

Spektrum Matahari dan Bintik Matahari

Alexandre Costa, Beatriz García, Ricardo Moreno

International Astronomical Union, Escola Secundária de Loulé (Portugal),
National Technological University (Argentina), Retamar School (Spain)

Ringkasan

Workshop ini meliputi pendekatan teoritis tentang spektrum cahaya matahari yang dapat digunakan di tingkat SMA. Aktivitas ini cocok untuk siswa SMP.

Matahari merupakan sumber hampir dari semua panjang gelombang radiasi. Atmosfer kita memiliki penyerapan yang tinggi untuk hampir semua panjang gelombang tak tampak. Tetapi, kita hanya akan fokus pada eksperimen spektrum tampak, yang mana dalam kehidupan sehari-hari siswa berinteraksi dengan spektrum tersebut.

Pertama-tama kita akan mempresentasikan latar belakang teoritis yang diikuti oleh demonstrasi eksperimen semua konsep yang dikembangkan. Aktivitas ini merupakan eksperimen sederhana yang mana guru dapat membuat ulang di kelas, mengenalkan topik seperti polarisasi, pemadaman, radiasi benda hitam, spektrum kontinyu, spektrum emisi, spektrum abspsi (contoh cahaya matahari dan garis-garis Fraunhofer).

Kita akan berdiskusi perbedaan antara daerah keluaran matahari regular dan emisi bintik matahari. Sebagai tambahan, kita membahas bukti dari rotasi matahari dan bagaimana hal tersebut dapat digunakan untuk proyek sekolah.

Tujuan

- Untuk memahami apa itu spektrum matahari
- Memahami spektrum cahaya matahari
- Memahami apa itu bintik matahari
- Memahami signifikansi sejarah bintik matahari dan hasil kerja Galileo pada rotasi matahari- Memahami beberapa karakteristik cahaya seperti polarisasi, dispersi, dll

Radiasi Matahari

Energi Matahari diciptakan didalam matahari di daerah yang disebut inti yang mana suhu mencapai 15 juta derajat dan tekanan yang sangat tinggi. Kondisi tekanan dan suhu biasanya mengijinkan untuk terjadinya reaksi nuklir. Pada reaksi utama nuklir yang terjadi dalam inti matahari, empat proton (inti hydrogen) ditransformasikan menjadi partikel alfa

(inti helium) dan menghasilkan dua positron, dua neutron dan dua foto gamma yang merujuk pada persamaan



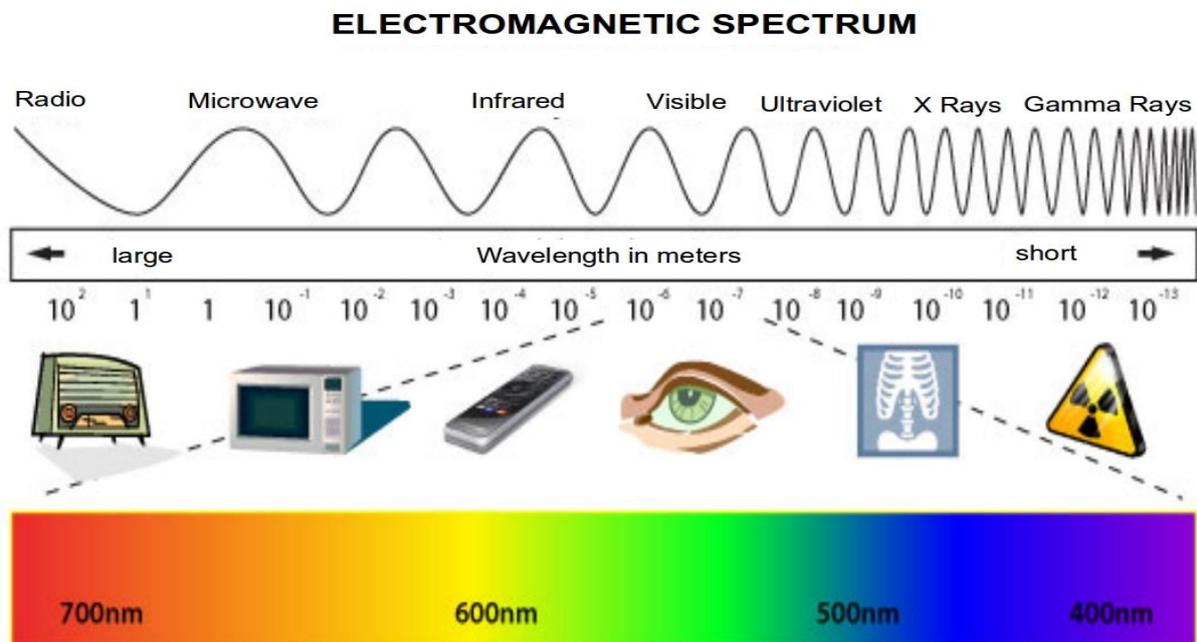
Massa yang dihasilkan kurang dari massa empat proton yang dijumlahkan. Massa yang hilang, berdasarkan persamaan yang dihasilkan oleh Einstein, ditransformasikan kedalam energy:

$$E = mc^2$$

Setiap detiknya 600 juta ton hydrogen berubah menjadi helium, tetapi ada kehilangan massa 4 sampai 5 juta ton yang dikonversikan menjadi energy. Meskipun kehilangan ini mungkin terlihat sangat besar, tetapi massa Matahari akan bertahan sampai milyaran tahun. Energi yang diproduksi dalam inti akan mengalami perjalanan yang panjang sampai mencapai permukaan matahari.

Setelah diemisikan oleh matahari, energy merambat melewati ruang angkasa dengan kecepatan 29999,779933 km/s dalam bentuk radiasi elektromagnetik.

Radiasi elektromagnetik memiliki panjang gelombang atau frekuensi yang dikelompokkan menjadi beberapa macam seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum Matahari

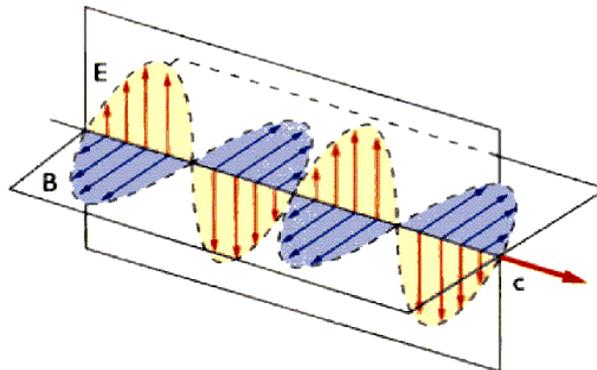
Hubungan frekuensi ν , panjang gelombang λ dan kelajuan cahaya diekspresikan dalam persamaan

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Meskipun matahari merupakan sumber utama dari banyak panjang gelombang cahaya, kita akan lebih banyak melakukan pendekatan terhadap penggunaan spektrum tampak. Kecuali untuk frekuensi radio dan pita kecil pada inframerah atau ultraungu, panjang gelombang cahaya tampak tidak memerlukan alat canggih untuk melihatnya karena atmosfer kita dapat tembus oleh cahaya tampak (Gambar 3). Sehingga, cahaya tampak sangat bagus untuk eksperimen kita di dalam kelas.

Polarisasi Cahaya

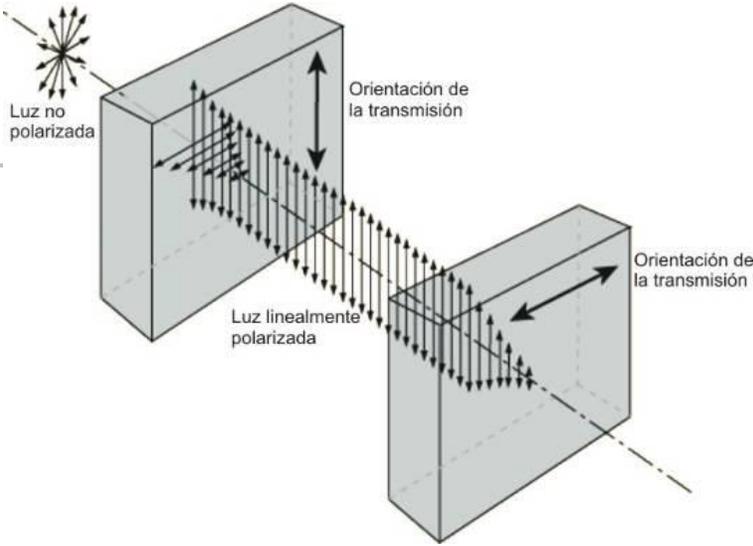
Radiasi elektromagnetik sempurna, yang terpolarisasi secara linier, memiliki gambaran seperti yang digambarkan dalam Gambar 2.



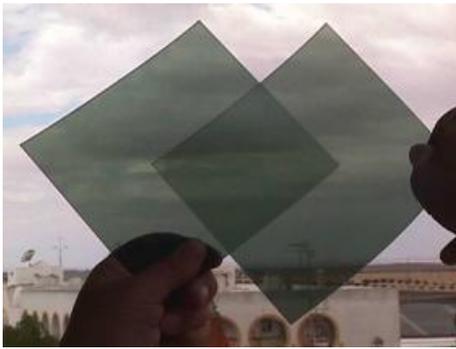
Gambar 2. Cahaya Terpolarisasi

Cahaya matahari tidak punya arah yang istimewa dalam getarannya, tetapi dapat dipolarisasikan dengan cara merefleksikan dalam sebuah sudut yang ditentukan atau dilewatkan pada suatu filter yang dinamakan polarisator.

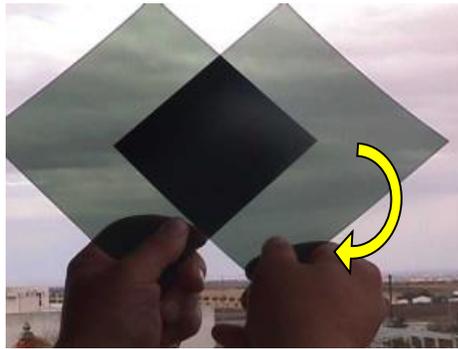
Cahaya yang melewati salah satu dari beberapa filter (Gambar 3), bergetar hanya pada satu bidang. Jika kita menambahkan filter kedua, akan terjadi dua hal: saat dua filter sejajar orientasi polarisasinya, cahaya melewati keduanya (Gambar 4a), tetapi jika keduanya saling tegak lurus dalam orientasi polarisasinya, cahaya yang melewati filter pertama akan diblock oleh filter kedua (Gambar 3) dan filter akan menjadi tidak tembus pandang (gambar 4b)..



Gambar 3. Saat dua filter memiliki arah yang tegak lurus, cahaya yang melewati filter yang pertama akan diblok oleh filter yang kedua



Gambar 4a. Jika filter memiliki orientasi yang sama, cahaya akan dapat melewati filter tersebut



Gambar 4b. Jika salah satu filter dirotasi 90° maka cahaya diblok oleh filter tersebut

Beberapa kacamata matahari bersifat polarisasi untuk memfilter cahaya terefleksi, contohnya cahaya dari pantulan salju dan laut, biasanya dipolarisasi (Gambar 5a dan 5b). Filter polarisasi juga digunakan dalam fotografi, dan dengan pantulan dari filter tersebut akan tereduksi sehingga langit akan tampak lebih gelap.



Gambar 5a dan 5b: Cahaya yang terefleksi, difoto dengan dan tanpa filter polarisasi

Hampir semua sistem sinema 3D merekam sebuah film dengan dua kamera, yang terpisah jarak selebar mata manusia, Sehingga, dalam bioskop, film tersebut ditunjukkan oleh dua proyektor yang menggunakan cahaya polarisasi dengan arah yang tegak lurus. Penonton menggunakan kacamata special yang memiliki berbagai filter polarisasi dengan arah tegak lurus. Yang berarti

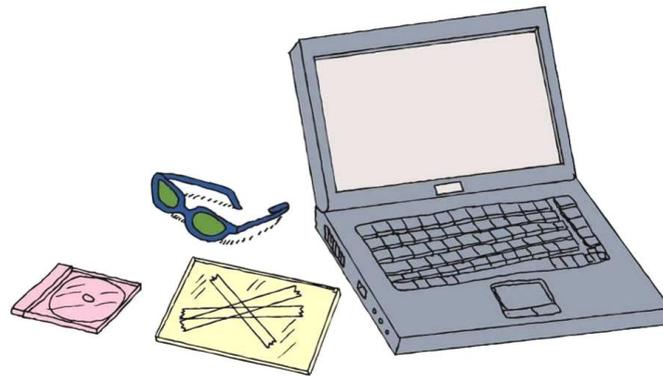
satu mata hanya melihat satu dari dua gambar proyektor dan pada akhirnya penonton melihat film tersebut dalam bentuk 3D.

Kegiatan 1: Polarisasi Cahaya

Untuk membuat filter polarisasi, potong bagian tengah kacamata 3D tanpa warna, (bagian penyangga hidung) sehingga kamu dapat melakukan aktivitas seperti dalam gambar 4a dan 4b. kamu juga dapat menggunakan dua pasang kacamata 3D tanpa warna dan mengubah arahnya untuk menunjukkan fenomena polarisasi sehingga kamu tidak perlu memotong kacamata menjadi dua bagian.

Banyak kacamata matahari memiliki polarisasi untuk memfilter cahaya. Layar komputer TFT dan TV (bukan plasma) mengeluarkan cahaya yang terpolarisasi. Kamu dapat mengecek keduanya dengan melihat pada layar dengan memakai kacamata matahari dan menggeleng-gelengkan kepala, jika cahaya tersebut terpolarisasi, maka melihat dalam sudut tertentu maka layar akan terlihat gelap.

Ada beberapa jenis plastik dan gelas yang mempengaruhi cahaya yang terpolarisasi saat melewatinya, bergantung pada ketebalan dan komposisi. Jika kamu melihatnya dengan kacamata matahari yang terpolarisasi, kamu akan melihat cahaya dengan warna yang berbeda.



Gambar 6. Cahaya dari layar TFT computer merupakan cahaya yang terpolarisasi, dan piringan rekaman CD merotasikan sudut polarisasinya. Warna-warna akan terlihat saat kita menggunakan kacamata matahari.

Tempelkan beberapa potong selotip pada sepotong kaca (bisa diambil dari frame foto) sehingga beberapa area dari tiga layer selotip saling menumpuk masing-masing, dalam area lain dua potong saling menumpuk dan dalam area lain hanya ada satu potong (Gambar 6). Pada televisi atau komputer yang berlayar TFT, tampilan sebuah gambar yang berwarna putih sebagai warna utama, sebagai contoh, dokumen kosong dalam aplikasi pengolah kata. Tempatkan kaca di depan layar dan lihat dengan kacamata matahari yang terpolarisasi. Jika kamu memutar kaca, kamu akan melihat selotip tampak berbeda warnanya. Selain dengan kaca, kamu dapat menggunakan wadah CD plastic berwarna

bening. Jika kamu lengkungkan plastik tersebut, kamu akan melihat perubahan warna pada plastik jika dilihat dengan cahaya dan filter yang terpolarisasi. If you bend the plastic, you will see color changes in the plastic when viewed with the polarized light and filters.

Struktur matahari secara singkat

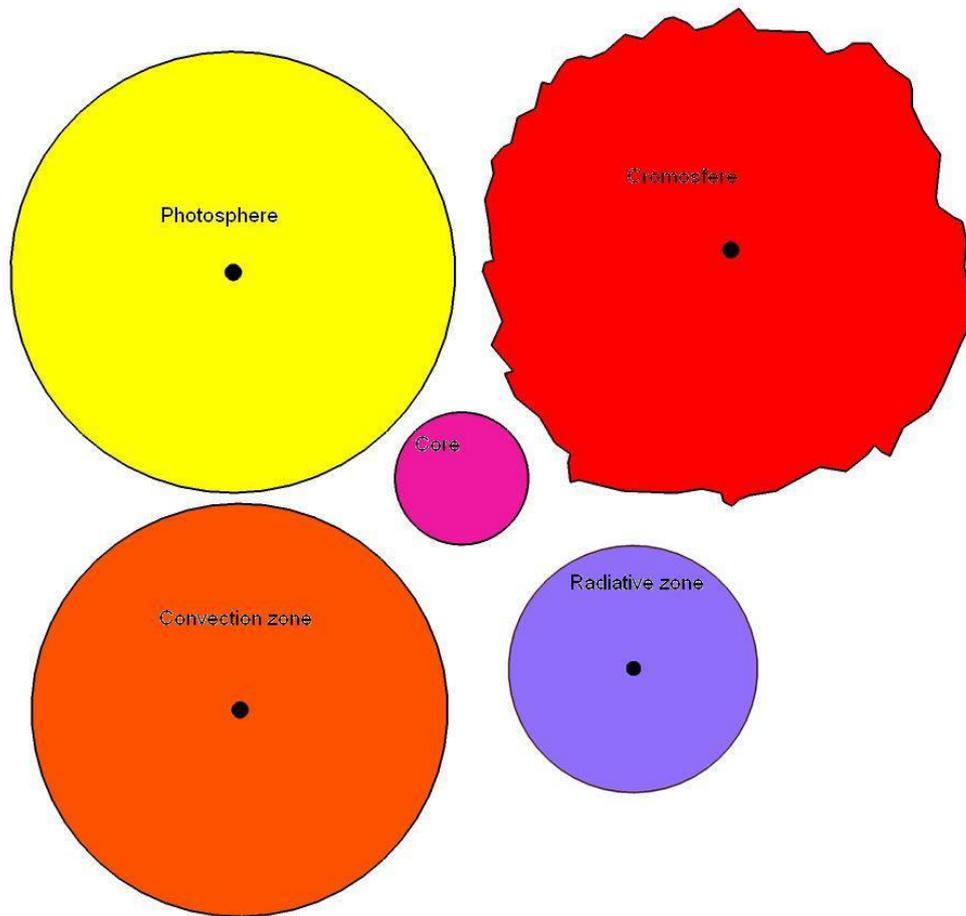
Matahari memiliki struktur yang dapat dibagi menjadi lima bagian:

1. Inti dan zona radioaktif adalah tempat terjadinya reaksi fusi termonuklir. Temperatur di dalam inti adalah 15 juta Kelvin (K) dan sedikit lebih rendah pada zona radioaktif, yang mana hanya 8 juta K. Energi ditrasfer oleh radiasi menuju area terdekat dari inti. Meskipun dikatakan bahwa ada zona inti dan zona radioaktif tetapi sangat susah untuk menentukan dimana batasnya karena fungsi keduanya saling bercampur.
2. Zona konveksi adalah zona dimana energy ditrasportasikan secara konveksi dan memiliki temperature dibawah 500 ribu K. Zona ini terletak pada 30% dari jari-jari matahari dan dibawah persis dari fotosfer.
3. Fotosfer, dapat dianggap sebagai permukaan Matahari, merupakan sumber dari spectrum absorpsi maupun spektrum kontinyu. Fotosfer memiliki suhu berkisar antara 6400 sampai 4200 K. Fotosfer terbagi bagi dalam sebuah cell/ruang seluas 1000 km, yang hanya bertahan dalam beberapa jam saja. Kadangkala terdapat beberapa area yang lebih dingin (hanya bersuhu 4200 K), area tersebut yang kita kenal sebagai bintik matahari.
4. Kromosfer, terletak disebelah luar dari fotosfer dan memiliki suhu 4200 sampai 1 juta K. Kromosfer terlihat seperti filament vertikal yang menyerupai padang rumput yang terbakar, dengan prominensa dan flares.
5. Korona, merupakan sumber dari angin matahari yang memiliki suhu antara 1 sampai 2 juta K.

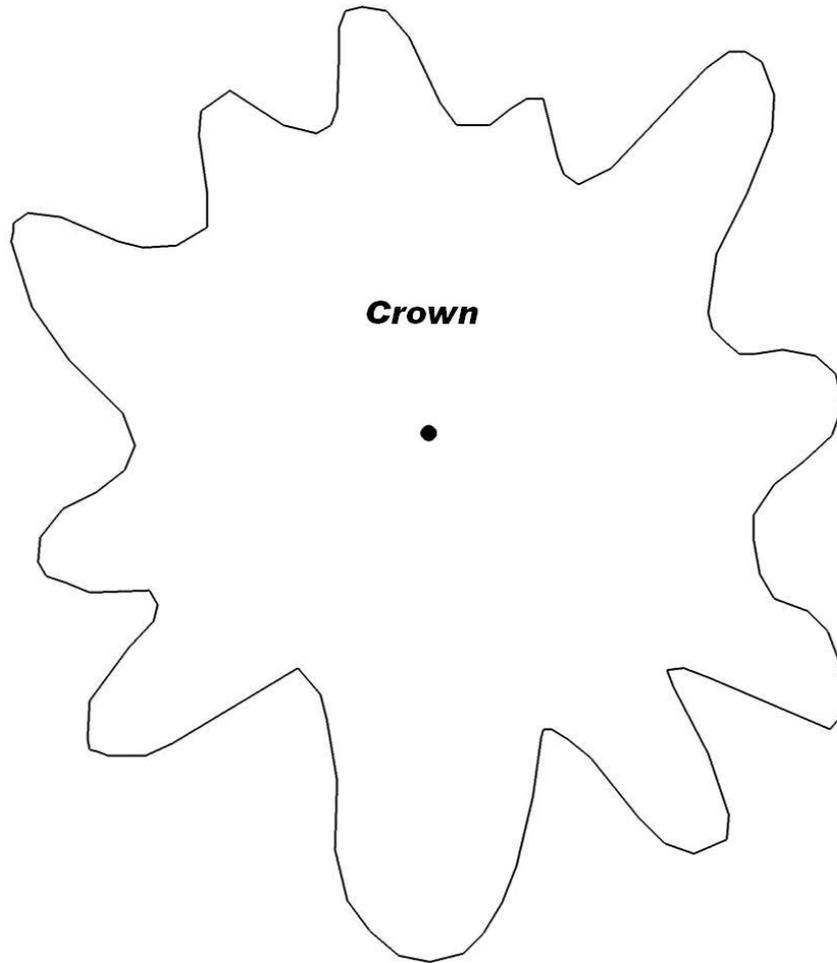
Kegiatan 2: Model sederhana lapisan-lapisan matahari

Kegiatan ini dapat dilakukan dengan mengajak anak kecil. Tujuannya adalah memotong gambar yang berbeda di bawah ini (Gambar 7 dan 8). Gambar tersebut dapat dijiplak pada kertas berwarna atau dicetak dengan menyesuaikan gambar berikut: korona berwarna putih, kromosfer berwarna merah, fotosfer berwarna kuning, zona konveksi berwarna oranye, zona radioaktif berwarna biru dan bagian inti berwarna marun.

Akhirnya kamu dapat menempelkan satu sama lainnya dengan susunan yang benar (ukuran per bagiannya juga menunjukkan urutan susunan).



Gambar 7. Pola guntingan bagian-bagian matahari.

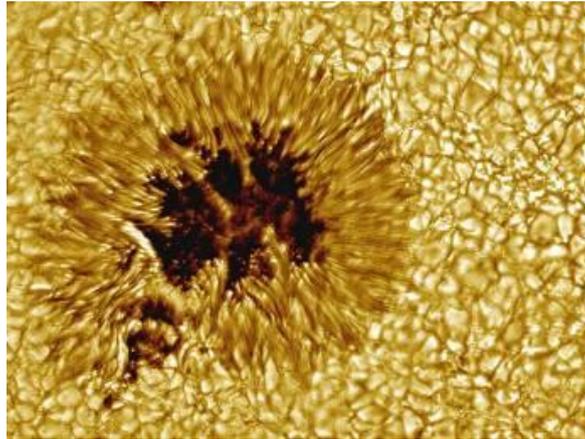


Gambar 8.Pola guntingan korona matahari

Bintik Mathari

Seingkali, bagian gelap di matahari disebut sebagai bintik matahari dan dapat diamati pada bagian fotosfer. Sebuah bintik matahari biasanya terdiri dari bagian tengah yang gelap, yang disebut sebagai umbra, dikelilingi oleh sebuah area yang terang dan filamen gelap yang mengalami radiasi dari umbra. Fiamen dari bintik matahari dikelilingi oleh granula khas pada fotosfer (Gambar 9).

Bintik matahari tampak berwarna hitam jika dilihat dari teleskop kecil, tetapi hal tersebut hanyalah efek kontras. Jika kamu melakukan observasi bintik dengan lebih fokus dan mengisolasi dari bagian yang lain, maka bintik tersebut memiliki intensitas yang lebih besar daripada bulan. Perbedaan intensitas pada bintik disebabkan karena suhunya lebih rendah sekitar 500° - 2000° C dari fotosfer sekelilingnya. Bintik matahari adalah hasil dari interaksi medan magnetik vertika yang kuat dengan fotosfer.



Gambar 9: Foto close-up bintik matahari (Vacuum Tower Telescope, NSO, NOAO)

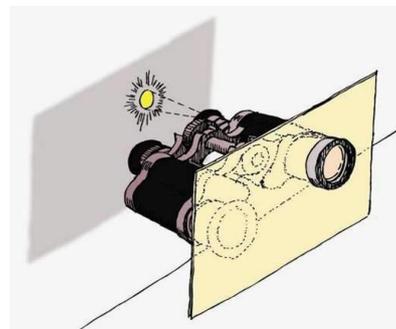
Bintik matahari memiliki peranan penting dalam sejarahnya sebab bintik matahari digunakan oleh Galileo Galilei untuk menentukan periode rotasi matahari dan memverifikasi bahwa rotasi tersebut bergantung pada lintang matahari, misal pada ekoator berputar lebih cepat (25,05 hari periode rotasi) daripada pada kutubnya (34,3 hari periode rotasi).

Kegiatan 3: Menentukan periode rotasi Matahari

Eksperimen sederhana lain yang dapat kamu lakukan di dalam kelas adalah mengukur periode rotasi matahari menggunakan bintik matahari. Pada percobaan kali ini, kamu harus selalu mengamati pergerakan bintik matahari dalam beberapa hari beruntun untuk mengukur periode matahari. Observasi matahari harus selalu dilakukan dengan melakukan proyeksi melewati sebuah teleskop (Gambar 10a) atau melewati sebuah binokuler (Gambar 10b). Kita tidak pernah menyarankan untuk melakukan observasi secara langsung atau bahkan menggunakan teleskop atau binokuler, karena hal itu akan membuat kerusakan secara permanen pada mata.



Gambar 10a. Observasi matahari dengan proyeksi teleskop (jangan sekali-kali melihat Matahari langsung).



Gambar 10b. Observasi dengan proyeksi binokuler (jangan pernah melihat matahari langsung).

Ingat kamu tidak boleh melihat matahari secara langsung tanpa peralatan bantuan karena dapat mengakibatkan kerusakan mata yang tidak dapat diperbaiki.

Jika kamu mengamati bintik matahari untuk beberapa hari, pergerakan bintik akan terlihat seperti Gambar 11.



Gambar 11. Perubahan posisi bintik matahari dalam kurun waktu beberapa hari.

Timpakan beberapa hasil pengamatan dalam sebuah plastic transparan seperti yang terlihat dalam Gambar 12. Periode dapat dihitung secara sederhana menggunakan perbandingan berikut:

$$\frac{T}{t} = \frac{360^\circ}{\alpha}$$

Dimana t mengindikasikan interval waktu antara dua observasi terhadap bintik matahari yang sama, α merupakan sudut pusat antara perpindahan dua bintik matahari yang diamati (Gambar 12) dan T adalah periode rotasi yang sedang kita cari. Perhitungan ini memberikan keakuratan yang baik.

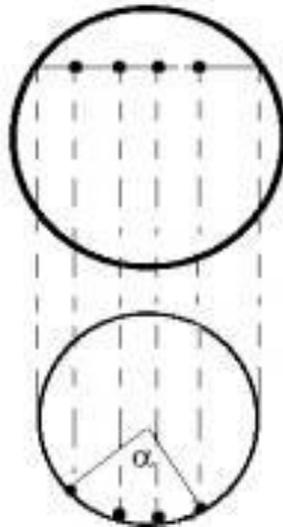
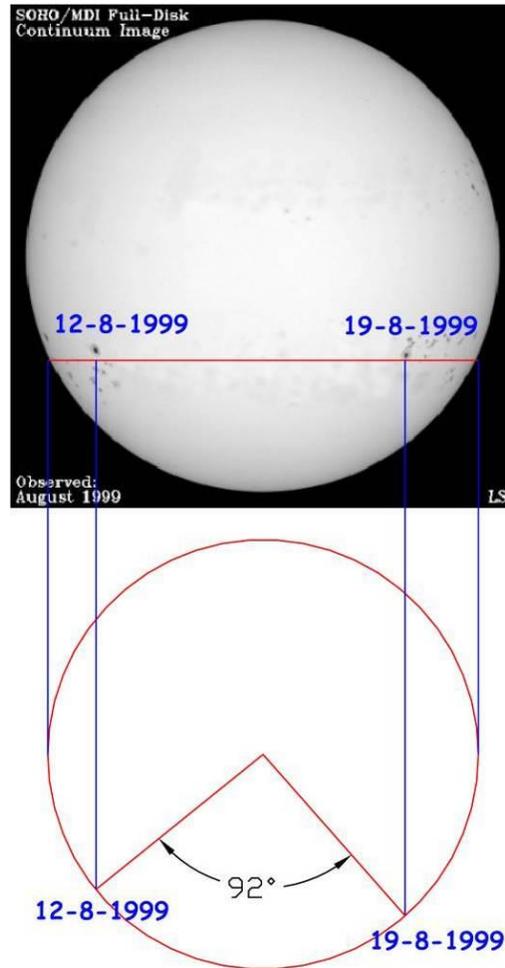


Fig. 12: Calculation of the angular rotation of sunspots.

Dibawah ini adalah contoh perhitungan dari data sebenarnya: Gambar 13 merupakan gabungan dari dua foto, diambil pada tanggal 12 Agustus 1999 dan 19 Agustus 1999.

Kita menggambar sebuah lingkaran untuk mewakili Matahari dan menandai sebuah garis dari pusat ke masing-masing bintik. Kita kemudian mengukur sudut antara dua garis dan kita mendapatkan sudut 92° . Oleh karena itu rotasi matahari adalah:

$$T = \frac{360^\circ \cdot 7 \text{ days}}{92^\circ} = 27,3 \text{ days}$$



Gambar 13 Menentukan periode rotasi matahari.

Radiasi yang datang dari matahari

Matahari merupakan suatu reactor nuklir raksasa yang mana memiliki jumlah energy yang sangat besar yang secara kontinyu diproduksi dan dipindahkan ke permukaan dalam bentuk foton. Foton adalah sebuah partikel yang bertanggung jawab terhadap radiasi elektromagnetik dan jumlah enerfi yang dibawa dapat dihitung dengan persamaan

$$E = h \cdot \nu$$

Dimana E adalah energy foton, h adalah konstanta Planck yang besarnya adalah ($h = 6,626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$) dan ν adalah frekuensi radiasi elektromagnetik yang berhubungan dengan foton. Foton yang dihasilkan oleh matahari menjadi penyebab terhadap spektrumnya.

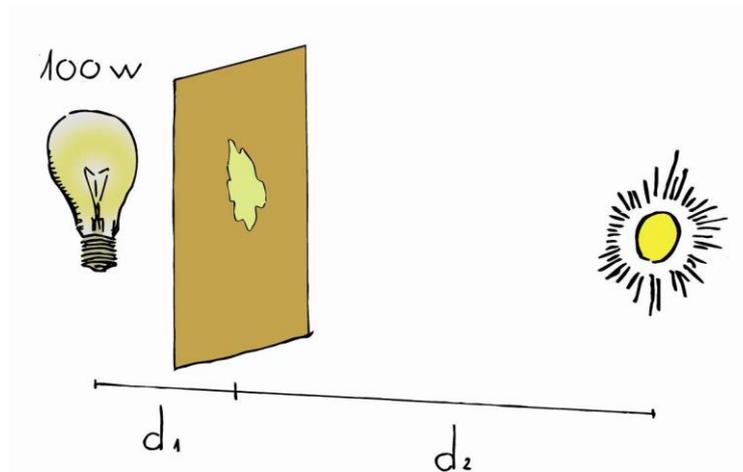
Total luminositas (atau daya) matahari sangatlah besar, setiap detik mengeluarkan energy lebih dari triliunan bom atom. Kita dapat membayangkan transmisi energy sebesar itu melalui ruang angkasa seperti sebuah gelembung yang bertambah besar saat bertambah jarak. Area dari gelembung tersebut adalah $4\pi R^2$. Jika daya matahari adalah P , energy yang mencapai luasan satu meter persegi dalam jarak R adalah:

$$E = \frac{P}{4\pi R^2}$$

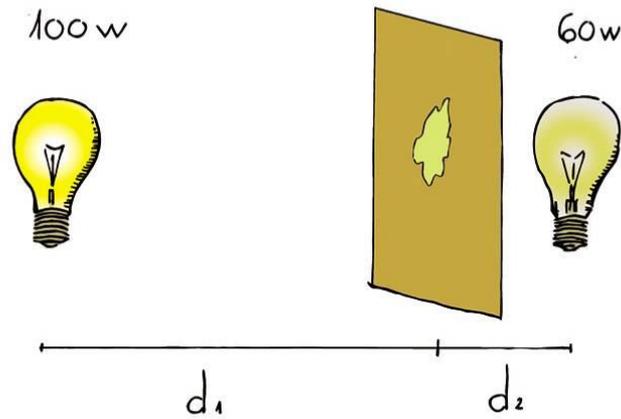
Dengan kata lain, energy yang ditransmisikan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Jika kita tahu jarak benda, maka kita dapat menghitung daya totalnya.

Kegiatan 4: menentukan luminositas matahari

Luminositas, atau daya, matahari merupakan energy yang dikeluarkan setiap satu detik. Matahari merupakan sumber cahaya yang sangat besar. Marilah kita menghitung dayanya dengan membandingkan dengan 100 W bohlam (Gambar 14).



Gambar 14 Perbandingan antara daya matahari dengan bohlam 100 W.

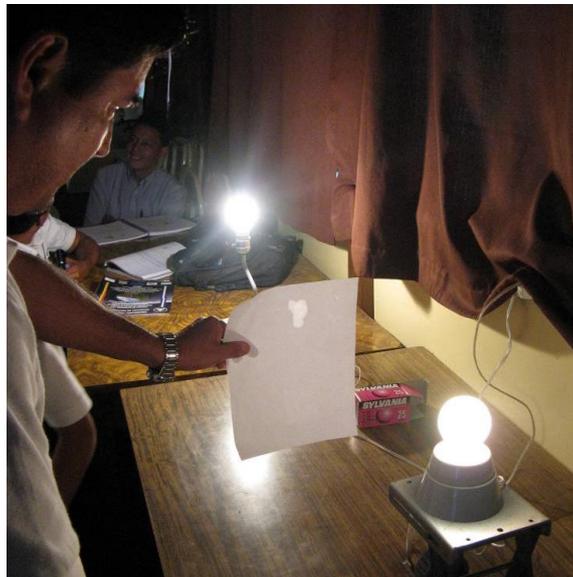


Gambar 15. Jika cahaya yang menimpa kedua sisi kertas sama, maka basahan minyak tidak terlihat.

Kita dapat membangun suatu fotometer yang membuat kita dapat membandingkan tingkat terang dari dua sumber cahaya. Untuk melakukan ini, tuangkan beberapa tetes minyak pada kertas kado (kertas biasa juga bisa dipakai). Noda atau basahan minyak yang terbentuk akan sedikit transparan dan basahan ini yang akan menjadi fotometer kita. Dengan meletakkan kertas tersebut diantara kedua sumber cahaya (Gambar 14 dan 15), maka jarak dapat diatur sampai basahan pada kertas tidak terlihat lagi, yang berarti bahwa cahaya dan energy yang menimpa kedua sisi kertas tersebut adalah sama.

Pada kasus ini:

$$\frac{100}{4 \cdot \pi \cdot d_1^2} = \frac{60}{4 \cdot \pi \cdot d_2^2}$$



Gambar 16: Fotometer dari basahan minyak, diantara dua sumber cahaya.

Pada siang hari yang cerah, bawalah fotometer tersebut keluar ruangan dengan membawa sebuah bohlam 100 W (semakin terang, semakin bagus). Taruhlah fotometer diantara matahari dan bohlam pada jarak tertentu sehingga basahan juga tidak terlihat. Ukur pada jarak antara kertas dan bohlam sebagai d dalam satuan meter.

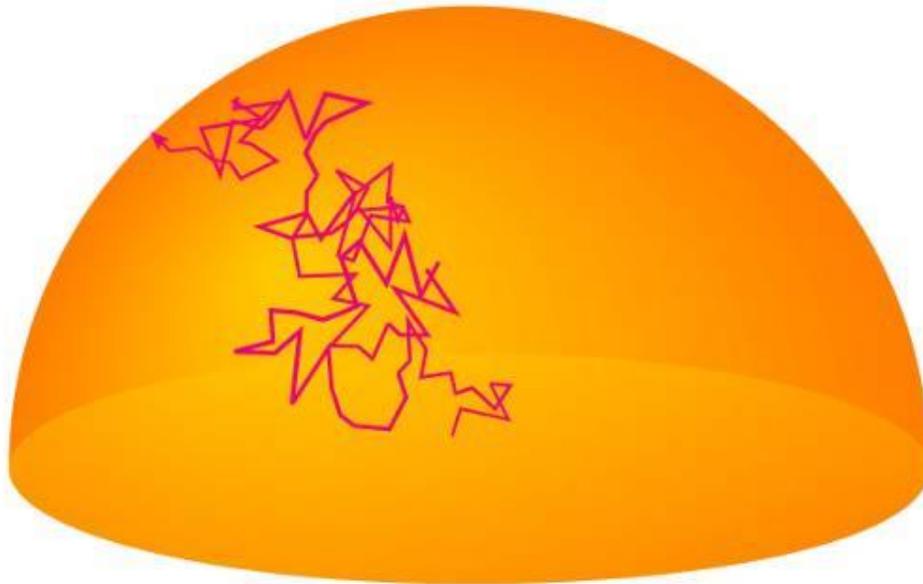
Dengan mengetahui bahwa jarak bumi ke matahari $d_2 = 150,000,000$ km, kita dapat menghitung daya matahari P dengan menggunakan persamaan sebelumnya:

$$\frac{100 \text{ W}}{d_1^2} = \frac{P_{\text{sun}}}{d_2^2}$$

Hasilnya akan mendekati luminositas matahari sebenarnya yaitu $3.83 \cdot 10^{26}$ W.

Opasitas

Energi yang diasosiasikan dengan foton energy tinggi yang diproduksi dalam inti matahari akan memerlukan waktu 1 juta tahun untuk mencapai fotosfer, karena foton diproduksi pada bagian paling dalam dari matahari yang mana foton kemudian berinteraksi dengan bagian yang kerapatannya sangat tinggi. Interaksi ini terjadi berulang-ulang pada inti dan akan berkurang interaksinya jika mencapai fotosfer. Foton akan mengalami lintasan yang tak beraturan (Gambar 17) mulai dari inti sampai kebagian paling luar dari matahari



Gambar 17: Foton memerlukan waktu 1 juta tahun dari inti ke fotosfer.

Saat radiasi mencapai fotosfer dan kemudian mencapai atmosfer matahari, radiasi tersebut tidak mengalami interaksi apapun sehingga menciptakan spektrum kontinyu pada semua panjang gelombang. Itulah mengapa bagian inti dan bagian dalam matahari bersifat opak

(opaque) pada semua panjang gelombang dan pada atmosfernya transparan. Dalam astronomi, konsep dari opak dan transparan berbeda dengan yang kita pakai sehari-hari.

Suatu gas dapat menjadi transparan atau menjadi opak bergantung bagaimana gas tersebut menyerap atau memantulkan foton yang melewati gas tersebut. Contohnya, atmosfer kita transparan untuk panjang gelombang cahaya tampak. Namun, pada pagi yang berkabut, kita tidak dapat melihat banyak sehingga itu dapat dikatakan opak.

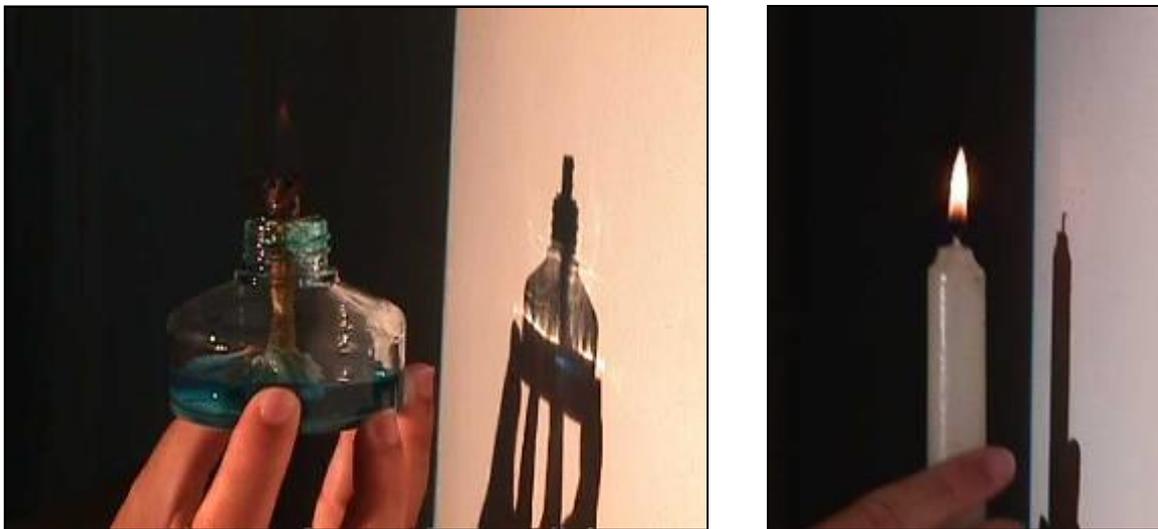
Perlu diperjelas juga bahwa transparan bukan berarti tidak terlihat. Kobaran api itu transparan untuk semua panjang gelombang OHP (overhead projector).

Kegiatan 5: Transparansi dan Opasitas

Kamu dapat menunjukkan konsep ini dengan menggunakan kompor gas atau lilin (kompor lebih baik karena kadangkala lilin menghasilkan asap hitam yang bersifat opak karena pembakaran yang tidak sempurna).

Demonstrasi ini sangatlah mudah. Letakan benda transparan dan opak pada cahaya proyektor yang diarahkan ke dinding atau layar oleh OHP dan tanyakan ke orang lain apakah itu transparan atau opak. Untuk beberapa benda, kebanyakan benda akan tahu jawabannya.

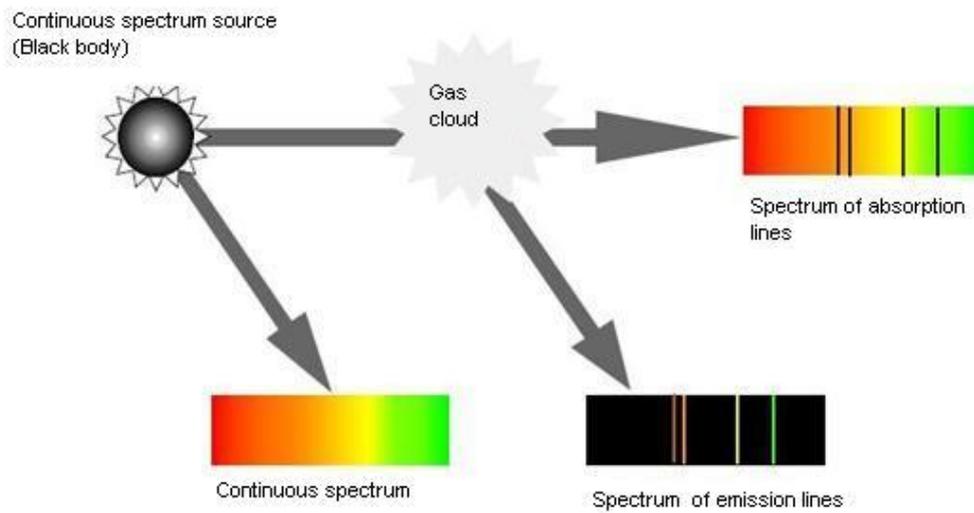
Nyala api lilin, nyala pembakar Bunsen atau nyala korek api juga transparan dan ini mengejutkan untuk para siswa untuk melihat bahwa nyala api tidak memiliki bayangan di tembok (Gambar 11). Kamu dapat menjelaskan bahwa hal ini seperti fotosfer matahari, yang hampir transparan oleh semua radiasi.



Gambar 18a dan 18b. Nyala Bunsen dan lilin tidak mempunyai bayangan pada dinding. Amati juga bahwa gelas tidak sepenuhnya transparan.

Spectra

Tahun 1701, Newton menggunakan prisma untuk pertama kalinya memecah cahaya matahari menjadi beberapa komponen warna. Setiap cahaya dapat didispersikan dengan prisma atau grating difraksi, dan apapun yang bisa mendapatkan spektrum. Spektrum dapat dijelaskan dengan menggunakan tiga hukum dari Gustav Kirchhoff dan Robert Bunsen yang ditemukan pada abad ke 19. Tiga hukum itu digambarkan dalam Gambar 19.



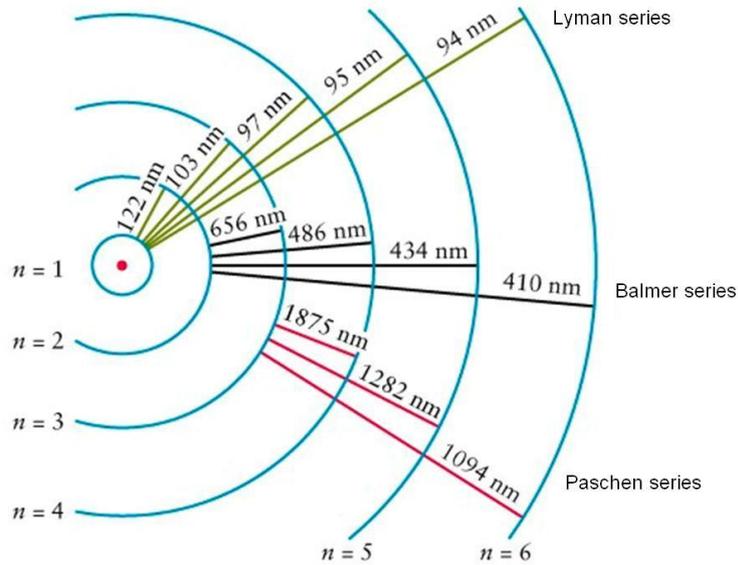
Gambar 19. Hukum Kirchhoff dan Bunsen

- Hukum pertama: sebuah objek padat berpijar menghasilkan cahaya dalam spektrum kontinyu
- Hukum kedua: Sebuah gas panas yang rendah kerapatannya menghasilkan cahaya dengan garis spektrum pada panjang gelombang diskrit yang bergantung pada komposisi kimia gas tersebut (spektrum emisi)
- Hukum ketiga: Sebuah objek padat berpijar yang dikelilingi oleh gas bertekanan rendah akan menghasilkan sebuah spektrum kontinyu dengan sebuah celah pada panjang gelombang diskrit yang posisinya bergantung pada komposisi gas tersebut, dan polanya tepat dengan hukum kedua.

Garis emisi gas diakibatkan oleh transisi elektron antara tingkat energi, yang mana terjadi saat foton berinteraksi dengan materi. Seperti yang dijelaskan setelahnya oleh Niels Bohr, tingkat energy di atom secara tepat benar-benar terkuantifikasi dan frekuensi yang dihasilkan adalah selalu sama karena perbedaan tingkat energi adalah konstan (Gambar 20)

Gas yang dingin dapat menyerap energy yang sama dengan yang dikeluarkan saat panas, oleh karena itu, jika kamu meletakkan gas diantara sumber yang berpijar dan spektroskopi, gas menyerap garis yang sama dari sebuah spektrum kontinyu dari sumber yang dipancarkan saat gas tersebut dalam kondisi panas.

Hal ini merupakan fenomena yang terjadi dalam atmosfer matahari. Elemen kimia yang terkandung dalam gas dari atmosfer matahari menyerap frekuensi yang berasosiasi dengan garis spektrum dari elemen tersebut. Fakta ini telah diverifikasi oleh Joseph Fraunhofer di 1814, kemudian garis spektrum matahari dinamakan dengan garis Fraunhofer dan dicatat dalam table berikut ini, berdasarkan desain asli oleh Fraunhofer (1817) tentang huruf garis absorpsi pada spektrum matahari



Gambar 20. Deret spektrum untuk emisi atom hydrogen. Kemungkinan transisi selalu memiliki jumlah energy sama antar tingkatan.

Penting untuk disadari bahwa dengan menganalisis cahaya yang datang dari matahari atau bintang, kita mengetahui terbuat dari apa bintang tersebut tanpa harus pergi kesana. Sekarang spektrum diambil dengan instrumen resolusi yang tinggi untuk mendeteksi banyak garis.

| Letter | Wavelength (nm) | Chemical Origin | Color range |
|--------|-----------------|----------------------------|-------------|
| A | 7593,7 | O ₂ atmospheric | dark red |
| B | 6867,2 | O ₂ atmospheric | red |
| C | 6562,8 | Hydrogen alpha | red |
| D1 | 5895,9 | Neutral Sodium | orange-red |
| D2 | 5890,0 | Neutral Sodium | yellow |
| E | 5269,6 | Neutral Iron | green |
| F | 4861,3 | H beta | cyan |
| G | 4314,2 | CH molecular | blue |
| H | 3968,5 | Ionized Calcium | dark violet |
| K | 3933,7 | Ionized Calcium | dark violet |

Tabel 1: Garis Fraunhofer untuk matahari.

It is important to realize that by analyzing the light coming from the sun or a star, we know what it is made of without having to go there. Today spectra are taken with high resolution instruments to detect many lines .

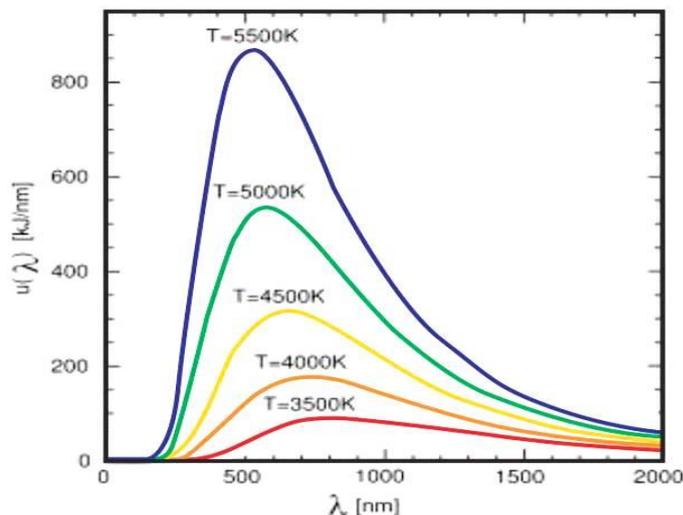
Radiasi Benda Hitam

Saat sebuah metal dipanaskan, maka akan berubah warna menjadi merah. Pada tempat yang hitam, metal dapat terlihat saat temperaturnya menjadi 400° C. Jika suhu bertambah secara menerus, warna metal akan berubah menjadi orange, kuning dan bahkan menjadi biru setelah melewati emis berwarna putih pada suhu 10.000° C. Sebuah benda opak, metal atau bukan, akan meradiasikan dengan cara yang sama.

Saat sebuah benda hitam (sebuah objek ideal yang tidak memantulkan cahaya) dipanaskan, benda tersebut akan memancarkan berbagai macam panjang gelombang, Jika kita mengukur intensitas dari radiasi tersebut pada masing-masing panjang gelombang, itu akan direpresentasikan sebagai sebuah kurva yang dinamakan kurva Plank. Dalam gambar 21, kurva ditunjukkan untuk berbagai macam suhu benda hitam. Kurva memiliki puncak pada panjang gelombang tertentu, yang memberikan kita warna dominan benda. Panjang gelombang maksimum λ_{max} berhubungan dengan suhu benda berdasarkan Hukum Wien:

$$\lambda_{max} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} (m)$$

Dimana T adalah suhu benda. Dengan hukum ini, dengan mempelajari radiasi yang datang ke kita dari jarak yang jauh, kita dapat tahu suhunya tanpa perlu datang ke benda tersebut berada dan mengukurnya secara langsung.

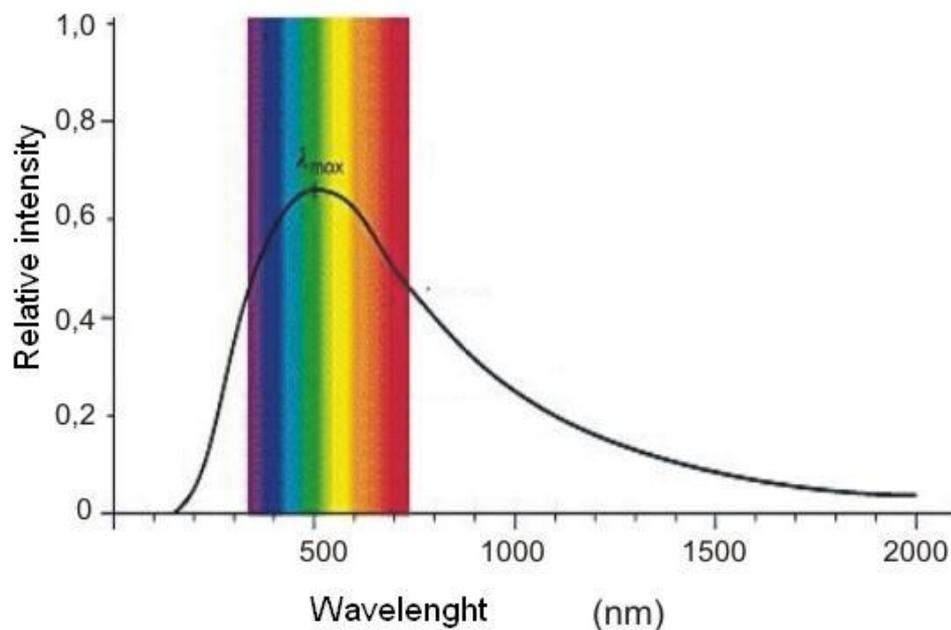


Gambar 21: Kurva Plank untuk benda hitam pada suhu yang berbeda-beda.

Contoh pada benda astronomi yang dapat dinamakan benda hitam opak adalah bintang-bintang (kecuali dari atmosfer dan korona), planet, asteroid atau radiasi dari latar belakang gelombang mikro kosmik.

Hukum Wien adalah hukum umum untuk emisi termal dari benda yang pak. Sebagai contoh, suhu tubuh meradiasikan gelombang inframerah dengan emisi maksimum pada panjang gelombang $9.4 \mu\text{ m}$, seperti yang Hukum Wien nyatakan (menggunakan suhu 37° C ($= 310\text{ K}$)). Sehingga, dalam dunia militer hal tersebut digunakan untuk membuat alat yang dapat melihat seseorang dalam kegelapan.

Kembali ke matahari, Karen atmosfer matahari transparan, radiasi benda hitam ditentukan oleh temperature dari fotosfer, yang mana matahari menjadi transparan (sekitar 5800 K) sehingga radiasi benda hitam seharusnya tidak melebihi panjang gelombang sekitar 500 nm , seperti yang tergambar pada Gambar 22.



Gambar 22. Kurva emisi untuk spektrum kontinyu dari matahari.

Atmosfer kita menyerap radiasi infrared dan ultraviolet, menariknya, mata manusia kemudian telah berevolusi untuk hanya melihat porsi cahaya matahari yang tampak yang menembus samapai ke permukaan bumi.

Hamburan sinar matahari

Saat sinar dari cahaya putih menembus sebuah gas yang berisi partikel lebih besar daripada panjang gelombang, maka cahaya tidak akan disebarkan dan semua panjang gelombang akan dihamburkan. Hal ini terjadi saat cahaya matahari melewati sebuah awan yang berisi titik air berukuran kecil: itu berwarna putih. Hal yang sama terjadi saat cahaya melewati butiran gula atau garam.

Akan tetapi jika cahaya dihamburkan oleh partikel yang ukurannya sama dengan panjang gelombang (warna) dari foton, foton tersebut akan didispersikan. Hal ini disebut hamburan Rayleigh.

Pada atmosfer kita, cahaya biru menghabur lebih banyak daripada cahaya merah. Dan foton yang sampai ke kita berasal dari segala arah. Hal ini yang menyebabkan langit kita berwarna biru (Gambar 23) alih-alih berwarna hitam, seperti terlihat saat kita pergi keluar angkasa. Pada saat senja, cahaya melewati lebih banyak atmosfer dan panjang gelombangnya memiliki sedikit warna biru, sehingga senja Nampak berwarna kuning. Saat matahari tenggelam, foton merah terdispersi.

Hal ini juga menjadi alasan bahwa saat cahaya melewati gas dengan ketebalan besar (misal: nebula), ini akan berwarna merah (karena warna biru akan lebih banyak dihamburkan ke segala arah dan hanya berwarna merah yang terlihat secara penuh oleh pengamat).



Gambar 23 Warna langit bergantung pada hamburan Rayleigh.

Kegiatan 6: Ekstingsi dan Hamburan

Kegiatan ini dilakukan dengan sebuah OHP, susu dilute solution, sebuah papan kartu berwarna hitam dan gelas yang panjang. Siapkan solution susu sekitar 1 tetes pada 50 ml air (Ini bagian yang paling penting, kamu harus menguji konstrasi solustion sebelum kelas).

Gunting sebuah lingkaran pada papan kartu berwarna hitam dengan bentuk dan ukuta dari

bawah gelas. Letakan gelas kosong pada lingkaran yang terbuka kemudian nyalakan OHP (Gambar 24). Cahaya akan sampai ke tembok akan berwarna putih.



Gambar 24a: pada mulanya, cahaya yang sampai ke tembok berwarna putih.



Gambar 24b: Dengan sedikit solution, cahaya akan berubah berwarna kuning.



Gambar 24c: Saat gelas berisi penuh, cahaya yang sampai ke tembok berwarna merah

Isi gelas pada solution susu dilute. Cahaya yang akan sampai ke tembok akan berubah menjadi merah (Gambar 24b dan 24c). Bagian dari gelas menunjukkan cahaya putih kebiru-biruan.

Pustaka

- Broman, L, Estalella, R, Ros, R.M. *Experimentos en Astronomía*. Editorial Alhambra Longman S.A., Madrid, 1993.
- Costa, A, *Sunlight Spectra*, 3rd EAAE Summer School Proceedings, Ed. Rosa Ros, Briey, 1999.
- Costa, A, *Simple Experiments with the Sun*, 6th International Conference on Teaching Astronomy Proceedings, Ed. Rosa Ros, Vilanova i la Geltrú, Barcelona, 1999.
- Dale, A.O., Carrol, B.W, *Modern Stellar Astrophysics*, Addison-Wesley Publ. Comp., E.U.A, 1996.
- Ferreira, M., Almeida, G, *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, Plátano Ed. Téc., Lisboa, 1996.
- Johnson, P.E., Canterna, R, *Laboratory Experiments For Astronomy*, Saunders College Publishing, Nova Iorque, 1987.
- Lang, K.R, *Sun, Earth & Sky*, Springer-Verlag, Heidelberg, 1995.
- Levy, D, *Skywatching-The Ultimate Guide to the Universe*, Harper Collins Publishers, London, 1995.
- Moreno, R. *Experimentos para todas las edades*, Editorial Rialp, Madrid, 2008

- Rybicki, G.B., Lightman, A.P., *Radiative Processes in Astrophysics*, John Wiley & Sons, E.U.A, 1979.
- Sousa, A.S., *Propriedades Físicas do Sol*, Ed. ASTRO, Porto, 2000.
- Zeilik, M., Gregory, S.A., Smith, E.V.P., *Introductory Astronomy and Astrophysics*, 3rd Ed., Saunders College Publishing, Orlando, E.U.A, 1992.

Sumber Internet

- NASA Polar Wind and Geotail Projects, <http://www-istp.gsfc.nasa.gov>.
- Space & astronomy experiments, <http://www.csiro.au/csiro/channel/pchdr.html>
- The Sun, <http://www.astromia.com/solar/sol.htm>
- Nine planets, <http://www.astrored.net/nueveplanetas/solarsystem/sol.html>