



TOASTI 2015

SOLUSI OLIMPIADE SAINS NASIONAL TINGKAT PROVINSI 2015

Kamis, 19 Maret 2015, dalam malam dingin bersama semilir angin yang tak bergeming.

Sekapur Sirih

Dalam riuh gemuruh persiapan tes akhir pelatnas 2 persiapan IOAA 2015, ceritanya para bocah TOASTI 2015 ingin ~~menebar-pamer~~ membantu para olimpiawan yang baru saja berlaga di OSP dengan membuat solusi dari soal OSP 2015. Solusi yang dibuat ini diharapkan agaknya dapat ~~membuat mereka bertambah gale~~ membantu mereka dalam mengoreksi kesalahan yang diperbuat dan membuat langkah yang tak mudah goyah (?). Perlu diperhatikan, solusi ini dibuat sepenuhnya oleh para anak TOASTI 2015, sehingga tidak menjamin bahwa seluruhnya bebas dari kesalahan.

Besar harapan kami, bagi kawan-kawan tercinta yang jawabannya perlu banyak dikoreksi untuk tidak berputus asa dan berendah diri, percayalah kalian memiliki dua pilihan, terpuruk dalam kekalahan atau merangkak mencari lorong-lorong cahaya di tepi jurang tanpa hambatan. Bagi yang sekolahnya kurang unjuk gigi, jangan pernah minder, kepribadian lebih dominan dibandingkan lingkungan. Banyak para olimpiawan berasal dari daerah-daerah yang dipandang sebelah mata, namun faktanya mereka terlalu imba. Bagi yang sekolahnya memiliki rekam jejak prestasi dalam bidang *Olimpiade Astronomi*, ingatlah kalian bukan mereka, kalian adalah kalian. Karena itu, ini semua benar-benar acak. Namun, keacakan dalam skala besar adalah keteraturan.

Belajar dari pengalaman, biasanya pembahasan dapat menyebar hampir tanpa hambatan, tentu saja sebaiknya hal ini tidak disia-siakan. Maka dari itu, lewat sekerat tulisan kami ingin menginformasikan mengenai adanya buku yang akan dipublikasikan dalam beberapa waktu ke depan. Para alumnus TOASTI (Tim Olimpiade Astronomi Indonesia) dari sejumlah tahun yang berbeda membuat sebuah buku materi yang berisi seluk beluk astronomi serta sejumlah motivasi. Buku ini dirancang khusus untuk rekan-rekan yang berkecimpung dalam olimpiade astronomi, namun demikian, tentu saja tak ada larangan bagi mereka yang bukan olimpiawan untuk turut serta memperdalam ilmu pengetahuan. Buku ini akan terdiri dalam beberapa jilid, ada buku yang khusus untuk materi dan ada pula yang khusus soal-soal, yang tentunya telah sesuai silabus yang dibuat sendiri oleh TOASTI. Untuk info yang lebih meyakinkan, tentang harga dan pemesanan, janganlah sungkan untuk menanyakan pada ~~pihak berwenang~~ [kami](#).

Akhir kata, tidak ada-tidak ada kawah dipermukaan bulan. Ketidaksalahan hakiki itu tidak pernah eksis dalam semesta yang teramati. Demikianlah, semoga kita semua sukses di masa depan yang jauh membentang.

Astronomi itu, dari langit turun ke hati

TOASTI 2015

1. Sistem bintang ganda Albireo terdiri atas dua buah bintang dengan magnitudo masing-masing komponen adalah 3,35 dan 5,9. Seorang pengamat mengamati system bintang ganda Albireo ini dengan mata telanjang. Terang system bintang yang terlihat oleh pengamat adalah
- 2,55
 - 3,25
 - 4,63
 - 5,90
 - 9,25

SOLUSI:

Kita sebut magnitudo komponen bintang pertama sebagai m_1 dan magnitudo komponen bintang kedua sebagai m_2 . Menggunakan rumus Pogson kita nyatakan fluks yang diterima dari bintang pertama dibandingkan dengan fluks yang diterima dari bintang kedua

$$m_1 - m_2 = -2,5 \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right)$$

$$3,35 - 5,9 = -2,5 \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right)$$

$$-2,55 = -2,5 \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right)$$

$$1,02 = \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right)$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 10^{1,02}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 10,47 \dots \dots \dots (1)$$

Fluks yang diterima pengamat merupakan fluks yang berasal dari kedua bintang

$$E_{total} = E_1 + E_2 \dots \dots \dots (2)$$

Substitusikan persamaan (1) ke persamaan (2)

$$E_{total} = 10,47E_2 + E_2$$

$$E_{total} = 11,47E_2 \dots \dots \dots (3)$$

$$m_{total} - m_2 = -2,5 \log \left(\frac{E_{total}}{E_2} \right)$$

$$m_{total} - 5,9 = -2,5 \log \left(\frac{11,47 E_2}{E_2} \right)$$

$$m_{total} = -2,5 \log(11,47) + 5,9$$

$$m_{total} = 3,25$$

Jawaban B

[AN]

2. Pada film “Mars Need Mom”, seorang wanita Mars bernama Qi mengendarai pesawat bermassa 10 ton yang meluncur lepas landas dari permukaan Mars untuk membantu makhluk Bumi pulang. Pesawat tersebut menggunakan energi hasil reaksi daur ulang sampah botol plastik. Setiap proses reaksi akan menghasilkan energi hasil sebesar 100 KJ. Reaksi daur ulang botol ini mempunyai efisiensi yang cukup tinggi sehingga setiap reaksi hanya membutuhkan 2 botol plastik. Jumlah botol plastik yang harus tersedia agar pesawat bisa lepas dari gravitasi Mars adalah
- 126×10^4
 - 125×10^4
 - 252×10^4
 - 326×10^4
 - 1×10^6

SOLUSI:

Diketahui : Massa pesawat = 10^4 kg , Massa Mars = $6,4185 \times 10^{23} \text{ kg}$, $R_{mars} = 3.396,2 \text{ km}$
 reaksi = 100 KJ , 1 reaksi membutuhkan 2 botol plastik.

Ditanya : Jumlah botol plastik yang harus tersedia agar pesawat bisa lepas dari gravitasi Mars

Jawab :

$$EK = \frac{1}{2} m V^2 \dots\dots\dots \text{pers (1)}$$

Dimana m adalah massa pesawat dan V adalah kecepatan pesawat untuk lepas dari Mars,

$$\begin{aligned} V_{lepas} &= \sqrt{\frac{2GM_{mars}}{R_{mars}}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot (6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2) \cdot (6,4185 \times 10^{23} \text{ kg})}{(3,3962 \times 10^6 \text{ m})}} \\ &= \sqrt{2,52 \times 10^7 \text{ m}^2 / \text{s}^2} \\ V_{lepas} &= 5021.09 \text{ m/s} \dots\dots\dots \text{pers (2)} \end{aligned}$$

Substitusikan pers (1) dengan pers (2)

$$\begin{aligned}
 E_K &= \frac{1}{2} m V^2 \\
 &= \frac{1}{2} 10^4 \text{ kg } (5021.09 \text{ m/s})^2 \\
 &= 1,26 \times 10^{11} \text{ J}
 \end{aligned}$$

Banyaknya botol yang dibutuhkan adalah , Jumlah energi yang dibutuhkan untuk lepas dari Mars dibagi Energi reaksi yang dihasilkan per botol

$$\begin{aligned}
 N &= E_K / E_{reaksi} & E_{reaksi} &= 100 \text{ KJ} / 2 = 50 \text{ KJ} \\
 N &= 1,26 \times 10^{11} \text{ J} / 50.000 \text{ J} \\
 N &= 252 \times 10^4 \text{ Botol}
 \end{aligned}$$

JAWABAN : C

[DTEP]

3. Setiap detik di dalam inti sebuah bintang terjadi perubahan 4×10^9 kg menjadi radiasi. Pada jarak 0,5 au dari bintang, *alien* memasang sebuah fotosel dengan luas 100 m^2 dan mempunyai efisiensi 50%. Berapakah daya yang dihasilkan oleh fotosel tersebut?
- Sekitar 250 kiloWatt
 - Sekitar 125 kiloWatt
 - Sekitar 500 kiloWatt
 - Sekitar 1 megaWatt
 - Sekitar 2 megaWatt

SOLUSI:

Kita sebut perubahan materi menjadi radiasi tiap detik sebagai Δm , jarak fotosel dari pusat bintang sebagai d , luas fotosel sebagai A , dan efisiensi sebagai η .

Energi yang dibangkitkan dari perubahan materi menjadi radiasi setiap detiknya (L) adalah

$$\begin{aligned}
 L &= \Delta m c^2 \\
 L &= 4 \times 10^9 \cdot c^2 \\
 L &= 3,6 \times 10^{26} \text{ J/s}
 \end{aligned}$$

Jumlah energi yang jatuh pada permukaan fotosel setiap meter perseginya (F) adalah

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

$$F = \frac{3,6 \times 10^{26}}{4\pi(0,5 \cdot 1,496 \times 10^{11})^2}$$

$$F = 5120 \text{ W/m}^2$$

Daya fotosel akan sama dengan energi yang dia serap. Namun, karena fotosel memiliki efisiensi, tidak semua energi yang jatuh pada permukaannya diserap.

Daya fotosel (P) tersebut adalah

$$P = \eta \times A \times F$$

$$P = 50\% \times 100 \times 5120$$

$$P = 256011 \approx 250 \text{ kilowatt}$$

Jawaban A

[DW]

4. Sebuah bintang deret utama diamati dengan sebuah teleskop pada jarak 30 pc. Saat memasuki tahap raksasa, temperatur bintang turun menjadi empat kali lebih rendah dan radiusnya menjadi 100 kali besar. Letak bintang juga tidak lagi di posisi yang sama saat masih di tahap deret utama. Bila terang bintang raksasa ini seterang saat di tahap deret utama, jarak bintang adalah
- 187,5 pc
 - 188 pc
 - 188,5 pc
 - 189 pc
 - 200 pc

SOLUSI:

Diketahui: Jarak awal = $d_0 = 30 \text{ pc}$

Temperatur sekarang = $T_1 = \frac{1}{4} T_0$

Radius sekarang = $R_1 = 100 R_0$

Terang bintang sekarang = $E_1 = E_0$

Ditanya: Jarak bintang sekarang (d_1)

Jawab:

Kita tahu rumus terang bintang adalah:

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

Karena $E_1 = E_0$, maka:

$$\frac{L_1}{4\pi d_1^2} = \frac{L_0}{4\pi d_0^2}$$

$$\left(\frac{d_1}{d_0}\right)^2 = \frac{L_1}{L_2}$$

Lalu kita tahu bahwa:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

Substitusikan ke persamaan sebelumnya:

$$\left(\frac{d_1}{d_0}\right)^2 = \frac{4\pi R_1^2 \sigma T_1^4}{4\pi R_0^2 \sigma T_0^4}$$

Karena 4π dan σ adalah konstanta sehingga bisa dicoret sehingga persamaan dapat ditulis sebagai:

$$\frac{d_1}{d_0} = \left(\frac{R_1}{R_0}\right) \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^2$$

$$\frac{d_1}{d_0} = \left(\frac{100 R_0}{R_0}\right) \left(\frac{T_0}{4T_0}\right)^2$$

$$\frac{d_1}{d_0} = (100) \left(\frac{1}{16}\right)$$

$$d_1 = 6.25 d_0$$

$$d_1 = 187.5 pc$$

JAWABAN : A

[AN]

5. Teleskop Bimasakti yang ada di Observatorium Bosscha memiliki cermin dengan diameter 71 cm dan lensa koreksi berdiameter 51 cm serta *focal ratio* $f/2,5$. Berapa persenkah cahaya yang diterima cermin utama dibandingkan dengan jika cermin utama itu dipakai pada teropong tanpa lensa koreksi dan tanpa tabung?
- 10%
 - 20%
 - 27%
 - 52%
 - 100%

SOLUSI:

Karena di depan cermin terdapat lensa korektor maka diameter efektif teleskop yang berkontribusi pada pengumpulan cahaya hanya sebatas diameter lensa koreksi tersebut. Perbandingan jika cermin utama itu dipakai pada teropong tanpa lensa koreksi akan sebanding dengan kuadrat diameternya.

$$\frac{LGP_{DL}}{LGP_{TL}} = \frac{D_{lensa}^2}{D_{cermin}^2} = \frac{51^2}{71^2} = 52\%$$

LGP (Light Gathering Power) adalah kemampuan teleskop untuk mengumpulkan cahaya.

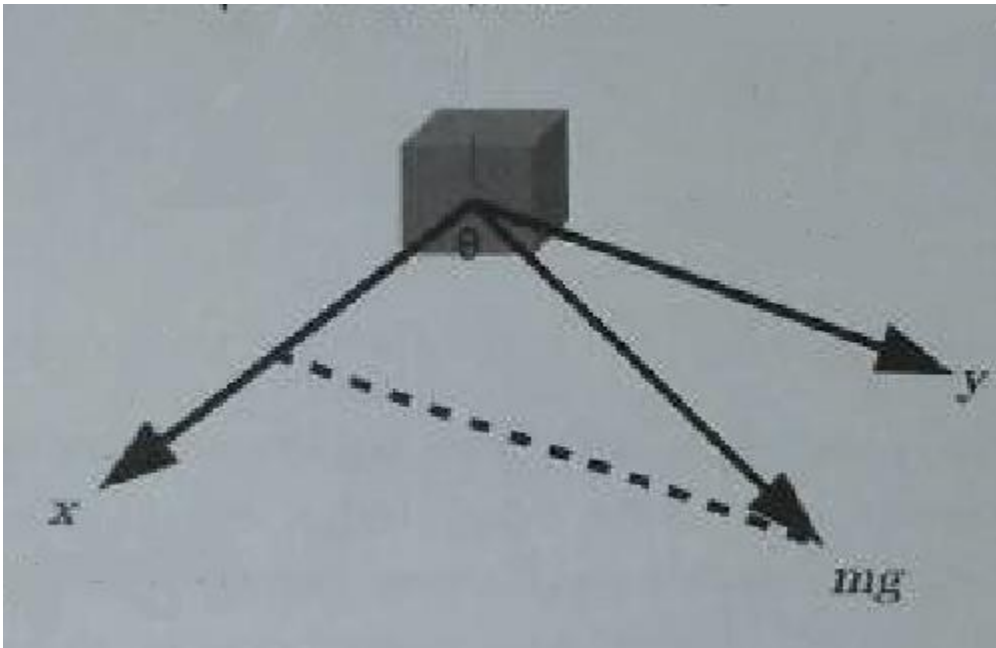
LGP_{DL} adalah light gathering power teleskop dengan lensa korektor.

LGP_{TL} adalah light gathering power teleskop tanpa lensa korektor.

Jawaban D

[HW]

6. Sebuah satelit bermassa m mengalami gaya gravitasi Bumi. Diagram gaya benda tersebut digambarkan seperti gambar berikut. $X - Y$ merupakan system koordinat kartesian yang saling tegak lurus. Jika besar gaya dalam arah x dinyatakan sebagai $F_x = mg \cos \theta$, maka besar gaya dalam arah z , F_z , adalah



- a. $mg \cos \theta \sin \theta$
- b. $mg \cos \theta \sin 2\theta$
- c. $mg \cos \theta \sin 2\theta$
- d. mg
- e. 0

SOLUSI:

Gaya tersebut hanya bekerja pada sumbu X dan Y bidang kartesian, dengan besar gaya F pada sumbu X adalah $mg \cos \theta$. Namun, karena tidak ada gaya yang bekerja pada sumbu Z, maka nilai $F_z = 0$.

Jawaban : E.

[NAW]

7. Manakah di antara materi di bawah ini yang BUKAN merupakan pengurai cahaya?

- a. Kisi
- b. Prisma
- c. Titik air di udara
- d. Filter
- e. CD/DVD

SOLUSI :

- a. Kisi adalah celah sempit dimana cahaya yang masuk melalui celah sempit itu dibelokkan ke banyak arah tergantung pada panjang gelombangnya (difraksi) .dari hubungan $d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda$. tampak bahwa semakin besar panjang gelombangnya ,sudut pelenturan (belok) akan semakin besar , begitu juga sebaliknya . Karena sudut pelenturan yang berbeda” ,itulah yang menyebabkan cahaya tampak menjadi terurai .
- b. Prisma adalah medium yang dapat menguraikan cahaya . Mengikuti hukum snellius $\frac{n_1}{\lambda_1} = \frac{n_2}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$, jika panjang gelombang semakin besar maka sudut pantul semakin kecil dan sebaliknya. Jadi Prisma dikategorikan sebagai pengurai cahaya .
- c. cahaya yang melewati Titik air juga mengikuti hukum snellius , jadi Titik air juga pengurai cahaya.
- d. Filter adalah lapisan tipis / lembaran yang tidak bersifat sebagai pengurai cahaya , filter hanya meneruskan cahaya pada panjang gelombang tertentu dan ‘ memblok ‘ panjang gelombang cahaya lainnya . Sebagai contoh : Filter biru hanya meneruskan panjang gelombang biru dan memblok panjang gelombang merah , Filter merah hanya meneruskan panjang gelombang merah dan memblok panjang gelombang biru.
- e. CD /DVD adalah cakram optik yang terdiri dari 4 lapisan utama salah duanya adalah lapisan plastik polikarbonat dan lapisan pemantul , ketika cahaya melalui lapisan polikarbonat , cahaya akan mengalami difraksi dan setelah mengalami difraksi setiap panjang gelombang cahaya yang sudah dibelokkan dengan sudut yang berbeda” setiap komponen cahaya akan dipantulkan keluar dilapisan kedua dan mengalami difraksi kembali. Pembelokan berkali” itu menyebabkan kita selalu melihat piringan CD/DVD seperti pelangi. Jadi CD/DVD dikategorikan sebagai pengurai cahaya juga

JAWABAN : D

[BY]

8. Mengapa mencari komet baik dilakukan dengan binokuler?

- a. Komet adalah sumber titik, dan binokuler memiliki medan pandang sempit
- b. Komet adalah sumber membentang, dan binokuler memiliki medan pandang luas
- c. Komet hanya tampak sekejap, dan binokuler memiliki medan pandang sempit
- d. Komet adalah sumber membentang, dan binokuler memiliki magnifikasi tinggi
- e. Komet tampak lama di langit, dan binokuler memiliki magnifikasi tinggi

SOLUSI:

Komet adalah batuan es yang mengorbit di tata surya, dan layaknya benda- benda lain yang mengelilingi tata surya, komet adalah extended object (benda membentang) dan mempunyai diameter sudut tertentu tidak seperti bintang yang merupakan sumber titik (point source).

Karena komet mengorbit matahari, dia memiliki periode tertentu (biasanya cukup lama) maka pasti tidak mungkin hanya lewat sesaat / sekejap. Biasanya komet dapat teramati di langit untuk periode interval beberapa hari.

Pemakaian binokuler baik untuk pengamatan komet juga karena magnifikasi binokuler yang tidak terlalu besar (6-15) sehingga medan pandang (field of view) dapat dihitung dengan

$$FOV = \frac{FOV \text{ apparent} (\approx 50^{\circ})}{m}$$

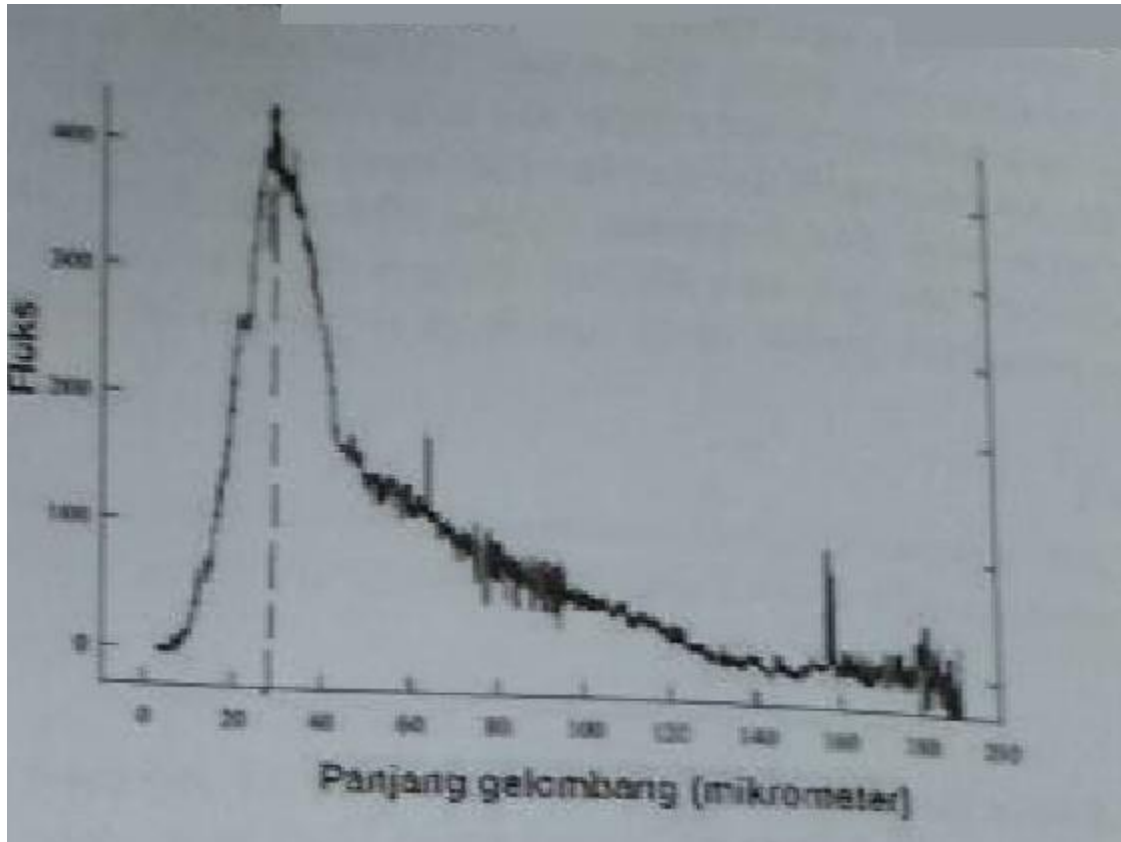
Sehingga medan pandangnya berkisar antara 3-6 derajat dan cocok untuk pengamatan benda yang memiliki gerak cukup cepat dibandingkan gerak- gerak bintang dan juga pengamat dapat lebih cepat mencari komet karena medan pandang teleskop yang luas.

Maka jawaban yang paling cocok adalah

JAWABAN : **B.Komet adalah sumber membentang, dan binokuler memiliki medan pandang luas.**

[JL]

9. Gambar di bawah ini menunjukkan spektrum awan debu di sekitar bintang (*circumstellar dust*). Taksiran terbaik untuk temperatur awan debu tersebut adalah



- a. 120 K
- b. 60 K
- c. 40 K
- d. 20 K
- e. 10 K

SOLUSI

DIKETAHUI : Langkah pertama yang kita lakukan adalah menaksir panjang gelombang awan debu dengan intensitas maksimum yang terdapat pada grafik

$$\lambda_{maks} = 25 \mu m = 25 \times 10^{-6} m$$

Dengan menggunakan Hukum Wien, maka kita akan mendapatkan hubungan temperatur efektif yang berbanding terbalik dengan panjang gelombang maksimumnya

$$T_{efektif} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{\lambda_{maks}} = 115,92 K \approx 120 K$$

JAWABAN : A

[NA]

10. Para astronom menyakini bahwa *exoplanet* serupa Bumi yang mungkin mengemban kehidupan dapat dicari jika peralatan interferometer ditempatkan di angkasa luar. Jika hal itu terjadi, empat garis serapan dalam panjang gelombang kasatmata dan inframerah dapat dideteksi dalam spectrum *exoplanet*, dengan kemungkinan karakteristik sebagai berikut:
- I. Terdapat pita serapan Ozon (O_3) dalam spectrum yang memperlihatkan kelimpahan oksigen, yang mungkin dihasilkan oleh jasad kehidupan
 - II. Profil spectrum, yang menandakan temperatur *exoplanet*, sesuai dengan syarat agar air berada pada fasa cair
 - III. Terdapat pita serapan CO_2 yang sangat dan menunjukkan keberadaan atmosfer
 - IV. Terdapat tanda-tanda serapan H_2O di berbagai rentang spectrum yang menunjukkan kelimpahan air yang besar sebagai pertanda keberadaan lautan

Urutan prioritas keutamaan indikator-indikator di atas, yang diacu orang saat ini, bagi pencarian *exoplanet* serupa Bumi adalah:

- a. I-II-III-IV
- b. II-I-IV-III
- c. II-III-I-IV
- d. IV-I-III-II
- e. III-II-IV-I

SOLUSI:

Perhatikan kembali poin-poin pada soal,

Kita urutkan berdasarkan permasalahan yang general kemudian makin dalam, sehingga

II. Profil spektrum, mengetahui keberadaan air dalam bentuk cair → yang harus pertama dilakukan, karena air adalah penunjang kehidupan paling utama.

III. Pita serapan CO_2 , untuk mengetahui keberadaan atmosfer → setelah kita tahu kemungkinan ada air dalam bentuk cair, kita analisis pita serapan pada spektrum apakah eksoplanet tsb memiliki atmosfer

I. Terdapat pita serapan O_3 → jika ada atmosfer, kita analisis apakah memiliki struktur ozon dan oksigen yang merupakan tanda-tanda kehidupan.

IV. Paling akhir, tanda-tanda H_2O → kelimpahan air yang menunjang kehidupan

Jawaban: C.

[MMF]

11. Kalender Cina merupakan system lunisolar dimana setiap hari libur imlek bertepatan dengan konjungsi Bulan dengan menggunakan waktu UT+8 jam. Dalam kalender nasional, tanggal 19 Februari 2015 merupakan hari libur tahun baru Imlek 2566, dan konjungsi Bulan terjadi pada tanggal 19 Februari 2015 jam 07:48 WITA. Hari libur Imlek lainnya, hari libur tahun baru Imlek

2565 bertepatan dengan 31 Januari 2014 dan hari libur Imlek 2564 bertepatan dengan 10 Februari 2013. Satu tahun kalender Cina terdiri dari 354 hari, 355 hari, 384 hari, atau 385 hari. Dengan demikian, dalam rentang tahun baru Imlek 2551 dan tahun baru Imlek 2570, jumlah tahun baru Imlek dengan jumlah hari 384 atau 385 hari adalah

- a. 2
- b. 5
- c. 7
- d. 9
- e. 10

SOLUSI:

Soal ini sebetulnya ingin menekankan pada konsep kalender lunisolar, yang perubahan jumlah harinya dalam satu tahun juga dipengaruhi oleh perbedaan jumlah hari dari 1 tahun solar (tahun tropik) dan 1 tahun lunar (12 periode sinodis bulan), selain dari perbedaan akibat periode sinodis Bulan yang tidak bulat.

Tahun tropik (P_{rev}) = 365,2422 hari

Periode sinodis **Bulan** (P_{sin}) = 29,5306 hari

Selisih hari dalam kalender lunar dan solar (Δh) = $P_{rev} - 12 \cdot (P_{sin})$

$$\Delta h = 365,2422 \text{ hari} - 12 \cdot (29,5306 \text{ hari})$$

$$\Delta h = 10,875 \text{ hari}$$

Selisih hari akan melebihi 30 hari (1 bulan) setiap 3 tahun ($3 \cdot \Delta h = 32,625 \text{ hari}$)

Panjang tahun yang diketahui :

2564 : 35x (355 hari)

2565 : 38x (384 hari)

Maka panjang tahun yang lain dapat diketahui.

2551 : 35x

2552 : 35x

2553 : 38x

2554 : 35x

2555 : 35x

2556 : 38x

2557 : 35x

2558 : 35x

2559 : 38x

2560 : 35x

2561 : 35x

2562 : 38x

2563 : 35x

2564 : 35x (diketahui)

2565 : 38x (diketahui)

2566 : 35x

2567 : 35x

2568 : 38x

2569 : 35x

2570 : 35x

Jadi mestinya ada 6 tahun dengan 384/385 hari setahunnya diantara tahun kalender cina 2551 – 2570.

Namun, karena tidak ada di kunci jawaban, jika diasumsikan titik awal suatu tahun memiliki 38x hari adalah tahun 2551, maka jumlah tahun yang memiliki 38x hari ditahun tersebut adalah

Banyak Tahun = $20 \times 10,875 / 30 = 7,25$,

JAWABAN : C

[MF]

12. Jika pengamat di Kota Bandung (lintang geografis $-6^{\circ} 57'$ LS dan bujur geografis $107^{\circ} 34'$ BT) mengamati Matahari terbenam pada tanggal 21 Juni pukul 17:43 WIB, maka pengamat di Manado (lintang geografis $+1^{\circ} 29'$ LU dan bujur geografis $124^{\circ} 52'$ BT) akan mengamati Matahari terbenam di tanggal yang sama pada pukul
- 16:13 WIB
 - 16:25 WIB
 - 16:48
 - 17:07
 - 17:13

SOLUSI:

Beda bujur ($\Delta\lambda$) = $17^{\circ} 18'$

Deklinasi matahari pada 21 Juni (δ) = $23^{\circ} 27'$

Matahari terbenam di Bandung (t_{set}) pada 17:43 WIB

Sudut jam matahari saat terbenam di Bandung bagi pengamat di Bandung dapat dicari menggunakan

$$HA = \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta))$$

$$HA = \arccos(-\tan(-6^{\circ} 57') \tan(23^{\circ} 27'))$$

$$HA = 5^h47^m53^s$$

Maka matahari berkulminasi atas di Bandung (t_{transB}) pada pukul

$$t_{transit} = t_{set} - HA$$

$$t_{transit} = 17^h43^m - 5^h47^m53^s = 11^h55^m7^s \text{ WIB}$$

Sementara itu, di Manado matahari berkulminasi atas pada pukul (t_{transM})

$$t_{transM} = 11^h55^m7^s - \frac{\Delta\lambda}{15^\circ} = 10^h45^m55^s \text{ WIB}$$

Sudut jam matahari saat terbenam di Manado adalah

$$HA = \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta))$$

$$HA = \arccos(-\tan(1^\circ29') \tan(23^\circ27'))$$

$$HA = 6^h2^m34,46^s$$

Waktu saat matahari terbenam di Manado adalah 6 jam 2 menit setelah dia berkulminasi atas, yaitu pada pukul 16:48 WIB

Jawaban: C

[HW]

13. Kelompok siswa di Yogyakarta (BT 110,24; LS 7,48) merencanakan mengamati Milky Way. Kelompok siswa tersebut memperoleh informasi posisi koordinat equatorial (saat pengamatan) asensiorekta dan deklinasi arah pusat Galaksi $17^h45^m37,224^s$ dan $-28^\circ56'10,24''$. Bila pengamatan dilakukan pada malam hari tanggal 20 Mei maka diharapkan kelompok siswa tersebut akan mengamati pusat Galaksi berkulminasi atas pada jam
- 1 jam 37 m setelah jam 24:00 WIB
 - 1 jam 37 m sebelum jam 24:00 WIB
 - Tepat jam 24:00 WIB
 - 2 jam 46 m sebelum jam 24:00 WIB
 - 2 jam 46 m setelah jam 24:00 WIB

SOLUSI:

Pertama kita tentukan berapa RA matahari pada tanggal 20 Mei pukul 00.00 yang bisa didekati dengan persamaan :

$$\frac{RA_{matahari}}{24} = \frac{N}{365,25} \quad ; \text{Dimana } N \text{ adalah jumlah hari dihitung dari tanggal 21 Maret.}$$

Maka RA_{matahari} adalah $= 3^{\text{h}}56^{\text{m}}33^{\text{s}}$ (Pukul 00.00)

Maka saat pukul 24, $RA_{\text{matahari}} = 4^{\text{h}}0^{\text{m}}29^{\text{s}}$

Maka *Local Sideral Time* pada saat itu adalah $RA_{\text{matahari}} + HA_{\text{matahari}} = 16^{\text{h}}29^{\text{s}}$

Karenanilai LST tetap untuk semua objek langit, kita bisa menentukan HA dari pusat galaksi pada pukul 24. $HA_{\text{gal}} = LST - RA_{\text{gal}}$

$$HA_{\text{gal}} = -1^{\text{h}}45^{\text{m}}8^{\text{s}} \text{ atau } 22^{\text{h}}14^{\text{m}}52^{\text{s}}$$

Kulminasi atas diartikan bila sebuah objek langit melintas tepat di meridian pengamat.

Saat kulminasi, $HA \text{ objek} = 0^{\text{h}}0^{\text{m}}0^{\text{s}}$ (Karena tepat di meridian).

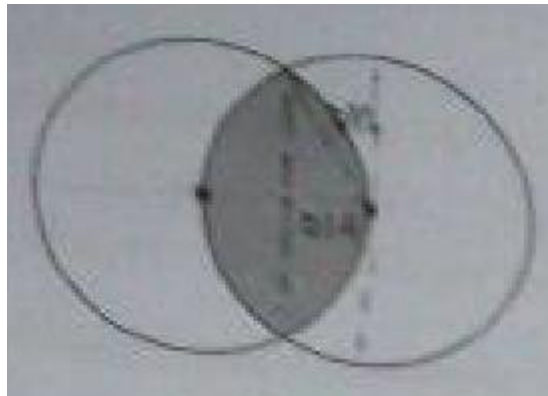
Maka selang waktu Pusat Galaksi dari posisinya di $22^{\text{h}}14^{\text{m}}52^{\text{s}}$ sampai ke 0^h adalah :
 $\sim 1^{\text{h}}45^{\text{m}}$ setelah pukul 24.00

--Bayangkan Posisinya di Bola Langit--

JAWABAN: A

[HAI]

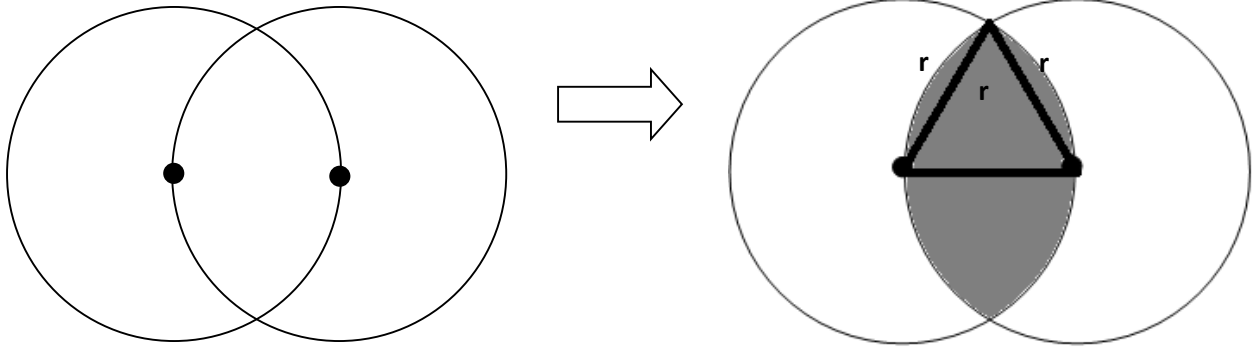
14. Gerhana Matahari terjadi ketika piringan Bulan menutupi piringan Matahari. Misalkan piringan Bulan dan Matahari tampak dengan diameter sudut yang sama (D) dan kedua titik pusat piringan objek terpisah oleh jarak $D/2$. Dari gambar di bawah ini, berapakah rasio piringan Matahari yang tertutup piringan Bulan?



- a. 0,3
- b. 0,4
- c. 0,5
- d. 0,6
- e. 0,7

Rasio piringan matahari yang tertutup oleh bulan pada soal bisa didapatkan dengan analisis geometri sederhana.

$$r_{\text{moon}} = r_{\text{sun}} = r$$



Maka luas daerah yg diarsir adalah 2 x luas segitiga ditambah 4 x luas Tembereng.
 Dari gambar, terlihat bahwa segitiga yang terbentuk adalah segitiga samasisi, sehingga Luas segitiga bisa didapatkan melalui pers. Trigonometri

$$L_{\Delta} = \frac{1}{2} r^2 \sin 60$$

$$L_{\Delta} = \frac{\sqrt{3}}{4} r^2$$

Luas tembereng (L_T) bisa didapatkan melalui selisih luas juring (L_J) dengan dengan luas segitiga (L_{Δ}), dan luas juring bisa didapatkan melalui perbandingan:

$$\frac{L_J}{\pi r^2} = \frac{60^\circ}{360^\circ}$$

$$L_J = \frac{\pi r^2}{6}$$

Maka luas tembereng adalah :

$$L_T = \frac{\pi r^2}{6} - \frac{\sqrt{3}}{4} r^2$$

$$L_T = \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\sqrt{3}}{4} \right) r^2$$

Maka total luas daerah yang diarsir adalah :

$$L_{total} = 2L_{\Delta} + 4L_T$$

$$L_{total} = \frac{\sqrt{3}}{2} r^2 + 4 \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\sqrt{3}}{4} \right) r^2$$

$$L_{total} = 1.2283 r^2$$

Jadi, rasio antara luas daerah yang tertutupi piringan bulan dengan luas piringan matahari adalah :

$$\frac{L_{total}}{L_0} = \frac{1.2283r^2}{\pi r^2} = 0.3909 \approx 0.4$$

Solusi : C. 0,4

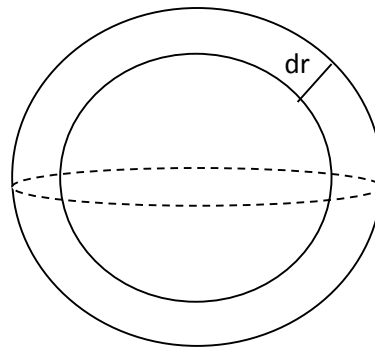
[MRR]

15. Pada jarak d , partikel angin Matahari memiliki kerapatan ρ serta kecepatan v . Bila ketiga variable tersebut diketahui, maka laju kehilangan massa Matahari (kg/detik) dapat dihitung dengan persamaan

- $\dot{M} = \rho v$
- $\dot{M} = 2\pi d \rho v$
- $\dot{M} = 4\pi d^2 \rho v$
- $\dot{M} = \frac{4\pi}{3} d^3 \rho$
- $\dot{M} = \frac{5\pi}{2} v$

Jawab :

Perhatikan gambar berikut



Kecepatan kehilangan massa adalah

$$\frac{dM}{dt} = \frac{4\pi d^2 \rho dr}{dt}$$

$$\dot{M} = 4\pi d^2 \rho \frac{dr}{dt}$$

$$\dot{M} = 4\pi d^2 \rho v$$

Soal ini juga dapat dikerjakan dengan analisis dimensinya (kg/s)

Jawaban : C

[NAK]

16. Sebuah koloni di Mars mengalami peningkatan populasi sehingga kebutuhan komunikasi jarak jauh mutlak dibutuhkan. Untuk itu, NASA meluncurkan satelit komunikasi stationer terhadap Mars. Seperti satelit geostasioner, satelit tersebut memiliki periode orbit sama dengan periode

rotasi planet Mars sehingga satelit berada pada bujur geografis yang tetap. Diukur dari pusat Mars, radius orbit satelit tersebut yang lebih dekat pada nilai yang benar adalah

- a. 16000 km
- b. 16600 km
- c. 18000 km
- d. 20000 km
- e. 22000 km

SOLUSI:

Diketahui

Periode rotasi mars , $P = 24^h 37^m 22^s$

Massa Mars (M) = $6,42 \times 10^{23}$ kg

Satelit geostasioner, maka periode orbit satelit harus sama dengan periode rotasi mars.

Ditanyakan: radius orbit satelit

Jawab:

dengan memanfaatkan hasil cucuran keringat dan kerja keras mbah Kepler, kita akan menggunakan hukum ketiganya dipadu dengan hukum gravitasi Newton

$$\frac{R^3}{P^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

Dengan mensubstitusikan nilai-nilai yang diketahui kita bisa mendapatkan nilai jari-jari orbit (R) sebesar 20430842 m

Jawaban: D

[GS]

Soal Pilihan Ganda Bersyarat

Untuk dua soal berikut ini, 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
17. Pilihlah pernyataan yang benar
- 1. Semakin tinggi temperatur suatu planet, maka semakin mudah planet tersebut kehilangan atmosfer.
 - 2. Atmosfer planet dalam tersusun atas partikel yang relative lebih ringan dibandingkan dengan atmosfer planet luar.

3. Planet luar dapat mempertahankan atmosfernya karena massanya yang besar dan jaraknya yang jauh dari Matahari
4. Semakin besar planet, semakin mudah planet tersebut kehilangan atmosfer

SOLUSI:

1. Benar, karena temperatur suatu planet berbanding lurus dengan V_{rms} (akar dari rata-rata kuadrat kecepatan gas). Saat V_{rms} lebih besar dari kecepatan lepas (V_{escape}) planet maka gas yang terdapat didalam atmosfer akan lepas.
2. Benar, kasus ini masih menyangkut tentang V_{rms}

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m_o}}$$

V_{rms} = kecepatan rata-rata molekul gas (m/s)

m_o = massa satu molekul (kg)

R = konstanta gas universal (8,314 J/molK)

T = suhu (Kelvin)

Asumsikan temperatur pada setiap lapisan sama.

Seperti yang kita tahu kecepatan lepas suatu planet,

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{H}}$$

V_{esc} = kecepatan lepas suatu planet (m/s)

M = massa planet (kg)

H = jarak benda dari pusat gravitasi (m)

G = konstanta gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{s}$)

Maka kecepatan lepas di lapisan atmosfer dalam lebih besar dari kecepatan lepas di lapisan atmosfer luar. Jika syarat gas tidak lepas dari atmosfer yakni $v_{rms} < v_{esc}$, maka V_{rms} pada lapisan atmosfer dalam juga besar. Jadi massa molekul/partikel yang berada pada lapisan atmosfer bagian dalam lebih ringan dari lapisan luar.

3. Benar, karena jika massa planet besar, kecepatan lepas planet juga besar. Dan jika jarak planet jauh dari matahari, maka fluks yang diterima dari matahari lebih sedikit dan menyebabkan temperature planet rendah. Maka v_{rms} gas yang ada di atmosfer juga rendah.
4. Salah, karena semakin besar ukuran planet maka massa planet juga semakin besar. Dan kecepatan lepas planet juga semakin besar, maka semakin banyak partikel/gas yang tertarik oleh gravitasi planet dan membuat atmosfer planet.

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2G \frac{4}{3}\pi R^3}{R}} = \sqrt{\frac{8}{3}\pi GR^2}$$

$$v_{esc} \propto R$$

Jawaban: A, 1,2, dan 3 benar

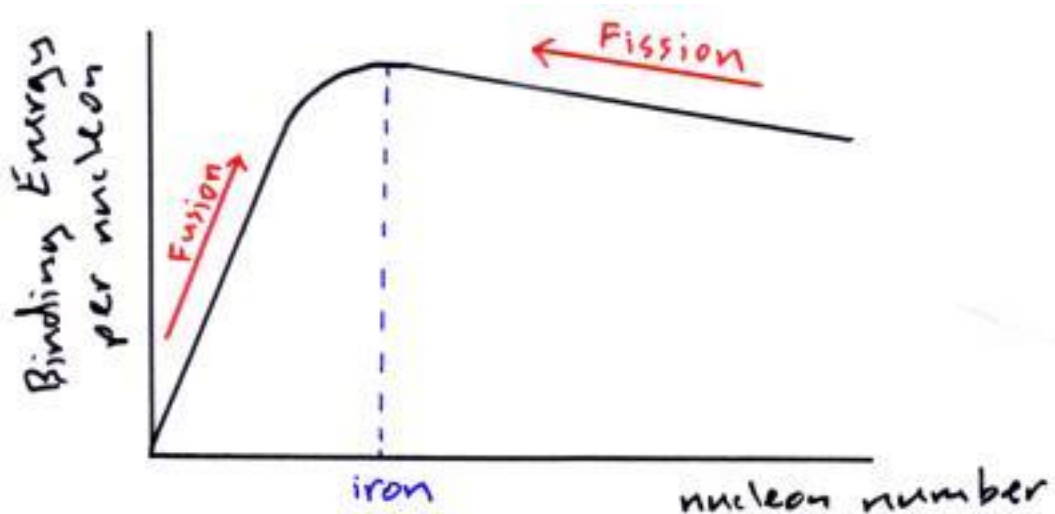
[NA]

18. Di antara pernyataan di bawah ini, manakan yang BENAR?

1. Unsur yang lebih berat dari besi (Fe) dihasilkan saat ledakan Supernova
2. Bintang deret utama melawan pengerutan gravitasi dengan tekanan elektron terdegenerasi
3. Bintang dengan massa yang cukup besar mampu melakukan reaksi fusi di inti untuk menghasilkan unsur yang lebih berat dari besi (Fe)
4. Pada reaksi fusi hidrogen, empat inti hidrogen membentuk satu inti helium. Total massa satu inti helium lebih kecil daripada total massa empat inti hydrogen

SOLUSI:

1. Sebelum meledak menjadi Supernova, bintang bermassa besar melakukan fusi sampai menjadi besi. Ketika pusat bintang sudah terbentuk unsur besi, mulai terjadi reaksi fisi yang membutuhkan energy dan reaksi fusi yang menghasilkan energy akan terhenti karena sifat energy ikat besi (Fe).



Ketika besi akan diubah menjadi unsur lebih berat, sampai suatu saat energy yang diambil dari lingkungan sekeliling akan menyebabkan ketidaksetimbangan sehingga ketidakstabilan ini dapat mengakibatkan energi gravitasi menjadi lebih besar untuk sesaat dan bintang akan mengerut menjadi kecil. Kemudian karena kerapatan menjadi sangat tinggi, energi thermal menjadi sangat besar yang akan kemudian mendorong materi- materi ini keluar dalam suatu ledakan supernova.

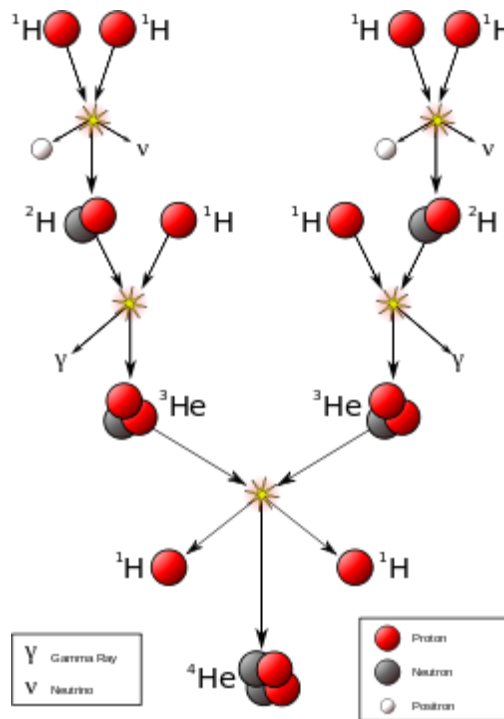
Ketika supernova terjadi, energi yang besar menyebabkan atom-atom yang dilempar bisa menangkap neutron yang (proses neutron capture) sehingga nomor massa atom akan meingkat dan unsur yang lebih berat dapat terbentuk pada saat supernova.

2. Bintang deret utama melawan pengerutan gravitasi dengan tekanan hidrostatik yang akan melawan dengan tekanan suhu.

Tekanan electron degenerasi terdapat pada white dwarf yang merupakan evolusi lanjut dari bintang dan bukan lagi bintang deret utama dimana tekanan yang melawan pengerutan bukan lagi tekanan suhu melainkan tekanan electron yang sudah sangat padat.

3. Penjelasan sama seperti no 1

4. Reaksi fusi hydrogen, proton- proton chain memerlukan 4 inti hydrogen menjadi suatu inti helium untuk menghasilkan energi.



Dan karena memang ada energi yang dihasilkan, dengan persamaan energi Einstein, $E=mc^2$, maka terdapat massa yang diubah menjadi energi sehingga pasti massa total satu inti helium akan lebih sedikit dari massa total 4 inti hydrogen dimana selisih massa tersebut lah yang diubah menjadi energi.

Jawaban yang paling mungkin adalah **D. 4 saja yang benar** karena proses neutron capture bukan merupakan suatu proses yang sering terjadi pada bintang sehingga jawaban yang paling benar hanya 4 saja.

JAWABAN : D

[JL]

Soal Pilihan Ganda Sebab-Akibat

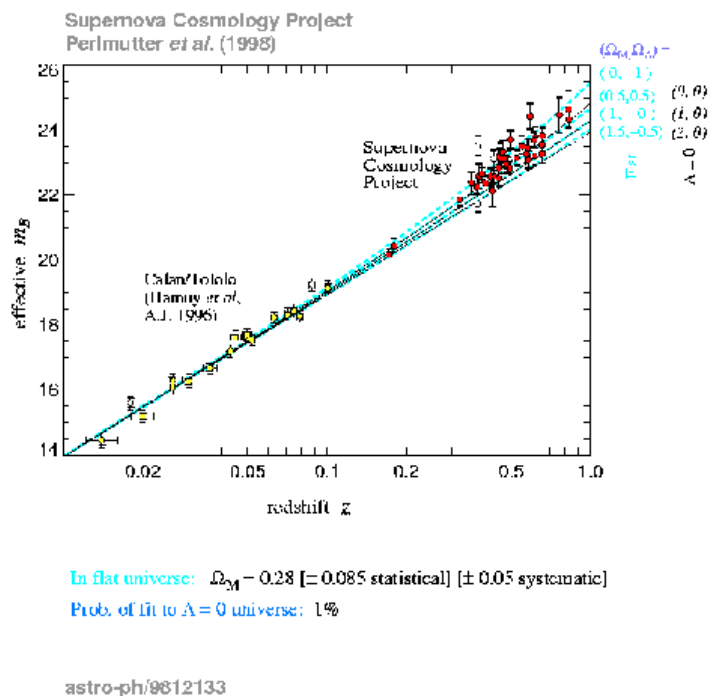
- A. Pernyataan pertama dan kedua benar serta memiliki hubungan sebab-akibat.
 - B. Pernyataan pertama dan kedua benar, tetapi tidak memiliki hubungan sebab-akibat.
 - C. Pernyataan pertama benar, sedangkan pernyataan kedua salah
 - D. Pernyataan pertama salah, sedangkan pernyataan kedua benar
 - E. Kedua pernyataan salah
19. Hasil penelitian astronom pada tahun 1998 tentang energy gelap menunjukkan bahwa alam semesta sekarang sedang mengalami pengembangan yang diperlambat

SEBAB

Gaya gravitasi yang selalu bersifat tarik menarik paling mendominasi dalam skala besar.

SOLUSI:

Pernyataan 1 salah. Peneliti pada tahun 1998 memperoleh plot kecepatan galaksi lain terhadap jarak sebagai berikut:



Dari plot tersebut, kita dapat melihat bahwa kecepatan galaksi bertambah seiring bertambahnya jarak terhadap pengamat. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa alam semesta mengalami percepatan, bukan perlambatan.

Pernyataan 2 salah. Jika gravitasi yang mendominasi, maka alam semesta seharusnya mengalami pengembangan yang diperlambat. Tapi pada kenyataannya, alam semesta mengalami

pengembangan yang dipercepat, sehingga ada suatu energy lain yang lebih mendominasi dibandingkan gravitasi. Energi ini disebut Energi gelap

Jawaban : E

[ITP]

20. Materi antar bintang membuat nilai magnitudo bintang yang kita lihat mengecil.

SEBAB

Partikel materi antar bintang menyerap cahaya bintang yang berada di belakangnya.

SOLUSI:

Materi antar bintang akan mengabsorpsi sebagian radiasi yang melewatinya. Hal ini menyebabkan cahaya benda langit melemah sehingga benda langit akan tampak lebih redup dari seharusnya. Karena bintang mengalami peredupan maka harga magnitudonya akan membesar, bukan mengecil. Ingat, semakin terang suatu benda langit harga magnitudonya semakin kecil. Pernyataan pertama salah.

Dan tentu saja seperti disebutkan di atas, pernyataan kedua benar.

JAWABAN : D

[DW]

Soal Essay

21. Diketahui diameter pupil mata adalah 5 mm. Dengan menggunakan kriteria Rayleigh,
- (a) Hitunglah limit resolusi sudut mata manusia pada panjang gelombang 550 nm.
 - (b) Hitunglah perbandingan jawabanmu ini dengan diameter sudut Bulan dan planet Jupiter (saat oposisi).
 - (c) Jelaskan, apakah mata telanjang kita mampu memisahkan ciri-ciri pada piringan Bulan piringan Jupiter?

SOLUSI:

$$D = 5 \text{ mm}$$

$$\lambda = 550 \text{ nm}$$

$$\text{jari jari bulan } (R_b) = 1738 \text{ km}$$

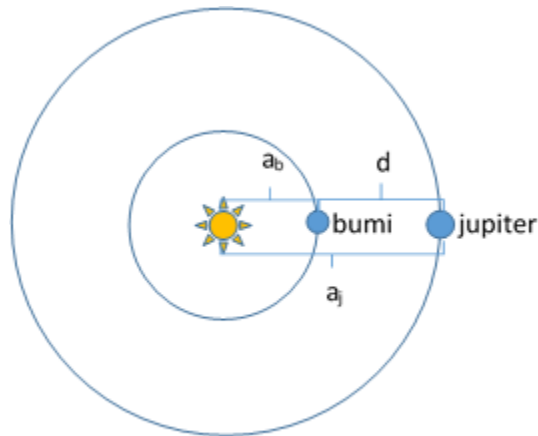
$$\text{jarak bumi bulan } (d_b) = 384399 \text{ km}$$

$$\text{jari jari Jupiter } (R_j) = 71492 \text{ km}$$

$$\text{jarak Jupiter matahari } (a_j) = 778330000 \text{ km}$$

$$\text{jarak bumi matahari } (a_b) = 149600000 \text{ km}$$

- a. Resolusi sudut mata dirumuskan



$$\alpha = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

$$\alpha = 1,22 \frac{550 \times 10^{-6}}{5}$$

$$\alpha = 0,0001342 \text{ rad}$$

$$\alpha = 27,68''$$

- b. Diameter sudut bulan, asumsi orbitnya lingkaran

$$\theta_{\text{bulan}} = \frac{206265 D}{d}$$

$$\theta = \frac{206265 \times 2 \times 1738}{384399}$$

$$\theta = 1865,19''$$

Perbandingan diameter sudut bulan dan resolusi sudut mata

$$\frac{\alpha}{\theta} = \frac{27,68''}{1865,19''} = 0,015$$

Diameter sudut Jupiter, asumsi orbitnya lingkaran

$$\theta_{\text{jupiter}} = \frac{206265 D_j}{a_j - a_b}$$

$$\theta = \frac{206265 \times 2 \times 71492}{778330000 - 149600000} = 46,9''$$

Perbandingan diameter sudut Jupiter dan resolusi sudut mata

$$\frac{\alpha}{\theta} = \frac{27,68''}{46,9''} = 0,59''$$

- c. Tergantung dengan ukuran ciri ciri pada piringan bulan dan Jupiter. Contohnya kawah di bulan. Jika kawah diameter sudutnya lebih kecil dari resolusi mata maka tidak bisa di pisahkan. Jika kawah diameter sudutnya lebih besar dari resolusi mata maka bisa di pisahkan
[RAS]

22. Dari hasil astrofotografi, diketahui ukuran Nebula Kepiting (M1) adalah 6'. Objek tersebut berada pada jarak 100 pc. Dari hasil pengukuran efek Doppler, kecepatan pengembangan nebula diketahui sebesar 1400 km per detik. Anggaplah usia Nebula Kepiting pada waktu tertentu adalah waktu yang diperlukan Nebula Kepiting dari sebuah titik hingga mencapai waktu itu.

- (a) Hitunglah radius linier Nebula Kepiting
 (b) Hitung pula usia Nebula Kepiting

SOLUSI:

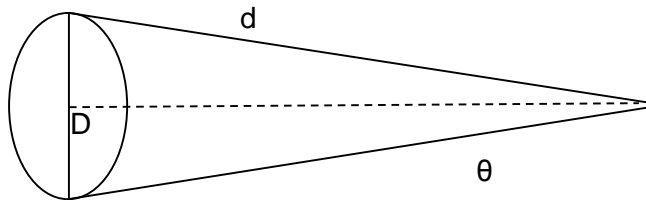
Diketahui :

$$\begin{aligned}\text{Diameter sudut } (\theta) &= 6' \\ \text{Jarak } (d) &= 100 \text{ pc} \\ \text{Kecepatan pengembangan } (v) &= 1400 \text{ km/s}\end{aligned}$$

Jawab :

(hint : use your basic mathematic)

- a) Untuk mengukur radius linier, gunakan phytagoras biasa



Karena $\theta \ll 1$, maka

$$\tan \theta = \frac{D}{d}$$

$$D = d \tan \theta$$

$$D = (100 \text{ pc}) \tan 6'$$

$$D = 0,174 \text{ pc}$$

Karena radius setengah dari diameter, maka radius liniinya adalah 0,087 pc

- b) Dengan asumsi awal bahwa radius awal berupa titik, dapat ditulis secara matematis

$$R_{\text{awal}} = 0$$

$$R = 0,087 \text{ pc}$$

$$v = 1400 \text{ km/s}$$

$$t = \frac{\Delta \text{Jarak}}{\text{Kecepatan}}$$

$$t = \frac{R}{v}$$

$$t = \frac{(0,087 \times 206265 \times 149600000) \text{ km} - 0 \text{ km}}{1400 \text{ km/s}}$$

$$t = 1,9 \times 10^9 \text{ s}$$

$$t = 60,95 \text{ tahun}$$

[NAK]

23. Sebuah teleskop digunakan untuk melihat Bulan yang memiliki diameter sudut 30 menit busur. Medan pandang teleskop sama dengan diameter sudut Bulan dan teleskop tidak dilengkapi motor. Dalam waktu berapa lamakah Bulan sepenuhnya akan hilang dari medan pandang teleskop?

SOLUSI:

✚ Berapa lama waktu Bulan hingga hilang dari teleskop?

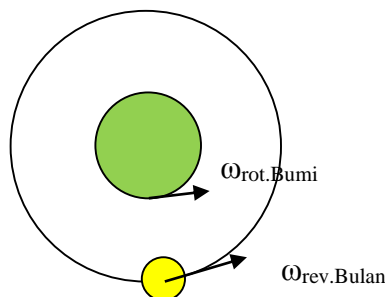
✚ Data:

- Diameter sudut Bulan (α) = FOV_{teleskop} = 30' = 0,5 deg
- Periode, $P_{\text{sideris Bulan}}$ = 27,3 hari.
- Protasi Bumi = 23^h 56^m 4^s

✚ Solusi:

Kita tahu bahwa benda-benda langit bergerak relatif terhadap kita, terutama dikarenakan oleh gerak rotasi Bumi sehingga kita melihat benda-benda langit terbit dan terbenam. Namun, untuk benda-benda yang relatif dekat dengan Bumi (seperti anggota tata surya), kita perlu mengoreksi gerak benda-benda tsb dengan gerak dirinya (revolusi, dsb).

Asumsikan orbit Bulan mengelilingi Bumi adalah lingkaran, deklinasi Bulan 0 deg.



$$\omega_{\text{rotBumi}} = \frac{360^\circ}{(23 \times 3600) + (56 \times 60) + 4} = 0,004178^\circ/\text{s}$$

$$\omega_{\text{revBulan}} = \frac{360^\circ}{(27,3 \times 24 \times 3600)} = 0,000153^\circ/\text{s}$$

$$\omega_{relatif} = \omega_{rotBumi} - \omega_{revBulan} = 0,004025^{\circ}/s$$

Waktu Bulan menempuh FOV,

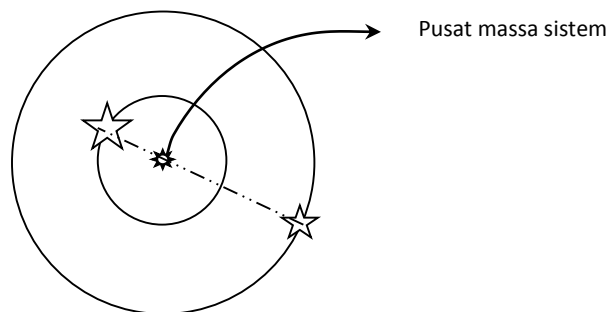
$$t = \frac{FOV}{\omega_{relatif}} = \frac{0,5^{\circ}}{0,004025^{\circ}/s} = 124,2 s \approx 2 \text{ menit}$$

[MMF]

24. Analisis spectrum bintang ganda spektroskopik bergaris ganda yang juga merupakan bintang ganda gerhana dengan periode orbit $P = 8,6$ tahun menunjukkan pergeseran Doppler maksimum dari garis Balmer hydrogen H_{α} (656,281 nm), untuk komponen sekunder adalah $\lambda_s = 0,072$ nm dan untuk komponen primer $\lambda_p = 0,0068$ nm. Adapun bentuk kurva kecepatan radialnya adalah sinusoidal. Hitunglah setengah sumbu panjang system bintang ganda ini dinyatakan dalam satuan astronomi (au)!

Solusi :

Telah kita ketahui bahwa bintang ganda memiliki periode orbit yang sama. Kita asumsikan bahwa orbit dari kedua bintang dalam sistem tersebut memiliki orbit lingkaran.



Karena disebutkan bahwa bintang ganda ini adalah bintang ganda visual, maka kita bisa menentukan kecepatan orbitnya melalui perubahan panjang gelombangnya

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{V_r}{c}; \lambda_0 = \text{panjang gelombang diam}$$

; V_r = kecepatan radial (kecepatan searah pandangan mata)

Kita tentukan kecepatan radial masing masing bintang, sebut saja v_1 sebagai kecepatan bintang primer dan v_2 sebagai kecepatan bintang sekunder.

$$v_1 = 3,108 \text{ km/s}; v_2 = 32,912 \text{ km/s}$$

Dan karena periodenya sama, maka kita bisa menentukan jarak masing-masing bintang ke pusat massa nya. Sebut saja a_1 sebagai jarak bintang primer ke pusat massa dan a_2 sebagai jarak bintang sekunder ke pusat massa

$$Vr = \frac{2\pi a}{T}; a = \text{jarak bintang ke pusat massa dan } T = \text{periode orbit}$$

$$a_1 = 0,895 \text{ AU}$$

$$a_2 = 9,48 \text{ AU}$$

Pada bintang ganda setengah sumbu panjang bintang primer dan setengah sumbu panjang bintang sekunder bila dijumlahkan akan menjadi setengah sumbu panjang sistem bintang ganda itu sendiri.

$$a_{\text{sistem}} = a_1 + a_2$$

$$a_{\text{sistem}} = 10,375$$

[HAI]

25. Perhatikanlah sebuah teropong yang menemukan protogalaksi pada *redshift* $z = 12$. Misalkan teropong yang memiliki Yale University di Kitt Peak berdiameter 3,5 meter (optikal). Cahaya dari protogalaksi memuat H_α (semacam *tracer* dari laju pembentukan bintang). Panjang gelombang yang tertinggal dari H_α adalah 0,656 mikron di bagian optikal merah pada spektrumnya.
- Untuk protogalaksi ini, berapakah panjang gelombang H_α yang teramati?
 - Jika teropong mampu mengamati gelombang dalam rentang 0,3-2,2 mikron, dapatkan sebuah teropong inframerah-optikal di permukaan Bumi (semacam teropong yang disebutkan dalam soal) mengamati garis H_α ?
 - Carilah kecepatan rata-rata dari materi yang berkaitan dengan $z = 12$. Di sini diambil asumsi bahwa dalam alam semesta saat (hari) ini memiliki kerapatan materi sebesar $2,4 \times 10^{-27} \text{ kg m}^{-3}$.

SOLUSI:

- a) Dari definisi redshift

$$z = \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{emit}}}{\lambda_{\text{emit}}}$$

$$z \lambda_{\text{emit}} = \lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{emit}}$$

$$\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{emit}}(z + 1) = 8,528 \text{ mikron}$$

- Tidak, karena panjang gelombang H_α yang teramati adalah 8,528 mikron, diluar rentang kemampuan teleskop
- Hubungan redshift dan factor skala, a

$$z + 1 = \frac{1}{a_t}$$

Dan hubungan faktor skala dengan kerapatan materi alam semesta

$$\rho \propto \frac{1}{a^3}$$

Maka

$$\left(\frac{a_t}{a_0}\right)^3 = \frac{\rho_0}{\rho_t}$$

$$\left(\frac{1/z + 1}{a_0}\right)^3 = \frac{\rho_0}{\rho_t}$$

Karena $a_0 = 1$, maka

$$\left(\frac{1}{1+z}\right)^3 = \frac{\rho_0}{\rho_t}$$

$$\rho_t = \rho_0(1+z)^3 = 5,27 \times 10^{-24} \text{ kg m}^{-3}$$

[MAS]

26. Salah satu metode penentuan jarak galaksi spiral adalah relasi Tully-Fisher yakni luminositas sebanding dengan kecepatan rotasi maksimum pangkat empat. Diamati sebuah galaksi spiral A (yang mirip dengan Bimasakti) dengan radius 30 kpc dan memiliki 200 milyar bintang serupa Matahari. Diperoleh magnitudo galaksi tersebut adalah $m_B = 11$ dan kecepatan rotasi maksimum sebesar 250 km/detik. Jika kecepatan rotasi maksimum Bimasakti sebesar 220 km/detik, maka

- Berapakah jarak galaksi A tersebut?
- Berapakah diameter sudut galak A tersebut?
- Taksirlah berapa magnitudo Bimasakti jika dilihat dari galaksi A!

SOLUSI:

- Besar Luminositas galaksi spiral A

$$L = 200 \times 10^9 L_{\odot}$$

Dengan rumus pogson, cari magnitudo mutlak galaksi dengan membandingkan dengan magnitudo mutlak biru matahari (dari daftar konstanta)

$$M_{\odot} = 5,48$$

$$M - M_{\odot} = -2,5 \log \left(\frac{200 \times 10^9 L_{\odot}}{L_{\odot}} \right)$$

$$M = -22,77$$

Lalu, gunakan modulus jarak, dengan asumsi tidak ada materi antar bintang + galaksi

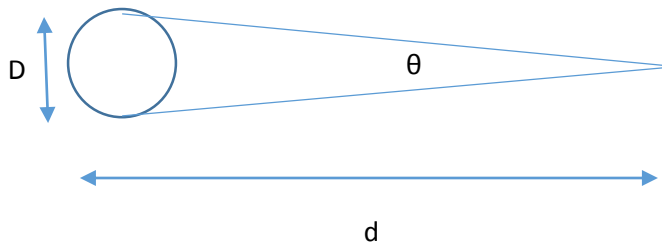
$$m - M = -5 + 5 \log d$$

$$d = 10^{\frac{m-M+5}{5}} = 56,82 \text{ Mpc}$$

- Dengan trigonometri sederhana untuk sudut kecil

$$\frac{D}{d} = \sin \theta$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{D}{d} = 1,32'$$



c) Dengan hubungan tully-fisher, Luminositas sebanding kecepatan rotasi maksimum pangkat empat. Cari luminositas galaksi bima sakti

$$\frac{L_{bima}}{L} = \left(\frac{v_{bima}}{v} \right)^4$$

$$L_{bima} = \left(\frac{220}{250} \right)^4 \times 200 \times 10^9 L_{\odot} = 1,199 \times 10^{11} L_{\odot}$$

Cari magnitudo mutlaknya dengan cara yang sama

$$M_{bima} - M_{\odot} = -2,5 \log \left(\frac{1,199 \times 10^{11} L_{\odot}}{L_{\odot}} \right)$$

$$M = -22,217$$

Jarak bimasakti ke galaksi tersebut

$$d = 56,82 \text{ Mpc}$$

Dengan modulus jarak

$$m_{bima} - M_{bima} = -5 + 5 \log d$$

$$m_{bima} = M_{bima} - 5 + 5 \log d = 11,55$$

[MAS]

27. Pada suatu saat, okultasi planet Jupiter oleh Bulan terjadi pada pukul 21:00 ketika ketinggian Jupiter 45° di atas horison timur. Seorang pengamat di kota A tidak dapat melihat Jupiter tertutup penuh oleh Bulan di saat puncak okultasi. Melalui teropong, ia hanya melihat lingkaran Bulan bersinggungan luar dengan Jupiter. Sementara itu, pengamat di kota B melihat Jupiter tertutup penuh oleh piringan Bulan. Namun dalam waktu yang sangat singkat, Jupiter muncul kembali.

- (a) Gambarkanlah geometri dari peristiwa itu!
 (b) Berapakah jarak antara kota A dan kota B?

SOLUSI:

Pada pukul 21.00 Jupiter berada pada altitude 45° dari horizon timur. Sehingga kita harus menghitung perkiraan kasar jarak Jupiter dari bumi menggunakan sudut elongasi.

Dengan asumsi kedua objek (matahari dan Jupiter) berada di pada satu bidang dan equation of time pada saat pengamatan adalah 0^m dan juga refraksi atmosfer dapat diabaikan. Maka elongasi Jupiter pada saat itu adalah :

$$HA_{\text{sun}} = 9^h = 135^\circ$$

$$HA_{\text{Jupiter}} = -45^\circ$$

Saat pukul 21.00, HA_{matahari} adalah

$$H_{\text{matahari}} = 21-12 = 9^h = 135^\circ$$

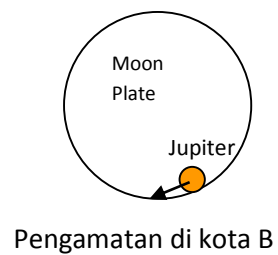
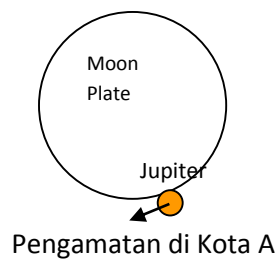
Maka sudut elongasi Jupiter (Matahari-Bumi-Jupiter) adalah

$$\Delta HA = 180^\circ$$

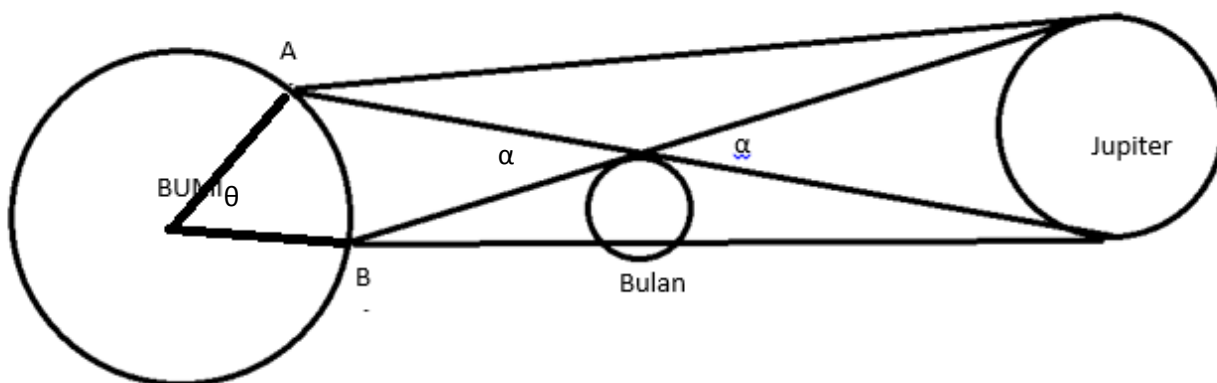
HA = Hour Angle = Sudut Jam (diukur dari meridian pengamat)

Maka dari itu dapat kita pastikan bahwa pada saat pengamatan, Jupiter sedang berada pada fase oposisi.

a.) Citra pengamatan oleh masing-masing pengamat di kedua kota :



Dan, susunan Bumi-Bulan-Jupiter



Sudut α adalah diameter sudut Jupiter dilihat dari Bulan. Karena jarak Bulan-Jupiter sangat mendekati jarak Bumi-Jupiter, maka besar sudut α sangat mendekati diameter sudut Jupiter dilihat dari Bumi

Dari daftar konstanta, didapatkan jarak Jupiter (d_j) (untuk oposisi = selisih jarak Jupiter-matahari dengan matahari-bumi), dan diameter linear Jupiter D_j , sehingga bisa didapatkan diameter sudut Jupiter (α).

$$d_j = (778330 - 149600) \times 10^3 \text{ km}$$

$$D_j = 2 \times 71492 \text{ km}$$

Maka,

$$\tan \alpha = \frac{D_j}{d_j} = \frac{71492 \times 2}{628730 \times 10^3}$$

$$\alpha = 46.91''$$

Jarak permukaan bumi-bulan mendekati jarak pusat bumi-bulan. Karena jarak bulan yang jauh, maka bisa dianggap segitiga AB-Bulan dan AB-Pusat bumi sama kaki. Dengan hukum kosinus, jarak linier kota AB bisa dicari dengan dua segitiga ini

Jika x adalah jarak bumi-bulan

$$x = 384399 \text{ km}$$

$$R_{\oplus} = 6378 \text{ km}$$

maka

$$AB^2 = AB^2$$

$$R_{\oplus}^2 + R_{\oplus}^2 - 2R_{\oplus}R_{\oplus} \cos \theta = x^2 + x^2 - 2xx \cos \alpha$$

$$2R_{\oplus}^2(1 - \cos \theta) = 2x^2(1 - \cos \alpha)$$

$$\cos \theta = 1 - \frac{x^2}{R_{\oplus}^2}(1 - \cos \alpha) = 0,999906061$$

$$\theta = 0,785^\circ$$

Jadi, jarak kota A dan B

$$\widehat{AB} = \frac{\theta}{360} \times 2\pi R_{\oplus} = 87,42 \text{ km}$$

[MRR]