

Horison Lokal dan Jam Matahari

Rosa M. Ros

International Astronomical Union, Universidad Politécnic de Cataluña
(Barcelona, España)

Ringkasan

Studi tentang horizon sangat penting untuk memfasilitasi pengamatan pertama siswa dalam suatu pusat pendidikan. Suatu model sederhana yang dapat dibuat di setiap pusat memungkinkan kita untuk membuat studi dan pemahaman dasar astronomi lebih mudah. Model tersebut juga disajikan sebagai model sederhana jam ekuatorial dan berawal dari model ini, kita dapat membuat model lainnya (horisontal dan vertikal).

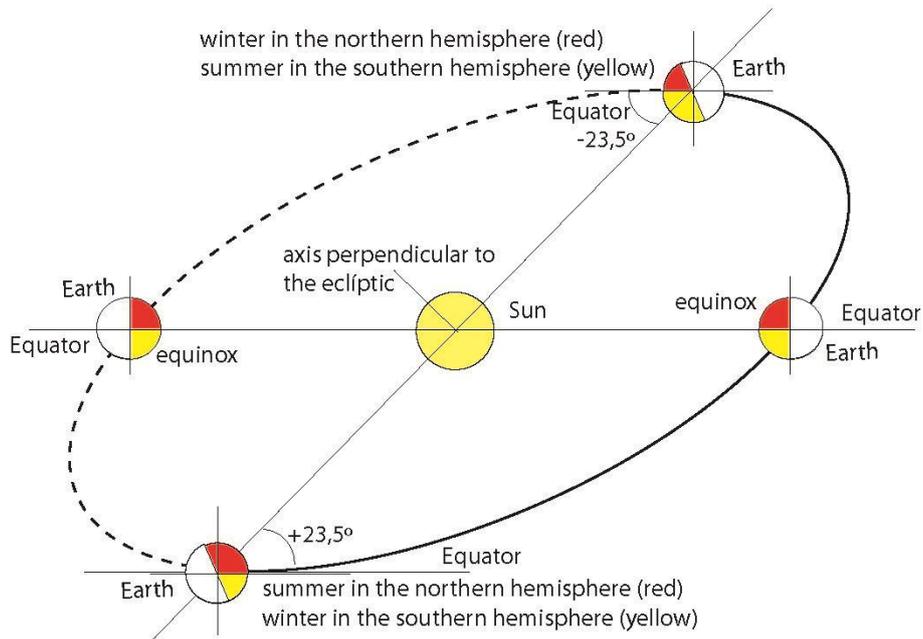
Tujuan

- Memahami gerakan harian dan tahunan matahari
- Memahami gerakan ruang selestial.
- Memahami konstruksi jam matahari.

Bumi Berotasi dan Berputar

Seperti yang diketahui, bumi berotasi mengelilingi sumbunya, sehingga terjadi siang dan malam. Sumbu rotasi adalah apa yang disebut para astronom kuno sebagai poros bumi seperti yang terlihat bahwa langit bergerak disekitar poros ini (langit di siang hari dan malam hari). Tetapi bumi berputar dalam orbit elips, dengan matahari sebagai fokusnya. Sebagai pendekatan awal, kita dapat menganggap bahwa putarannya berbentuk lingkaran (sebagai akibat eksentrisitas elips hampir nol, sehingga orbitnya hampir seperti lingkaran).

Bumi memerlukan waktu satu tahun untuk melakukan orbit penuh mengelilingi matahari, tetapi orbitnya dilakukan dalam suatu bidang, bidang ekliptika, yang manatidak tegak lurus terhadap sumbu terestrial rotasi, melainkan miring. Secara khusus, sudut antara rotasi sumbu terestrial dan sumbu tegak lurus terhadap ekliptika adalah $23,5^\circ$. Begitu pula dengan sudut antara bidang ekuator dan bidang ekliptika adalah $23,5^\circ$ (Gambar 1). Inklinasi ini menyebabkan terjadinya musim. Untuk memvisualisasikan fenomena ini, kita akan membangun suatu model sederhana (Gambar 2).



Gbr. 1: Skema revolusi Bumi. Sudut antara ekuator terestrial dan bidang ekliptika adalah $23,5^\circ$. Sudut antara poros terestrial rotasi dan sumbu tegak lurus terhadap bidang ekliptika juga $23,5^\circ$.

Kita ilustrasikan fenomena tersebut dengan empat bola bumi dan sebuah bola lampu, mewakili matahari, diletakkan di tengah. Ada baiknya untuk menggambar permukaan terestrialnya, agar dapat dibedakan khatulistiwa dan kutub-kutubnya. Kemudian, kita memberikan beberapa nilai jarak relatif terhadap ukuran bola yang mewakili model bumi. Dalam kasus ini, digunakan bola bumi berdiameter 8 cm. Kita akan menggunakan taplak meja kecil atau kertas yang memiliki diagonal 25 cm. Kita letakkan empat bola bumi tersebut berseberangan (masing-masing di depanlainnya, Gambar 2) yang ditinggikan menggunakan 4 tongkat yang tingginya masing-masing 3, 15, 25 dan 15 cm. Nilai-nilai tersebut dihitung sehingga inklinasi dari bidang ekuator terhadap bidang ekliptika adalah sekitar 23° .

Kita akan menempatkan model tersebut di ruangan gelap dan menyalakan bola lampu (ini terlihat seperti lilin, tetapi selalu menjadi perhatian bahwa ketinggian relatif itu penting). Hal ini jelas bahwa belahan bumi bagian utara lebih banyak menerima cahaya saat bola bumi di posisi A daripada di posisi C (Gambar 3), sedangkan belahan bumi bagian selatan yang lebih banyak mendapat penyinaran di C daripada di A. Pada posisi B dan D, kedua belahan bumi mendapatkan penyinaran yang sama; sesuai dengan ekuinoks musim semi dan musim gugur. Pada waktu ketika terdapat area yang lebih banyak penyinaran disebut musim panas dan yang kurang penyinaran, disebut musim dingin. Kita menyimpulkan bahwa ketika bumi berada pada posisi A, maka terjadi musim panas di belahan bumi bagian utara dan musim dingin di belahan bumi bagian selatan. Ketika bumi berada pada posisi C, maka terjadi musim dingin di belahan bumi bagian utara dan musim panas di belahan bumi bagian selatan.



Gbr. 2a, 2b, dan 2c: Distribusi empat bola yang mewakili Bumi dan bola lampu mewakili Matahari, di tengah. Diperlukan untuk mendistribusikan posisi relatif sehingga sudut garis dari pusat Matahari ke pusat Bumi adalah 23° dengan menghormati tanah yang mewakili bidang khatulistiwa.

Model ini menawarkan banyak kesempatan untuk belajar karena jika kita berimajinasi bahwa seseorang yang hidup di salah satu belahan bumi, kita akan mengetahui bahwa dia melihat matahari dengan ketinggian berbeda tergantung pada musimnya. Kita berimajinasi, untuk contoh, bahwa kita mempunyai seseorang di belahan bumi bagian utara ketika kita berada pada posisi A, orang tersebut melihat matahari $23,5^\circ$ di atas bidang ekuator (Gambar 4a). Namun, jika dia di belahan bumi bagian utara tetapi berada di posisi C, maka dia melihat matahari $-23,5^\circ$ di bawah ekuator (Gambar 4b). Ketika dia berada di posisi B dan D, maka dia melihat matahari tepat di ekuator, yaitu 0° di atas ekuator.



Gambar 3: Model gerakan revolusi yang menjelaskan musim. Ketika Bumi berada pada posisi A, itu adalah musim panas di belahan bumi utara dan musim dingin di belahan bumi selatan. Ketika Bumi pada posisi C itu adalah musim dingin di belahan bumi utara dan musim panas di belahan bumi selatan. Dan ketika Bumi berada pada posisi B dan D belahan bumi sama-sama menyala dan terjadi equinox. Kemudian, siang dan malam hari adalah sama.



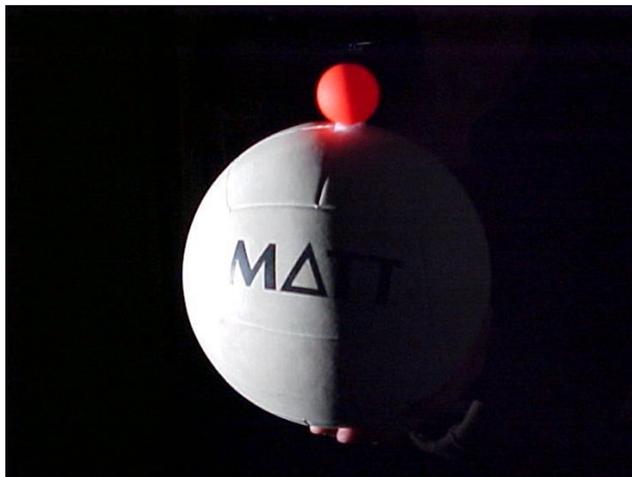
Gbr. 4a: Pada posisi A saat itu musim panas di belahan bumi utara dan Matahari $23,5^\circ$ di atas garis khatulistiwa. Namun, di belahan bumi selatan itu musim dingin.



Gambar 4b: Pada posisi C itu musim dingin di belahan bumi utara dan Matahari $23,5$ di bawah garis khatulistiwa. Namun, di belahan bumi selatan itu musim panas.

Bumi Paralel

Posisi yang kami nikmati dalam model sebelumnya "Bumi dari luar" tidak mudah untuk diamati dari kota kami. Bahkan sepertinya sangat mustahil karena kita terpaku pada Bumi dan hanya seorang astronot dari kapal antariksanya yang dapat melihat Bumi dari luar. Tetapi ada strategi sederhana yang memungkinkan Anda untuk melihat Bumi dari luar dan daerah terang setiap hari dan setiap jam. Mari kita gunakan Bumi paralel untuk itu. Yaitu, globe yang diterangi dengan cara yang sama seperti Bumi dengan sumber yang sama yaitu Matahari.



Gambar 5: Lampu sorot menyinari dua bola dengan cara yang sama dan menghasilkan area cahaya dan bayangan yang sama

Jika sebuah lampu sorot menyala dua bola menghasilkan padanya area cahaya dan bayangan yang sama (gambar 5), jadi jika kita mengarahkan dengan benar bola dunia akan menjadi area yang sama di dunia yang merupakan planet kita dan kita dapat melihatnya seolah-olah kita adalah seorang astronot yang terletak lebih jauh dari ISS.

Kita akan menggunakan bola dunia seperti biasa, kecuali bahwa kita akan melepas kaki dan akan diletakkan di atas kaca, dengan sumbu rotasi bola bumi dalam arah yang sama dengan bumi (kita membantu kompas untuk menunjukkan kami utara-selatan). Kita juga tahu bahwa posisi kota kita harus berada di puncak dunia, karena, di mana pun di dunia tempat kita tinggal, jika kita bergerak lurus ke arah mana pun selama beberapa km, jelas bahwa kapan pun kita akhirnya akan turun di permukaan dunia. Jadi posisi kami selalu di atas.

Akibatnya, kita akan menggunakan kompas yang memberi tahu kita arah utara-selatan untuk memandu poros dunia dan kota kita akan menempatkan posisi tertinggi (gambar 6a). Untuk memverifikasi bahwa bola bumi diposisikan dengan benar dapat meninggalkan pensil di kota dalam keseimbangan, jika pensil di atas tidak akan jatuh, tetapi jika pensil jatuh harus dikoreksi sedikit sampai posisi stabil. Kita dapat menggambarkan posisi ini dengan menempatkan boneka untuk mewakili kita (gambar 6b).

Dengan sedikit "tanah liat" kita dapat membuat garis matahari / bayangan dan melihat apa yang perlahan-lahan akan bergerak melintasi permukaan dunia saat mereka melewati jam dan tiba pada saat malam. Kita dapat meletakkan potongan kecil tongkat sebagai gnomon dan melihat bagaimana bayangannya dan bagaimana mereka bergerak sepanjang hari dan Anda memvisualisasikan efek gerakan rotasi di Bumi (gambar 6b).



Gbr. 6a: Bola dunia, dengan dukungan yang biasa, tidak berfungsi sebagai model. Bola dunia harus diletakkan di luar, di atas kaca dan berorientasi, dengan tempat dari mana kita amati di atas untuk menjadi model yang sempurna. Gambar 6b: Kita bisa meletakkan boneka yang menunjukkan posisi dan kepingan tanah liat kita untuk menunjukkan garis area cahaya / bayangan. Dengan berlalunya waktu, garis cahaya / bayangan ini akan hilang. Anda juga bisa menaruh beberapa sumpit untuk mempelajari bayangannya.



Gambar 7a: Di belahan bumi utara, kutub utara berada di daerah yang cerah oleh karena itu berarti musim panas di belahan bumi ini dan kami mengamati fenomena matahari tengah malam. Di belahan bumi selatan, kutub selatan berada di tempat teduh dan musim dingin. Gambar 7b: Kutub utara berada dalam area malam, jadi di musim dingin belahan bumi utara. Di belahan bumi selatan, kutub selatan menyala dan karenanya musim panas

bagi mereka. Gambar 7c: Garis yang memisahkan siang dan malam melewati kedua kutub, yaitu, hari pertama musim semi atau hari pertama musim gugur.

Tetapi yang paling menarik adalah memvisualisasikan gerakan terjemahan; ini adalah bagaimana garis matahari / naungan terletak sepanjang tahun. Dengan demikian dapat dilihat bahwa pada musim panas (gambar 7a), musim dingin (gambar 7b) dan ekuinoks (gambar 7c) seperti dapat memeriksa dalam model awal dengan empat area lahan (gambar 3)

Tetapi yang paling menarik adalah memvisualisasikan gerakan terjemahan, ini adalah bagaimana garis matahari / peneduh berada sepanjang tahun. Dengan demikian dapat dilihat bahwa pada musim panas (gambar 7a), musim dingin (gambar 7b) dan ekuinoks (gambar 7c) seperti dapat memeriksa dalam model awal dengan empat bola (gambar 3)

Tetapi setelah mempertimbangkan kedua model ini, kami percaya bahwa perlu untuk memperkenalkan model "nyata" bagi pengamat yang terkait dengan Bumi dan mengamati bahwa setiap hari bintang-bintang bergerak relatif terhadap cakrawala. Kami membangun model di cakrawala lokal pengamat, MODEL A REALLY OBSERVATIONAL.

Pengamatan

Guru dari berbagai bidang saing (mekanik, listrik, kimia, biologi, dan lainnya) cenderung mengatakan bahwa tidak mungkin untuk bekerja secara benar di pusat sains sekunder tanpa laboratorium. Dalam hal ini, guru astronomi cenderung senang karena mereka selalu memiliki laboratorium astronomi. Semua institusi dan sekolah mempunyai tempat dimana siswa bermain: taman bermain diluar ruangan atau halaman. Tapi ini bukan hanya tempat bermain, ini juga merupakan laboratorium astronomi: suatu tempat yang menawarkan kemungkinan untuk melakukan kegiatan astronomi praktis. Jika kita mempunyai laboratorium di setiap sekolah atau institusi, kelihatannya tepat untuk menggunakannya!



Gambar 8: Representasi klasik bola surgawi.

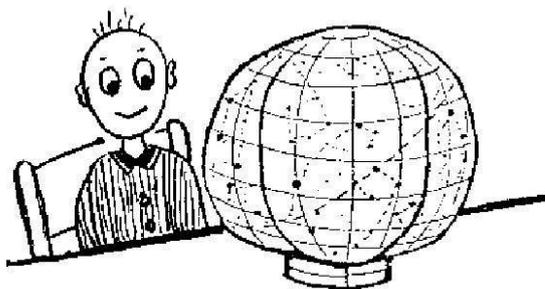
Masalah yang muncul ketika seorang siswa menggunakan halaman sekolah untuk melakukan kegiatan astronomi praktis adalah kurangnya keterkaitan dengan penjelasan guru tentang ruang angkasa di dalam kelas dan di luar.

Ketika guru berbicara tentang meridian dan parallel atau posisi koordinat di papan tulis, dalam teks, atau dalam model, dia menyajikannya dalam gambar seperti Gambar 5/ Fig. 5. Hal ini tidak terlalu sulit dan siswa cenderung memahaminya tanpa masalah. Gambar yang dimiliki siswa sebelumnya yang mereka analog dengan yang telah mereka gunakan ketika belajar geografi (Gambar 6).

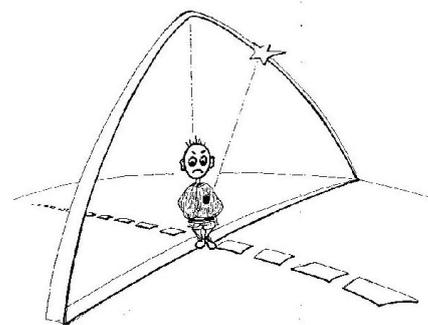
Masalah dimulai ketika kita melihat langit dan disana tidak ada garis. Tidak mungkin untuk melihat sumbu rotasi, dan tidak mudah untuk menemukan referensi di langit. Sekarang masalah utama adalah bahwa siswa berada di dalam ruang angkasa saat berada di dalam kelas, tetapi kita telah menyajikan semua informasi melihat langit dari bagian luar ruang angkasa. Maka, ini tidak sederhana untuk memahami situasi baru saat berada di dalam bola bumi (Gambar 7).

Tentunya, setelah pengalaman ini kita dapat memikirkan bagaimana untuk mengubah cara presentasi kita di dalam kelas. Hal ini mungkin untuk melakukan presentasi dari sudut pandang bola bumi dari dalam. Cara ini jauh lebih mirip dengan situasi sebenarnya dari pengamat, tetapi tidak menarik untuk menawarkan presentasi ini saja. Siswa harus mampu membaca berbagai buku astronomi dan memahami abstraksi koresponden dari pengamatan lingkup langit dari luar, situasi normal dalam literatur ilmiah.

Dalam keadaan ini, mungkin untuk berpikir tentang membuat suatu model untuk siswa yang memungkinkan membandingkan kedua sudut pandang dan juga “membuat garis langit terlihat” serta memberikan pemahaman yang lebih baik tentang horizon/cakrawala.



Gbr. 9: Bola langit dari luar.

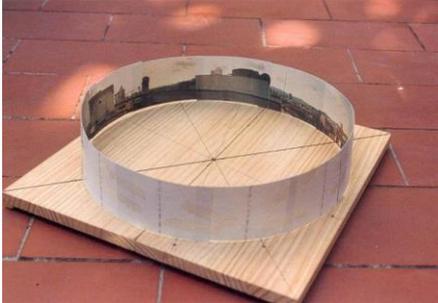


Gbr. 10: Bola surgawi dari interior.

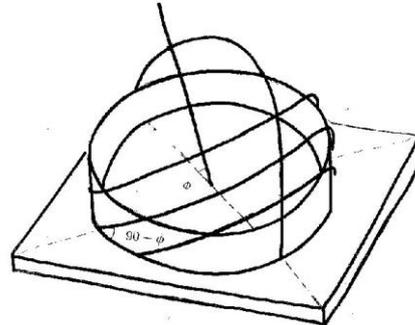
Model Horizon Lokal

Kita mulai dengan mengambil foto horizon. Sangat mudah untuk mengambil beberapa foto horizon dengan kamera dan tripod dari berbagai tempat manapun di halaman sekolah - jika bangunan memungkinkan kita untuk melakukannya - atau dari balkon manapun dengan pemandangan horizon yang lebih jelas. (Kita akan menandai posisi tripod dengan cat atau kapur di tanah). Sangat penting untuk memilih tempat yang baik, karena idenya adalah menempatkan model disana selama setiap pengamatan. Saat mengambil foto, perlu memiliki area bersama dengan yang berikutnya, dan kemudian kita dapat

menggabungkan semua foto sesuai urutannya untuk memperoleh horison sebagai rangkaian foto yang terus-menerus.



Gambar 11: Cakrawala lokal.

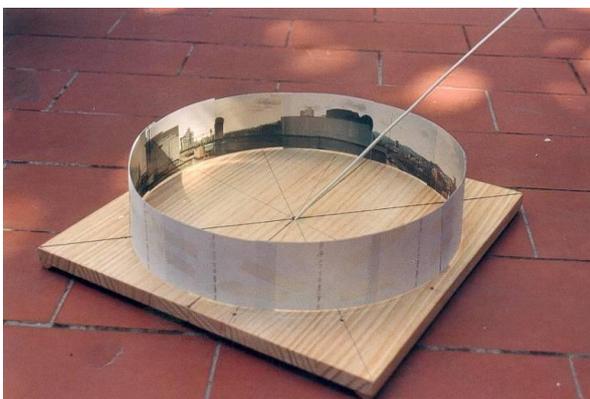


Gbr. 12: Model yang menunjukkan horizon dan sumbu kutub.

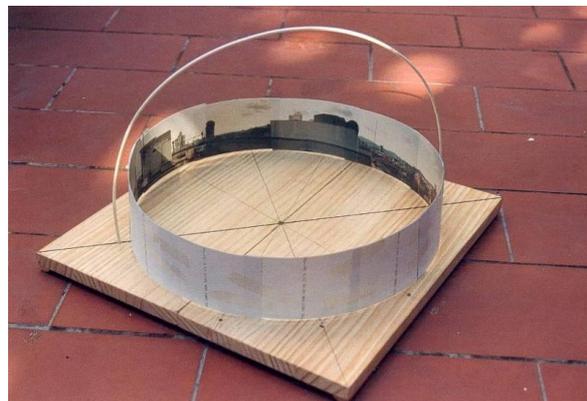
Ketika kita mempunyai semua foto, kita dapat menghubungkannya. Tempatkan satu salinan di sebelah yang lainnya secara terus-menerus, dan kemudian buat sebuah silinder yang akan dipasang pada suatu alas kayu persegi di tempat yang sama kita mengambil foto (Gambar 9). Sangat penting untuk menempatkan semua foto sesuai dengan horizon yang sebenarnya.

Lalu, kita memperkenalkan sumbu rotasi terestrial. Menentukan nilai lintang tempatnya, kita dapat memperkenalkan sebuah kawat sebagai inklinasi (lintang) pada model (Gambar 9).

Dengan nilai tersebut, dimungkinkan untuk memasang sumbu rotasi model. Seperti model yang diorientasikan berdasarkan horizon lokal, pemanjangan kawat digunakan untuk meliha sumbu nyata, untuk menemukan kutub selatan, dan juga to membayangkan posisi titik kardinal selatan (Gambar 10). Secara jelas, untuk memperkenalkan titik cardinal utara dan kutub utara diketahui dengan mudah. Kemudian, kita dapat menggambar garis lurus Utara-Selatan pada model dan juga di lapangan atau balkon tempat dimana kitamengambil gambar (menggunakan proses normal untuk menentukan garis lurus utara-selatan). Hal ini sangat penting karena setiap kali kita menggunakan model ini, kita harus mengarahkannya, dan sangat berguna untuk memiliki garis lurus utara-selatan yang nyata untuk memudahkan pekerjaan. (Kita dapat memverifikasi arah ini dengan kompas).



Gbr. 13: Model dengan cincin horizon dan sumbu kutub.



Gbr. 14: Model dengan meridian lokal.

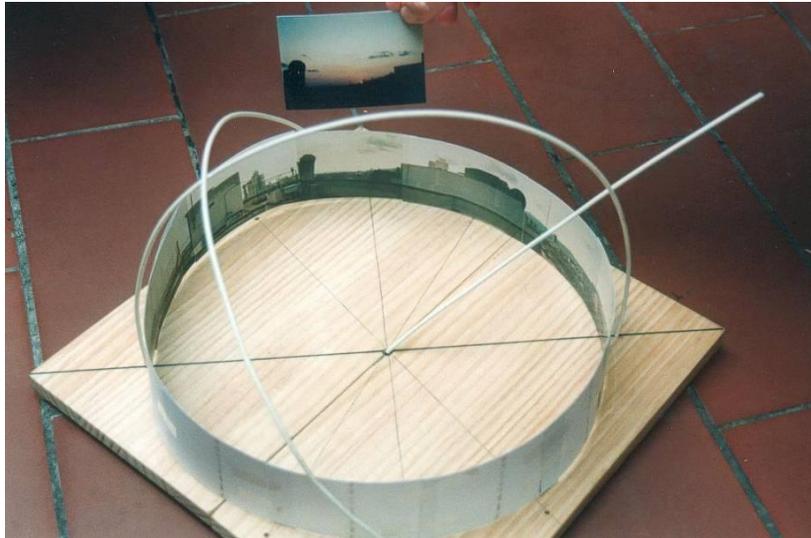
Langkah selanjutnya terdiri dari menemukan meridian dari tempat tersebut. Meridian lokal sangat mudah untuk didefinisikan, tetapi itu bukan konsep sederhana untuk berasimilasi bagi siswa (mungkin karena setiap orang memiliki meridiannya sendiri). Kita dapat memasang kawat yang melewati titik cardinal utara dan selatan serta sumbu rotasi bumi (Gambar 11). Kawat tersebut adalah visualisasi meridian dari lokasi model, tetapi memungkinkan kita untuk membayangkan garis meridian lokal di langit. Sekarang sangat mudah untuk membayangkannya karena ini dimulai di tempat yang sama dengan yang siswa lihat dalam model. Meridian lokal dimulai di gedung yang sama seperti pada foto tetapi di horizon nyata. Ketika meridian melewati atas kepala siswa, itu akan berakhir di gedung yang sama yang kita lihat, berkat kawat di horizon foto.

Proses untuk mengenalkan ekuator lebih rumit. Salah satu kemungkinan terdiri dari garis timur-barat. Solusi ini sangat sederhana, tetapi tidak mencapai apapun dari sudut pandang pedagogik. Untuk tujuan pendidikan, lebih nyaman menggunakan fotografi lagi. Kita dapat menempatkan kamera pada tripod lagi di posisi yang sama seperti kita mengambil foto horizon pertama kali. (Inilah sebabnya kita melukis tanda yang sesuai di tanah, sehingga kita bias meletakkan tripod di tempat yang sama lagi). Dengan kamera pada tripod, kita mengambil foto matahari terbit dan terbenam pada hari pertama musim semi dan musim gugur. Dalam hal ini, kita akan mempunyai dua foto masing-masing posisi tepat dari titik kardinal timur dan barat, sehubungan dengan horizon pada foto dan jelas di atas horizon nyata.

Kita simulasikan garis ekuator dengan kawat yang tegak lurus terhadap sumbu rotasi terestrial; kawat tersebut ditancapkan pada titik cardinal timur dan barat (di bidang horizontal yang tegak lurus terhadap garis utara-selatan). Namun, tidak mudah untuk memasang kawat ini ke kawat yang melambangkan sumbu rotasi karena kemiringannya, dan jelas ini juga miring terhadap ekuator. Hal ini akan menimbulkan pertanyaan seperti apa kegunaan inklinasi. Kita akan mengambil empat atau lima gambar matahari terbit pada hari pertama musim dingin atau musim panas. Memotret matahari berbahaya ketika cukup tinggi di langit, tetapi aman saat matahari terbit atau terbenam ketika atmosfer bumi bertindak seperti filter. Kita akan menggunakan semua foto dan menggunakan perangkat lunak yang sesuai untuk menggabungkannya (menggunakan beberapa referensi ke horizon), dan kita dapat membedakan inklinasi matahari itu sendiri di horizon. Gambar ini akan berfungsi untuk memperkenalkan kemiringan yang tepat pada kawat yang mewakili ekuator dalam model (Gambar 13). Menggunakan dua foto dari titik kardinal timur dan barat, memungkinkan untuk mengetahui inklinasi dari jejak bintang-bintang di ekuator, dan oleh karena itu memungkinkan untuk meletakkan kawat yang melambangkan ekuator. Kita sekarang mengetahui titik-titik tetap dan juga inklinasinya, sehingga kawat dapat ditancapkan pada bingkai dan juga menahan meridian lokal (Gambar 13).

Jika kita menganggap matahari sebagai bintang normal (matahari adalah bintang yang paling penting bagi kita karena terdekat, tetapi perilakunya tidak jauh berbeda dengan bintang lain), kita dapat memperoleh gerak kemiringan dari bintang-bintang ketika terbit atau terbenam sehubungan dengan horizon. Untuk melakukan ini

kita hanya perlu mengambil dua gambar instan ini di dekat titik kardinal timur dan barat (Gambar 14).

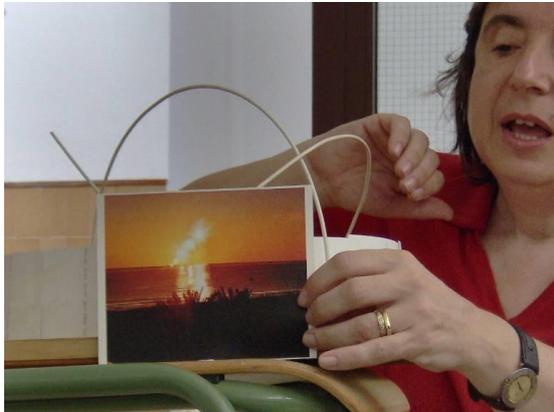


Gbr. 15: Matahari terbenam menunjukkan titik ekuinoks musim semi atau musim gugur.

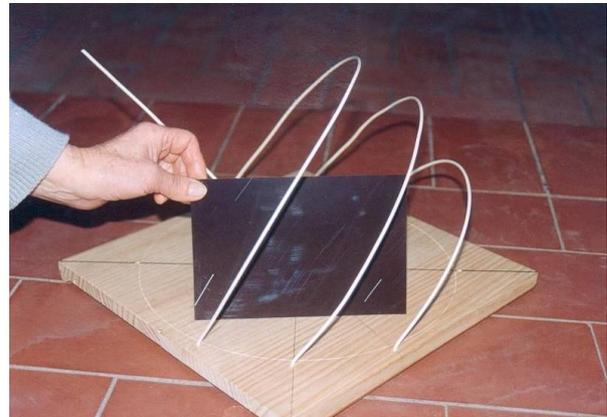
Mungkin mustahil untuk mengambil gambar yang disebutkan dalam paragraf sebelumnya dari kota dimana sekolah dibangun. Kita harus pergi ke daerah pedesaan, di tempat yang tidak dicemari oleh polusi cahaya, dan mengambil gambar dengan kamera lensa tunggal refleks pada tripod dengan rilis kabel. Sekitar 10 menit dari eksposur sudah cukup. Hal ini sangat penting untuk menempatkan kamera sejajar dengan horizon (kita bisa menggunakan tingkatan untuk melakukan tindakan ini).

Mengambil kesempatan ini untuk mendapatkan portofolio kecil dari foto. Misalnya, kalian dapat mengambil salah satu daerah Kutub memberikan eksposur 15 menit, satunya lagi daerah di atas sepanjang meridian lokal, yang lainnya mengikuti meridian sama dan sebagainya, sampai mendapatkan gambar yang ada di horizon. Idenya adalah untuk memotret semua meridian lokaln dari utara ke selatan, melewati kepala kita. Jelas, meridian lokal dimana kita telah memutuskan untuk mengambil gambar yang tidak sama seperti sekolah, tetapi siswa dapat dengan mudah memahami perbedaan yang kecil ini.

Ketika kita memiliki semua gambar, kita dapat membangun suatu strip meridian dari semua gambar tersebut. Dengan strip ini, siswa dapat lebih baik dalam memahami pergerakan bola langit di sekitar sumbu rotasi bumi. Menariknya, dengan waktu eksposur yang sama, lintasan yang tergambar oleh bintang-bintang berubah panjangnya. Ini adalah minimal di sekitar kutub dan maksimum di khatulistiwa. Hal ini juga mengubah bentuk. Di khatulistiwa, lintasan tergambar seperti garis lurus. Di daerah dekat kutub, garisnya seperti kurva kurva di atas ekuator dan cembung di ekuator. Jika kita membuat salinan kertas dari gambar yang cukup besar, kita dapat menempatkan strip di atas kepala siswa, sehingga memungkinkan mereka untuk memvisualisasikan dan memahami gerakan tersebut dengan lebih baik.



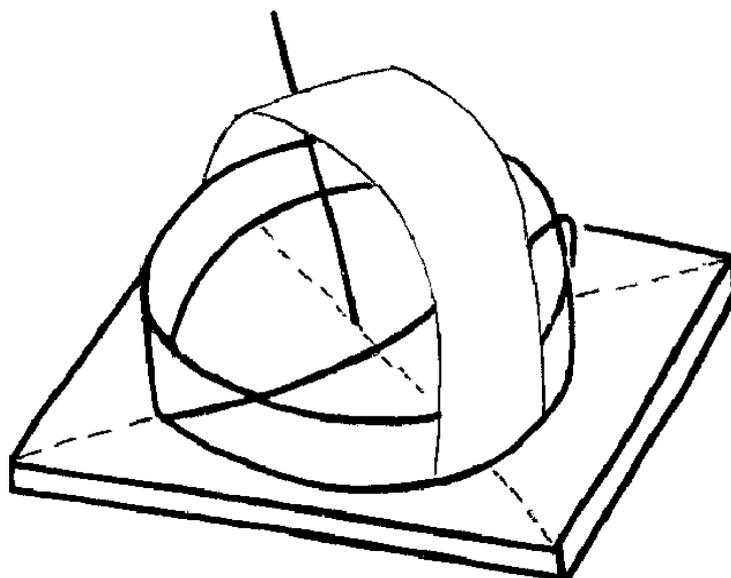
Gbr. 16: Jejak matahari terbit.



Gambar 17: Jejak bintang-bintang di timur.

Menggunakan dua foto titik kardinal timur dan barat, sehingga memungkinkan untuk mengetahui inklinasi dari jejak bintang-bintang di ekuator, oleh karena itu memungkinkan untuk meletakkan kawat yang melambangkan ekuator tanpa masalah. Kita tahu titik yang sudah kita tetapkan dan juga inklinasinya, sehingga kawat dapat ditancapkan ke kayu sebagai meridian lokal (Gambar 8).

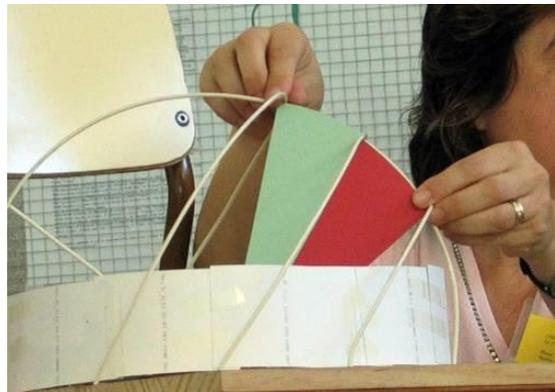
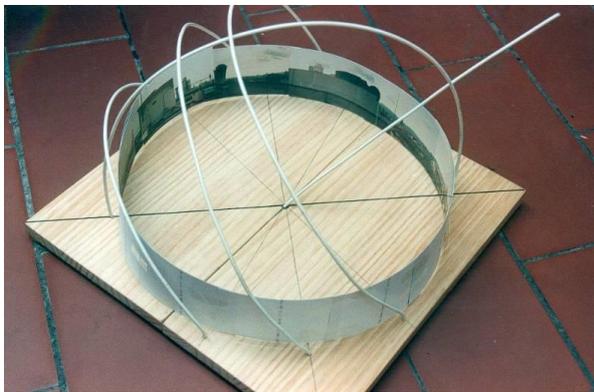
Hal ini sangat jelas memungkinkan untuk memperkenalkan strip gambar meridian lokal pada model. Ini cukup untuk membuat beberapa salinan dan membuat sebuah lubang di dalamnya pada titik yang mengindikasikan kutubnya, untuk memperkenalkan sumbu rotasi. Perhatikan bahwa kawat ekuator sesuai dengan jejak-jejak pada garis lurus yang di tape (Gambar 15).



Gambar 18: Gambar-gambar meridian lokal.

Dengan model ini, kita dapat menawarkan kepada siswa dua kemungkinan melihat bola langit dari dalam dan dari luar.

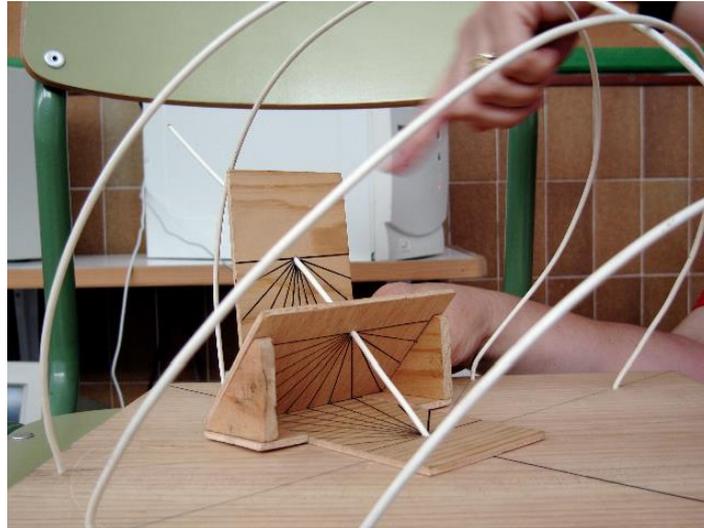
Jika kita mengambil dua gambar lagi pada hari pertama musim dingin dan musim panas ketika matahari terbit dan terbenam, siswa akan dapat melihat lokasi yang sangat berbeda di kotanya. Perbedaan diantaranya luar biasa. Kalian juga dapat mengatur paralel dari Cancer dan Capricorn dengan gambar-gambar yang memberikan kemiripan ekuator, karena paralel mengikuti inklinasi yang sama. Dengan sebuah pengantar sederhana, memungkinkan untuk memverifikasi bahwa sudut internal antara Tropis Cancer dan ekuator adalah tentang 23° , dan ini juga merupakan sudut yang terbentuk antara ekuator dan Tropis Capricorn (Gambar 16 dan 17).



Gambar 19: Lintasan matahari pada hari pertama setiap musim. Poin matahari terbenam dan matahari terbit tidak bersamaan kecuali dua hari: Hari-hari equinox. Gbr. 20: Sudut antara dua lintasan hari pertama dari dua musim berturut-turut adalah $23,5^\circ$

Untuk latihan siswa, hal ini menarik bagi mereka untuk melihat bahwa matahari terbit tidak selalu di timur dan matahari terbenam tidak selalu di Barat. Ada banyak buku yang menyebutkan bahwa matahari terbit di timur dan terbenam di barat. Siswa dapat melihat bahwa ini benar hanya terjadi dua kali setahun, dan pada hari-hari lainnya tidaklah benar (Gambar 16 dan 17).

Dengan demikian, siswa melihat dalam cara yang praktis dan simultan bola bumi dari dalam (bentuk nyata) dan dari luar (model). Dengan model seperti itu, siswa dapat memahami lingkungannya dengan lebih baik, dan pertanyaan tentang hal itu bisa diselesaikan dengan mudah. Mereka juga dapat menampilkan area yang sesuai dengan gerakan matahari (antara paralel dari model) dan membayangkannya di atas langit dan horizon nyata di kotanya. Orientasi ini menjadi sepotong kue.



Gbr. 21: Model ini adalah jam matahari yang sangat besar. Kami dapat mempertimbangkan tiga jenis.

Jam Matahari

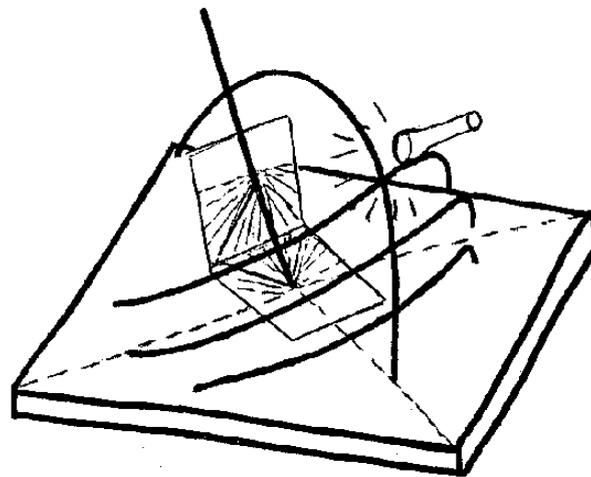
Terdapat kemungkinan lain dari pengaplikasian model. Model ini tidak lebih daripada sebuah jam matahari besar. Sangat baik untuk menjelaskan konstruksi dari sebuah jam dalam cara yang sederhana dan didaktik, dengan hanya memperhatikan horizon dan gerakan matahari. Pertama: Hal ini sangat mudah untuk melihat bahwa sumbu rotasi bumi menjadi jam stylus.

Jika kita menampilkan sebuah bidang dalam arah bidang ekuator dan menggerakkan cahaya senter di Tropis Cancer, kita dapat melihat bayangan stylus (kawat yang mewakili sumbu rotasi bumi) menyeberangi bidang dari kuadran ekuator. Di sisi lain, ketika kita menggerakkan cahaya senter di Tropis Capricorn, bayangannya muncul pada bagian bawah bidang, dan jelas bahwa ketika cahaya senter ditempatkan di ekuator, tidak terjadi bayangan. Dengan demikian, sangat mudah untuk memverifikasi bahwa jam ekuator berfungsi di musim panas dan musim semi, yang menampilkan jam pada jam di bidang, di musim dingin dan musim gugur menampilkan jam di bawah bidang, dan dua hari setiap tahun, pada dua hari ekuinoks, jam di bidang tidak berfungsi.

Perhatikan bidang ekuator, horisontal dan vertikal (berorientasi timur-barat), kita dapat melihat bahwa cahaya senter menunjukkan waktu yang sama di tiga kuadran (Gambar 18). Selain itu, kita bisa melihat jam ketika pagi dan sore hari adalah sama untuk jam stylus (sumbu rotasi bumi). Jelas, ini adalah waktu yang sama di tiga jam. Hal ini mudah memverifikasi di daerah mana kita harus menggambar jam di pagi dan sore hari untuk setiap jam. (Semua guru di beberapa titik mengambil jam secara keliru pada jam matahari, tetapi menggunakan model ini ini tidak lagi terjadi).

Menggerakkan cahaya senter di sepanjang Tropis Capricorn dan Tropis Cancer membuatnya mudah untuk melihat bahwa jalan cahaya yang dipancarkan dari cahaya senter

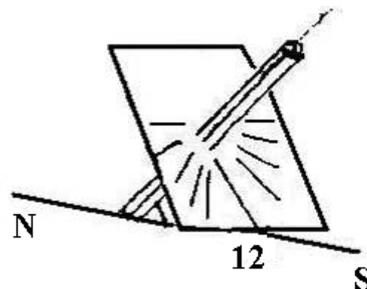
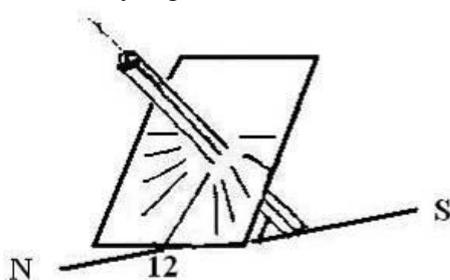
menghasilkan bentuk kerucut (konik) yang berbeda setiap bagian pada bidang. Dalam kasus pertama (hari pertama musim panas), bentuk kerucutnya (konik) hampir seperti lingkaran, dan daerah tertutup ini jelas lebih kecil daripada dalam kasus kedua. Ketika diikuti oleh paralel lainnya (hari pertama musim dingin), bagiannya elips, dan daerah tertutup lebih besar. Kemudian siswa dapat memahami bahwa radiasi yang lebih pekat pada situasi pertama, yaitu, suhu permukaan lebih tinggi di musim panas, dan ini juga jelas dalam model bahwa jumlah jam dari insolasi matahari lebih besar. Konsekuensinya adalah bahwa hal itu lebih hangat di musim panas daripada di musim dingin (Gambar 19).



Gbr. 22: Jam dan musim.

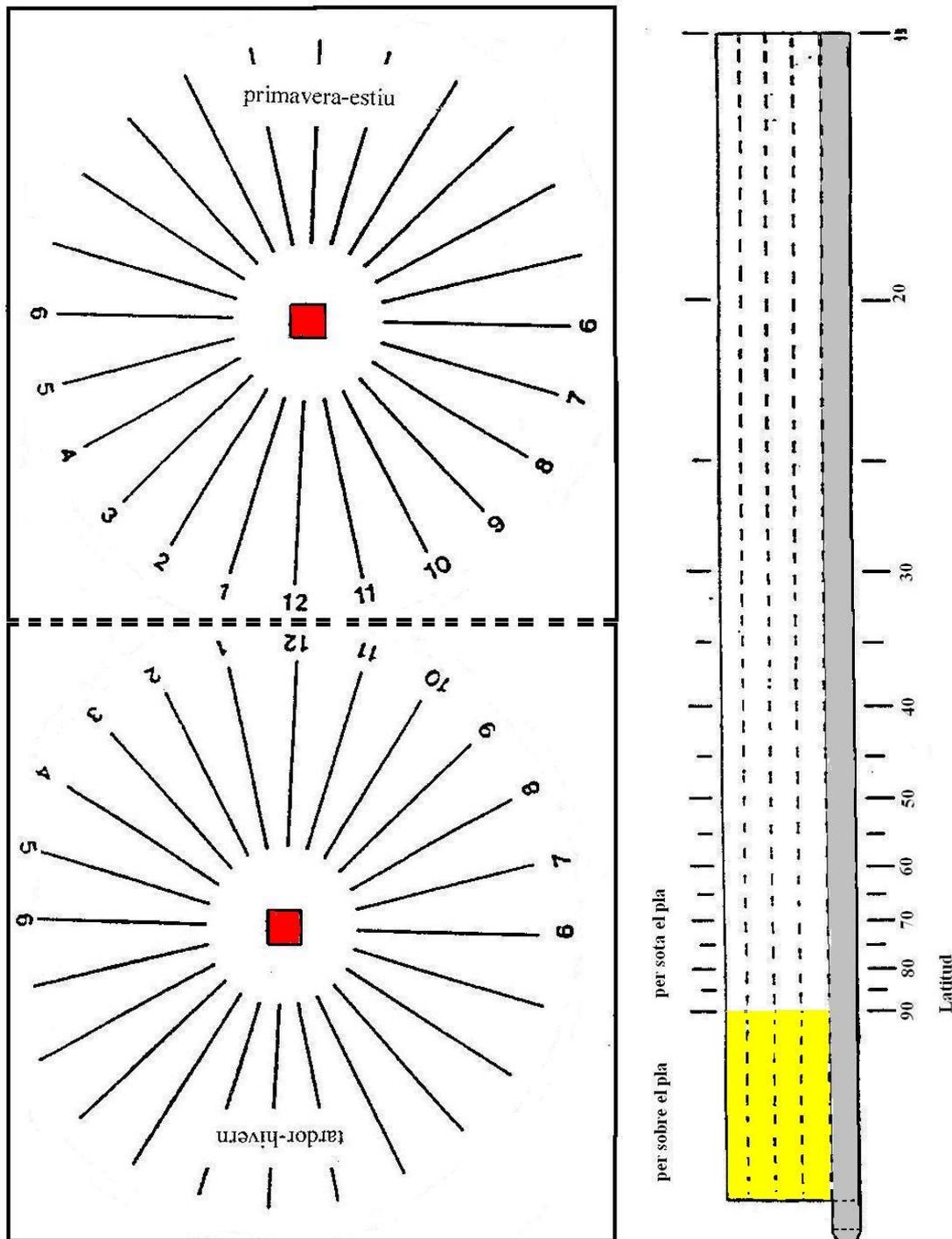
Kita akan mengambil kesempatan ini untuk menyebutkan beberapa unsur-unsur yang harus diketahui untuk mengkonstruksi sebuah jam matahari.

Jam ekuator ini sangat mudah untuk membuat. Hanya menempatkan stylus ke arah sumbu rotasi bumi, yaitu ke arah utara-selatan (kompas dapat membantu kita melakukannya), dan dengan ketinggian di atas bidang dari horizonnya sama dengan lintang dari tempatnya (Gambar 20 dan 21). Stylus setiap jam selalu akan ditempatkan dalam cara yang sama.



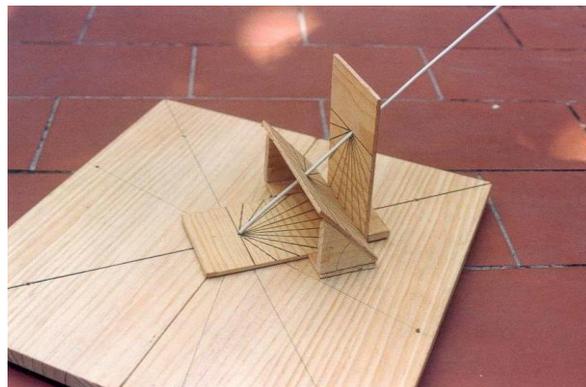
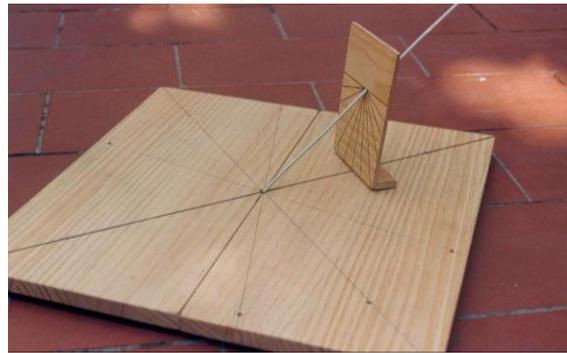
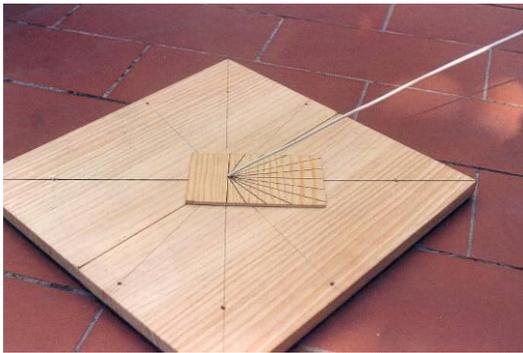
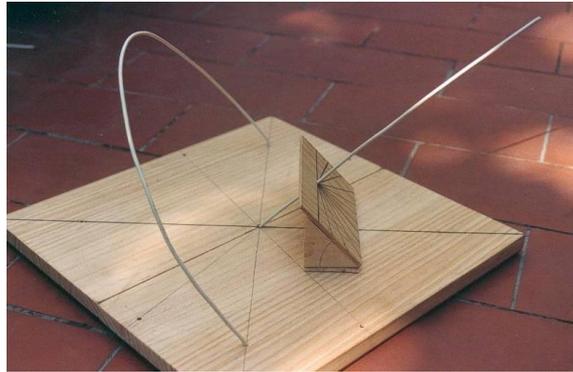
Gbr. 23: Jam khatulistiwa digunakan di belahan bumi utara Gambar 24: Jam khatulistiwa digunakan di belahan bumi selatan

Garis jam dari jam ekuator digambarkan pada setiap 15 derajat (Gambar 23), karena matahari memberikan 360 derajat dalam 24 jam. Jika kita membagi 360 dengan 24, kita mendapatkan 15 derajatsetiap jam.



Gbr. 25a dan 25b: Memotong jam khatulistiwa.

Garis jam horizontal atau vertikal mengorientasi bahwa jam diperoleh dengan memproyeksikan garis ekuator dan hanya mempertimbangkan lintang dari tempatnya (Gambar 22a, 22b, 22c dan 22d).



Gbr. 26a, 26b, 26c y 26d: Beberapa gambar jam.

Waktu Matahari dan Waktu Jam pada Jam Tangan

Jam matahari memberikan waktu matahari, yang tidak sama dengan yang ada pada jam tangan yang kita semua gunakan. Kita harus memperhatikan beberapa penyesuaian:

Penyesuaian Bujur

Bumi terbagi menjadi 24 zona waktu dari meridian utama atau meridian Greenwich. Untuk membuat penyesuaian bujur panas jam sangatlah penting untuk mengetahui bujur lokal dan bujur meridian "standar" di daerah kalian. Tanda "+" ditambahkan ke Timur dan tanda "-" ke Barat. Kita harus menyatakan panjangnya dalam jam, menit dan detik (1 derajat = 4 menit).

Penyesuaian Musim Panas/Musim Dingin

Hampir semua negara memiliki waktu musim dingin dan musim panas ("siang hari lebih panjang"). Satu jam biasanya ditambahkan di musim panas. Perubahan waktu di musim panas/musim dingin adalah keputusan pemerintah masing-masing negara.

Penyesuaian Persamaan Waktu

Bumi berputar mengelilingi matahari berdasarkan hukum Kepler dari daerah gerhana, yaitu, hal ini bukanlah suatu gerakan konstan, sehingga menciptakan masalah serius bagi jam tangan mekanis. Jam mekanis mendefinisikan waktu rata-rata sebagai rata-rata lebih dari waktu setahun penuh. Persamaan waktu adalah perbedaan antara "Waktu Nyata Matahari" dengan " Waktu Rata-rata". Persamaan ini adalah disajikan pada tabel 1.

day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	+3m 33s	+13m 35s	+12m 22s	+3m 54s	-2m 54s	-2m 12s	+3m 50s	+6m 21s	+0m 2s	-10m 18s	-16m 24s	-11m 1s
6	+5m 50s	+14 m 5s	+11m 17s	+2m 27s	-3m 23s	-1m 22s	+4m 45s	+5m 54s	-1m 23s	-11m 51s	-16m 22s	-9m 1s
11	+7m 55s	+14m 14s	+10m 3s	+1m 4s	-3m 38s	-0m 23s	+5m 29s	+5m 13s	-3m 21s	-13m 14s	-15m 31s	-6m 49s
16	+9m 45s	+14m 4s	+8m 40s	-0m 11s	-3m 40s	+0m 39s	+6m 3s	+4m 17s	-5m 7s	-14m 56s	-15m 15s	-4m 27s
21	+11m 18s	+13m 37s	+7m 12s	-1m 17s	-3m 27s	+1m 44s	+6m 24s	+3m 10s	-6m 54s	-15m 21s	-14m 10s	-1m 58s
26	+12m 32s	+12m 54s	+5m 42s	-2m 12s	-3m	+2m 49s	+6m 32s	+1m 50s	-8m 38s	-16m 1s	-12m 44s	+0m 31s
31	+13m 26s		+4m 12s		-2m 21s		+6m 24s	+0m 21s		-16m 22s		+2m 57s

Tabel 1: Persamaan waktu

Waktu matahari + Penyesuaian total = waktu pada jam tangan

Contoh 1: Barcelona (Spanyol) pada 24 Mei

Penyesuaian	Keterangan	Hasil
1. Bujur	Barcelona berada dalam daerah acuan yang sama dengan Greenwich. Bujurnya $2^{\circ}10'BT = 2.17^{\circ} = -8.7$ m (1° sama dengan 4 m)	-8.7 m
2. Musim	Mei penyesuaian +1	+ 60 m
3. Persamaan waktu	Baca tabel untuk 24 Mei	-3.6 m
Total		+47.7 m

Sebagai contoh, pada jam 12:00 waktu matahari, jam tangan kita menunjukkan:
(waktu matahari) 12 jam + 47.7 menit = 12jam 47.7 menit (waktu pada jam tangan).

Contoh 2: Tulsa, Oklahoma (United States) pada 16 November

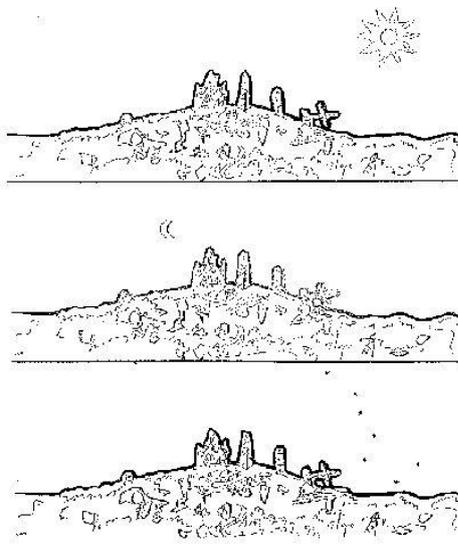
Penyesuaian	Keterangan	Hasil
1. Bujur	Meridian acuan $90^{\circ}BB$. Bujurnya $95^{\circ}58'BB = 96^{\circ}BB$, artinya 6° ke Barat dari meridian acuan (1° sama dengan 4 m)	+24 m
2. Musim	16 November tidak ada	
3. Persamaan waktu	Baca tabel untuk 16 November	-15.3 m
Total		+ 8.7 m

Sebagai contoh, pada jam 12:00 waktu matahari, jam tangan kita menunjukkan:
(waktu matahari) 12 jam + 8.7 menit = 12 jam 8.7 menit (waktu pada jam tangan)

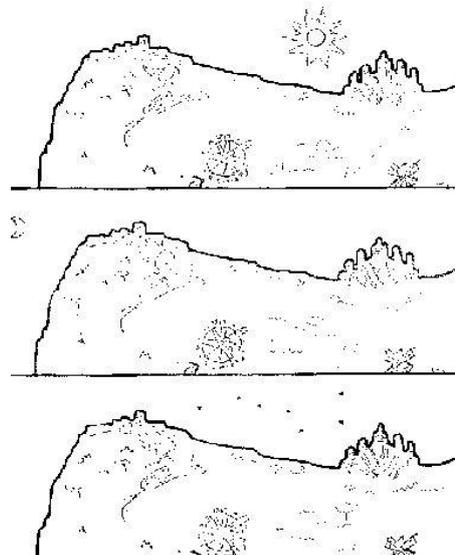
Orientasi

Kesulitan lainnya bagi siswa adalah orientasi. Dalam kursus umum astronomi, kita harus memperkenalkan kepekaan terhadap arah. Memungkinkan bahwa siswa kita tidak akan pernah belajar astronomi lagi. Hasil minimal yang sangat diharapkan dari sebuah kursus astronomi adalah bahwa siswa mampu mengenali dimana Utara, mengetahui bahwa lintasan matahari adalah di atas horizon bagian selatan, mengetahui bahwa planet-planet bergerak melintasi horizon, dan khususnya belajar untuk menemukan berbagai fitur geografis dari kota mereka. Sebagai contoh, di atas horizon Barcelona (Gambar 24a dan 24b) siswa dapat memperhatikan berbagai pilihan mengenai posisi matahari, bulan, dan rasi bintang tertentu di horizon. Dua gunung yang kita lihat kira-kira berada dalam posisi berlawanan, tapi itu tidak berarti apa-apa bagi siswa, dan mereka biasanya memiliki kesulitan membedakan bahwa gambar tertentu mungkin sementara yang lainnya tidak. Mereka mengetahui teori, tetapi dalam praktek tidak cukup jika mereka tidak memahami kemungkinan-kemungkinan yang berbeda.

Menggunakan model yang dirancang untuk mengatasi kelemahan yang disebutkan di bagian sebelumnya adalah sangat efektif dalam menjelaskan banyak isu-isu yang berkaitan dengan orientasi di horizon lokal dengan cara yang awalnya tidak direncanakan.



Gambar 27a: Cakrawala Timur Laut dari Barcelona.



Gambar 27b: Cakrawala Barat Daya Barcelona.

Dalam hal ini sangat penting menyebutkan bahwa model ini berguna dalam menjelaskan posisi lokal dari bola langit selama siang hari dan malam. Hal ini sangat membantu untuk pemahaman yang lebih baik mengenai gerakan matahari (dan anggota lain dari tata surya yang bergerak di daerah terdekat). Menggunakan model yang tersebut, siswa memahami bahwa bintang yang cerah di daerah Polaris tidak pernah dapat menjadi sebuah planet.

Ini adalah investasi yang baik untuk membuat suatu model dalam skala besar. Dalam kasus ini, siswa dan bahkan orang dewasa dapat ikut serta dan memeriksa posisi matahari yang dibandingkan dengan ekuator dan sejajar sesuai dengan hari pertama titik balik matahari di musim panas dan musim dingin. Beberapa museum sains telah membangun jenis model (Gambar 25).

Setelah menggunakan model ini, siswa dapat membedakan hal-hal yang sebelumnya mereka tidak miliki. Sebagai contoh, sekarang sudah sangat jelas bahwa matahari tidak terbit dan terbenam tegak lurus ke horizon kecuali di ekuator.

It is a good investment to make a large-scale model. In this case, students and even adults can get into it and check the Sun's position compared to the equator and the parallels that correspond to the first day of summer and winter solstice (Gambar 28a). Some science museums have built this type of model (Gambar 28b).



Gambar 28a: Model dengan siswa sekolah dasar.

Gbr. 28b: Model skala besar di Science Park of Granada.

After using the model, students can discern things that they previously would not have. For example, now it is very clear that the Sun does not rise and set perpendicular to the horizon except at the equator.

Daftar Pustaka

- Alemany, C., Ros, R.M., *Parallel Earth*, Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, EU-UNAWA, Barcelona, 2012
- Lanciano, N., *Strumenti per i giardino del cielo*, Edizioni junior, Spaggiari Eds, Roma, 2016
- Ros, R.M., *De l'intérieur et de l'extérieur*, Les Cahiers Clairaut, 95, p.1-5, Orsay, 2001.
- Ros, R.M., *Laboratorio de Astronomía*, Tribuna de Astronomía, 154, p.18-29, 1998.
- Ros, R.M., *Sunrise and sunset positions change every day*, Proceedings of 6th EAAE International Summer School, 177, 188, Barcelona, 2002.
- Ros, R.M., Capell, A., Colom, J., *El planisferio y 40 actividades más*, Antares, Barcelona, 2005.
- Ros, R.M., Lanciano, N., *El horizonte en la Astronomía*, *Astronomía Astrofotografía y Astronáutica*, 76, p.12-20, 1995.