

Solusi Olimpiade Astronomi Tingkat Provinsi 2009

Typed and Solved by Mariano N.

Mohon saya dikontak jika ada yang perlu direvisi

mariano.nathanael@gmail.com<http://soal-olim-astro.blogspot.com>

1. Pilih mana yang BENAR

Tahun 2009 dideklarasikan sebagai Tahun Astronomi Internasional (International Year of Astronomy) oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa. Dasarnya adalah :

- Dibangunnya observatorium terbesar di dunia
- Terjadi banyak fenomena langit yang menarik
- Peringatan 400 tahun Galileo menemukan 4 bulan dari planet Jupiter dengan menggunakan teleskopnya
- Peringatan 400 tahun lahirnya Copernicus
- Peringatan 40 tahun untuk pertama kalinya manusia mendarat di Bulan

JAWAB : C

2. Bulan yang berdiameter sudut 30 menit busur dipotret dengan sebuah teleskop berdiameter 5,0 cm ($f/D=10$). Untuk memotret Bulan tersebut, teleskop dilengkapi dengan kamera digital yang bidang pencitraannya berukuran 0,6 cm x 0,5 cm. Dari hasil pemotretan ini maka.

- Seluruh piringan Bulan dapat dipotret
- Hanya sebagian piringan Bulan
- Hanya seperempat bagian Bulan yang dapat dipotret
- Seluruh piringan Bulan tidak bisa dipotret
- Jawaban tidak ada yang benar

JAWAB : A

Besar bayangan yang muncul di pelat potret (tidak melalui lensa okuler) hanyalah bergantung pada panjang fokus lensa objektif saja, disebut skala bayangan dengan rumus :

$$\text{Skala Bayangan} = \frac{206265}{f_{ob}}$$

Dimana f_{ob} dalam mm dan satuan dari skala bayangan adalah "/mm. Jadi jika skala bayangan adalah 1, maka artinya setiap diameter sudut 1" di langit akan muncul sebesar 1 mm di pelat potret.

Untuk soal di atas, panjang fokus obyektif adalah :

$$f_{ob} = D_{ob} \times \frac{f}{D} = 5 \times 10 = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Skala Bayangan} = \frac{206265}{500} = 412,53 \text{ "/mm}$$

Karena diameter sudut bulan $30' = 1800''$, maka besar bayangan bulan di pelat potret adalah :

$$\text{Besarnya Bayangan Bulan} = \frac{1800}{412,53} = 4,363 \text{ mm} = 0,44 \text{ cm}$$

Besarnya bayangan bulan (diameter bulan = 0,44 cm) dibandingkan dengan pelat potret yang berukuran 0,6 cm x 0,5 cm tentu saja seluruh bulan dapat masuk ke dalam pelat potret.

3. Untuk mengamati bintang ganda yang jaraknya saling berdekatan, sebaiknya menggunakan teleskop
- Diameter okuler besar
 - Diameter obyektif yang besar
 - Panjang fokus kecil
 - Hanya bekerja dalam cahaya merah
 - Diameter obyektif kecil

JAWAB : B

Untuk melihat bintang ganda dengan jarak yang berdekatan diperlukan teleskop dengan daya pisah yang kecil. Prinsipnya adalah semakin kecil daya pisah, maka semakin baik teleskop itu memisahkan dua benda yang sangat berdekatan. Misalnya daya pisah sebuah teleskop adalah 2", artinya teleskop tersebut bisa melihat dua benda yang jarak pisahnya minimal 2", jika ada dua benda dengan jarak pisah lebih kecil, misalnya 1", maka teleskop tersebut hanya melihat satu benda saja dan bukan dua.

Rumus daya pisah teleskop (menurut kriteria Rayleigh) :

$$\alpha (") = \frac{140}{D (mm)}$$

Maka daya pisah hanyalah ditentukan oleh Diameter Obyektif dari teleskop saja. Semakin besar Diameter Obyektif maka semakin baik (semakin kecil) daya pisah teleskop tersebut.

4. Tanggal 9 September 1909 berkesesuaian dengan tanggal Julian 2418558, sedangkan tanggal 9 September 2009 berkesesuaian dengan tanggal Julian

- a. 2455080
- b. 2455082
- c. 2455083
- d. 2455084
- e. 2455085

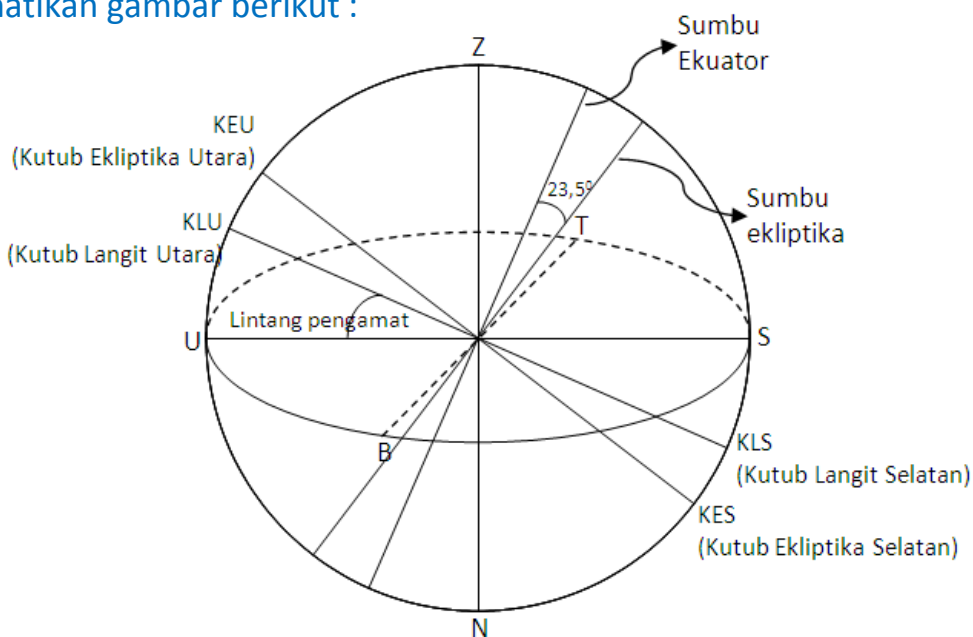
JAWAB : C

- Perubahan kalender Julian menjadi Gregorian (oleh Paus Gregorius XIII di tahun 1582) menjadi kesulitan tersendiri bagi para astronom untuk membandingkan 2 peristiwa astronomi yang terpisah dalam jangka waktu yang panjang karena ada waktu yang dihilangkan (10 hari)
- Untuk itu Joseph Justus Scaliger (1540-1609 M) seorang ilmuwan Prancis pada tahun 1582 mengembangkan sistem penanggalan yang disebut Julian Date (Hari Julian - menghormati ayahnya : Julius Caesar Scaliger - seorang naturalis), yaitu jumlah hari yang dihitung dari tanggal 1 Januari 4713 SM (tahun astronomis = - 4712) jam 12.00 UT (Hari Senin). → Disingkat JD.
- JD 0 = 1 Jan 4713 SM pukul 12.00 UT Hari Senin (tahun astronomis = - 4712)
- JD 1 = 2 Jan 4713 SM pukul 12.00 UT Hari Selasa
- JD 1,5 = 2 Jan 4713 SM pukul 24.00 (Selasa) atau 3 Jan 4712 SM pukul 00.00 UT (Rabu)
- JD 2418558 = 9 September 1909 pukul 12.00 UT (Artinya 2.418.558 hari setelah 1 Jan 4713 SM)
- Kembali ke soal, dasar perhitungan Julian Date adalah selisih hari, jadi :
Harus dihitung selisih hari dari tanggal 9 Sept 1909 ke tanggal 9 September 2009, yaitu :
 - ⇒ Selisih tahun = 2009 - 1909 = 100 tahun x 365 = 36.500 hari
 - ⇒ Tahun-tahun yang habis di bagi 4 adalah : 1912, 1916, ..., 2008, semuanya ada 25 tahun
 - ⇒ Tahun abad (tahun yang habis dibagi 100) hanya ada 1 yaitu tahun 2000, tetapi karena tahun abad tersebut habis dibagi 400 artinya tahun 2000 adalah tahun kabisat (tahun abad yang tidak habis dibagi 400 bukan tahun kabisat - disebut tahun basit)
 - ⇒ Jadi total ada 25 tahun kabisat artinya jumlah hari bertambah sebanyak 25 hari, maka selisih hari total adalah : 36500 + 25 = 36.525 hari.
 - ⇒ Jadi JD pada tanggal 9 September 2009 adalah : 2.418.558 + 36.525 = 2455083 JD

5. Ekliptika membentuk sudut $23^{\circ},5$ dengan ekuator langit. Maka deklinasi kutub utara Ekliptika adalah
- $23^{\circ},5$
 - $-23^{\circ},5$
 - 0°
 - 45°
 - $66^{\circ},5$

JAWAB : E

⇒ Perhatikan gambar berikut :



Langkah-langkah untuk menggambar bola langit :

- 1) Gambar dulu bola langit dasar : Lingkaran meridian (U-Z-S-N), lingkaran horizon (U-T-S-B), garis U-S dan garis Z-N.
 - 2) Gambar garis sumbu kutub langit (KLU-KLS) dengan sudut terhadap U-S sama dengan lintang pengamat. Jika pengamat di lintang utara, maka KLU di atas titik utara, demikian sebaliknya. Pada gambar di atas diandaikan bahwa pengamat ada di lintang utara.
 - 3) Gambar sumbu ekuator langit (E-Q), tegak lurus terhadap sumbu kutub langit.
 - 4) Gambar sumbu ekliptika dengan sudut $23,5^{\circ}$ (tepatnya $23,45^{\circ}$) terhadap sumbu ekuator langit, karena matahari hanya maksimum sejauh $23,5^{\circ}$ dari ekuator. Sumbu ekliptika bisa digambar 'di atas' sumbu ekuator atau 'di bawah' sumbu ekuator.
 - 5) Gambar sumbu ekliptika langit tegak lurus terhadap sumbu ekliptika
- ⇒ Perhitungan deklinasi adalah sudut terhadap ekuator langit, jadi deklinasi KEU adalah sudutnya dengan sumbu ekuator
- ⇒ Perhatikan gambar baik-baik, maka sudutnya adalah : $90^{\circ} - 23,5^{\circ} = 66,5^{\circ}$

6. Bila tanggal 1 Januari 2009 di Greenwich jam 06:00 UT (Universal Time) bertepatan dengan hari Kamis, maka tanggal 1 Januari 2016 di Jakarta jam 08.00 WIB (WIB = UT + 7 jam) bertepatan dengan hari
- Hari Jum'at
 - Hari Senin
 - Hari Sabtu
 - Hari Ahad/Minggu
 - Hari Kamis

JAWAB : A

- ⇒ Untuk mencari hari dapat menerapkan metode Julian Date (lihat pembahasan soal no. 4).
- ⇒ Prinsipnya adalah : Selisih hari dibagi 7 (jumlah hari dalam satu minggu), yang dicari adalah sisanya ada berapa hari? Lalu sisanya dijumlahkan pada hari patokan JD awal.
- ⇒ Contoh : JD awal jatuh pada hari Rabu, sisa hari setelah proses perhitungan 4, maka 4 hari setelah Rabu yaitu hari Minggu.
- ⇒ Kembali ke soal, cari selisih hari dari 1 Januari 2009 sampai 1 Januari 2016, yaitu :
 - Selisih tahun : $2016 - 2009 = 7 \text{ tahun} \times 365 = 2555 \text{ hari}$
 - Jumlah tahun kabisat : 1 (tahun 2012)
 - Selisih hari total : $2555 + 1 = 2556 \text{ hari}$
 - Jam 06.00 UT hari Kamis, jadi di Jakarta yang selisih 7 jam di depan UT pukul $06.00 + 7 = 13.00 \text{ WIB}$ (Hari yang sama)
 - Kalau di Jakarta pukul 08.00 WIB, maka waktu UT pukul $08.00 - 7 = 01.00 \text{ UT}$, masih di hari yang sama (Jakarta dan Greenwich)
 - Jadi : $2556 : 7 = \text{bersisa } 1 \text{ hari}$, maka tanggal 1 Januari 2016 di Jakarta pukul 08.00 WIB (dan di Greenwich pukul 01.00 UT) adalah 1 hari setelah hari Kamis (acuan awal), atau hari Jumat !

7. Manakah yang merupakan alasan 1 hari matahari lebih panjang dari satu hari sideris?
- Presesi sumbu rotasi Bumi
 - Kemiringan sumbu rotasi Bumi
 - Orbit Bumi yang mengelilingi Matahari yang lonjong

- d. Perpaduan efek rotasi Bumi dan orbit Bumi mengelilingi Matahari
 e. 1 tahun Bumi bukan merupakan perkalian bilangan bulat dari hari Bumi

JAWAB : D

- Satu hari Matahari Sejati (*Apparent Solar Time*) → periode waktu saat Matahari yang sebenarnya (*True Sun*) melintasi meridian dua kali (Matahari di meridian dan besoknya kembali di meridian). Nilai pendekatan untuk satu hari Matahari Sejati adalah sekitar 24 jam. Tidak tepat 24 jam karena lintasan Bumi yang berbentuk elips sehingga kecepatan orbit Bumi yang berubah tiap saat dan juga karena kemiringan sumbu orbit Bumi terhadap ekliptika.
- Satu hari Bintang (*Siderial Day*) → Adalah periode waktu yang berdasarkan rotasi Bumi diukur relatif terhadap bintang tetap. Lamanya rata-rata = 23j 56m 4,090530833s.
- Suatu bintang tepat di meridian dan besoknya kembali tepat di meridian disebut satu hari sideris (bukan 24 jam hari Matahari!). Gambar di samping memperlihatkan perbedaan antara hari Matahari dan hari bintang
- Jadi, satu hari Matahari dipengaruhi oleh rotasi Bumi, revolusi Bumi, juga kemiringan ekliptika terhadap ekuator Bumi, sedangkan satu hari bintang hanya dipengaruhi oleh rotasi Bumi saja.

8. Teleskop ruang angkasa Hubble mengedari Bumi pada ketinggian 800 km, kecepatan melingkar Hubble adalah
- a. 26.820 km/jam
 - b. 26.830 km/jam
 - c. 26.840 km/jam
 - d. 26.850 km/jam
 - e. 26.860 km/jam

JAWAB : D

Kecepatan melingkar adalah kecepatan orbit, dengan rumus :

$$v_{orb} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

Dengan data yang ada : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$, $M_{\text{bumi}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$, $R_{\text{bumi}} = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$, ketinggian $h = 800 \text{ km} = 8 \times 10^5 \text{ m}$, sehingga $r = R_{\text{bumi}} + h = 6,37 \times 10^6 + 8 \times 10^5 = 7,17 \times 10^6 \text{ m}$. Masukkan ke dalam rumus kecepatan orbit, diperoleh :

$$v_{orb} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{7,17 \cdot 10^6}} = 7458,54 \text{ m/s} = 26850,75 \text{ km/s}$$

Catatan : $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/jam}$

9. Bianca adalah bulannya Uranus yang mempunyai orbit berupa lingkaran dengan radius orbitnya $5,92 \times 10^4 \text{ km}$, dan periode orbitnya 0,435 hari. Tentukanlah kecepatan orbit Bianca.

- a. $9,89 \times 10^2 \text{ m/s}$
- b. $9,89 \times 10^3 \text{ m/s}$
- c. $9,89 \times 10^4 \text{ m/s}$
- d. $9,89 \times 10^5 \text{ m/s}$
- e. $9,89 \times 10^6 \text{ m/s}$

JAWAB : C

Rumus kecepatan orbit yang lain :

$$v_{orb} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

Dengan data yang ada : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$, radius orbit $r = 5,92 \times 10^4 \text{ km} = 5,92 \times 10^7 \text{ m}$, Periode $T = 0,435 \text{ hari} = 37.584 \text{ s}$. Masukkan ke dalam rumus kecepatan orbit, diperoleh :

$$v_{orb} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5,92 \cdot 10^7}{37584} = 9896,886 \text{ m/s}$$

10. Sebuah planet baru muncul di langit. Dari hasil pengamatan diperoleh bahwa planet tersebut berada dekat Matahari dengan elongasi sebesar 130 derajat. Berdasarkan data ini dapat disimpulkan bahwa

- a. Planet tersebut lebih dekat ke Matahari daripada planet Merkurius
- b. Planet tersebut berada antara planet Merkurius dan Venus
- c. Planet tersebut berada antara planet Venus dan Bumi
- d. Kita tidak bisa mengetahui kedudukan planet tersebut
- e. Planet tersebut adalah planet luar

JAWAB : E

- ⇒ Sudut elongasi adalah sudut yang dibentuk oleh Matahari dan planet di lihat dari Bumi. Di langit terlihat sebagai jarak sudut antara planet dan Matahari.
- ⇒ Planet yang ada di antara Bumi dan Matahari (planet inferior) akan memiliki sudut elongasi dari 0° sampai lebih kecil dari 90° , sedangkan planet superior memiliki sudut elongasi dari 0° sampai 180° .
- ⇒ Karena planet di soal memiliki sudut elongasi sebesar 130° , maka bisa dipastikan planet tersebut adalah planet luar.

11. Energi Matahari yang diterima oleh planet Saturnus persatuan waktu persatuan luas (Fluks) adalah 13 W per m². Apabila jejari Saturnus 9 kali jejari Bumi, dan jika albedo Saturnus 0,47 dan albedo Bumi 0,39, maka perbandingan luminositas Bumi terhadap luminositas Saturnus $\frac{L_B}{L_S}$ adalah

- a. 1,02
- b. 1,52
- c. 2,02
- d. 2,52
- e. 3,02

JAWAB : A

- ⇒ Luminositas planet adalah besarnya energi Matahari yang sampai ke planet (disebut fluks Matahari) dan dipantulkan oleh seluruh permukaan planet (yang berbentuk lingkaran - bukan bola) ditambah energi dari planet itu sendiri yang dapat muncul karena planet (pada planet gas) mengalami pengerutan gravitasi (pada soal seperti ini kontraksi gravitasi diabaikan)
- ⇒ Albedo adalah perbandingan energi yang dipancarkan planet (luminositas Planet) dan energi dari matahari yang diterima planet

$$\text{Albedo} = \frac{\text{Energi yang dipancarkan planet (Fluks Planet)}}{\text{Energi matahari yang diterima planet (Fluks } \odot)}$$

- ⇒ Rumus Luminositas Planet adalah :

$$L_{\text{planet}} = \text{Fluks planet} \times \text{Luas lingkaran planet}$$

$$L_{\text{planet}} = \text{Albedo} \times \text{fluks } \odot \times \pi R^2$$

- ⇒ Jika dibandingkan Luminositas Bumi dan Saturnus, maka rumus tsb menjadi :

$$\frac{L_{\text{bumi}}}{L_{\text{saturnus}}} = \frac{(\text{Albedo} \times \text{fluks } \odot \times R^2)_{\text{bumi}}}{(\text{Albedo} \times \text{fluks } \odot \times R^2)_{\text{saturnus}}}$$

⇒ Karena fluks \odot yang diterima Bumi disebut konstanta Matahari, yang besarnya adalah 1368 W, masukkan bersama nilai-nilai yang lain, diperoleh :

$$\frac{L_{bumi}}{L_{saturnus}} = \frac{(0,39 \times 1386 \times R^2)_{bumi}}{(0,47 \times 13 \times (9R)^2)_{saturnus}} = 1,09 \text{ kali}$$

Catatan : Jika menggunakan konstanta Matahari = 1300 W, maka diperoleh jawaban 1,02

12. Apabila Bumi mengkerut sedangkan massanya tetap, sehingga jearinya menjadi 0,25 dari jejari yang sekarang, maka diperlukan kecepatan lepas yang lebih besar, yaitu

- 2 kali daripada kecepatan lepas sekarang
- 1,5 kali daripada kecepatan lepas sekarang
- Sama seperti sekarang
- Sepertiga kali daripada kecepatan lepas sekarang
- Sepersembilan kali daripada kecepatan lepas sekarang

JAWAB : A

⇒ Rumus kecepatan lepas :

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

Jika dibandingkan 2 kasus dengan massa yang tetap diperoleh :

$$\frac{v_{esc 2}}{v_{esc 1}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

⇒ Masukkan nilai-nilai yang diketahui, maka diperoleh :

$$\frac{v_{esc 2}}{v_{esc 1}} = \sqrt{\frac{R_1}{0,25R_1}}$$

$$v_{esc 2} = 2 \times v_{esc 1}$$

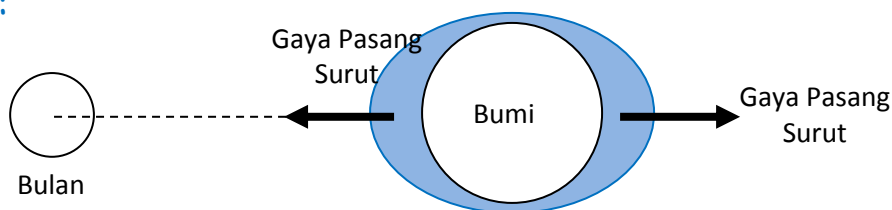
13. Komet Shoemaker-Levy sebelum menumbuk Jupiter dekade yang lalu, terlebih dahulu pecah menjadi 9 potong. Sebab utama terjadinya peristiwa ini adalah

- Pemanasan matahari pada komet tersebut

- b. Gaya pasang surut Jupiter
- c. Gaya pasang surut Bulan
- d. Gangguan gravitasi Matahari
- e. Friksi dengan gas antar planet

JAWAB : B

Gaya pasang surut adalah gaya yang bekerja 'saling menarik' di kedua ujung dari sebuah objek dikarenakan pengaruh gravitasi dari sebuah objek lain. Gaya ini dihasilkan dari perbedaan gaya tarik gravitasi di pusat objek. Contoh gaya ini adalah peristiwa pasang surut di Bumi yang dihasilkan karena gravitasi bulan. Air yang ada di kedua ujung Bumi seolah-olah ditarik dalam arah yang berlawanan. Lihat gambar :



Jika gaya pasang surut ini cukup besar dan bekerja pada objek yang tidak masif (mis: komet), maka objek tersebut dapat terpecah-pecah, dan inilah yang terjadi pada komet Shoemaker Levy 9 yang pecah oleh gaya pasang surut dari planet Jupiter di tahun 1994 dan akhirnya menabrak planet Jupiter

14. Panjang waktu siang akan sama di semua tempat di Bumi pada waktu Matahari ada di
- a. Titik garis balik utara
 - b. Ekuinok musim semi
 - c. Ekuinok musim dingin
 - d. Jawaban a dan b betul
 - e. Jawaban a dan c betul

JAWAB : B

Panjang siang dan malam yang sama panjangnya di semua tempat di muka bumi hanya bisa terjadi 2 kali dalam setahun, yaitu pada saat Matahari tepat berada di atas ekuator bumi, yaitu di tanggal 21 Maret (disebut vernal ekuinoks atau titik musim semi) dan tanggal 23 September (disebut autumnal ekuinoks atau titik musim gugur).

Bagi pengamat yang berada tepat di ekuator Bumi, panjang siang dan malam selalu sama di setiap waktu sepanjang tahun.

15. Kemanakah arah vektor momentum sudut revolusi Bumi?
- Kutub langit utara
 - Kutub langit selatan
 - Searah khatulistiwa
 - Titik musim semi (vernal equinox)
 - Rasi Draco

JAWAB : E

Bumi berevolusi pada arah bidang ekliptika dengan arah putaran searah dengan jarum jam jika dilihat dari arah kutub utara matahari. Ini menghasilkan vektor momentum sudut yang ke arah utara matahari.

Arah vektor momentum sudut dapat dicari dengan metode tangan kanan yang dikepalkan dan ibu jari menunjuk ke atas. Arah keempat jari yang memutar adalah arah putaran benda dan arah ibu jari yang ke atas adalah arah momentum sudut.

Vektor momentum sudut ini arahnya tegak lurus terhadap ekliptika ke arah utara. Karena deklinasi kutub utara ekliptika adalah $+66,5^\circ$ (lihat pembahasan no. 5), maka arah vektor momentum sudut berarah ke langit dengan deklinasi $+66,5^\circ$ yang merupakan daerah dari rasi Draco, Cassiopeia, Chepeus, Ursa Mayor atau Camelodarpalis.

Yang pasti bukan salah satu dari option a sampai d.

16. Dengan menggabungkan hukum Newton dan hukum Kepler, kita dapat menentukan massa Matahari, asalkan kita tahu:
- Massa dan keliling Bumi
 - Temperatur Matahari yang diperoleh dari Hukum Wien
 - Densitas Matahari yang diperoleh dari spektroskopi
 - Jarak Bumi-Matahari dan lama waktu Bumi mengelilingi Matahari
 - Waktu eksak transit Venus dan diameter Venus

JAWAB : D

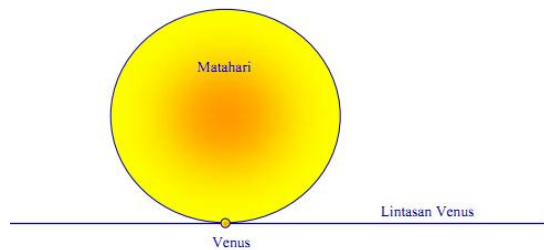
Hukum Kepler III yang telah disempurnakan oleh Hukum Gravitasi Newton bagi planet-planet di Tata Surya adalah :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G.M \odot}$$

Jadi, untuk mengetahui massa matahari, yang perlu diketahui hanyalah periode Bumi mengelilingi Matahari (T) dan jarak Bumi-Matahari (a)

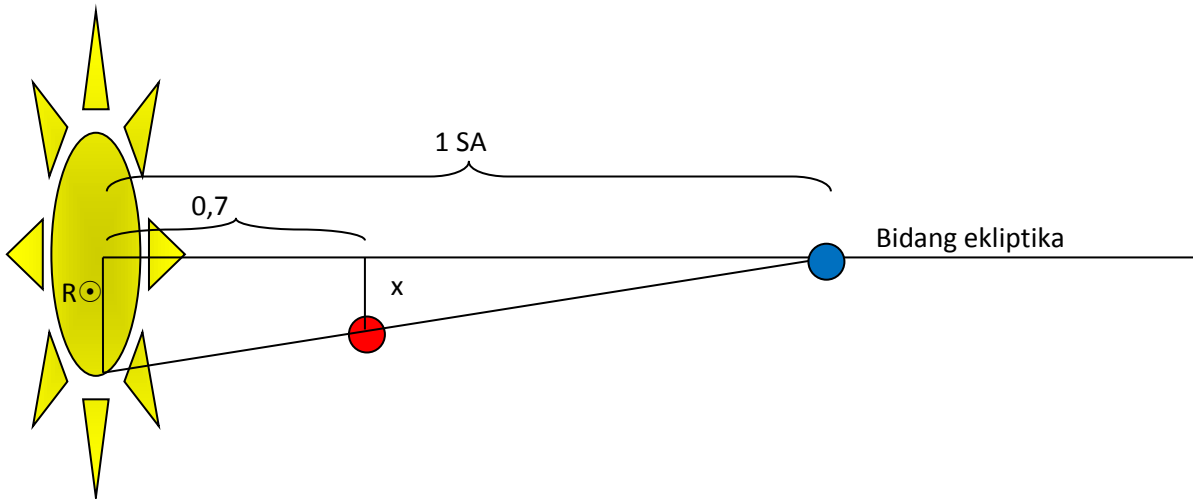
17. Pada suatu saat Venus melintas di depan piringan Matahari tetapi tidak di tengah, melainkan lintasan Venus hanya menyinggung tepi piringan Matahari (lihat gambar di bawah). Jika radius orbit Venus adalah 0,7 satuan astronomi, berapa kilometerkah jarak Venus dari bidang ekliptika pada saat itu? (Keterangan : bidang ekliptika adalah bidang orbit Bumi mengelilingi Matahari)

- a. 210.000 km
- b. 300.000 km
- c. 350.000 km
- d. 450.000 km
- e. 600.000 km



JAWAB : A

Perhatikan segitiga yang terbentuk dari Bumi - Venus dan Matahari :



Dengan $R_{\odot} = 6,96 \times 10^8$ m, gunakan perbandingan segitiga yang ada :

$$\frac{1}{6,96 \times 10^8} = \frac{1 - 0,7}{x}$$

Diperoleh $x = 2,088 \times 10^8$ m \approx 210.000 km

18. Berapakah energi yang dipancarkan oleh Matahari selama 10 milyar tahun?

- a. $3,96 \times 10^{43}$ J (joules)
- b. $1,25 \times 10^{44}$ J (joules)
- c. $3,96 \times 10^{44}$ J (joules)

d. $1,25 \times 10^{43}$ J (joules)

e. $1,25 \times 10^{45}$ J (joules)

JAWAB : B

Jika kita menganggap energi matahari selalu konstan selama 10 milyar tahun, maka tentu energi total yang dipancarkan adalah energi total yang dipancarkan tiap detik (disebut luminositas) dikali 10 milyar tahun (ubah dulu ke detik), jadi :

$E_{\text{Total}} = \text{Luminositas} \times 10 \text{ milyar tahun}$

$E_{\text{Total}} = (3,826 \cdot 10^{26}) \times (10 \times 10^9 \times 365,25 \times 24 \times 3600) = 1,21 \times 10^{44} \text{ J}$

19. Apabila kala hidup (*life time*) Matahari adalah 10 milyar tahun, berapa tahunkah kala hidup bintang deret utama yang massanya 15 kali massa Matahari?

a. $1,15 \times 10^7$ tahun

b. $1,15 \times 10^{10}$ tahun

c. $1,15 \times 10^{13}$ tahun

d. $1,15 \times 10^{16}$ tahun

e. $1,15 \times 10^{20}$ tahun

JAWAB : A

⇒ Rumus untuk menentukan usia bintang adalah :

$$t = \frac{\text{Massa}}{\text{Luminositas}} \times 10 \text{ milyar tahun}$$

⇒ Massa dan Luminositas dalam satuan Matahari. Karena usia Matahari adalah 10 milyar tahun, maka rumus tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$t = \frac{\text{Massa}}{\text{Luminositas}} \times \text{usia Matahari}$$

⇒ Untuk bintang-bintang yang normal, maka ada hubungan antara Luminositas dan Massa sbb. : $L = (M)^p$, dengan besar p diantara 3 dan 4.

→ Bintang massif dengan $M > 30M_{\odot}$, nilai $p = 3$,

→ untuk bintang dengan $M < 10 M_{\odot}$ maka nilai p adalah 4.

→ Bintang dengan massa diantara $10 M_{\odot} - 30 M_{\odot}$ nilai p diantara 3 dan 4.

⇒ Masukkan ke dalam rumus sebelumnya, diperoleh :

$$t = M^{(1-p)} \times \text{usia Matahari}$$

⇒ Jadi dengan mengetahui hanya massanya saja, kita dapat menaksir umur bintang tersebut (syaratnya : bintang normal)

⇒ Kembali ke soal, karena massa bintang adalah $15 M_{\odot}$, maka nilai p diantara 3 dan 4, jadi usia bintang ada diantara :

$$t = 15^{(1-3)} \times 10^9 = 44,44 \text{ juta tahun}$$

Dan

$$t = 15^{(1-4)} \times 10^9 = 2,96 \text{ juta tahun}$$

⇒ Jawaban yang ada diantara rentang umur tersebut adalah A.

20. Kelas spektrum bintang X adalah K9, paralaks trigonometrinya p_X dan luminositasnya 1,0 kali luminositas Matahari, sedangkan bintang Y kelas spektrumnya adalah B3, paralaks trigonometrinya p_Y dan luminositasnya 0,1 kali luminositas Matahari. Jika terang kedua bintang sama, maka rasio p_X/p_Y adalah :

a. $2\sqrt{10}$

b. $\frac{1}{\sqrt{10}}$

c. $\sqrt{10}$

d. $3\sqrt{10}$

e. $\frac{3}{\sqrt{10}}$

JAWAB : B

Terang kedua bintang sama, artinya fluks energi bintang yang sampai ke Bumi sama besar, atau :

$$E_X = E_Y$$

$$\frac{L_X}{4\pi d_X^2} = \frac{L_Y}{4\pi d_Y^2}$$

Karena jarak bintang $d = 1/p$, maka rumus tersebut menjadi :

$$L_X \cdot p_X^2 = L_Y \cdot p_Y^2$$

$$\frac{p_X}{p_Y} = \sqrt{\frac{L_Y}{L_X}} = \sqrt{\frac{0,1 \cdot L_{\odot}}{1,0 \cdot L_{\odot}}} = \frac{1}{\sqrt{10}}$$

21. Dua bintang mempunyai temperatur yang sama, masing-masing mempunyai jejari R_1 dan R_2 . Perbedaan energi yang dipancarkan adalah $L_1 = 4L_2$. Maka jejari R_1 adalah :

a. $2 R_2$

b. $4 R_2$

- c. $8 R_2$
- d. $16 R_2$
- e. $64 R_2$

JAWAB : A

Masukkan ke dalam persamaan Luminositas Bintang :

$$L_1 = 4. L_2$$

$$4\pi. R_1^2. \sigma. T_1^4 = 4. (4\pi. R_2^2. \sigma. T_2^4)$$

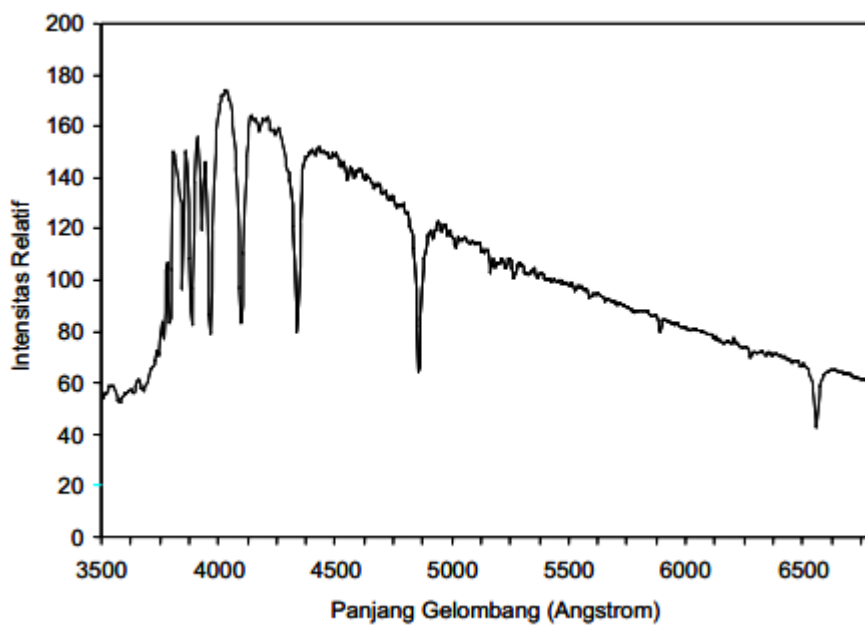
Karena suhu sama, maka :

$$R_1^2 = 4. (R_2^2)$$

$$R_1 = 2. R_2$$

22. Gambar di bawah adalah spektrum sebuah bintang. Berdasarkan spektrum bintang ini, tentukanlah temperatur bintang tersebut.

- a. 20.000 K
- b. 15.500 K
- c. 12.250 K
- d. 7.250 K
- e. 5.250 K



JAWAB : D

Spektrum bintang adalah spektrum benda hitam sehingga rumus-rumus benda hitam berlaku untuk bintang. Suhu bintang sebagai benda hitam dapat mempergunakan Hukum Wien, yaitu :

$$\lambda_{\max} \cdot T_{\text{eff}} = k.$$

Dengan λ_{\max} adalah panjang gelombang puncak spektrum (dalam meter), T_{eff} adalah suhu efektif sebuah bintang (dalam Kelvin) dan k adalah konstanta Wien yang besarnya $2,898 \times 10^{-3}$ m.K.

Jadi tarik garis dari puncak spektrum tegak lurus ke bawah, dan diperoleh nilai $\lambda_{\max} \approx 4000$ Angstrom = $4 \cdot 10^{-7}$ m. Maka :

$$T_{\text{eff}} = \frac{k}{\lambda_{\max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-7}} = 7245 \text{ K}$$

23. Gaya gravitasi antara dua buah bintang bermassa masing-masing M , akan lebih kuat jika :
- Salah satu bintang adalah *black hole*
 - Kedua bintang dipisahkan oleh jarak yang lebih kecil
 - Kedua bintang berotasi lebih lambat
 - Kedua bintang jauh dari bintang-bintang lain
 - Semua jawaban benar

JAWAB : B

Rumus gaya tarik gravitasi pertama kali dirumuskan oleh Sir Isaac Newton di tahun 1687 sebagai :

$$F_{\text{grav}} = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

Menurut rumus ini, besarnya gaya gravitasi dipengaruhi oleh massa kedua benda dan jarak kedua benda. Semakin besar massa maka gaya gravitasi semakin besar, juga semakin dekat kedua benda maka gaya gravitasi juga semakin besar.

24. Sebuah bintang mempunyai gerak diri (*proper motion*) sebesar $5''$ /tahun (5 detik busur per tahun), dan kecepatan radialnya adalah 80 km/s. Jika jarak bintang ini adalah 2,5 pc, berapakah kecepatan linier bintang ini?
- 85,73 km/s
 - 91,80 km/s
 - 94,84 km/s

d. 96.14 km/s

e. 99,55 km/s

JAWAB : E

Kecepatan bintang dalam ruang (kecepatan linier) adalah gabungan dari kecepatan tegak lurus/kecepatan tangensial (V_T) dan kecepatan radialnya (V_R).

Kecepatan radial (V_R) tidak bisa diamati langsung karena gerakannya sejajar dengan arah pandang pengamat (bisa mendekati pengamat atau menjauhi pengamat). Memperoleh kecepatan radial bisa dilakukan dengan teknik spektroskopi (mengukur pergeseran panjang gelombang yang diamati dari gelombang diamnya) dengan perumusan efek Dopler pada cahaya.

$$V_R = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{diam}} \cdot c$$

Dengan c adalah kecepatan cahaya, dan $\Delta\lambda = \lambda_{diamati} - \lambda_{diam}$. Jika $\Delta\lambda$ positif artinya bintang sedang menjauhi pengamat dan bila $\Delta\lambda$ negatif artinya bintang sedang mendekati pengamat.

Kecepatan tegak lurus/kecepatan tangensial (V_T) bisa diamati secara langsung karena bintang terlihat berpindah tempat. Tetapi efek 'perpindahan tempat' bintang (disebut : gerak diri/gerak sejati/proper motion, diberi lambang μ dengan satuan detik busur/tahun) sangat kecil sehingga bintang harus diamati dengan teliti selama puluhan tahun baru dapat diamati gerak dirinya, inipun hanya untuk bintang-bintang dekat saja. Perumusannya :

$$V_T = 4,74 \cdot \mu \cdot d = 4,74 \cdot \frac{\mu}{p}$$

Dengan 4,74 adalah konstanta konversi satuan. μ dalam detik busur per tahun, p dalam detik busur, d dalam parsec dan V_T dalam km/s.

Jika V_T dan V_R sudah diperoleh, maka kecepatan linier bintang bisa diketahui, yaitu :

$$V = \sqrt{V_T^2 + V_R^2}$$

Kembali ke soal, masukkan nilai μ dan d , sehingga :

$$V_T = 4,74 \cdot \mu \cdot d = 4,74 \times 5 \times 2,5 = 59,25 \text{ km/s}$$

Maka kecepatan linier :

$$V = \sqrt{V_T^2 + V_R^2} = \sqrt{59,25^2 + 80^2} = 99,552 \text{ km/s}$$

25. Dua buah galaksi saling mengorbit satu sama lainnya dengan periode 50 milyar tahun. Jarak kedua galaksi adalah 0,5 juta parseks. Tentukanlah massa kedua galaksi tersebut!
- $1,2 \times 10^{11}$ massa matahari
 - $2,4 \times 10^{11}$ massa matahari
 - $3,2 \times 10^{11}$ massa matahari
 - $4,4 \times 10^{11}$ massa matahari
 - $5,2 \times 10^{11}$ massa matahari

JAWAB : D

Setarakan satuan :

$$\text{Periode} = T = 50 \text{ milyar tahun} \times 10^9 \times 365,25 \times 24 \times 3600 = 1,58 \times 10^{18} \text{ s}$$

$$\text{Jarak} = a = 0,5 \text{ juta parseks} \times 10^6 \times 3,09 \cdot 10^{16} = 1,54 \times 10^{22} \text{ m}$$

Gunakan Hukum Kepler III yang lengkap :

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

$$\frac{(1,58 \times 10^{18})^2}{(1,54 \times 10^{22})^3} = \frac{4\pi^2}{(6,67 \times 10^{-11}) \cdot (M_1 + M_2)}$$

$$(M_1 + M_2) = 8,66 \times 10^{41} \text{ kg}$$

Bagi dengan Massa Matahari ($1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$) diperoleh :

$$(M_1 + M_2) = 4,35 \times 10^{11} \text{ kg}$$

26. Andaikan sebuah galaksi mempunyai kecepatan radial sebesar 6.000 km/s. Apabila diketahui konstanta Hubble $H = 75 \text{ km/s/Mpc}$, berapakah jarak galaksi tersebut?
- $1,25 \times 10^{-2}$ Mpc (Mega parseks)
 - $4,50 \times 10^5$ Mpc
 - 80 Mpc
 - 6075 Mpc
 - 5025 Mpc

JAWAB : C

Kecepatan radial galaksi (terutama galaksi jauh) adalah sama dengan kecepatan pengembangan alam semesta, yang dirumuskan oleh Hubble :

$$v = H \cdot d$$

Dengan kecepatan galaksi v dalam km/s, konstanta Hubble H dalam km/s/Mpc dan jarak galaksi d dalam Mpc, jadi :

$$d = \frac{v}{H} = \frac{6000}{75} = 80 \text{ Mpc}$$

27. Pilih mana yang BENAR

- Dengan menggunakan pengamatan distribusi gugus bola, Shapley di awal abad ke-20 menyimpulkan bahwa Galaksi kita berpusat di Matahari
- Bintang muda dan panas dalam Galaksi kita terdistribusi pada lengan spiral dan halo Galaksi
- Semua galaksi dalam jagat raya mempunyai bentuk spiral
- Kalau diamati secara spektroskopik semua galaksi yang jauh dalam jagat raya memperlihatkan pergeseran merah (*redshift*)
- Kalau diamati secara spektroskopik sebagian galaksi memperlihatkan pergeseran merah (*redshift*) dan sebagian lagi memperlihatkan pergeseran biru (*blueshift*)

JAWAB : E

Analisis setiap option :

- Pengamatan distribusi gugus bola yang sistematis oleh Harlow Shapley di tahun 1917 memberikan pemahaman bahwa pusat dari distribusi gugus-gugus bola yang ada merupakan pusat galaksi dan Matahari berada sejauh 30.000 tahun cahaya dari pusat galaksi ini. → OPTION A TIDAK BENAR
- Bintang-bintang muda yang panas (populasi I) di dalam galaksi lebih banyak terdistribusi di lengan spiral galaksi, sedangkan bintang-bintang tua (populasi II) lebih banyak terdistribusi di gugus bola dan pusat galaksi → OPTION B TIDAK BENAR
- Pengamatan yang dilakukan Edwin Hubble terhadap galaksi di alam semesta menghasilkan penemuan bahwa bentuk-bentuk galaksi sangat beraneka ragam, ada yang lingkaran, elips, berbatang sampai tidak beraturan. Diperkirakan sebanyak 80% dari galaksi yang teramati merupakan galaksi spiral, 17% galaksi elips dan sisanya galaksi tak beraturan. → OPTION C TIDAK BENAR
- Kecepatan dari galaksi-galaksi dipengaruhi oleh kecepatan lokalnya (yang arahnya acak) dan juga kecepatan pengembangan alam semesta (yang arahnya menjauhi bumi). Bagi galaksi-galaksi jauh, kecepatan pengembangan alam semesta sangat besar sehingga kecepatan lokalnya bisa diabaikan,

sehingga pengamatan pada semua galaksi-galaksi jauh menghasilkan efek menjauh atau *redshift*.

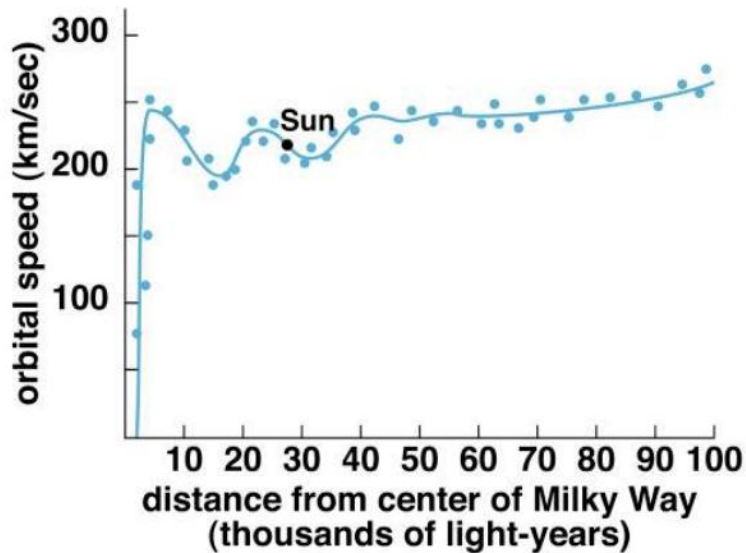
Sedangkan pada galaksi-galaksi dekat, kecepatan pengembangan alam semesta cukup kecil sehingga kecepatan galaksi lebih didominasi oleh kecepatan lokalnya (yang arahnya acak), hal ini menyebabkan pengamatan spektroskopi pada galaksi-galaksi dekat dapat menghasilkan efek *redshift* maupun *blue shift* (mendekat). → OPTION D TIDAK BENAR

e. Lihat pembahasan option d → OPTION E BENAR

28. Para astronom yakin bahwa 90% galaksi Bimasakti berada dalam bentuk materi gelap. Keyakinan berdasarkan karena
- Materi gelap tidak memancarkan energi pada daerah visual, tetapi dapat dideteksi pada gelombang radio dan mengkonfirmasi bahwa halo adalah penuh dengan bahan ini.
 - Model teoretis pembentukan galaksi menyarankan bahwa galaksi tidak dapat terbentuk kecuali memiliki paling sedikit 10 kali lebih banyak materi dari yang kita lihat pada piringan Bimasakti, menyatakan bahwa halo penuh dengan materi gelap.
 - Kita melihat galaksi yang jauh yang kadang-kadang dikaburkan oleh bercak gelap di langit dan kita percaya bercak ini terletak di halo.
 - Kecepatan orbit bintang yang jauh dari pusat galaksi ternyata tinggi, hal ini menyatakan bahwa bintang-bintang ini dipengaruhi oleh efek gravitasi dari materi yang tidak tampak di halo.
 - Bintang-bintang dilahirkan dari materi gelap.

JAWAB : D

Kemunculan hipotesis tentang materi gelap bermula dari pengamatan kurva rotasi diferensial galaksi. Kurva ini memperlihatkan distribusi kecepatan radial bintang-bintang dalam galaksi berdasarkan jaraknya terhadap pusat galaksi.



(c)
Copyright © Addison Wesley

Mulai dari jarak sekitar 16.000 parsec dari pusat galaksi, ternyata kecepatan rotasi diferensial galaksi membesar, padahal menurut Hukum Kepler III seharusnya semakin jauh dari pusat massa/pusat galaksi, kecepatan bintang-bintang semakin kecil. Kurva ini diamati pertama kali di tahun 1978. Bentuk kurva tersebut ternyata terlihat juga pada galaksi-galaksi yang lain.

Menurut teori Fritz Zwicky, kurva seperti itu dapat terbentuk karena di bagian luar piringan galaksi (di daerah halo galaksi dan korona galaksi) terdapat materi gelap, yaitu materi yang tidak dapat teramati karena tidak bercahaya tetapi jumlahnya sangat besar, diperkirakan mencapai 2000 miliar massa Matahari. Materi ini dihipotesiskan tersusun dari partikel-partikel yang berbeda dari yang sudah diketahui, disebut *cold dark matter*. Sampai saat ini materi gelap belum pernah diamati secara langsung dan masih menjadi hipotesis.

29. Harlow Shapley menyimpulkan bahwa Matahari tidak berada di pusat Galaksi Bimasakti dengan menggunakan hasil
- Pemetaan distribusi bintang di galaksi
 - Pemetaan distribusi gugus bola di galaksi
 - Melihat bentuk "pita susu" di langit
 - Melihat galaksi spiral di sekitar Bimasakti
 - Pemetaan distribusi awan gas di lengan spiral

JAWAB : B

Pengamatan distribusi gugus bola yang sistematis oleh Harlow Shapley di tahun 1917 memberikan pemahaman bahwa pusat dari distribusi gugus-gugus bola yang ada merupakan pusat galaksi dan Matahari berada sejauh 30.000 tahun cahaya dari pusat galaksi ini.

30. Sebuah survei galaksi sensitif terhadap obyek-obyek hingga seredup magnitudo 20. Jarak terjauh sebuah galaksi secerlang Galaksi kita (magnitudo mutlak -20) yang dapat dideteksi oleh survey tersebut adalah :
- 10^6 kpc
 - 10^7 kpc
 - 10^8 kpc
 - 10^9 kpc
 - 10^{12} kpc

JAWAB : A

Diketahui : magnitudo semu = $m = 20$, magnitudo mutlak = $M = -20$, maka gunakan rumus modulus jarak :

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

$$20 - (-20) = -5 + 5 \cdot \log d$$

$$d = 10^9 \text{ pc} = 10^6 \text{ kpc}$$

II. Soal Essay

Kerjakanlah soal-soal di bawah ini pada lembar jawaban

- Sebuah teleskop dengan diameter bukaan 0,5 meter memerlukan waktu 1 jam untuk mengumpulkan cahaya dari obyek astronomi yang redup agar dapat terbentuk citranya pada detektor. Berapa waktu yang diperlukan oleh teleskop dengan diameter bukaan 2,5 meter untuk mengumpulkan jumlah cahaya yang sama dari obyek astronomi redup tersebut?

JAWAB :

Waktu teleskop mengumpulkan cahaya berbanding terbalik dengan kuadrat diameter lensa objektif, jadi :

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

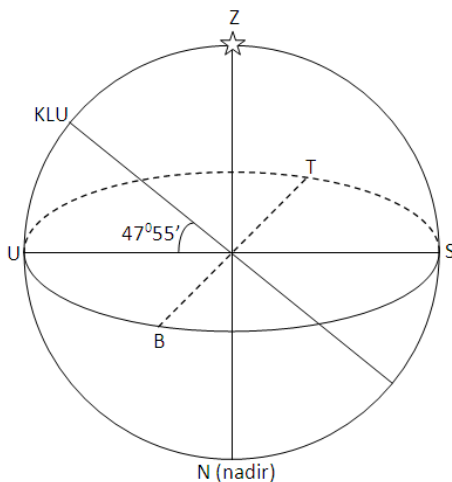
$$\frac{t_2}{1 \text{ jam}} = \frac{0,5^2}{2,5^2}$$

$$t = 0,04 \text{ jam} = 2,4 \text{ menit}$$

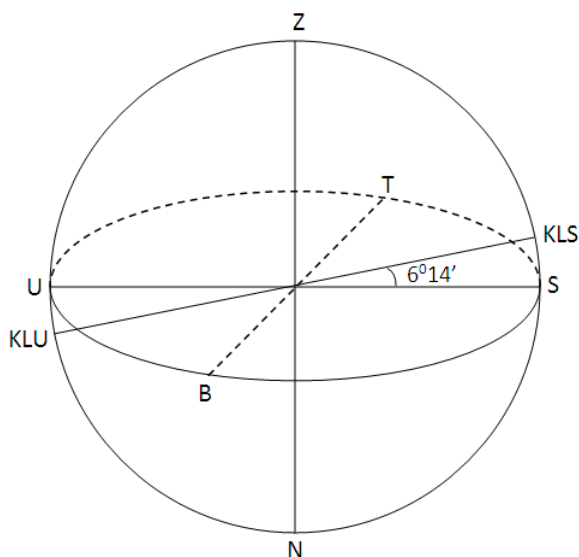
2. Pada suatu malam, sekitar jam 21.00, seseorang yang ada di Ulanbator (Mongolia) yang berada pada bujur yang sama dengan Jakarta, melihat bintang Vega di atas kepalanya. Apabila pada saat yang sama seseorang yang berada di Jakarta juga melihat bintang tersebut, berapakah ketinggian bintang Vega dilihat dari Jakarta pada yang sama? (Kedudukan Ulanbator $\phi = 47^{\circ}55'$ Lintang Utara, sedangkan Jakarta $\phi = 6^{\circ}14'$ Lintang Selatan, bujur kedua kota dianggap sama, yaitu sekitar $\lambda = 106^{\circ}$ Bujur Timur).

JAWAB :

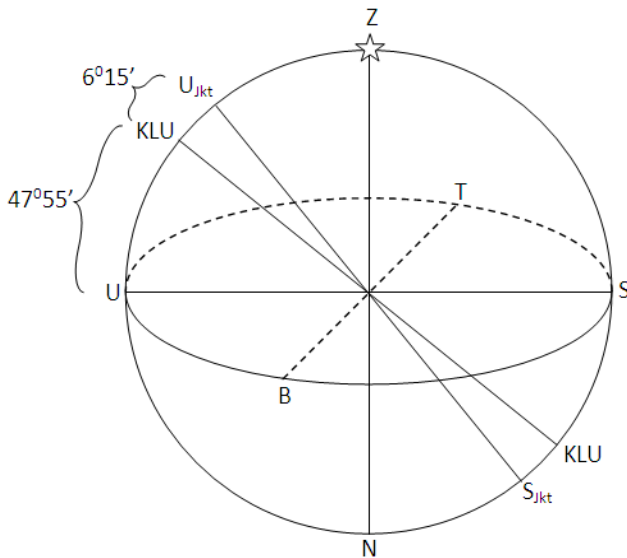
- ⇒ Gambarkan bola langit untuk Ulanbator dengan bintang Vega tepat di Zenitnya :



- ⇒ Gambarkan bola langit untuk Jakarta :



- ⇒ Gabungkan kedua bola langit tersebut dengan menyamakan sumbu kutub langitnya :



⇒ Jadi ketinggian bintang dilihat dari Jakarta adalah jarak U_{jkt} sampai Z, maka :

$$h = 90^{\circ} - 6^{\circ}14' - 47^{\circ}55' = 35^{\circ}51'$$

3. Pada awal bulan Maret 2009 ada berita di media massa bahwa sebuah asteroid berdiameter 50 km melintas dekat sekali dengan Bumi. Jarak terdekatnya dari permukaan Bumi pada saat melintas adalah 74.000 km. Karena asteroid itu tidak jatuh ke Bumi bahkan kemudian menjauh lagi, dapat diperkirakan kecepatannya melebihi suatu harga X. Berapakah harga batas bawah kecepatan itu?

JAWAB :

Asteroid bisa mendekati Bumi kemudian lepas lagi dari Bumi, artinya asteroid memiliki kecepatan yang lebih besar daripada kecepatan lepas Bumi di jarak 74.000 km = $7,4 \times 10^8$ m, artinya kita bisa menggunakan kecepatan minimal adalah V_{esc} , yaitu :

$$V_{esc} = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{r}} = \sqrt{\frac{2 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{7,4 \cdot 10^8}} = 1038,28 \text{ m/s} \approx 1 \text{ km/s}$$

4. Hitunglah energi matahari yang jatuh pada selembar kertas dengan luas 1 m^2 di permukaan Bumi! Abaikan serapan dan sebaran atmosfer oleh Bumi, dan gunakan hukum pelemahan radiasi. Apabila dibandingkan dengan sebuah bola lampu 100 W maka harus diletakkan pada jarak berapa agar lampu tersebut setara dengan energi matahari?

JAWAB :

Hukum pelemahan radiasi adalah sama dengan rumus fluks matahari, yaitu :

$$E_{\odot} = \frac{L_{\odot}}{4\pi r^2}$$

Karena satuan dari fluks adalah Watt tiap m^2 , maka energi yang diterima kertas seluas $1 m^2$ adalah sama dengan fluks matahari yang diterima oleh Bumi (berjarak $1 AU = 1,496 \times 10^{11} m$), disebut juga konstanta Matahari, jadi masukkan ke rumus diatas :

$$E_{\odot} = \frac{L_{\odot}}{4\pi r^2} = \frac{3,826 \times 10^{26}}{4\pi(1,496 \times 10^{11})^2} = 1360,42 \text{ Watt}/m^2$$

Supaya lampu 100 watt memberikan energi yang setara matahari, maka masukkan lagi ke rumus di atas :

$$E_{\odot} = E_{\text{lampu}}$$

$$1360,42 = \frac{L_{\text{lampu}}}{4\pi r^2}$$

$$1360,42 = \frac{100}{4\pi r^2}$$

$$r = 0,0765 m = 7,65 cm$$

5. Sebuah awan molekular yang merupakan cikal bakal terbentuknya bintang-bintang, mempunyai bentuk bundar seperti bola yang berdiameter $d = 10 pc$ (parseks). Apabila kerapatan awan molekular ini adalah $\rho = 1,6 \times 10^{-17} kg/m^3$, dan apabila setengah dari awan molekular menjadi bintang seukuran matahari (massanya sama dengan massa Matahari), maka akan ada berapa bintang yang terbentuk dari awan molekular tersebut?

JAWAB :

Diketahui diameter bola awan = $10 pc \times 3,09 \times 10^{16} = 3,09 \times 10^{17} m$, jadi Volume bola awan adalah :

$$Vol = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{3,09 \times 10^{17}}{2}\right)^3 = 1,54 \times 10^{52} m^3$$

Massa bola awan adalah :

$$M = \rho \cdot Vol = 1,6 \times 10^{-17} \cdot 1,54 \times 10^{52} = 2,464 \times 10^{35} kg$$

Hanya setengahnya yang menjadi bintang :

$$M' = \frac{1}{2} \cdot 2,464 \times 10^{35} = 1,232 \times 10^{35} kg$$

Karena semua bintang yang terbentuk sama dengan matahari, maka jumlah bintang yang terbentuk adalah :

$$n = \frac{M'}{M_{\odot}} = \frac{1,232 \times 10^{35}}{1,99 \times 10^{30}} = 61.909 \text{ buah bintang}$$

6. Kecepatan lepas dari sebuah objek adalah $V_{lepas} = \left(\frac{2GM}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$. Untuk Bumi, kecepatan lepasnya adalah $1,1 \times 10^4$ m/s.
- Gunakan rumus tersebut untuk menjelaskan sebuah lubang hitam - obyek di mana cahaya tidak dapat lepas dari tarikan gravitasi
 - Hitung berapa besar Bumi jika dia menjadi sebuah lubang hitam!
 - Apa yang akan terjadi jika sebuah lubang hitam dengan massa seperti Bumi menabrak Bumi?
 - Jika cahaya tidak dapat melepaskan diri, apa yang terjadi pada cahaya ketika meninggalkan Bumi?

JAWAB :

- a. Sebuah lubang hitam adalah objek yang sangat massif sehingga 'gravitasi'nya sanggup menarik cahaya sehingga tidak bisa lepas dari objek tersebut (Sebenarnya menurut teori relativitas umum, ruang di sekitar lubang hitam sudah sedemikian melengkungnya sehingga cahaya hanya dapat berputar-putar atau kembali ke dalam objek tersebut).

Berdasarkan rumus kecepatan lepas dari suatu objek, jika bendanya adalah cahaya yang tidak bisa lepas, maka tentu V_{lepas} adalah kecepatan cahaya, atau :

$$V_{esc} = c = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

Jadi :

$$R = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2}$$

Rumus ini memberikan batas jari-jari sebuah objek agar dapat menjadi sebuah lubang hitam.

- b. Jika Bumi yang bermassa $5,98 \times 10^{24}$ kg menjadi sebuah lubang hitam, maka jari-jarinya adalah :

$$R = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2} = \frac{2 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(2,9979 \cdot 10^8)^2} = 8,88 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 8,88 \text{ mm}$$

- c. Jika sebuah lubang hitam dengan massa Bumi menabrak Bulan maka seluruh Bulan akan terhisap ke dalam lubang hitam dan menjadi satu dengan lubang hitam Bumi, tentu jari-jari lubang hitam yang baru akan bertambah meskipun sedikit

Cahaya yang tidak bisa melepaskan diri dari lubang hitam Bumi akan berputar-putar/berotasi di batas jari-jarilubang hitam atau kembali ke permukaan lubang hitam Bumi