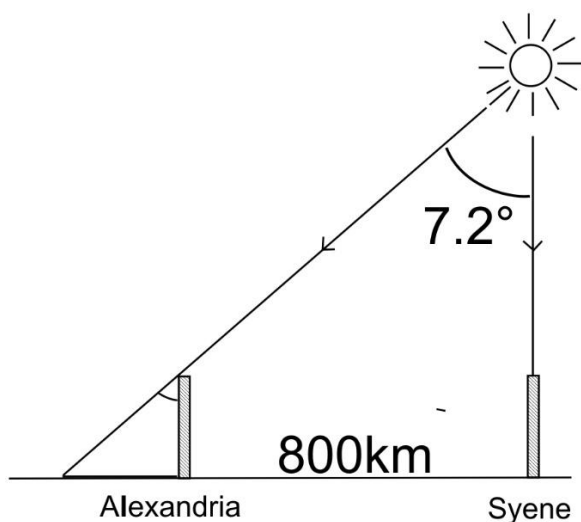
Bahagian sudut ini berhubung dengan 360° bulatan adalah sama dengan bahagian jarak antara kedua-dua bandar (kira-kira 800 km) relatif kepada lilitan bulat (untuk kes ini meridian bumi). Anda boleh fikir yang lain: 360° dibahagi oleh 7.2° memberikan 50, dan 800km darab 50 memberikan 40000km (Panjangnya lilitan ini dapat didapati dengan langkah lain masa kemudian).

Sudut ($^\circ$)	Jarak (km)
7.2	800
360	Lilitan



$$\text{Lilitan} = 360 \times 800 / 7.2 = 40\,000$$

Untuk orang yang pandai Matematik:



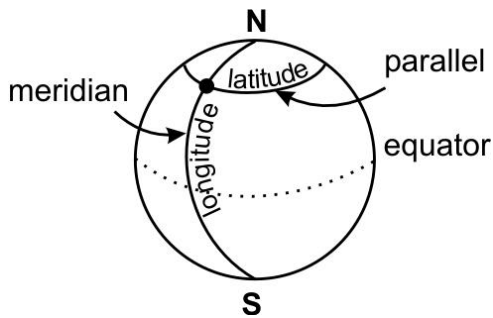
Seperti yang dihuraikan di atas, pemerhatian yang dilakukan oleh Eratosthenes mungkin menyokong hipotesis yang pertama, iaitu bumi rata dan matahari sangat dekat. Separuh daripada data yang diberikan oleh si cerdik ini membolehkan kita menghitung jarak matahari dengan tepat.

Untuk kes ini, tangen sudut 7.2° sama dengan nisbah 800 kilometer memisahkan Syene daripada Alexandria berhubung dengan jarak antara bumi dengan matahari.

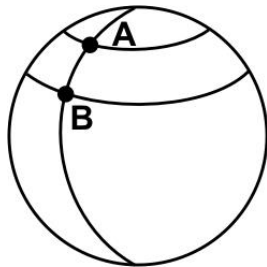
Jarak bumi akan dijumpai sebagai: $800\text{km} / \tan 7.2 =$ kira-kira 6500km daripada bumi (Ini ialah jejari bumi). Jarak ini sangat dekat, kerana kini kita tahun matahari kita kira-kira 150 juta km jauhnya!

2 – Menyesuaikan projek eksperimen untuk kelas

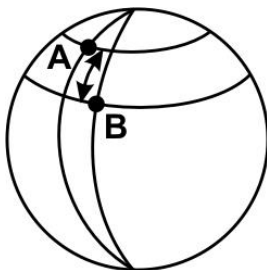
Anda akan melakukan eksperimen secara berpasangan dengan kelas lain (butir-butir akan dikemukakan kepada anda) tetapi anda tidak mesti mempunyai perigi atau tugu. Anda hanya ingin mempunyai kayu tegak yang mempunyai ketinggian yang sama untuk memudahkan perbezaan pengukuran bayang-bayang.



Ini tidak perlu salah satu daripada pasangan untuk ditempatkan di tropik Cancer! Ini hanya perlu ditempatkan di latitud yang amat berbeza dengan tempat lain.



Jika dua sekolah ditempatkan pada meridian yang sama, tiada masalah kerana setiap orang dapat 'melihat benda secara berbeza', dan tengah hari pada kedua-dua meridian akan berbeza!



Ini bukan jarak antara kedua-dua sekolah yang dikira, tetapi jarak paling pendek memisahkan kedua-dua selari memberikan and latitud (Anda boleh menghitung jarak ini dengan mudah dan jelas).

Anda tidak perlu tunggu untuk musim panas solistis untuk mengukur bayang! Pada bila-bila masa anda boleh mengumpul data jika pasangan anda memilih tarikh yang sama. Oleh itu, amat bijak jika pasangan anda bersetuju dan mengulang praktikal ini untuk beberapa hari sahaja... untuk setiap pasangan, penentuan tengah hari pada masa tempatan matahari (berbeza di tempat lain dan pada setiap hari pada tahun tersebut) bukan satu masalah; anda hanya ingin mengenal pasti bayang paling pendek.

3 – Contoh dua kelas ditempatkan di Lafrançaise (France) dan Meerut (India)

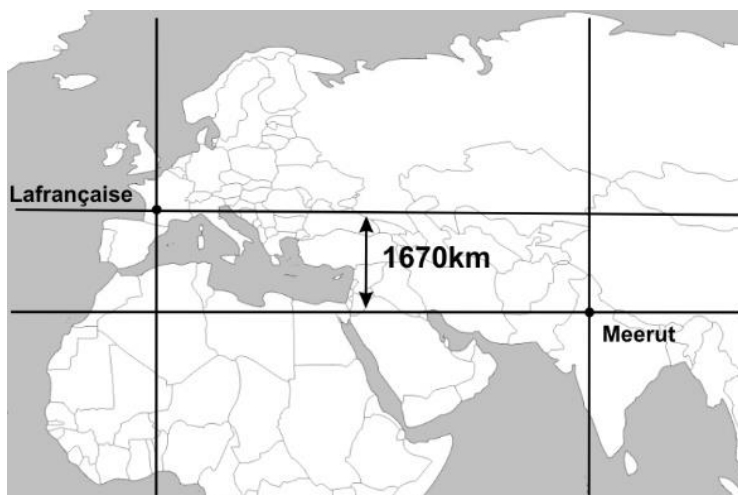
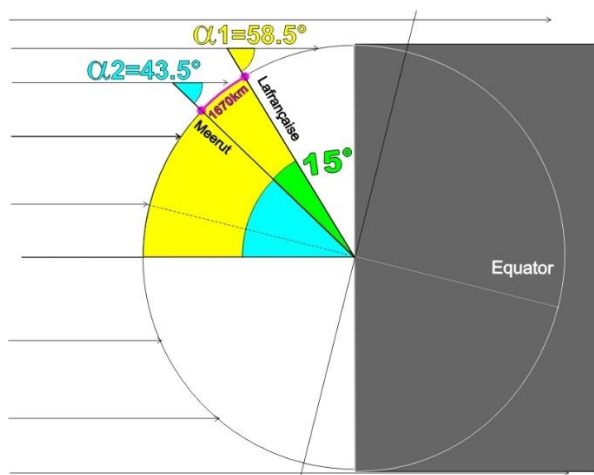
Khamis 10 Februari 2011

Koordinasi kedua-dua bandar

Lafrançaise: latitud $44^{\circ}08'U$, longitud $1^{\circ}15'E$

Meerut: latitud $29^{\circ}0' N$, longitud $77^{\circ}42'E$

Dengan pengukuran ini, murid-murid ini boleh menghitung sudut sinaran Matahari (pada masa tengah hari) tepat kepada 0.5 darjah menggunakan angka geografi yang mudah. Untuk Lafrançaise mereka dapat: $\alpha_1 = 58.5^{\circ}$ dan untuk Meerut : $\alpha_2 = 43.5^{\circ}$



Tetapi bagaimana untuk menggunakan dua sudut ini mengira sudut alpha yang popular?

Anda hanya tolak sudut alpha 2 daripada sudut alpha 1 untuk mendapat keputusan 15° .

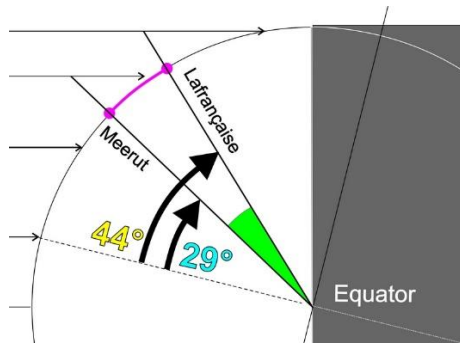
Sejak kedua-dua pasangan sekolah tidak bertempat pada meridian yang sama, jarak paling pendek mesti ditentukan antara selari Lafrançaise dan selari Meerut. Ini amat mudah; pada peta, lukisan teliti dibuat oleh dua selari dan, menggunakan peta skala, jarak antara mereka dihitung. Jarak ini adalah 1670 km.

Kini kita ada dua elemen untuk mengira meridian Bumi menggunakan langkah 'Eratosthenes'; sudut alpha 15° dan jarak 1670km antara dua selari. Sebahagian bulat berhubung dengan keputusan (15°) ialah 24 kali ganda (360° dibahagi dengan 15°). Meridian kemudiannya dihitung dengan 1670km darab 24, memberikan keputusan 40080km, jika pengukuran amat tepat.



Sudut (°)	Jarak (km)
15	1670
360	Lilitan

$$360 \times 1670 / 15 = 40\ 080$$



Sesuatu yang menarik adalah, perbezaan antara dua latitud memberikan sudut alpha popular dengan serta-merta! Dengan pasangan sekolah, keputusan yang didapati ialah: $44^{\circ}08' - 29^{\circ}0' = 15^{\circ}08'$.

Ukuran yang disediakan oleh murid-murid ini amat tepat kerana rakan sekolah kita menyimpulkan sudut 15°, angka yang amat dekat.

Kita ingin memberi perhatian bahawa 'langkah terus' untuk menghitung sudut alpha menggunakan pengetahuan dua latitud mesti tidak diberikan kepada murid sejak awal lagi! Sebaliknya, pengetahuan ini amat berguna kepada mereka pada peringkat kemudian untuk mengesan kecacatan dalam pengukuran mereka.

4 – Langkah untuk melaksanakan projek ini

Dengan pematuhan dengan prinsip La main a la pate, anda mesti pasti murid and menguasai refleksi; and mesti memberi sokongan kepada mereka untuk merumuskan andaian yang mereka akan sahkan kemudian dengan memikir eksperimen yang sesuai. Setiap murid mesti mempunyai buku latihan di mana mereka dapat mencatat kajian mereka menggunakan lukisan atau ayat kecil. Buku ini juga akan digunakan untuk merekodkan kerja berpasangan dan keputusan berkumpulan. Buku ini akan membantu anda memeriksa pemahaman keseluruhan kerja yang dilaksanakan di dalam kelas dan mengikut kemajuan yang dilaksanakan oleh setiap murid anda.

Ini adalah langkah-langkah yang kita menyarankan:

1/Urutan pertama telah diberikan dalam laman web, pembukaan senarai edaran untuk sekolah yang melibatkan diri dalam projek ini. Ahli sains dan pakar pengajaran akan ditambah ke dalam senarai dan akan menjawab semua soalan yang anda mempunyai.

2/Apabila anda langgan projek ini, anda akan ditambah kepada senarai mel projek Eratosthenes secara automatik, supaya anda dapat berkomunikasi dengan sekolah lain yang terlibat dalam projek ini dengan mudah. Anda juga akan dapat kata laluan yang memberi akses anda ke suatu tempat kerja.

Tempat kerja mengizinkan sekolah anda:

Daftar masuk untuk merekodkan dan melihat keputusan pengukuran anda pada laman web projek;

Mengakses koordinat semua sekolah yang terlibat dalam projek;

Dapat pengukuran mereka dan melihat lokasi sekolah mereka dalam peta.

3/ Sepanjang tahun, sekolah-sekolah merekodkan ukuran mereka pada tempat kerja projek mereka secara asing. Pengukuran secara serentak boleh dirancang menggunakan senarai mel (Ekuinoks September dan Mac, solstis Disember)