

Kunci Jawaban OSP 2013



Dibuat Oleh:

M. Imam Adli – SMA Kharisma Bangsa Pondok Cabe,
Tangerang Selatan (Medali Perak OSN 2011, Medali
Emas + *Absolute Winner* OSN 2012, Peserta IOAA 2013)
avioradli@gmail.com

David Orlando Kurniawan – SMAK 1 PENABUR Tanjung
Duren, Jakarta Barat (Medali Emas + *Best in Theory* OSN
2012, Peserta IOAA 2013)
david.orlando.kurniawan@gmail.com

Tim Olimpiade
Astronomi Indonesia

Soal Pilihan Ganda

1. Dilihat dari Bumi, bintang-bintang tampak berkedap-kedip, sedang planet tidak demikian.

Penjelasan yang paling tepat untuk fenomena ini adalah karena

- A. cahaya yang datang dari bintang diserap oleh debu antar bintang
- B. bintang bercahaya sendiri sedang planet memantulkan cahaya
- C. diameter sudut bintang jauh lebih kecil dari planet
- D. planet memancarkan cahaya sedang bintang melewati cahaya
- E. Tidak ada satu pun yang benar

JAWABAN: C

Bintang berukuran jauh lebih besar ketimbang planet. Namun jarak bintang itu sangat jauh, sehingga berimbas kepada ukurannya saat dilihat dari Bumi. Bintang-bintang yang cukup terang pun hanya memiliki diameter sudut sekitar 10^{-3} " sehingga hanya terlihat sebagai titik. Berbeda dengan planet yang cukup dekat sehingga memiliki diameter sudut yang memungkinkan mereka untuk berbentuk "piringan".

Sementara itu, atmosfer bumi merupakan "pengganggu" dalam observasi astronomi.

Mereka membaurkan, menyerap, atau menghalangi jalannya cahaya sampai ke kita.

Akibatnya cahaya mengalami turbulensi. Karena bintang berbentuk titik, maka turbulensi ini teramati sebagai kelap-kelip, sementara untuk planet karena berbentuk piringan, maka turbulensi ini relatif tidak mengganggu dan tidak membuat planet terlihat berkelap-kelip

2. Polaris (the Pole star) appears stationary because

- A. Earth is not moving with respect to Polaris
- B. Earth is on the axis of rotation of Polaris
- C. Polaris is almost along the axis of rotation of the Earth
- D. both Earth and Polaris have same velocity in the Milky Way
- E. None of the above is true.

JAWABAN: C

Bumi berotasi sesuai sumbunya. Dalam bola langit, sumbu rotasi bumi ini kita kenal sebagai kutub langit utara (KLU) dan kutub langit selatan (KLS). Setiap harinya, seluruh benda-benda langit 'bergerak' mengitari kutub langit ini sehingga KLU dan KLS terlihat

diam. Polaris adalah bintang yang terletak (hampir) tepat di KLU, jadi bisa dianggap dia terlihat diam di langit.

3. Apabila kamu memegang kaca pembesar dengan panjang fokus 10 cm di bawah Matahari, dan meletakkan selembar kertas di titikfokus kaca pembesar tersebut, maka kamu akan membakar dan melubangi kertas tersebut. Berapakah ukuran dari lubang di kertas itu?
- A. 10 mm
 - B. 5 mm
 - C. 0,5 mm
 - D. 0,1 mm
 - E. 1 mm

JAWABAN: D

Konsep dasarnya adalah kesebangunan. Diameter sudut dari matahari sama dengan diameter sudut yang dibentuk oleh fokus dengan lebar lubang yang dibentuk.

$$\frac{\text{Diameter Matahari}}{\text{Jarak bumi - Matahari}} = \frac{x}{10 \text{ cm}}$$
$$\frac{1392000 \text{ km}}{149600000 \text{ km}} = \frac{x}{10 \text{ cm}}$$
$$x = 0,1 \text{ mm}$$

4. Dua buah bintang dengan massa masing-masing M dan $3M$ ber-revolusi dalam orbit hampir lingkaran dengan periode T . Jika D menyatakan jarak antara kedua bintang itu, maka dapat dinyatakan oleh

A. $D = \sqrt{\frac{GMT^2}{\pi}}$

B. $D = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{\pi}}$

C. $D = \sqrt[3]{\frac{2GMT^2}{\pi}}$

D. $D = \sqrt{\frac{2GMT^2}{\pi}}$

E. $D = \sqrt{\frac{GMT^2}{2\pi}}$

JAWABAN: B (Paling Mendekati)

Perumusan Hukum Kepler untuk sistem bintang ganda adalah

$$\frac{D^3}{T^2} = \frac{G(M_1 + M_2)}{4 \times \pi^2}$$

Dimana D adalah jarak antara kedua bintang (jika berorbit lingkaran) atau secara umum adalah jumlah radius orbit keduanya. Jika kita memasukkan data yang diberikan di soal, didapat

$$\frac{D^3}{T^2} = \frac{G(3M + M)}{4 \times \pi^2}$$

$$\frac{D^3}{T^2} = \frac{4GM}{4 \times \pi^2}$$

$$D^3 = \frac{T^2 GM}{\pi^2}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{T^2 GM}{\pi^2}}$$

5. Jika diketahui luas bola langit adalah 4π steradian, maka luas seperempat bola langit dalam satuan derajat persegi adalah
- A. 20626,5
 - B. 10313,2
 - C. 41253,0
 - D. 57,3
 - E. 3282,8

JAWABAN: B

1 steradian adalah perkalian radian (1 rad x 1 rad), dimana 1 radian sendiri adalah $(360/2\pi)^\circ$. Oleh karena itu,

$$4\pi \text{ sterad} = 4\pi \times \left(\frac{360}{2\pi}\right)^2 = 41252,96^\circ$$

Namun yang ditanyakan adalah luas $\frac{1}{4}$ bola langit, maka jawaban dibagi 4 = 10313,24

6. Andaikan R adalah jarak bintang yang telah dikoreksi oleh serapan antar bintang A , dan D adalah jarak bintang yang belum dikoreksi oleh serapan antar bintang. Jika diketahui A sebesar 1,5 magnitudo, maka
- A. jarak R akan lebih besar 1,5 kali dari jarak D
 - B. jarak R akan lebih besar 2,0 kali dari jarak D
 - C. jarak R akan lebih kecil 0,5 kali dari jarak D
 - D. jarak R akan lebih kecil 1,5 kali dari jarak D
 - E. jarak R akan lebih kecil 2,0 kali dari jarak D

JAWABAN: E

Pertama kali kita tuliskan dahulu rumus modulus jarak untuk masing-masing, kondisi (sudah dikoreksi serapan dan belum)

$$m - M = -5 + 5 \log R + A$$

$$m - M = -5 + 5 \log D$$

Kita kurangkan persamaan tersebut

$$5 \log R + 1,5 = 5 \log D$$

$$5 \log (D/R) = 1,5$$

$$\log (D/R) = 0,3$$

$$D/R = 2$$

Ini berarti jarak $D = 2x$ jarak R atau jarak $R = 0,5x$ jarak D

7. Radiasi benda hitam dari planet Jupiter memiliki intensitas puncak pada panjang gelombang 23,75 mikron. Teleskop ruang angkasa Spitzer mengamati berbagai objek langit dalam panjang gelombang inframerah dan dapat mengamati objek hingga magnitudo 25,5 dalam filter R (magnitudo mutlak Matahari dalam filter R adalah 4,42). Jika kita ingin mengamati secara langsung planet ekstrasolar sekelas Jupiter dengan teleskop Spitzer, maka planet tersebut tidak boleh lebih jauh dari jarak
- A. 13,4 parsek
 - B. 11,9 parsek
 - C. 9,8 parsek
 - D. 7,6 parsek
 - E. 5,1 parsek

Di soal ini tidak diberikan data yang menyangkut korelasi Matahari dan Jupiter (misalkan albedo Jupiter) ataupun data mendasar (misalkan panjang gelombang R) sehingga rasanya sulit untuk mendapatkan angka yang sesuai dengan pilihan yang ada. Jadi, disini saya memutuskan untuk memberikan jawaban dengan asumsi sendiri (yang mungkin seharusnya tidak boleh).

Asumsi yang saya gunakan adalah:

- Luminositas Matahari pada filter R = $3,96 \times 10^{26}$ Watt
- Data Jupiter: albedo = 0,5 jarak = 5,2 AU, radius = 72000 km

Fluks yang diterima Jupiter dari Matahari adalah

$$E = \frac{L}{4\pi d^2}$$

$$E = \frac{3,96 \times 10^{26} W}{4\pi(7,78 \times 10^{11} m)^2}$$

$$E = 52,07 \frac{W}{m^2}$$

Energi total (EJ) yang diterima Jupiter adalah fluks dikalikan luas proyeksi Jupiter (lingkaran)

$$EJ = E \times \pi \times (72000000 m)^2$$

$$EJ = 8,48 \times 10^{17} W$$

Cahaya (EJC) yang kita lihat adalah energi yang dipantulkan Jupiter (EJ dikali albedo)

$$EJC = EJ \times 0,5$$

$$EJC = 4,24 \times 10^{17} W$$

Bandingkan dengan Matahari (MS) untuk mendapatkan nilai magnitudo mutlak Jupiter (MJ)

$$MS - MJ = -2,5 \log \frac{L}{EJC}$$

$$4,42 - MJ = -2,5 \log \frac{3,96 \times 10^{26}}{4,24 \times 10^{17}}$$

$$MJ = 26,846$$

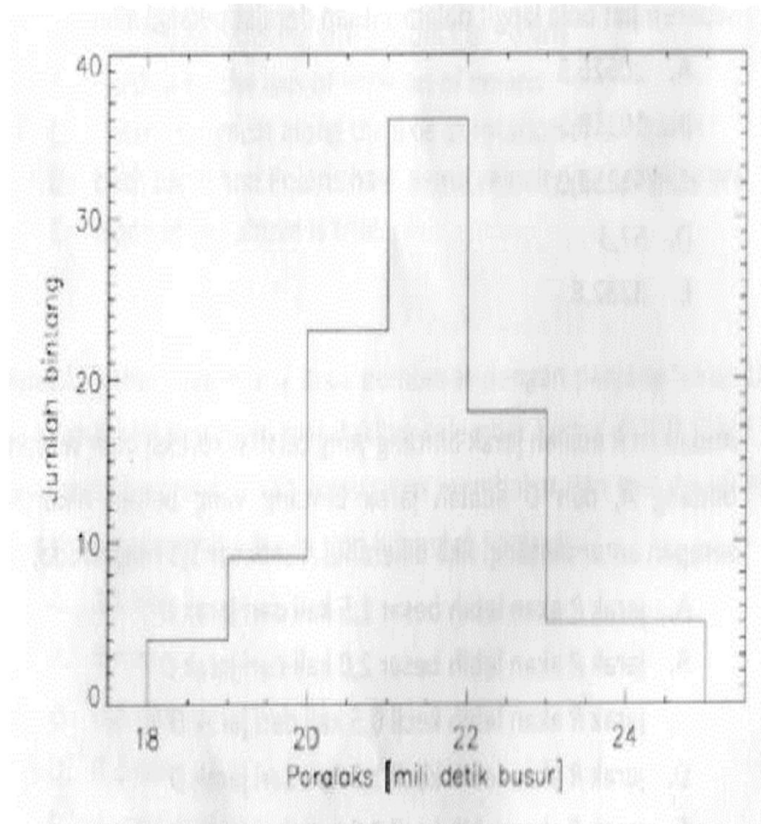
Batas magnitudo semu teredup yang dapat dilihat Spitzer adalah 25,5, jadi kita bisa tahu jarak terjauh yang memungkinkan

$$m - MJ = -5 + 5 \log d$$

$$25,5 - 26,846 = -5 + 5 \log d$$

$$d = 5,38 pc$$

Melihat pilihannya, saya mungkin akan menjawab E



8. Gambar di atas adalah histogram paralaks trigonometri (p/x) dari 100 buah bintang anggota gugus terbuka Hyades. Jarak rerata dan simpangan baku dari bintang-bintang anggota gugus Hyades terhadap Matahari adalah
(Petunjuk: Gunakan persamaan berikut untuk menghitung simpangan baku jarak : $d_D = \frac{1}{\sigma_{p/x}}$ dimana $\sigma_{p/x}$ adalah simpangan baku dari sebaran paralaks, dan $\langle p/x \rangle$ adalah rerata dari sebaran paralaks)

- A. 21,5 parsek dan 1,3 parsek
- B. 46,7 parsek dan 2,9 parsek
- C. 39,9 parsek dan 751,6 parsek
- D. 52,4 parsek dan 46,7 parsek
- E. 56,3 parsek dan 2,9 parsek

JAWABAN: B

Kita hitung rata-rata dari paralaks tersebut menggunakan rumus data berkelompok. Untuk nilai yang diambil per kelompok ambil nilai tengahnya:

$$\bar{p} = \frac{\sum f_i p_i}{\sum f_i}$$

$$= \frac{(4 \times 18,5) + (9 \times 19,5) + (23 \times 20,5) + (36 \times 21,5) + (18 \times 22,5) + (5 \times 23,5) + (5 \times 24,5)}{4 + 9 + 23 + 36 + 18 + 5 + 5}$$

$$\bar{p} = 21,4 \text{ mas} = 0,0214''$$

Setelah itu kita tinggal menggunakan rumus $d = 1/p$ untuk mendapatkan jarak, yakni $1/0,0214 = 46,73 \text{ pc}$. Standar deviasi tak lagi perlu dicari karena pilihan sudah berbeda mencolok.

9. Jika istilah "melintasi zenith" diartikan bahwa benda langit berimpit atau paling sedikit menyentuh zenith, posisi manakah di antara tempat- tempat berikut ini yang paling sering mengalami peristiwa "Matahari melintasi zenith" dalam kurun waktu setahun? (Anggaplah Bumi mengedari Matahari dalam orbit lingkaran sempurna).
- A. Tempat dengan lintang geografis 0°
 - B. Tempat dengan lintang geografis $11,75^\circ \text{ LU}$
 - C. Tempat dengan lintang geografis $23,5^\circ \text{ LS}$
 - D. Tempat dengan lintang geografis $66,5^\circ \text{ LU}$
 - E. Tempat dengan lintang geografis 90° LS

JAWABAN: C

Jujur, di soal ini banyak sekali peserta yang salah, dikarenakan kurangnya kemampuan matematisasi masalah. Kembali ke soal, objek langit yang mengikuti gerakan bola langit dapat menyentuh zenith pengamat jika dan hanya jika lintang pengamat sama dengan deklinasi objek. Untuk matahari, karena ia berupa piringan, ada margin of error pada deklinasinya untuk matahari.

Kemudian, waktu (tanggal) matahari berada dalam range deklinasi yang diperbolehkan agar ia melintasi zenith sangat tergantung pada laju perubahan deklinasi matahari itu sendiri.

Dengan kata lain, matahari bisa paling sering melintasi zenith saat perubahan deklinasinya paling lambat. Mengingat kurva deklinasi matahari berbentuk sinusodial (fungsi sinus), perubahan deklinasi akan paling lambat saat deklinasinya maksimum, sehingga nilai deklinasi akan paling konstant saat deklinasinya tinggi. Kita asumsikan diameter sudut Matahari $0,5$ derajat, maka lintang dimana pengamat disana dapat mengamati matahari melalui zenithnya adalah $23,25^\circ$ karena mempunyai batas deklinasi Matahari yang memungkinkan kondisi ini tercapai dari deklinasi 23° hingga $23,5^\circ$. Berbeda dengan pengamat di lintang $23,5^\circ$ dimana kondisi hanya bisa tercapai jika deklinasi Matahari sekitar $23,25^\circ$ hingga $23,5^\circ$ (lebih sempit

range nya). Namun, karena tidak ada pilihan 23,25 maka jawaban yang paling tepat adalah 23,5°. Untuk membuktikan, silahkan gambar tata koordinatnya atau hitung selang waktu Matahari berada di suatu deklinasi dari tanggal 21 Maret menggunakan rumus:

$$\delta = 23,5^\circ \times \sin \frac{t \times 360^\circ}{365,25}$$

dengan t adalah selang waktu dari 21 Maret ke tanggal dengan deklinasi δ

10. Apabila prosentase hidrogen di pusat Matahari kurang dari 10%, maka
- A. radius Matahari mengecil karena gravitasi bertambah
 - B. luminositas Matahari mengecil karena bahan bakar berkurang
 - C. radius Matahari membesar karena tekanan radiasi meningkat
 - D. kerapatan di pusat Matahari mengecil karena massa Matahari berkurang
 - E. temperatur permukaan Matahari meningkat karena radius Matahari bertambah

JAWABAN: C

Saat presentase hidrogen di matahari mulai habis, akan terjadi transisi evolusi matahari dari Deret Utama menuju fase *giant*. Yang terjadi adalah kontraksi gravitasi inti yang memacu pembakaran helium. Hal ini mengakibatkan peningkatan radiasi dan tekanan, serta kontraksi gravitasi meningkatkan kerapatan di pusat. Namun, temperatur permukaan matahari akan turun karena mengembangnya radiusnya walau luminositas matahari naik.

11. Anggaplah Bumi dan Mars mengelilingi Matahari di bidang ekliptika. Jika dianggap orbit Bumi dan Mars berbentuk lingkaran dan tanggal 3 Maret 2012 posisi Matahari-Bumi-Mars hampir segaris, maka pada bulan apakah kira-kira akan segaris lagi?
- A. Januari 2013
 - B. Maret 2013
 - C. Januari 2014
 - D. April 2014
 - E. Juni 2015

JAWABAN: B

Posisi segaris ini, jika kita menganggap Mars dan Bumi sebidang, akan terjadi setiap konjungsi

dan oposisi. Maka, tampak bahwa konfigurasi segaris ini akan terjadi setiap setengah periode sinodis, karena sinodis adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai posisi yang sama relatif satu sama lain. Dari tabel konstanta, periode sinodis planet mars adalah 779,9 hari. Maka setengah dari periode ini adalah kira – kira 390 hari, atau 1 tahun 25 hari. Maka konfigurasi segaris akan terjadi 1 tahun 25 hari lagi, atau pada 28 Maret 2013.

12. Sebuah proton datang dari angkasa luar ke arah khatulistiwa Bumi. Arah gerak proton tegak lurus terhadap permukaan Bumi. Proton akan dibelokkan oleh gaya Lorentz yang disebabkan oleh medan magnet Bumi. Apakah proton itu dapat mencapai permukaan Bumi jika tidak bertumbukan dengan partikel lain di udara?
- A. Dapat jika kecepatannya sangat tinggi melebihi kecepatan cahaya.
 - B. Dapat jika kecepatannya sangat tinggi melebihi kecepatan suara.
 - C. Dapat jika kecepatannya sangat tinggi sehingga jejari pembelokannya sangat besar sehingga lintasannya memotong permukaan Bumi.
 - D. Dapat jika kecepatannya sangat tinggi, sehingga perisai magnetik Bumi dapat ditembus oleh proton itu.
 - E. Tidak dapat karena gaya Lorentz akan membelokkan proton ke arah Timur sebelum proton mencapai tanah.

JAWABAN: A

Kita bisa menganalisis gerakan elektron tersebut dengan teori pergerakan muatan di medan listrik (pelajaran fisika kelas 12), dimana terjadi persamaan antara gaya sentrifugal dan gaya medan magnet, atau dapat ditulis :

$$q \cdot B \cdot v = mv^2 / r$$

Disini, jika radius gerakan melingkar proton lebih kecil daripada radius bumi, maka ia akan menabrak bumi. Maka, ambang kecepatannya dapat ditulis dengan rumus :

$$v = q \cdot B \cdot r / m$$

Mengambil : B (medan magnet bumi) = 4×10^{-5} tesla

q (muatan proton) = $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb

m (massa proton) = $1,67 \times 10^{-27}$ kilogram

r disini adalah radius gerak melingkar. Magnetosfer diketahui memiliki ketinggian 65000 km dari permukaan bumi, maka jika radius gerak melingkarnya diantara 32500 km hingga (32500+ d bumi) km, proton tersebut dapat menumbuk bumi. Kita ambil nilai r minimum yakni 32500 km atau 32500000 m

Masukkan angka – angka diatas diperoleh $v = 1,246 \times 10^{11}$ m/s

Kecepatan ini luar biasa tinggi, melebihi kecepatan cahaya (walau sebenarnya batas kecepatan yang dibutuhkan lebih rendah dari kecepatan cahaya karena seiring kecepatan naik, massanya juga naik berdasarkan relativitas). Tetap saja sangat sulit untuk diperoleh. Maka jawaban yang paling mungkin adalah A.

13. Suku bangsa Maya di Mesoamerika mempunyai beberapa macam kalender, salah satunya adalah kalender Tzolkin (kalender yang didasarkan pada penampakan planet Venus). Siklus kalender tersebut adalah 260 hari per tahun. Dalam astronomi, siklus kalender Tzolkin itu bersesuaian dengan siklus planet Venus. Siklus kalender Tzolkin 260 hari itu kemungkinan adalah
- A. selang waktu planet Venus sebagai bintang sore
 - B. masa menghilang planet Venus sebelum dan sesudah konjungsi inferior
 - C. selang waktu planet Venus sebagai bintang pagi
 - D. gabungan pilihan A dan B
 - E. gabungan pilihan A, B, dan C

JAWABAN: E

Venus mengalami masa – masa sebagai bintang pagi saat ia mengalami konjungsi barat dan masa – masa sebagai bintang sore saat konjungsi timur. Dengan asumsi orbit bumi dan venus lingkaran, jelas selang waktu kedua fase tersebut akan kurang lebih sama. Oleh sebab itu hanya ada 2 pilihan, yaitu pilihan A dan C benar atau pilihan A dan C salah. Kemudian, mari kita tinjau periode sinodis planet venus untuk mendapat gambaran waktu yang dibutuhkan venus untuk beralih dari bintang timur ke bintang barat. Melihat tabel konstanta, periode sinodis Venus adalah 583,9 hari. Setengah periode sinodisnya adalah 292 hari, mendekati Kalender Dzolkin yang 260 hari. Menghitung waktu venus tidak tampak, besar kemungkinan

kalender ini didasari waktu Venus. Oleh sebab itu pilihan A dan C benar, menjadikan otomatis pilihan B meski sedikit ambigu benar. Jadi jawabannya adalah A, B dan C benar atau pilihan E.

14. Pencitraan teropong dengan sistem *catadioptric* menggunakan prinsip

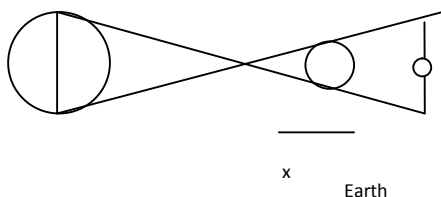
- A. refraksi berkas cahaya
- B. refleksi berkas cahaya
- C. gabungan refraksi dan refleksi berkas cahaya
- D. pengurangan berkas cahaya objek minimal
- E. perjalanan lintasan minimal berkas cahaya ke bidang fokus

JAWABAN: C

Catadioptric adalah gabungan antara sistem refraksi dan refleksi teleskop. Biasanya gabungan ini berwujud dalam sistem optik reflektor normal namun ditambahkan oleh keberadaan lensa korektor di depan *tube* teleskop seperti dalam teleskop refraktor pada umumnya. Lensa korektor ini bertujuan untuk memparalelkan cahaya yang menuju cermin reflektor sehingga mengurangi aberasi. Contoh teleskop catadioptric adalah teleskop Celestron NexStar 8 Inchi yang akan kalian gunakan pada OSN nanti (semoga 😊). Maka jawabannya adalah C.

15. Pada saat gerhana Bulan penumbra berlangsung, perbandingan diameter sudut penumbra Bumi terhadap diameter sudut Bulan diperkirakan sebesar

- A. 2,5 – 3 kali
- B. 5 - 10 kali
- C. 1 - 2 kali
- D. 12,5-15,5 kali
- E. sekitar 10 kali



Sun

JAWABAN: B

Diameter penumbra bisa dihitung menggunakan prinsip kesebangunan seperti pada gambar. Jika kita ambil jarak Bumi – Matahari = $1,50 \times 10^8$ km dan jarak Bumi – Bulan = $3,84 \times 10^5$ km, diameter matahari $1,4 \times 10^6$ km dan diameter bumi 12800 km. Dengan approxisasi jarak Bumi – Matahari jauh lebih tinggi dari jarak Bumi – Bulan, dapat dihitung diameter penumbra dengan prinsip kesebangunan :

$$1,4 \cdot 10^6 / (1,5 \cdot 10^8 - x) = 12800 / x$$

diperoleh $x = 1,37 \times 10^6$ km

Maka jarak total antar poin singgung diatas dan bulan adalah $x +$ jarak bulan
 $= 3,84 \times 10^5 + 1,37 \times 10^6 = 1,75 \times 10^6$ km

Total radius daerah penumbra dapat dihitung, dengan kesebangunan lagi :

$$128000 / 1,37 \cdot 10^6 = P / 1,75 \cdot 10^6$$

Diperoleh P sebagai diameter penumbra = $1,64 \times 10^5$ km

Mengingat diameter bulan 3470 km, diperoleh perbandingan Penumbra dan Bulan sekitar
 $4,73 : 1$

Berarti, perbandingan diameter penumbra bulan dan bulan adalah sekirar 5 kali lipat, tentu saja terjadi banyak variasi dikarenakan orbit elips bumi dan bulan.

16. Bintang di Deret Utama yang akan berevolusi menjadi bintang Neutron adalah bintang bermassa
- A. 1 massa Matahari
 - B. 10 massa Matahari
 - C. 100 massa Matahari

- D. 1.000 massa Matahari
- E. Tidak ada jawaban yang benar

JAWABAN: B

Berdasarkan teori evolusi bintang standar, hasil evolusi akhir suatu bintang ditentukan oleh massanya dan ada 3 kemungkinan hasil akhir. Perhatikan bahwa wujud akhir evolusi bintang ditentukan oleh massanya setelah fase giant/supernova (di fase ini terjadi kehilangan massa) sehingga massa batas akhir tidak sama dengan massa bintang saat dalam fase deret utama. Karena kehilangan massa pada fase giant/supernova tidak bisa diukur secara mutlak, maka massa main squence ini hanya perkiraan. Berikut diagram 3 kemungkinan hasil akhir dengan format [massa awal main squence] -> [massa setelah fase giant/supernova] -> [hasil akhir]

[Main squence 0 – 8 M_{sun}] -> Massa hilang di Planetary Nebula [sisa 0 - 1,4 M_{sun}] -> [White Dwarf/Katai Putih]

[Main squence 8 – 25 M_{sun}] -> Massa hilang di Supernova [sisa 1,4 – 3 M_{sun}] -> [Neutron Star/Bintang Neutron]

[Main squence >25 M_{sun}] -> Massa hilang di Supernova [sisa >3 M_{sun}] -> [Black Hole/Lubang Hitam]

Maka tampak bahwa bintang neutron dapat terjadi dari bintang bermassa 10 massa matahari di deret utama. Maka jawabannya adalah B.

17. Suatu bintang Neutron yang berputar sangat cepat memiliki radius sekitar 10 km. Bintang Neutron tersebut merupakan bagian dari proses evolusi bintang dan yang menyebabkan putarannya sangat cepat adalah

- A. bermassa besar yang menjadi Lubang Hitam; hukum kekekalan momentum
- B. bermassa sedang yang meledak menjadi Katai Putih; hukum kekekalan energi
- C. bermassa kecil yang meledak menjadi Katai Putih; hukum kekekalan massa
- D. bermassa besar yang meledak sebagai supernova; hukum kekekalan energi
- E. bermassa besar yang meledak sebagai supernova; hukum kekekalan momentum sudut

JAWABAN: E

Untuk evolusi bintang secara detail, lihat di keterangan jawaban soal nomer 16. Bintang

neutron merupakan hasil akhir bintang bermassa cukup besar yang meledak sebagai supernova. Sementara, putarannya yang sangat cepat diakibatkan oleh sifat kekekalan momentum sudut. Dengan berkurangnya radius secara drastis, kecepatan sudut harus meningkat (biasanya untuk revolusi $m.v.r = \text{konstant}$). Karena itu bintang neutron yang baru saja terbentuk berputar sangat cepat, bisa mencapai 1000 putaran/detik. Maka jawabannya adalah E.

18. Pada bintang Deret Utama, luminositas bintang dapat dianggap berbanding lurus dengan pangkat tiga massa bintang. Jika energi total yang dipancarkan bintang selama di Deret Utama dianggap sebanding dengan massanya, maka untuk dua bintang A dan B dengan massa masing-masing $M_A = 2$ massa Matahari, dan $M_B = 4$ massa Matahari berlaku
- A. energi total selama di Deret Utama untuk bintang A dua kali lebih besar dari energi total bintang B
 - B. bintang A berada di Deret Utama dalam waktu dua kali lebih panjang dibandingkan dengan bintang B
 - C. energi total selama di Deret Utama untuk bintang B empat kali lebih besar dari energi total bintang A
 - D. bintang B berada di Deret Utama dalam waktu empat kali lebih pendek dibandingkan dengan bintang B
 - E. bintang A berada di Deret Utama dalam waktu delapan kali lebih panjang dibandingkan dengan bintang B

Luminositas bintang berbanding lurus pangkat tiga dengan massa bintang. Energi total yang dipancarkan bintang selama di Deret Utama sebanding dengan massanya. Maka, pernyataan matematis antara hubungan bintang A dan bintang B sesuai keterangan diatas adalah :

$$L = M^3$$

$$L_A/L_B = (2/4)^3 = 1/8 \rightarrow \text{Luminositas bintang B delapan kali lipat bintang A}$$

$$E_{\text{total}} = M$$

$$E_{\text{totalA}}/E_{\text{totalB}} = M_A/M_B = 2/4 = 1/2 \rightarrow \text{Energi total yang dipancarkan bintang B dua kali lipat bintang A}$$

$$t = E_{\text{total}}/L$$

$$t_A/t_B = E_{\text{totalA}}/E_{\text{totalB}} \times L_B/L_A = 1/2 \times 8 = 4 \rightarrow \text{Masa hidup bintang A adalah 4 kali masa hidup bintang B}$$

Sepertinya tidak ada jawaban yang benar.

19. Walaupun diameter Saturnus kira-kira 8 kali diameter Bumi, berat badan kita hampir tidak berubah bila kita berada di permukaan Saturnus. Menurut kamu, apa yang menyebabkan hal ini terjadi?
- A. Volume Saturnus lebih besar dibandingkan dengan volume Bumi.
 - B. Kerapatan materi penyusun Saturnus lebih besar dari kerapatan materi penyusun Bumi. *
 - C. Temperatur Saturnus lebih rendah dibandingkan dengan temperatur Bumi.
 - D. Kerapatan materi penyusun Saturnus lebih kecil dari kerapatan materi penyusun Bumi.
 - E. Massa Saturnus lebih besar dari massa Bumi.

JAWABAN: D

Rumus percepatan gravitasi adalah :

$$g = GM/R^2 \quad \text{atau bisa ditulis, mengingat } \rho \text{ (massa jenis) sebanding dengan } M/R^3$$

$$g := R \cdot \rho \quad \text{gravitasi sebanding dengan radius dikalikan massa jenis}$$

Mengingat g (percepatan gravitasi) kita baik di bumi maupun di saturnus mendekati sama walaupun saturnus beradius 8 kali lipat, ini berarti kerapatan saturnus jauh lebih rendah dari kerapatan bumi.

20. *Redshift* sebuah gugus galaksi berharga $z = 0,05$. Radius gugus tersebut sebesar $R_G = 2$ Megaparsek. Berapa radius gugus (dalam menit busur) pada citra yang diambil?
- A. 31'8
 - B. 30'8
 - C. 29'8
 - D. 28'8
 - E. 27'8

JAWABAN: A (Paling Mendekati)

Konstanta Hubble seperti yang diberikan pada daftar konstanta adalah 69,3 km/s/Mpc.

Pertama – tama, mari kita tentukan kecepatan galaksi tersebut menjauh. Karena

kecepatannya cukup besar, kita harus menggunakan pendekatan relativistik. Rumus pergeseran dopler relativistik adalah :

$$1+z = \sqrt{\frac{1+\frac{v}{c}}{1-\frac{v}{c}}}$$

Dengan memasukkan $z = 0,05$ diperoleh $v = 0,488 c = 14640 \text{ km/s}$

Sesuai dengan hukum hubble, jarak galaksi ini bisa ditentukan dengan cara :

$$d = v/H$$

$$d = 14640/69,3 = 211,26 \text{ Mpc}$$

Maka radius gugus pada citra adalah :

$$\alpha = \tan (R/d) = \tan^{-1} (2/211,26)$$

$$\alpha = 0,5424 \text{ derajat} = 32,5 \text{ menit busur}$$

Karena tidak ada jawaban ini, mari kita ambil jawaban yang paling dekat. Maka jawabannya adalah A. Error dari nilai ini bisa disebabkan karena perbedaan Hubble Constant dan penggunaan Dopler non-relativistik. Namun ingatlah untuk selalu menggunakan data konstanta yang diberikan dan rumus relativistik untuk hasil yang lebih akurat jika dibutuhkan.

21. Gugus bola

- A. terutama terdapat dalam halo Galaksi.
- B. terutama terdapat dalam *bulge* Galaksi.
- C. mengandung banyak bintang yang muda dan panas.
- D. merupakan tempat yang baik untuk mencari supernova masif.
- E. terdistribusi secara asimetris di dalam Galaksi.

JAWABAN: A

Gugus bola adalah kumpulan bintang semi-permanen yang simetris, berada di daerah luar galaksi (biasa disebut halo), berisi bintang – bintang tua, miskin akan kandungan elemen berat. Gugus bola pada umumnya berwarna merah karena spektrumnya didominasi oleh bintang Red Giant tua dan miskin bintang muda. Supernova masif tidak dapat ditemukan disini karena bintang bermassa tinggi yang menghasilkan supernova sudah lama wafat. Lawan dari gugus bola yang berciri – ciri sangat berlawanan adalah Gugus Galaksi.

22. Kurva rotasi piringan sebuah galaksi spiral adalah kurva yang menggambarkan hubungan antara jarak dari pusat galaksi dan kecepatan linear bintang mengitari pusat galaksi. Secara umum, kurva rotasi piringan galaksi spiral menunjukkan kecepatan yang konstan hingga pada jarak yang jauh dari pusat. Pernyataan yang benar untuk kurva rotasi seperti ini adalah

- A. $M \propto R^{1/2}$ dan $\Omega = \text{konstan}$
(dengan M adalah massa, Ω adalah kecepatan sudut, dan R adalah jarak)
B. $M \propto R$ dan $\Omega \propto R$
C. $M \propto R$ dan $\Omega \propto R^{-1}$
D. $M \propto R^{3/2}$ dan $\Omega \propto R^{-1/2}$
E. $M = \text{konstan}$ dan $\Omega \propto R^{-1}$

JAWABAN: C

Sesuai keterangan diatas, ada sebuah poin penting yang harus kita terjemahkan dalam pernyataan matematis. Poin penting itu adalah : Kecepatan rotasi galaksi pada jarak berapapun konstant. Sementara, rumus kecepatan rotasi adalah :

$$v^2 = GM/R$$

Mengingat v pada jarak berapapun konstant, maka dapat ditulis $v^2 = k$, dimana k adalah suatu konstanta dengan dimensi mewakili v^2

$$k = GM/R$$

Atau dapat ditulis M sebanding dengan R mengingat k dan G adalah suatu konstanta.

Sementara , kecepatan sudut atau Ω adalah v/R berdasarkan deskripsi matematisnya. Jika ini kita masukkan ke dalam persamaan awal, dapat ditulis, dengan membagi kedua sisi dengan R^2 :

$$v^2/R^2 = GM/R^3$$

Hal ini bisa ditulis sebagai, mengingat $\Omega = v/R$ dan M sebanding dengan R

Hal ini bisa ditulis sebagai, mengingat $\Omega = v/R$ dan M sebanding dengan R

Ω^2 sebanding dengan M/R^3 , atau

Ω^2 sebanding dengan $1/R^2$, Ω sebanding dengan $1/R$

Pilihan Ganda Bersyarat

Untuk soal nomor 23-25, jawablah

- A. jika 1, 2, dan 3 benar
- B. jika 1 dan 3 benar
- C. jika 2 dan 4 benar
- D. jika 4 saja benar
- E. jika semua benar

23. Di antara besaran Matahari di bawah ini, yang diperlukan untuk memperkirakan massa Galaksi adalah

- 1. kecepatan Matahari mengelilingi Galaksi -
- 2. massa Matahari
- 3. jarak Matahari dari pusat Galaksi •
- 4. komposisi kimia Matahari

JAWABAN: B

Rumus kecepatan melingkar yang biasanya digunakan untuk memperkirakan massa galaksi adalah :

$$v = \sqrt{GM/R}$$

Tampak disini untuk menentukan M (massa galaksi) dibutuhkan radius orbit matahari (R) dan kecepatan revolusi matahari (v).

Massa matahari sendiri hampir tidak berpengaruh mengingat $m \ll M$ (massa matahari jauh lebih kecil dibandingkan massa galaksi) sehingga massa matahari dapat diabaikan. Penelitian terakhir mengaproksimasikan massa Galaksi sekitar 10^{11} massa matahari dan hanya 10%nya yang berupa materi normal, dimana sisanya adalah dark matter/dark energy. Maka jawaban 1 dan 3 benar.

24. Pernyataan yang BENAR di bawah ini yang merupakan cara mendeteksi keberadaan debu antar bintang di dalam Galaksi kita adalah

- 1. melalui caranya menyerap dan menyebarkan cahaya bintang
- 2. melalui emisi pada daerah optik
- 3. melalui emisi pada daerah inframerah
- 4. melalui emisi pada garis 21 cm

JAWABAN: E

Materi antar bintang bisa dideskripsikan sebagai segala hal yang terletak diantara para bintang. Ini bisa diumpamakan bagai udara di bumi yang berada di antara manusia. Tentu saja MAB (Materi Antar Bintang), seperti udara, terdiri dari berbagai elemen yang memiliki cara mendeteksi yang berbeda – beda. Berikut beberapa cara mendeteksi MAB :

- Menyerap dan menyebarkan cahaya bintang, hal ini bisa ditemukan di Reflection Nebula. Reflection nebula biasanya berwarna biru dikarenakan warna biru lebih efisien dipantulkan dibandingkan warna lain. Contohnya adalah reflection nebula di sekitar Pleiades.
- Sementara Emission Nebula adalah hasil dari ionisasi MAB oleh bintang muda yang terang. Energi yang dipancarkan oleh bintang biru, muda dan terang ini mampu mengionisasi material pembentuknya sehingga mengemisikan di berbagai panjang gelombang sesuai hukum kirchoff (gas renggang -> emisi)- dari ultraviolet sampai inframerah. Contoh Emission Nebula adalah Lagoon Nebula (M8) di Sagittarius. Gabungan antara Emission dan Reflection nebula disebut Diffuse Nebula.
- Emisi pada garis 21 cm memiliki sebab yang cukup unik. Garis emisi 21 cm yang berada di panjang gelombang radio ini tersebar hampir di seluruh angkasa dari suatu proses khusus yang disebut *forbidden transition* oleh gas hidrogen. *Forbidden transition* adalah proses khusus dimana terjadi pembalikan spin oleh elektron di atom hidrogen. Syarat terjadinya adalah jumlah hidrogen yang cukup banyak dan kerendahan masa jenis, yang bisa ditemukan di MAB pada umumnya. Emisi 21 cm ini sangat membantu dalam *mapping* persebaran gas hidrogen di galaksi.

Dapat dilihat bahwa semua jawaban benar. Maka jawabannya adalah E, semua jawaban benar.

25. Mengapa bintang-bintang di halo Galaksi sedikit sekali memiliki elemen berat seperti karbon, nitrogen, dan oksigen seperti yang banyak ditemui di bintang-bintang sekitar Matahari?
1. Elemen-elemen tersebut telah habis digunakan oleh bintang- bintang di halo dalam reaksi fusi di intinya.
 2. Karbon, nitrogen, dan oksigen adalah elemen yang banyak ditemui dalam makhluk hidup, sedangkan di bintang-bintang halo tidak ada kehidupan.

3. Pembentukan elemen karbon, nitrogen, dan oksigen memerlukan bintang masif, sedangkan di halo tidak ada bintang masif.
4. Saat bintang-bintang di halo terbentuk, elemen karbon, nitrogen, dan oksigen baru sedikit sekali terbentuk.

JAWABAN: D

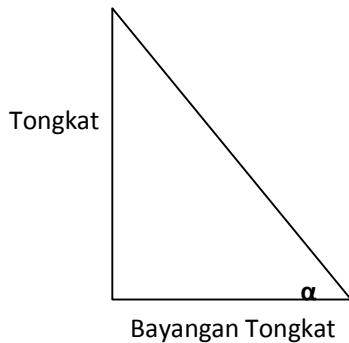
Seperti yang sudah dibahas di nomer 21, bintang di halo berisi bintang – bintang tua yang miskin oleh kandungan elemen berat. Kenapa bisa tidak ada elemen berat di bintang tua? Begini, pada dasarnya saat alam semesta terbentuk, hampir seluruh elemen di alam semesta adalah hidrogen dan helium tanpa elemen berat. Nah, elemen berat yang bersangkutan terbentuk oleh reaksi fusi nuklir yang dilakukan bintang masif. Saat bintang tersebut mati dalam ledakan bintang (supernova), elemen berat yang dihasilkan sebagian tersebar ke materi antar bintang, sehingga bintang yang berikutnya dilahirkan akan terlahir dengan elemen berat yang telah ‘mencemari’ material utama hidrogen dan helium. Seiring waktu, tentu saja elemen berat yang mencemari materi antar bintang bertambah, sehingga semakin muda bintang semakin banyak elemen beratnya. Tentu saja, bagi bintang yang sangat tua, mereka hampir tidak memiliki elemen berat karena memang belum banyak elemen banyak yang terbentuk. Maka jawabannya adalah D, hanya 4 yang benar.

Soal Essay

1. Pak Ikbal berkunjung ke suatu tempat dengan lintang geografis (ϕ) dan bujur geografis $82,5^\circ$ BT pada tanggal 21 Juni. Beliau mengamati bahwa pada siang hari lokal, bayangan dari tongkat yang berdiri tegak dengan panjang 1 meter adalah 26,8 cm relatif ke selatan.

- Tentukanlah lintang geografis tempat yang dikunjungi pak Ikbal!
- Di belahan bumi manakah lokasi yang dikunjungi pak Ikbal ini?
- Tentukanlah pada hari apa, saat siang hari lokal, panjang bayangan tongkat ini terpanjang?
Hitunglah panjang dan arah bayangan tersebut!

Jawaban



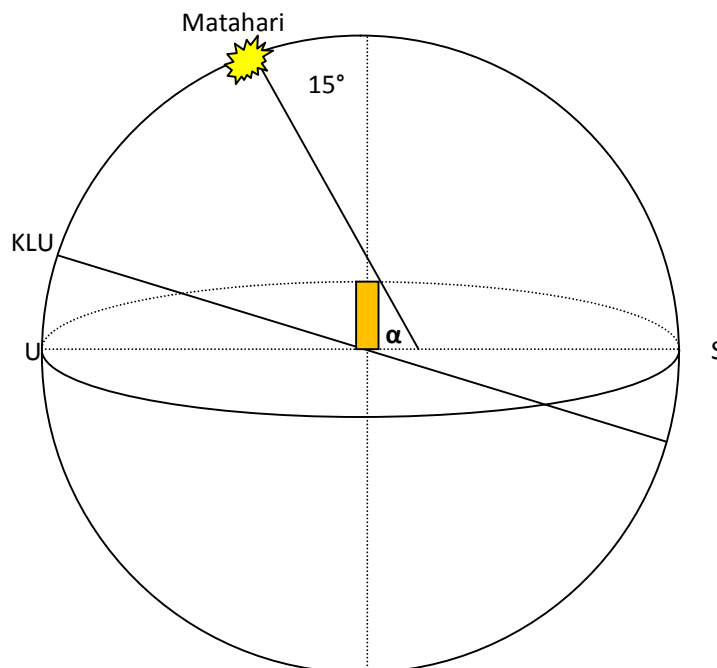
Panjang bayangan tongkat = 26,8 cm

Panjang tongkat = 1 m

$$\tan \alpha = 100/26,8$$

$$\alpha = 75^\circ$$

α adalah ketinggian Matahari saat tengah hari dan bayangan mengarah ke selatan. Hal ini berarti Matahari memiliki azimuth yang berada di utara



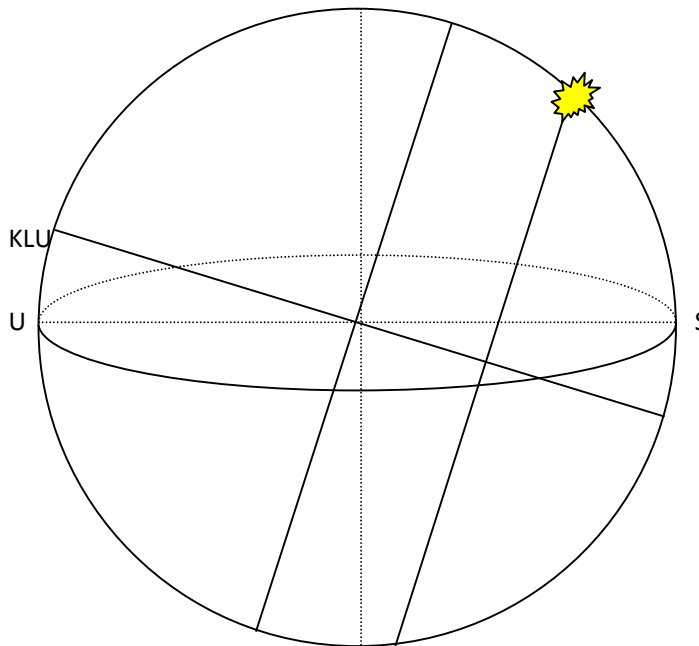
Pada 21 Juni, deklinasi Matahari adalah $23,5^\circ$ ke utara, maka jarak titik Matahari dengan KLU adalah $90 - 23,5 = 66,5^\circ$. Ketinggian KLU sendiri adalah lintang pengamat, sehingga kita bisa mempunyai persamaan

$$15^\circ + 66,5^\circ + \varphi = 90^\circ$$

$$\varphi = 8,5^\circ$$

Karena lintang positif, maka Pak Ikbal sedang berada di belahan bumi utara..

Untuk daerah yang berada di belahan bumi utara, titik kulminasi ekuator langitnya akan berada lebih ke selatan, sehingga saat deklinasi Matahari paling negatif Matahari akan makin ke selatan (makin rendah) saat kulminasi atasnya



Oleh karena itu, kondisi ini terjadi saat Winter Solstice atau 21 Desember (22 Desember secara teoritis), dimana ketinggiannya adalah $90 - (8,5 + 23,5) = 58^\circ$.

Bayangannya sendiri mengarah ke utara dengan panjang $1 \text{ m} / \tan 58^\circ = 62,5 \text{ cm}$.

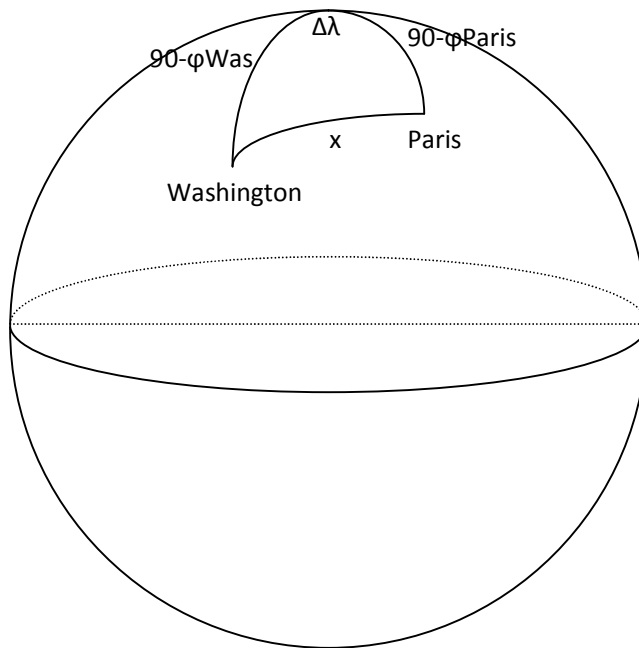
2. Pada tanggal 13 April 2029, sebuah asteroid 99942-Apophis mendekati Bumi. Pada saat itu, jaraknya adalah 0,10 LD (Lunar Distance = jarak rerata Bumi-Bulan). Sekelompok astronom akan mengukur paralaks asteroid tersebut dari Observatoire de Paris dan Naval Observatory Washington secara simultan. Posisi geografi kedua observatorium tersebut adalah

Observatoire de Paris (Perancis): λ $2^{\circ}20'14''$, ϕ $+48^{\circ}50'11''$

Naval Observatory Washington: λ $-77^{\circ}03'56''$, ϕ $+38^{\circ}55'17''$

- Gambarkan posisi kedua observatorium tersebut di permukaan bola Bumi!
- Hitunglah jarak terdekat kedua observatorium tersebut (dinyatakan dalam satuan km)!
- Berapakah paralaks asteroid tersebut?

Jawab



X adalah busur lingkaran besar yang menghubungkan Washington dan Paris, dan busur ini merupakan jarak terdekat kedua kota. Untuk menghitung x gunakan formula cosinus

$$\Delta\lambda = 2^{\circ}20'14'' - (-77^{\circ}03'56'') = 79^{\circ}24'10''$$

$$\cos x = (\sin \varphi_w \times \sin \varphi_p) + (\cos \varphi_w \times \cos \varphi_p \times \cos \Delta\lambda)$$

$$\cos x = (\sin 38^\circ 55' 17'' \times \sin 48^\circ 50' 11'') + (\cos 38^\circ 55' 17'' \times \cos 48^\circ 50' 11'' \times \cos 79^\circ 24' 10'')$$

$$\cos x = 0,567$$

$$x = 55,45^\circ$$

Dengan mengasumsikan bumi bola sempurna dengan radius 6371 km, didapat jarak terpendek kedua kota (d)

$$d = \frac{x}{360} \times 2\pi \times 6371 \text{ km} = 6165,6 \text{ km}$$

Untuk menghitung paralaks, kita tidak boleh menggunakan jarak kedua kota pada bola bumi. Mengapa? Karena kita menggunakan segitiga datar untuk paralaks. Jadi akan lebih tepat jika kita menghitung panjang tali busur pusat bumi – Washington – Paris, (misalkan y)

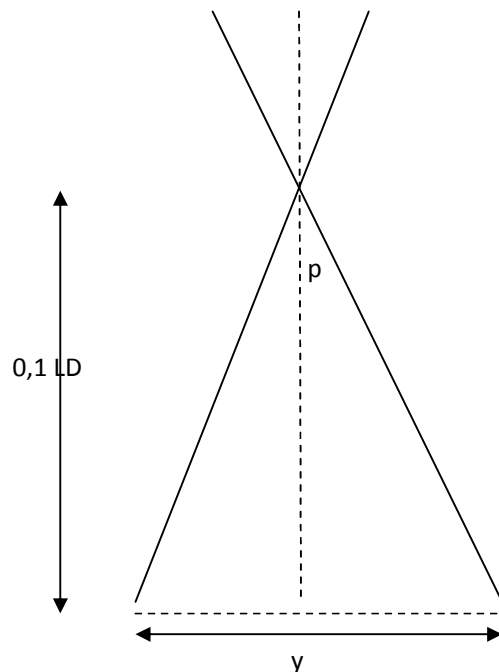
$$y^2 = r^2 + r^2 - 2r^2 \cos x$$

$$y = r\sqrt{2(1 - \cos x)}$$

$$y = 6371 \text{ km} \sqrt{2(1 - \cos 55,45^\circ)}$$

$$y = 5927,94 \text{ km}$$

Sudut paralaks yang teramati adalah sesuai sketsa berikut:



$$\tan p = \frac{0,5 \text{ y}}{0,1 \text{ LD}}$$

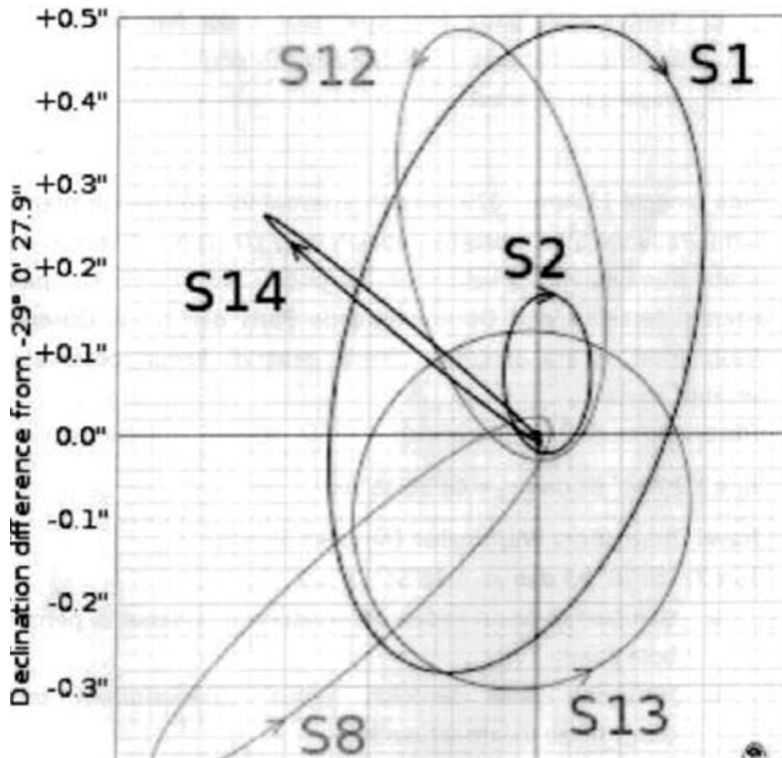
$$\tan p = \frac{2963,97 \text{ km}}{38440 \text{ km}}$$

$$\tan p = 0,077$$

$$p = 4,41^\circ$$

3. Gerak bintang-bintang di sekitar pusat Galaksi diamati selama bertahun-tahun sehingga diperoleh diagram orbit beberapa bintang seperti pada gambar di bawah ini. Semua bintang nampak mengorbit sebuah objek yang tak terlihat. Perhatikan gambar bintang yang diberi kode S2. Bintang S2 mengelilingi objek itu dengan periode 15,2 tahun. Pericentre (jarak terdekat bintang terhadap objek tersebut) orbit bintang itu kira-kira 17 jam cahaya, dan eksentrisitasnya 0,88.

Right Ascension difference from 17h 45m 40.045s +0.5" +0.4" +0.3" +0.2" +0.1" 0.0" -0.1" -0.2"



Jika jarak Matahari dari pusat Galaksi adalah 8,3 kiloparsek dimana 1 parsek = 206265 au,

- hitunglah massa objek yang dikelilingi bintang S2 itu!
- perkirakanlah jenis objek tak terlihat itu! Jelaskan alasan dari jawabanmu!
- perkirakanlah sudut inklinasi orbit bintang S2 itu berdasarkan diagram di atas!

JAWAB

Kita diberikan data jarak perihelion = 17 jam cahaya = $1,836 \times 10^{10}$ km = 122,73 AU
dan eksentrisitas = 0,88, maka kita dapat menghitung panjang setengah sumbu mayornya

$$pe = a(1 - e)$$

$$a = \frac{pe}{1 - e}$$

$$a = \frac{122,73 \text{ AU}}{1 - 0,88}$$

$$a = 1022,73 \text{ AU}$$

bintang S2 hanyalah dari objek tak dikenal tersebut

$$\frac{a^3}{T^2} = M$$

$$\frac{1022,73^3}{15,2^2} = M$$

Setelah itu, gunakan hukum kepler.

$$M = 4,63 \times 10^6 M_{\text{sun}} = 9,21 \times 10^{36} \text{ kg}$$

Asumsikan sumber massa didalam radius

Massa ini sangat besar untuk bisa disebut bintang. Massa ini juga tidak memungkinkan untuk gugus terbuka karena jumlah bintang di gugus terbuka tidak terlalu banyak. Gugus bola memungkinkan, namun tidak terdapat di pusat galaksi. Oleh karena itu, opsi yang memungkinkan hanya black hole.

Untuk perhitungan inklinasi, kita harus mempertimbangkan apakah kemiringan orbitnya pada 2 arah atau hanya 1 arah. Untuk bintang S2, sebenarnya kemiringannya 2 arah, namun jika dilihat pada gambar, kemiringan ke arah yang lain cukup kecil, jadi kita bisa abaikan.

Ukur panjang perihelion dan aphelion yang teramati, lalu kita bisa memperkirakan inklinasi orbit tersebut (tentu errornya lumayan karena kita mengasumsikan kemiringan orbit pada 1 arah).

Perumusannya seperti ini:

$$\frac{\text{panjang perihelion sebenarnya}}{\text{panjang aphelion sebenarnya}} \times \cos i = \frac{\text{panjang perihelion di gambar}}{\text{panjang aphelion di gambar}}$$

Panjang aphelion sebenarnya: $a(1+e) = 1022,73 \times 1,88 = 1922,73 \text{ AU}$

Melalui pengukuran didapat pada gambar panjang perihelion = 0,2 cm dan panjang aphelion = 2 cm

$$\frac{122,73 \text{ AU}}{1922,73 \text{ AU}} \times \cos i = \frac{0,2 \text{ cm}}{2 \text{ cm}}$$

$$0,0638 \times \cos i = 0,01$$

$$\cos i = 0,1566$$

$$i = 80,987^\circ$$

4. Konsentrasi debu yang tinggi pada bidang Galaksi sangat mengaburkan pandangan ke arah pusat Galaksi. Karena debu menyerap cahaya bintang, jumlah foton yang sampai ke Bumi berkurang. Serapan pada panjang gelombang optis sangat besar, mencapai 30 magnitudo. Dengan hanya memperhitungkan efek pengurangan fluks foton oleh serapan (tidak mempertimbangkan pengurangan fluks terhadap kuadrat jarak), tentukanlah jumlah foton yang dipancarkan oleh sebuah sumber di pusat Galaksi untuk setiap foton yang kita terima di Bumi!

Jawab:

Untuk memudahkan pemahaman tentang efek serapan, mari kita anggap magnitudo objek di pusat galaksi M_v di panjang gelombang optis sebelum mengalami serapan dan $M_v + 30$ setelah mengalami serapan. Tampak bahwa magnitudo objek di panjang gelombang visual berdasarkan deskripsi ini bertambah sebesar 30 magnitudo.

Sekarang, mari kita membandingkan flux (satuan intensitas energi) antara objek pusat galaksi yang telah mengalami serapan dan yang belum mengalami serapan. Sesuai rumus perbandingan flux – magnitudo :

$$\frac{F_1}{F_2} = 2,512^{m_2 - m_1}$$

Jika kita ambil F_1 sebagai flux sebelum absorpsi dan F_2 flux setelah absorpsi, dan $m_1 = M_v$ dan $m_2 = M_v + 30$, maka kita peroleh perbandingan F_1 dan F_2 sebesar :

$$\frac{F_1}{F_2} = 2,512^{M_v + 30 - M_v}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = 2,512^{30} = 10^{12}$$

Ini menunjukkan bahwa flux sebelum mengalami serapan adalah 10^{12} kali flux setelah mengalami serapan. Ini berarti serapan MAB di sepanjang bidang galaksi mengurangi cahaya bintang sampai 10^{12} kalinya!

Kemudian, karena foton adalah satuan cacah energi cahaya bintang (sama dengan flux), ia mengikuti aturan yang sama dengan flux ini. Dengan kata lain, jumlah foton, sama seperti jumlah energi, berkurang sebesar 10^{12} kali lipat sebelum sampai ke kita di bumi. Bisa disimpulkan bahwa setiap foton yang mencapai bumi (foton setelah serapan) terdapat 10^{12} foton yang dipancarkan oleh pusat galaksi (foton sebelum serapan).

5. Sebuah gugus bintang terdiri dari 200 bintang kelas F5V [$M_v = 3,3$; $B-V = 0,41$] dan 20 bintang kelas K0III ($M_v = 0,7$; $B-V = 1,02$). Tentukan M_v , M_B , dan $[B-V]$ dari gugus tersebut!

Jawab

Perhitungan magnitudo total seluruh gugus dapat dilakukan dengan menjumlahkan magnitudo seluruh bintang yang berada disana. Bisa diasumsikan jarak semua bintang dalam gugus sama. Kemudian, mari kita bandingkan luminositas visual sebuah bintang F5V dengan sebuah bintang kelas K0III agar perhitungan berikutnya lebih mudah.

$$L_f/L_k = 2,512^{(m_k - m_f)}$$

$$L_f/L_k = 2,512^{0,7 - 3,3}$$

$$L_f/L_k = 0,0912$$

Berarti 1 bintang kelas F5 setara dengan 0,0912 bintang K0III pada panjang gelombang visual. Maka bintang kelas F di dalam gugus bisa diaproksimasi sebanding dengan bintang K sejumlah :
 $N_f = 200 \times 0,0912 = 18,24$ bintang

Maka keterangan cluster tersebut setara dengan $\rightarrow 18,24 + 20 = 38,24$ bintang kelas K0III

Magnitudo gabungan bisa dihitung dengan rumus magnitudo

$M_f - M_{total} = 2,5 \log(F_{total}/F_f)$, disini $F_{total}/F_f = N$ dimana N adalah jumlah bintang.

$$M_{v_{total}} = -2,5 \log(38,24) + 0,7$$

$$M_{v_{total}} = -3,26 \text{ magnitudo}$$

Inilah magnitudo cluster tersebut di panjang gelombang visual.

Sementara perhitungan magnitudo di panjang gelombang biru dapat dilakukan dengan menggunakan step – step yang sama. Pertama – tama mari kita tentukan M_b untuk kedua bintang :

$$M_b \text{ F5V} = 3,3 + (B-V)_f = 3,3 + 0,41 = 3,71$$

$$M_b \text{ K0III} = 0,7 + (B-V)_k = 0,7 + 1,02 = 1,72$$

Kemudian, mari kita bandingkan luminositas biru sebuah bintang F5V dengan sebuah bintang kelas K0III agar perhitungan berikutnya lebih mudah.

$$L_f/L_k = 2,512^{(m_k - m_f)}$$

$$L_f/L_k = 2,512^{1,72 - 3,71}$$

$$L_f/L_k = 0,160$$

Berarti 1 bintang kelas F5 setara dengan 0,160 bintang K0III pada panjang gelombang biru. Maka bintang kelas F di dalam gugus bisa diaproksimasikan sebanding dengan bintang K sejumlah :

$N_f = 200 \times 0,160 = 32$ bintang. Berarti luminositas gugus pada panjang gelombang biru bisa dianggap sama dengan luminositas $32 + 20 = 52$ bintang kelas K0III di panjang gelombang biru.

$$M_f - M_{total} = 2,5 \log(F_{total}/F_f).$$

$$M_{b_{total}} = -2,5 \log(52) + 1,72$$

$$M_{b_{total}} = -2,57 \text{ magnitudo}$$

Inilah magnitudo gugus tersebut di panjang gelombang biru

Berarti nilai B – V gugus tersebut adalah :

$$(B - V) = M_v - M_b = -3,26 - (-2,57) = 0,69$$