

SOLUSI OSK ASTRONOMI 2019

© Tim Olimpiade Astronomi Indonesia

7 Maret 2019



Tim Olimpiade Astronomi Indonesia

KATA PENGANTAR

OSK merupakan gerbang pertama menuju Dunia Baru. Maksudnya, dunia penuh tantangan melampaui keadaan standar. Semua orang tahu, hanya orang-orang tertentu (jika tidak terpilih) yang bisa menembus OSK menuju level yang lebih tinggi. Bahkan, di tingkat OSK itu sendiri, persoalan yang dipaparkan sudah jauh di atas rata-rata. Semangat membara kalian merupakan satu dari banyak modal yang bisa dipertaruhkan. Mampukah kalian melewatinya.

Kami dari TOASTI (Tim Olimpiade Astronomi Indonesia) kali ini berusaha memberikan sedikit ilmu yang masih tersimpan di benak kami dari perjalanan panjang nan melelahkan jutaan tahun lalu. Sama seperti kalian, kami juga melewati tahapan-tahapan untuk bisa menyicipi pelatihan nasional. Di Pelatnas, kami dipertemukan cendekia-cendekia muda dari seluruh Indonesia, mengikat pertemanan sekaligus membakar persaingan. Untuk itu, gerbang pertama ini (OSK) merupakan langkah awal untuk bisa terbang lebih tinggi.

Solusi ini bukanlah solusi resmi dan tentunya ada kemungkinan salah. Kami senang jika kalian bisa mengoreksi kami, karena begitulah cara kerja Sains. Dalam olimpiade, ada yang beruntung ada yang kurang beruntung. Jika kalian lolos (syukurlah), jangan lupa untuk terus giat belajar dan mengoreksi diri. Jika kalian kurang beruntung, bukan berarti Alam Semesta akan berhenti mengembang. Dunia akan tetap berjalan sebagaimana mestinya, sehingga keputusan kalian haruslah dipertimbangkan dengan lapang dada dan senyum mengembang.

Terakhir, kami menunggu kalian di tahapan yang lebih tinggi, baik di OSP, OSN, Pelatnas, IOAA, bahkan di tingkat-tingkat lainnya. Olimpiade pasti bermanfaat, dalam bentuk apapun itu.

TOASTI

1. [MAS] Bagi pengamat di ekuator, kedudukan titik Aries tertinggi saat Matahari terbenam akan berlangsung pada
 - A. 21 Maret
 - B. 21 Juni
 - C. 22 Desember
 - D. 21 Juni
 - E. 23 September

Solusi: **C**

Bagi pengamat di ekuator, ekuator langit tepat membelah langit melalui zenit dari barat ke timur. Kita juga tahu bahwa titik Aries berada di ekuator langit. Kedudukan tertinggi titik Aries adalah di meridian pengamat atau $HA_{\gamma} = 0^h = LST$. Sudut Jam Matahari terbenam selalu $HA_{\odot} = 6^h$ untuk pengamat di ekuator. Sehingga asensiorekta Matahari dapat dihitung

$$\begin{aligned}
 HA_{\odot} &= LST - HA_{\odot} \\
 &= 0^h - 6^h \\
 &= -6^h \\
 &= 18^h
 \end{aligned}$$

Saat tersebut terjadi pada tanggal 22 Desember.

2. [MDW] Andaikan orbit Matahari mengelilingi pusat Galaksi Bima Sakti berbentuk lingkaran. Jarak Matahari ke pusat Galaksi adalah 2×10^9 sa. Jika waktu yang diperlukan Matahari untuk satu kali mengelilingi pusat Galaksi adalah 200 juta tahun, serta dengan mengabaikan pengaruh dari materi gelap/*dark matter*, maka massa Galaksi yang terkandung di dalam orbit Matahari yang dinyatakan dalam M_{\odot} , adalah
 - A. 8×10^4
 - B. 2×10^{10}
 - C. 2×10^{11}
 - D. 1×10^2
 - E. 10^{10}

Solusi: **C**

Hukum III Kepler jika kita tinjau menggunakan Teori Gravitasi Newton, akan menghasilkan persamaan

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} M$$

Pada persamaan di atas, a adalah radius orbit (dinyatakan dalam m), P adalah periode orbit (dinyatakan dalam sekon), dan M adalah massa

yang terkandung dalam bola beradius a (dinyatakan dalam kg). Untuk mempermudah kehidupan ini, akan lebih baik jika a kita nyatakan dalam sa, P dalam tahun, dan M dalam massa Matahari sehingga persamaan di atas menjadi

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

Soal telah memberitahu kita bahwasanya nilai $a = 2 \times 10^9$ sa dan $P = 200 \times 10^6$ tahun sehingga

$$\begin{aligned} M &= \frac{(2 \times 10^9)^3}{(2 \times 10^8)^2} \\ &= 2 \times 10^{11} M_{\odot} \end{aligned}$$

3. **[JLP]** Sebuah lensa konvergen dengan panjang fokus f digunakan untuk membuat bayangan dari sebuah objek yang berjarak 10 m dari lensa. Bayangan yang terbentuk berada pada jarak 10 cm. Berapakah f dalam cm?
- A. 9,00
B. 9,90
C. 10,0
D. 10,1
E. 11,1

Solusi: **B**

Pada soal diketahui bahwa jarak benda terhadap lensa cembung adalah 10 m. Bayangan yang terbentuk akibat lensa tersebut berjarak 10 cm dari lensa. Maka untuk mencari fokus dari lensa cembung, kita dapat menggunakan rumus berupa

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

di mana s adalah jarak benda dan s' adalah jarak bayangan dari lensa. Sehingga

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{1000 \text{ cm}} + \frac{1}{10 \text{ cm}} \\ &= 0,101 \\ f &= 9,90 \text{ cm} \end{aligned}$$

4. **[JAO]** Assuming constant luminosity of the Sun for about 10 billion years since zero age main sequence, the percentage of the solar mass which was converted to energy through fussion reaction in its core during that time is

- A. 0.02 %
- B. 0.20 %
- C. 0.07 %
- D. 0.70 %
- E. 0.34 %

Solusi: **C**

Zero Age Main Sequence (ZAMS) adalah saat ketika protobintang berubah menjadi bintang deret utama dengan memulai fusi hidrogen di intinya. Dalam soal, dengan mengasumsikan bahwa luminositas Matahari adalah konstan selama 10×10^9 tahun sejak ZAMS, kita diminta untuk menghitung persentase massa Matahari yang telah diubah menjadi energi melalui reaksi fusi selama waktu tersebut.

Diketahui:

$$\begin{aligned} t &= 10^{10} \text{ tahun} \\ &= 3,15 \times 10^{17} \text{ s} \end{aligned}$$

dan dari daftar konstanta:

$$L = 3,9 \times 10^{26} \text{ W}$$

$$M = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$$

Energi dinyatakan dalam satuan Joule, sedangkan daya dinyatakan dalam satuan Watt. 1 Watt setara dengan 1 Joule per detik, sehingga luminositas Matahari dapat kita tulis menjadi $3,9 \times 10^{26} \text{ J/s}$.

Setelah itu kita hitung total energi yang telah dipancarkan Matahari selama waktu 10×10^9 tahun.

$$\begin{aligned} E &= L \times t \\ &= 3,9 \times 10^{26} \text{ J/s} \times 3,15 \times 10^{17} \text{ s} \\ &= 1,23 \times 10^{44} \text{ J} \end{aligned}$$

Selanjutnya kita gunakan persamaan kesetaraan massa-energi dari Albert Einstein.

$$\begin{aligned} E &= mc^2 \\ 1,23 \times 10^{44} \text{ J} &= m \times (299792458 \text{ m/s})^2 \\ m &= 1,37 \times 10^{27} \text{ kg} \end{aligned}$$

Setelah kita mendapat besar massa yang telah diubah Matahari menjadi energi selama waktu tersebut, kita dapat menghitung persentase massa

tersebut terhadap massa Matahari.

$$\begin{aligned}\text{Persentase massa} &= \frac{m}{M} \times 100 \% \\ &= \frac{1,37 \times 10^{27} \text{ kg}}{1,989 \times 10^{30} \text{ kg}} \times 100 \% \\ &= 0,0688 \% \\ &\approx 0,07 \%\end{aligned}$$

5. [GS] Nilai x dari persamaan berikut

$$(a^x)^2 \exp^{\ln a} = 1$$

adalah

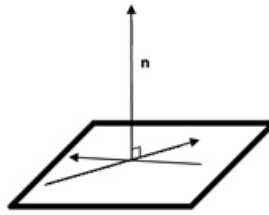
- A. 1
- B. -1 atau 1
- C. 0
- D. $-1/2$
- E. $1/2$

Solusi: **D**

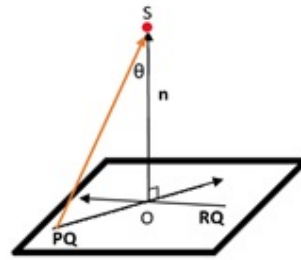
$$\begin{aligned}(a^x)^2 e^{\ln a} &= 1 \\ \ln((a^{2x}) e^{\ln a}) &= \ln 1 \\ \ln(a^{2x}) + \ln(e^{\ln a}) &= \ln 1 \\ \ln(a^{2x}) + \ln a &= \ln 1 \\ \ln(a^{2x+1}) &= \ln 1 \\ a^{2x+1} &= 1 \\ 2x + 1 &= 0 \\ x &= -\frac{1}{2}\end{aligned}$$

6. [CT] Terdapat tiga titik $P(1,1,1)$, $Q(2,3,4)$, dan $R(5,6,7)$ yang membentuk sebuah bidang. Jika terdapat titik $S(-2,5,10)$, maka jarak minimum titik S ke bidang PQR adalah

- A. $\sqrt{3}$
- B. $6/\sqrt{3}$
- C. $\sqrt{6}/4$
- D. $\sqrt{6}/3$
- E. $6/\sqrt{3}$



Gambar 1: Vektor normal bidang



Gambar 2: Jarak titik S ke bidang PQR

Solusi: **D**

Seperti halnya mencari jarak sebuah titik ke sebuah garis, jarak minimum dari sebuah titik ke sebuah bidang pasti ditempuh oleh sebuah vektor yang tegak lurus bidang, melewati titik tersebut. Vektor tegak lurus bidang ini kita sebut vektor normal bidang (\vec{n}).

Untuk mencari vektor normal ini, kita dapat menggunakan sifat dari perkalian silang

$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{n}$$

$$\vec{a} \perp \vec{n}, \vec{b} \perp \vec{n}$$

di mana \vec{a} dan \vec{b} adalah vektor yang berada pada bidang. Maka untuk soal ini,

$$\vec{a} = \overrightarrow{PQ} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$\vec{b} = \overrightarrow{RQ} = \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \\ 3 \end{pmatrix}$$

maka untuk mencari \vec{n} ,

$$\overrightarrow{PQ} \times \overrightarrow{RQ} = \vec{n} = \begin{pmatrix} 3 \\ -6 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Dari Gambar 2, kita bisa menyimpulkan

$$|\vec{OS}| = |\vec{PS}| \cos \theta$$

Menggunakan sifat perkalian titik,

$$\vec{PS} \cdot \hat{n} = |\vec{PS}| |\hat{n}| \cos \theta$$

dengan

$$\hat{n} = \frac{\vec{n}}{|\vec{n}|}$$

$$|\hat{n}| = 1$$

Maka

$$\vec{PS} \cdot \hat{n} = |\vec{PS}| \cos \theta$$

$$|\vec{OS}| = \vec{PS} \cdot \hat{n}$$

$$\vec{PS} = \begin{pmatrix} -3 \\ 4 \\ 9 \end{pmatrix}$$

$$\hat{n} = \frac{1}{\sqrt{3^2 + (-6)^2 + 3^2}} \begin{pmatrix} 3 \\ -6 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$\hat{n} = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{6}}{6} \\ -\frac{\sqrt{6}}{3} \\ \frac{\sqrt{6}}{6} \end{pmatrix}$$

$$|\vec{OS}| = \frac{\sqrt{6}}{3}$$

7. [MRAPW] Terdapat dua vektor gaya $\vec{F}_1 = 10 (\hat{i}, 2\hat{j}, 3\hat{k})$ N dan $\vec{F}_2 = 5 (\hat{i}, 3\hat{j}, 5\hat{k})$ N yang bekerja pada suatu benda. Hal ini mengakibatkan benda berpindah dengan vektor perpindahan $\vec{r} = (10\hat{i}, 10\hat{j}, 5\hat{k})$ m. Usaha yang dilakukan gaya tersebut, dalam satuan Nm, adalah

- A. 150
- B. 225
- C. 300
- D. 775
- E. 900

Solusi: **D**

Diketahui:

$$\vec{F}_1 = 10\hat{i} + 20\hat{j} + 30\hat{k} \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = 5\hat{i} + 15\hat{j} + 25\hat{k} \text{ N}$$

$$\vec{r} = 10\hat{i} + 10\hat{j} + 5\hat{k} \text{ m}$$

Ditanya usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut.

Untuk mencari usaha, $W = \vec{F} \cdot \vec{r}$, di mana \vec{F} adalah gaya yang bekerja pada benda dan \vec{r} adalah perpindahan yang dihasilkan dari gaya tersebut.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$= 10\hat{i} + 20\hat{j} + 30\hat{k} + 5\hat{i} + 15\hat{j} + 25\hat{k}$$

$$= 15\hat{i} + 35\hat{j} + 55\hat{k}$$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{r}$$

$$= (15\hat{i} + 35\hat{j} + 55\hat{k}) \cdot (10\hat{i} + 10\hat{j} + 5\hat{k})$$

$$= 15 \times 10 + 35 \times 10 + 55 \times 5$$

$$= 775 \text{ Nm}$$

8. **[HZZ]** Jika atom hidrogen yang berada di tingkat energi dasar ditembak dengan seberkas partikel, maka akan terjadi eksitasi ke level energi yang lebih tinggi karena proses tumbukan tersebut. Berapakah energi kinetik minimum yang harus dimiliki partikel tersebut untuk terjadinya eksitasi ini dan sesuai dengan garis apakah energi foton tersebut?

A. $2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$ dan Balmer Alfa

B. 13,6 eV dan $H\alpha$

C. $1,63 \times 10^{-18} \text{ J}$ dan Lyman Alfa

D. 13,6 eV dan Lyman Alfa

E. 10,2 eV dan $H\alpha$

Solusi: **C**

Dengan menggunakan hukum kekekalan energi, maka

$$\begin{aligned} E_K &= E_{\text{eksitasi}} \\ &= \frac{hc}{\lambda} \end{aligned}$$

Mencari λ menggunakan hukum Rydberg

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \\ &= 109707 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \\ \lambda &= 1,215 \times 10^{-5} \text{ cm} \end{aligned}$$

Mencari E_K

$$\begin{aligned} E_K &= \frac{6,624 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,214 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 1,63 \times 10^{-18} \text{ J} \end{aligned}$$

Karena atom hydrogen berada pada tingkat dasar sebelum tumbukan, maka eksitasi yang terjadi berasal dari kulit 1 dan termasuk dalam deret Lyman. Untuk eksitasi dari kulit 1 ke kulit 2 dinamakan Lyman Alfa.

9. [MNTP] Andaikan kamu berada di Merkurius yang berjarak 0,39 sa dari Matahari. Pilihlah pernyataan yang benar mengenai kecerlangan Matahari.

- A. Fluks Matahari di Bumi lebih lemah 1,64 kali daripada di Merkurius
- B. Fluks Matahari di Merkurius lebih terang 6,57 kali daripada di Bumi
- C. Fluks Matahari di Merkurius lebih terang 2,56 kali daripada di Bumi
- D. Fluks Matahari di Bumi lebih lemah 0,61 kali daripada di Merkurius
- E. Fluks Matahari di Merkurius lebih terang 0,39 kali daripada di Bumi

Solusi: **B**

Fluks adalah daya yang diterima per satuan luas. Dalam hal ini, jika dalam konteks fluks matahari, maka fluks matahari adalah daya matahari yang diterima di suatu tempat per satuan luas. Untuk bumi sendiri, dapat dilihat dikonstanta bahwa fluks matahari yang diterima sebesar 1370 watt/m². Artinya, dalam luasan 1 m², terdapat daya yang diterima dari matahari sebesar 1370 watt. Fluks sendiri dapat dihitung dari luminositas dibagi dengan bentuk geometri yang melingkupi wilayah tersebut, dalam hal ini berarti luas bola. Berikut rumus lengkapnya:

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

dengan:

E_{\odot} adalah fluks matahari yang diterima

L_{\odot} adalah luminositas matahari ($3,96 \times 10^{26} \text{ W}$)

d_{\odot} adalah jarak dari matahari

Dari rumus di atas, kita bias mendapatkan perbandingan fluks di bumi dengan merkurius. Variabel yang konstan di atas adalah luminositas matahari. Maka bias didapatkan perbandingannya seperti berikut dengan

mengetahui jarak Bumi-Matahari adalah 1 SA:

$$\begin{aligned}
 L_{\odot} &= L_{\odot} \\
 E_1 \times 4\pi d_1^2 &= E_2 \times 4\pi d_2^2 \\
 \frac{E_1}{E_2} &= \frac{d_2^2}{d_1^2} \\
 \frac{E_1}{E_2} &= \frac{1^2}{0,39^2} \\
 \frac{E_1}{E_2} &= 6,57
 \end{aligned}$$

Dapat dilihat bahwa fluks yang diterima Merkurius adalah 6,57 kali lebih terang daripada yang diterima Bumi.

10. [LOU] Dalam fotometri fotoelektrik Bintang Pollux, laju cacah yang diukur pada pukul 15:00 UT adalah 175000 cacah per detik dan 350000 cacah per detik pada pukul 16:00 UT. Laju cacah pada pukul 15:45 UT berdasarkan interpolasi linier adalah
- A. 291250 cacah per detik
 - B. 301250 cacah per detik
 - C. 361250 cacah per detik
 - D. 381250 cacah per detik
 - E. 391250 cacah per detik

Solusi: **Tidak ada jawaban**

Interpolasi adalah cara menentukan nilai yang berada di antara dua nilai diketahui berdasarkan suatu fungsi persamaan. Interpolasi linear adalah cara menentukan nilai yang berada di antara dua nilai diketahui berdasarkan persamaan linear (persamaan garis lurus).

Pertama tentukan dulu persamaan garisnya. Misalkan y adalah laju cacah per detik dan x adalah waktu dalam jam. Persamaan garisnya dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

dengan $(x_1, y_1) = (15, 175000)$ dan $(x_2, y_2) = (16, 350000)$.

$$\begin{aligned}
 \frac{x - 15}{16 - 15} &= \frac{y - 175000}{350000 - 175000} \\
 (x - 15) 175000 &= y - 175000 \\
 175000x - 2625000 &= y - 175000 \\
 y &= 175000x - 2450000
 \end{aligned}$$

Untuk mencari laju cacah saat 15:45 UT, substitusikan nilai $x = 15,75$, diperoleh nilai laju cacah pada pukul 15:45 UT yaitu 306250 cacah per detik.

11. [JLP] Sudut kritis pada Hukum Snellius terjadi jika sudut bias membentuk sudut sebesar 90 derajat. Seberkas sinar merambat dari medium rapat ke medium renggang. Jika indeks bias air sebesar 1,33 dan indeks bias *crown glass* sebesar 1,52, maka sudut kritisnya adalah sebesar
- A. $41,1^\circ$
 - B. $48,6^\circ$
 - C. $50,0^\circ$
 - D. $61,0^\circ$
 - E. $63,1^\circ$

Solusi: **D**

Soal ini menggunakan Hukum Snellius untuk mengerjakannya. Hukum Snellius berbunyi

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Pada soal diketahui bahwa sinar merambat dari medium rapat ke medium renggang yaitu dari *crown glass* ($n = 1,52$) menuju air ($n = 1,33$). Pada saat merambat ini, terbentuk sudut bias yaitu 90° . Sehingga

$$1,52 \sin \theta_1 = 1,33 \sin 90^\circ$$

$$\sin \theta_1 = \frac{1,33}{1,52}$$

$$\theta_1 = 61,04^\circ$$

12. [HAI] Kecepatan orbit suatu satelit di orbit rendah Bumi (*Low Earth Orbit*, LEO), dengan ketinggian sekitar 200 km dari permukaan Bumi, adalah
- A. $1,022 \text{ km s}^{-1}$
 - B. $2,4 \text{ km s}^{-1}$
 - C. $4,63 \text{ km s}^{-1}$
 - D. $7,8 \text{ km s}^{-1}$
 - E. $29,8 \text{ km s}^{-1}$

Solusi: **D**

Satelit yang mengorbit bumi memiliki gaya sentripetal dan gaya gravitasi yang nilainya sama, namun berlawanan arah dengan pusat massa. Bila diasumsikan satelit mengorbit dengan orbit lingkaran sempurna, ($e = 0$) maka berlaku persamaan berikut

$$F_g = F_{sp}$$

dengan F_g adalah gaya gravitasi dan F_{sp} adalah gaya sentripetal.

$$\frac{GM_{Bumi}m_{Satelit}}{r_{Satelit}^2} = m_{Satelit}\frac{v_{Satelit}^2}{r_{Satelit}}$$

$$\frac{GM_{Bumi}}{r_{Satelit}} = v_{Satelit}^2$$

G adalah konstanta gravitasi, $6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

M_{Bumi} adalah massa Bumi, $5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

$r_{Satelit}$ adalah jarak satelit ke pusat Bumi, $6,378 \times 10^6 \text{ m} + 2 \times 10^5 \text{ m}$.

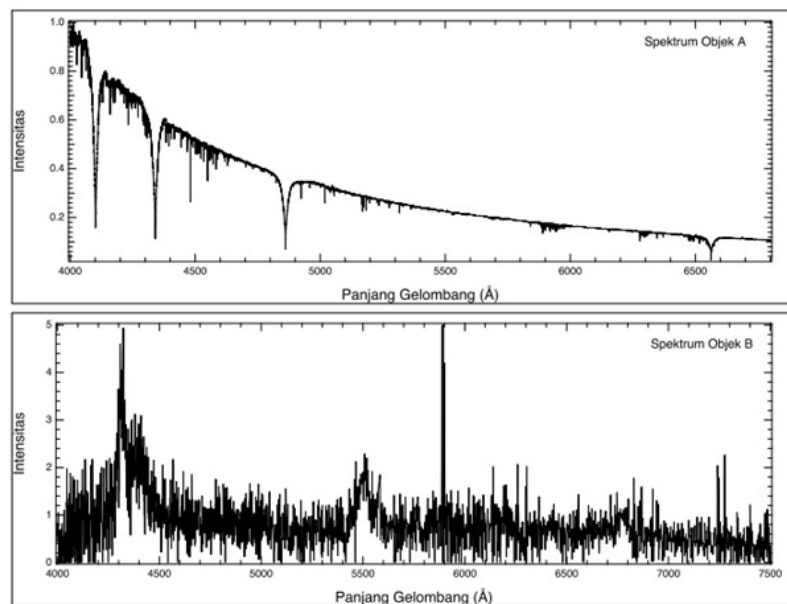
Maka besar kecepatan satelit adalah

$$v_{Satelit} = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{6,378 \times 10^6 + 2 \times 10^5}}$$

$$= 7,78 \times 10^3 \text{ m/s}$$

$$\approx 7,8 \text{ km/s}$$

13. [HWN] Diketahui spektrum dari objek-objek astronomi sebagai berikut. Pilihlah pernyataan yang benar.



1. Spektrum objek B merupakan spektrum galaksi
2. Spektrum objek A merupakan spektrum bintang kelas G
3. Spektrum objek A merupakan spektrum bintang kelas A
4. Spektrum objek B merupakan spektrum *planetary nebulae*

Solusi: **B**

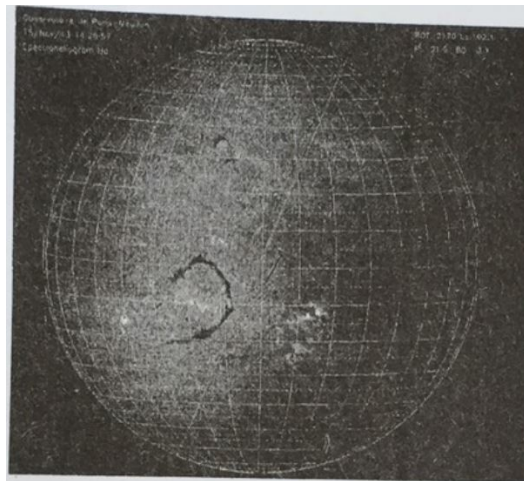
Objek A memiliki garis hidrogen atau garis Balmer yang sangat kuat, terlihat dari rendahnya intensitas pada 6563 Å ($H\alpha$), 4861 Å ($H\beta$), 4340

asumsi

$$19 \text{ tahun tropis} = 235 \text{ lunasi}$$

Dengan demikian, bulan purnama pada tanggal 1 Januari akan terjadi setiap 19 tahun. Oleh karena itu, jawaban yang tepat adalah 1 Januari 1991 M (19 tahun sebelum 2010 M) dan 1 Januari 2029 M (19 tahun setelah 2010 M).

15. **[MAS]** Berikut ini merupakan citra Matahari yang diamati pada tanggal 13 November 2015 dengan filter $H\alpha$. Pilihlah pernyataan yang benar.



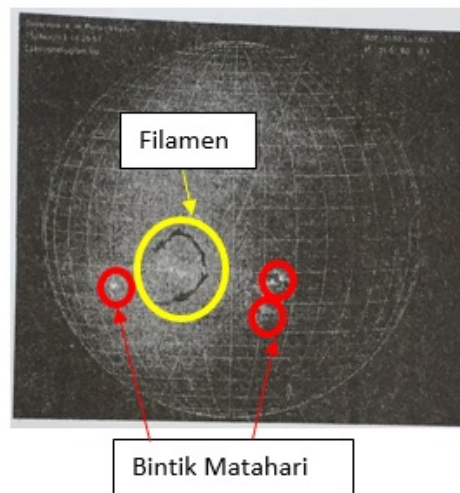
1. Terdapat lebih dari tiga Bintik Matahari pada citra.
2. Terdapat filamen Matahari pada citra.
3. Terdapat hubungan antara Bintik Matahari dengan medan magnet Matahari.
4. Terdapat Korona Matahari pada citra.

Solusi: **A**

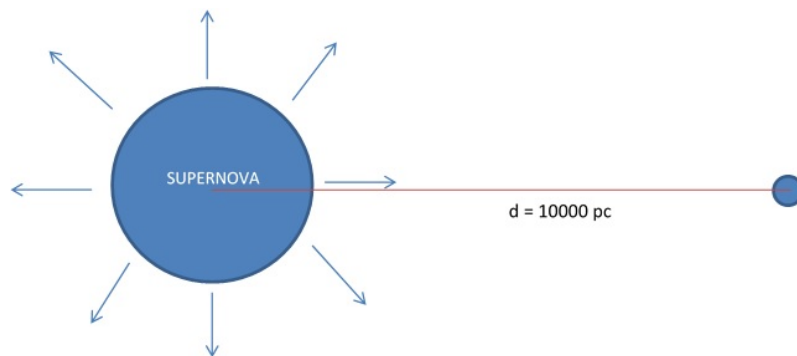
Berhubung gambar yang didapat 8 bit, agak sulit untuk mengidentifikasi fitur-fitur di matahari. Namun, hal tersebut tidak perlu menjatuhkan mental (meskipun sebenarnya tetap saja). Fitur-fitur yang berhasil ditemukan kami sesuai Gambar 4. Pernyataan 3. benar karena bintik matahari selalu berasosiasi dengan medan magnet yang kuat di sana. Sehingga jawabannya A. Pernyataan 1, 2, dan 3 benar.

16. **[RM]** Sisa supernova berekspansi ke segala arah dengan laju 1000 km per detik. Jika sisa supernova ini berjarak 10000 parsek dari Bumi, apakah perubahan diameter sudut setelah setahun? Apakah perubahan ini dapat diamati dengan teleskop landas Bumi berdiameter 3,8 meter? (Dalam hal ini, turbulensi atmosfer tidak dapat diabaikan)

Solusi:



Gambar 4: Hasil identifikasi fitur-fitur di piringan Matahari



Gambar 5: Ilustrasi soal nomor 16

Untuk mencari diameter sudut dapat menggunakan konsep trigonometri dimana diameter sudut sama dengan perubahan diameter supernova dibagi dengan jarak. Maka:

Perubahan diameter supernova dalam satu tahun:

$$\begin{aligned}
 D &= v \times t \\
 &= (1000 \text{ km/s}) \times (365,25 \text{ hari/tahun}) (24 \text{ jam/hari}) (3600 \text{ s/jam}) \\
 &= 3,15576 \times 10^{10} \text{ km}
 \end{aligned}$$

Jarak Bumi ke supernova:

$$\begin{aligned}
 d &= 10000 \text{ pc} \times 3,086 \times 10^{13} \text{ km/pc} \\
 &= 3,086 \times 10^{17} \text{ km}
 \end{aligned}$$

Perubahan diameter sudut dalam satu tahun:

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{D}{d} \\ &= \frac{3,15576 \times 10^{10} \text{ km}}{3,086 \times 10^{17} \text{ km}} \\ &= 1,022605314 \times 10^{-7} \text{ rad} \times 206265''/\text{rad} \\ &= 0,02''\end{aligned}$$

Resolusi teleskop (asumsi menggunakan gelombang visual $\lambda = 5500 \text{ \AA}$):

$$\begin{aligned}\text{Resolusi} &= 1,22 \times \frac{\lambda}{\text{Diameter Teleskop}} \\ &= 1,22 \times \frac{5500 \times 10^{-10} \text{ m}}{3,8 \text{ m}} \\ &= 1,765789474 \times 10^{-7} \text{ rad} \\ &= 0,03''\end{aligned}$$

Karena perubahan diameter sudut supernova lebih rendah daripada resolusi teleskop maka perubahan ini tidak dapat diamati.

17. [MNTTP] Jika kita menganggap Jupiter sebagai benda hitam yang memancarkan energi sebesar yang diterima dari Matahari, tentukan berapakah temperatur permukaan Jupiter? Pada kenyataannya, Jupiter memiliki temperatur sebesar 145°C . Hitung rasio antara temperatur Jupiter sebagai benda hitam dengan temperatur Jupiter sebenarnya. Jelaskan secara singkat sumber panas Jupiter!

Solusi:

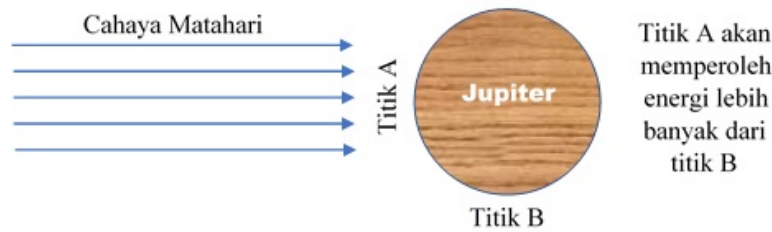
Jika anggapan Jupiter sebagai benda hitam, maka energi yang ia terima dari Matahari semuanya akan dikonversikan menjadi energi pancar.

$$E_{\text{terima}} = E_{\text{pancar}}$$

Fluks dari Matahari \times Luas penampang Jupiter = "Luminositas" Jupiter

$$\frac{L_{\odot}}{4\pi d_J^2} \times \pi r_J^2 = 4\pi r_J^2 \sigma T^4$$

Perlu diketahui di sini bahwa luas penampang Jupiter berbeda dengan luas permukaan Jupiter. Luas penampang sebuah bola jika disinari yaitu berbentuk lingkaran dengan jari-jari yang sama dengan jari-jari bola. Hal ini disebabkan karena daya yang diterima di titik yang berhadapan langsung dengan Matahari akan berbeda dengan titik ujung sebuah planet. Akibatnya, untuk mendapatkan luasan total yang merepresentasikan energi total yang diterima oleh planet akan terselesaikan menggunakan integral yang hasilnya luas penampang tersebut adalah berbentuk lingkaran.



Gambar 6: Ilustrasi soal nomor 17

$$\begin{aligned}
 \frac{L_{\odot}}{4\pi d_J^2} \times \pi r_J^2 &= 4\pi r_J^2 \sigma T^4 \\
 \frac{L_{\odot}}{16\sigma\pi d_J^2} &= T^4 \\
 T &= \sqrt[4]{\frac{L_{\odot}}{16\sigma\pi d_J^2}} \\
 &= \sqrt[4]{\frac{3,96 \times 10^{26}}{16 \times 5,67 \times 10^{-8} \times \pi \times (7,7833 \times 10^{11})^2}} \\
 &= 123,1 \text{ K} \\
 &= -109^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

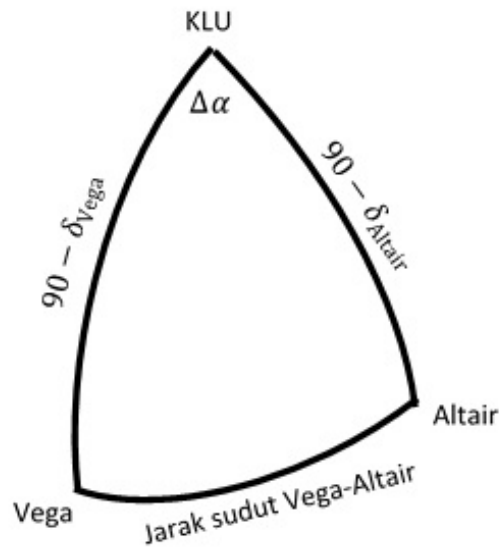
Pada kenyataannya, suhu Jupiter adalah 145°C atau 418 K. Maka perbandingannya adalah

$$\begin{aligned}
 \frac{T_{\text{bendahitam}}}{T_{\text{sebenarnya}}} &= \frac{123,1 \text{ K}}{418 \text{ K}} \\
 &= 0,294
 \end{aligned}$$

Beberapa hal yang mempengaruhi temperatur di suatu planet:

1. energi yang diterima dari Matahari (faktor jarak)
2. kesetimbangan antara energi yang diserap dengan yang dipantulkan (albedo)
3. efek rumah kaca (adanya atmosfer planet)
4. energi internal planet (planet Jupiter adalah planet gas)

Penyebab Jupiter lebih panas dari perkiraan hitungan adalah adanya atmosfer di planet tersebut. Seperti halnya planet Venus yang lebih panas daripada planet Merkurius, atmosfer planet Venus menyebabkan efek rumah kaca yang harusnya energi dipantulkan keluar oleh planet akhirnya menabrak atmosfer sehingga energi kembali ke planet tersebut. Bumi juga mengalami hal tersebut tetapi efeknya tidak seburuk planet Venus. Justru efek rumah kaca pada Bumi menyebabkan suhu Bumi hangat seperti yang kita rasakan. Planet Jupiter juga mengalami hal



Gambar 7: Segitiga bola untuk mencari jarak sudut antara Vega dan Altair

tersebut di mana terdapat atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca walaupun tidak berpengaruh besar terhadap temperatur planet. Faktor utama planet Jupiter memiliki temperatur lebih panas dari perkiraan adalah energi internal yang disebabkan oleh planet Jupiter adalah planet gas. Energi yang dihasilkan oleh gas yang berinteraksi di dalam diri Jupiter lah yang merupakan penyebab utama Jupiter semakin panas. Selain itu, terdapat bitnik merah raksasa yang ada di Jupiter yang suhunya begitu panas dan menyebabkan temperatur planet jadi lebih panas. Untuk informasi selengkapnya, mungkin bisa mengunjungi alamat web ini:

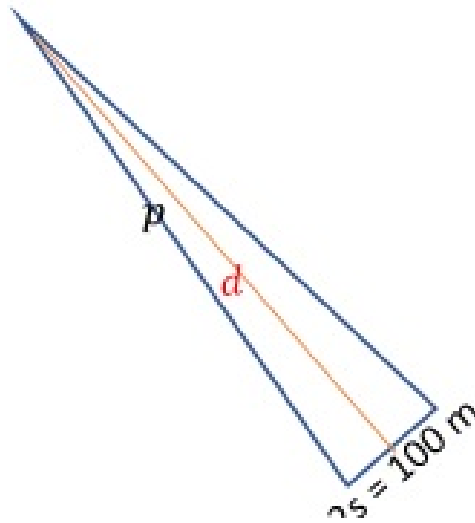
<https://www.infoastronomy.org/2016/07/bintik-merah-raksasa-membuat-jupiter-panas.html>

<http://www.sfdcs.org/pengetahuan/planet-gas-beserta-dengan-penjelasan-lengkap-lainnya/>

18. [WAS] Festival Tanabata merupakan perayaan yang berkaitan dengan musim panas yang dirayakan di beberapa negara seperti Jepang, Cina, Mongolia, dan Korea. Legenda Tanabata mengisahkan Bintang Vega dan Bintang Altair yang dipisahkan Sungai Amanogawa (Galaksi Bima Sakti). Diketahui koordinat (α, δ) Vega dan Altair masing-masing adalah $(18^h36^m56^s, 38^\circ47'01'')$ dan $(19^h50^m47^s, 08^\circ52'06'')$. Tentukan jarak sudut antara Vega dan Altair (dalam derajat).

Solusi:

Soal ini dapat diselesaikan dengan menggunakan segitiga bola. Hubungan yang dipakai adalah hubungan cosinus. Misalkan jarak sudut Vega-



Gambar 8: Ilustrasi soal nomor 19

Altair adalah x .

$$\begin{aligned}
 \cos x &= \cos(90^\circ - \delta_{Vega}) \cos(90^\circ - \delta_{Altair}) \\
 &\quad + \sin(90^\circ - \delta_{Vega}) \sin(90^\circ - \delta_{Altair}) \cos \Delta\alpha \\
 &= \sin \delta_{Vega} \sin \delta_{Altair} + \cos \delta_{Vega} \cos \delta_{Altair} \cos \Delta\alpha \\
 &= \sin 38^\circ 47' 01'' \sin 08^\circ 52' 06'' \\
 &\quad + \cos 38^\circ 47' 01'' \cos 08^\circ 52' 06'' \cos ((19^{\text{j}} 50^{\text{m}} 47^{\text{d}} - 18^{\text{j}} 36^{\text{m}} 56^{\text{d}}) \times 15) \\
 &= 0,827122564 \\
 x &= 34^\circ 11' 44,59''
 \end{aligned}$$

19. [MRAPW] Dua orang astronom, yang terpisah oleh jarak 100 km pada garis utara-selatan, secara simultan mengamati sebuah asteroid di dekat zenith. Hasil pengamatan mereka menunjukkan bahwa paralaks asteroid tersebut sebesar 5 detik busur. Hitunglah jarak ke asteroid (dalam satuan km). Berapakah perbandingan jarak asteroid tersebut dengan jarak ke Bulan?

Solusi:

Karena jarak sangat kecil dibandingkan keliling bumi maka kelengkungan permukaan bumi dapat diabaikan (kecuali anda percaya Bumi itu datar).

Diketahui $p = 5''$, $2s = 100$ km.

$$\begin{aligned}
 \tan p &= \frac{s}{d} \\
 d &= \frac{s}{\tan p}
 \end{aligned}$$

Maka jarak Bumi dengan asteroid tersebut adalah

$$\begin{aligned} d + R_B &= \frac{s}{\tan p} + R_B \\ &= \frac{50 \text{ km}}{\tan 5''} + 6400 \text{ km} \\ &= 2,07 \times 10^6 \text{ km} \end{aligned}$$

Jarak Bulan di tabel: $d_{Bulan} = 384400 \text{ km}$

Maka perbandingan jarak asteroid dengan jarak Bulan adalah

$$\begin{aligned} \frac{d + R_B}{d_{Bulan}} &= \frac{2,07 \times 10^6 \text{ km}}{384400 \text{ km}} \\ &= 5,39 \end{aligned}$$

20. [MIK] Sebuah bintang serupa Matahari (massa dan radius sama dengan yang dimiliki Matahari) dianggap mengubah seluruh energi potensial gravitasi yang dimilikinya menjadi pancaran radiasi sehingga luminositas sebesar L_\odot dihasilkan hingga kematiannya. Hitunglah nilai perkiraan energi potensial gravitasi bintang, lalu hitunglah umur bintang jika anggapan ini digunakan.

Solusi:

Untuk sebuah objek berbentuk bola pejal, energi potensial gravitasinya

$$E_P = -\frac{3GM^2}{5R}$$

Untuk bintang yang identik dengan Matahari, total energi potensialnya

$$\begin{aligned} E_P &= -\frac{3GM_\odot^2}{5R_\odot} \\ &= -\frac{3 \times 6,67 \times 10^{-11} \times (1,99 \times 10^{30})^2}{5 \times 6,96 \times 10^8} \\ &= -2,28 \times 10^{41} \text{ J} \end{aligned}$$

Luminositas adalah energi per satuan waktu, sehingga umur bintang

$$\begin{aligned} \Delta t &= \frac{|E_P|}{L_\odot} \\ &= \frac{2,28 \times 10^{41} \text{ J}}{3,96 \times 10^{26} \text{ J/s}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{365,2425 \times 24 \times 3600 \text{ s}} \\ &= 1,82 \times 10^7 \text{ tahun} \end{aligned}$$