

SMA
ASTRONOMI

[illegible]

085223273373

PEMBAHASAN PAKET 1

By: Muhammad Wildan Gifari

Proofread: Muhammad Miftahul Fahmi

1) [Harvest Moon]

Jawaban: C

Selang satu purnama ke purnama berikutnya antar 29 atau 30 hari. 12 kali purnama lamanya adalah 354 hari (satu tahun hijriah). Untuk soal seperti ini, paling gampang kita listing saja kapan purnama terjadi tahun berikutnya, kemudian kita tentukan purnama mana yang terdekat dengan autumnal equinox (23 September) sebagai Harvest Moon

2018 bulan purnama terjadi tanggal 24 September.

2019 bulan purnama terjadi tanggal 13 September dan 12 Oktober. Harvest Moon tanggal 13 September

2020 bulan purnama terjadi tanggal 2 September dan 2 Oktober. Harvest Moon tanggal 2 Oktober

2021 bulan purnama terjadi tanggal 21 September (Harvest Moon)

2) [Unseen Stars]

Jawaban: C

For A star to be unseen (never rise) from an observer located in northern hemisphere, its declination must be $< -(90 - \text{latitude})$

From Romania, stars that never rise has declination $< -46^\circ$

3) [Universe Density]

Jawaban: A

Dalam model alam semesta mengembang dipercepat:

- kerapatan radiasi menurun berbanding terbalik dengan jarak⁴ (kerapatan = Massa / Volume, namun karena gelombang yang menjauh juga mengalami efek Doppler, maka kerapatannya turun berbanding jarak⁴)
- kerapatan materi menurun berbanding terbalik dengan jarak³ (ingat kerapatan materi $\rho = \text{Massa} / \text{Volume}$)
- kerapatan *dark energy* konstan.

Kesimpulannya adalah kerapatan radiasi menurun lebih cepat dari kerapatan materi.

4) [Sunrise and Sunset]

Jawaban: E

Any celestial object will rise exactly at east point and set exactly at west point if and only if the declination of that object is 0. Sun changes its declination throughout the year (following the ecliptic line tracing the zodiac line), and declination of the sun being zero at 21 March and 23 September.

5) [Kalender Julian]

Jawaban: A

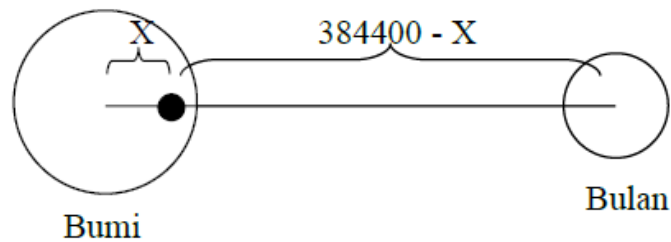
Kalender julian lamanya 365.25 hari. Satu tahun tropis yaitu matahari kembali ke vernal equinox lagi lamanya 365.2422 hari. Satu tahun tropis lamanya lebih singkat daripada kalender julian karena vernal equinox bergerak ke barat setiap tahunnya. Akibatnya matahari kembali ke vernal equinox pada tanggal yang lebih cepat.

6) [Barycenter]

Jawaban: A

Barycenter adalah titik pusat massa Bumi dan Bulan, sebagai pusat kedua benda berevolusi. Apabila jarak barycenter dari pusat bumi adalah x , maka

Keadaan Sistem Bumi-Bulan dapat digambarkan,



Lalu,

$$\begin{aligned}
 m_1 a_1 &= m_2 a_2 \\
 M_B x &= M_m (384400 - x) \\
 M_B x &= 384400 M_m - M_m x \\
 M_B x + M_m x &= 384400 M_m \\
 x(M_B + M_m) &= 384400 M_m \\
 x &= \frac{384400 M_m}{(M_B + M_m)} \\
 x &= \frac{384400(1)}{(81+1)} \\
 x &= 4687 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Karena jari-jari permukaan bumi sekitar 6400 km, maka jelas titik pusat massa sistem berada di dalam permukaan bumi, 4687 km dari pusat bumi.

4700 km dari pusat bumi berarti sekitar 1700 km dari permukaan bumi.

[gambar diambil dari diktat astronomi bab mekanika]

7) [Blackbody Star]

Jawaban: b

Bintang sebagai sumber radiasi mirip benda hitam memancarkan cahaya pada seluruh panjang gelombang dengan intensitas yang tidak sama. Intensitas maksimum berada pada panjang gelombang λ yang ditentukan oleh hukum Wien, $\lambda = C/T$ dengan C adalah konstanta Wien. Total daya yang dipancarkan bintang adalah σAT^4 .

8) [H-R diagram]

Jawaban: b

Bintang A dan D berukuran sama, maka mereka berdua adalah bintang deret utama. Bintang D memiliki temperature yang kecil, berarti dia berada di sebelah kanan. Angka 2 adalah posisi untuk

bintang D. Angka 4 adalah posisi bintang A. Temperatur C lebih besar daripada D, berarti posisi 1 adalah bintang C. posisi 3 berarti bintang B. Berarti bintang C adalah katai putih (bintang panas yang luminositasnya relative kecil, berarti ukurannya kecil) dan bintang B adalah raksasa merah (bintang dingin yang luminositasnya besar, berarti ukurannya besar).

9) [Stellar Structure]

Jawaban: d

Lihat pernyataan a.

Runtuhnya bintang akibat gravitasinya sendiri disebut skala waktu dinamik. Rumusnya

$$t_d = \frac{\pi}{8} \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

Untuk bintang seukuran matahari, ordenya menit

Lihat pernyataan b.

Apabila reaksi fusi nuklir berhenti, maka bintang tidak akan langsung berhenti bersinar. Bintang akan bersinar dengan menghabiskan energi ikat gravitasinya sesuai rumus

$$t_t \approx \frac{0,5GM^2/R}{L}$$

Untuk bintang seukuran matahari, ordenya puluhan juta tahun.

Lihat pernyataan c.

Lama waktu bintang berada di deret utama ditentukan dari seberapa lama dia membakar hydrogen di intinya melalui reaksi fusi nuklir. Lama waktu pembakaran nuklir ini mengikuti rumus

$$t_n \approx \frac{0,007 \cdot 0,1 \cdot Mc^2}{L}$$

Untuk bintang seukuran matahari, ordenya miliaran tahun.

Pernyataan d bertentangan dengan bahasan di pernyataan b. Bintang tidak akan langsung padam jika fusi nuklir berhenti.

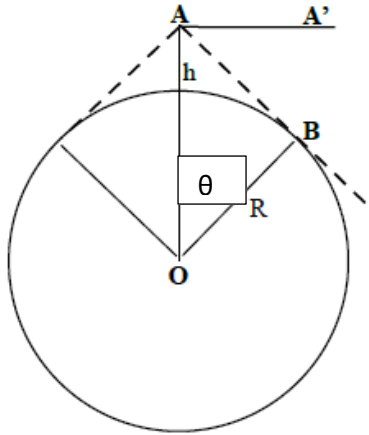
Lihat pernyataan e.

Temperatur bintang akan menurun dari inti menuju fotosfer kemudian naik lagi di korona-nya.

10) [Relay Satellite]

Jawaban: b.

Pertama kita harus hitung dulu berapa sudut jangkauan θ dari satu satelit. Penggambaran satelit di atas permukaan bumi:



Gambar 1. Posisi satelit di atas bumi digambarkan dengan titik A. Sudut AOB menyatakan sudut jangkauan dari satelit di titik A. Sinyal dari satelit bisa diteruskan ke segala arah kecuali sinyalnya “menabrak” titik B.

$$\cos \theta = \frac{R}{R + h} = \frac{6400}{6400 + 36000} = 0.15$$

Maka didapat $\theta = 81^\circ$. Total jangkauan satelit ke dua arah = $2\theta = 162^\circ$.

Jumlah relay satelit yang dibutuhkan = $360^\circ / (2\theta) = 2.22$ kita bulatkan ke atas sehingga jawabannya adalah 3 satelit.

11) [Perihelion distance]

Jawaban: b

Sekilas soal ini terlihat seperti soal yang sulit, namun sebenarnya ini hanyalah soal geometri sederhana. Apabila kita melihat grafiknya, titik C adalah akar dari persamaan kuadrat orbit parabola. Grafik parabola simetris terhadap sumbu-Y sehingga persamaan parabolanya adalah

$$y = \left(x - \frac{1}{2}\right)\left(x + \frac{1}{2}\right) = x^2 - \frac{1}{4}$$

Saat asteroid berada di perihelion, grafik parabola memotong sumbu-Y (lihat gambar) sehingga di perihelion

$$y = 0^2 - \frac{1}{4} = -\frac{1}{4}$$

Matahari terletak di titik (0,0) sedangkan koordinat perihelion planet adalah $\left(0, -\frac{1}{4}\right)$ maka jarak perihelion adalah $\frac{1}{4}$ AU.

12) [Globular cluster]

Jawaban: c

Misal flux dari bintang merah adalah E_m dan flux dari bintang biru adalah E_b maka

$$m_A = -2.5 \log(100E_m + 50E_b) + C = 5 \dots (1)$$

$$m_B = -2.5 \log(50E_m + 100E_b) + C = 2 \dots (2)$$

Kurangkan persamaan 1 dan 2 maka kita dapat

$$3 = -2.5 \log \left(\frac{100E_m + 50E_b}{50E_m + 100E_b} \right)$$

$$\frac{3}{-2.5} = \log \left(\frac{2E_m + E_b}{E_m + 2E_b} \right)$$

$$10^{-\frac{3}{2.5}} = \frac{2E_m + E_b}{E_m + 2E_b} = 0.063 \dots (3)$$

Magnitude semu gugus bola C

$$m_C = -2.5 \log(150E_m + 150E_b) + C \dots (4)$$

Kurangkan (4) dan (2) maka didapat

$$\begin{aligned} m_C - m_B &= -2.5 \log \left(\frac{150E_m + 150E_b}{50E_m + 100E_b} \right) = -2.5 \log \left(\frac{3E_m + 3E_b}{E_m + 2E_b} \right) \\ &= -2.5 \log \left(\frac{2E_m + E_b + E_m + 2E_b}{E_m + 2E_b} \right) \end{aligned}$$

$$m_C - m_B = -2.5 \log \left(\frac{2E_m + E_b}{E_m + 2E_b} + 1 \right)$$

Substitusikan nilai $\frac{2E_m + E_b}{E_m + 2E_b}$ dari persamaan (3)

$$m_C - m_B = -2.5 \log 1.063 = -0.066$$

$$m_C = m_B - 0.066 = 2 - 0.066 = 1.933$$

13) [Supernova Brightness]

Jawaban: a

Misal pada Januari 2019 kita sebut waktu t_1 dan Januari 2020 kita sebut t_2 , maka

$$L_1 = L_0 \exp \left(-\frac{t_1 - t_0}{b} \right) \dots (1) \text{ \& } L_2 = L_0 \exp \left(-\frac{t_2 - t_0}{b} \right) \dots (2)$$

Karena jarak ke Supernova tidak berubah maka selisih magnitude nya sebanding dengan perbandingan luminositasnya

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log \left(\frac{L_1}{L_2} \right) = -2.5 \log \left(\frac{\exp \left(-\frac{t_1 - t_0}{b} \right)}{\exp \left(-\frac{t_2 - t_0}{b} \right)} \right) = -2.5 \log \left(\exp \left(\frac{t_2 - t_1}{b} \right) \right)$$

$$5 - 6 = -1 = -2.5 \log \left(\exp \left(\frac{t_2 - t_1}{b} \right) \right)$$

$$10^{\frac{1}{2.5}} = \exp \left(\frac{12}{b} \right)$$

$$2.51 = \exp \left(\frac{12}{b} \right)$$

$$\ln(2.51) = \frac{12}{b}$$

$$b = \frac{12}{\ln(2.51)} = 13.03$$

Misal pada waktu t_3 magnitude Supernova menjadi 7, maka

$$L_3 = L_0 \exp \left(-\frac{t_3 - t_0}{b} \right) \dots (3)$$

Dengan membandingkan persamaan (3) dan (2) kita dapat

$$m_3 - m_2 = -2.5 \log \frac{L_3}{L_1} = -2.5 \log \left(\frac{\exp \left(-\frac{t_3 - t_0}{b} \right)}{\exp \left(-\frac{t_2 - t_0}{b} \right)} \right) = -2.5 \log \left(\exp \left(\frac{t_3 - t_2}{b} \right) \right)$$

$$7 - 6 = -1 = -2.5 \log \left(\exp \left(\frac{t_3 - t_2}{b} \right) \right)$$

$$10^{\frac{1}{2.5}} = \exp \left(\frac{t_3 - t_2}{b} \right) = 2.51$$

$$\ln(2.51) = \frac{t_3 - t_2}{b} = \frac{t_3 - t_2}{13.03}$$

$$t_3 - t_2 = \ln(2.51) * 13.03 = 12$$

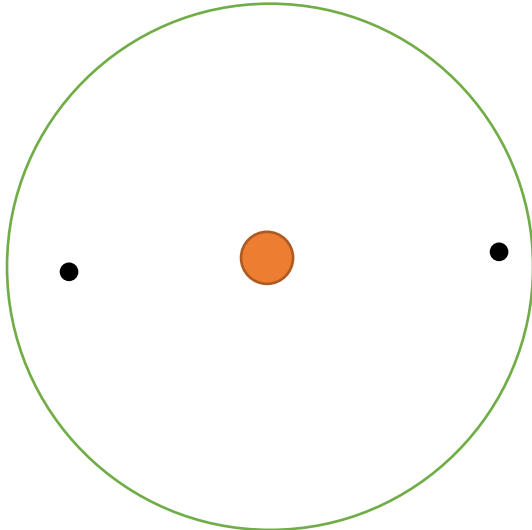
$$t_3 = t_2 + 12$$

Jadi supernova tersebut bermagnitudo 7 berselang 12 bulan dari t_2 atau di Januari 2021

14) [Jupiter Satellite]

Jawaban: a

Ingat bahwa bisa saja terjadi Ganymede berada di satu sisi Jupiter dan Callisto berada di sisi yang lain



Gambar 2. Contoh penampakan Jupiter dan satelitnya di medan pandang telescope. Jupiter adalah titik orange di tengah. Callisto berada di sisi kanan dan Ganymede berada di sisi kiri. Diameter lingkaran adalah medan pandang (Field of View) dari *eyepiece* teleskop.

Maka medan pandang (FoV) teleskop minimal harus sebesar jarak elongasi maksimal Ganymede + elongasi maksimal Callisto dilihat dari bumi.

$$FoV \geq \theta_{Ganymede} + \theta_{Callisto}$$

$$FoV(rad) \geq \frac{d_{Ganymede-Jupiter}}{d_{Bumi-Jupiter}} + \frac{d_{Callisto-Jupiter}}{d_{Bumi-Jupiter}}$$

Pada saat oposisi jarak bumi Jupiter kira-kira $5.2-1 = 4.2$ AU

$$FoV(rad) \geq 0.001698 + 0.00299$$

$$FoV \geq 348'' + 616''$$

$$FoV \geq 964 = 16'4''$$

Padahal

$$FoV = \frac{45^\circ}{M} = 45^\circ \frac{f_{ok}}{f_{ob}} = 45^\circ \frac{f_{ok}(mm)}{5000 mm} = 0.54' \times f_{ok}(mm)$$

Agar mendapatkan medan pandang $\geq 16'$ nilai f_{ok} (eyepiece) yang memenuhi hanyalah yang 40 mm.

15) [Dark star]

Jawaban: d

Misal magnitude matahari yang tertutup sunspot m_d dan magnitude matahari sekarang m_s maka

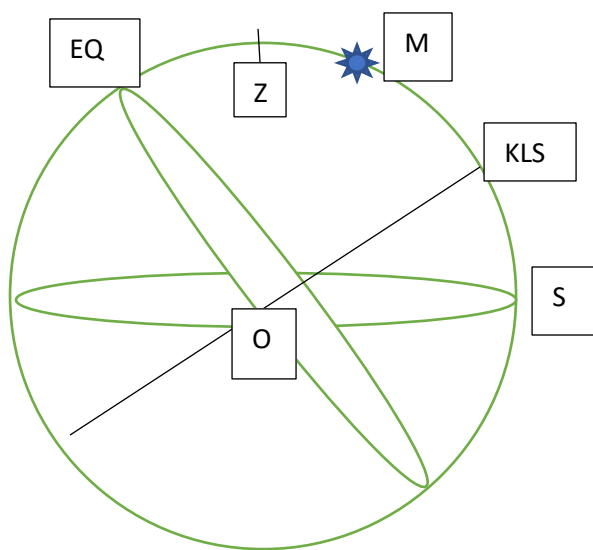
$$m_d - m_s = -2.5 \log \left(\frac{T_d}{T_s} \right)^4 = -10 \log \left(\frac{T_d}{T_s} \right) = -10 \log \left(\frac{5100}{6600} \right) = 1.12$$

$$m_d = m_s + 1.12 = -26.7 + 1.12 = -25.58$$

16) [Ashr Time]

Jawaban: A (37°)

Untuk mencari ketinggian matahari di waktu asar, kita perlu mencari dulu berapa panjang bayangan benda di waktu matahari berada di meridian.



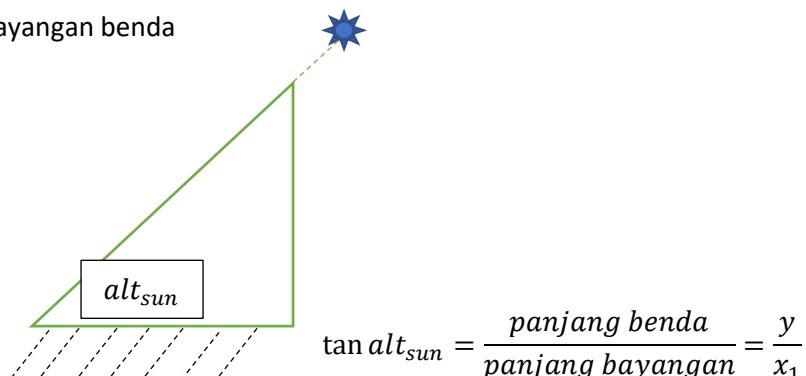
Gambar 3. Bola langit untuk pengamat di lintang 7° Selatan pada tanggal 22 Juni saat matahari berada di meridian. Pusat bola langit ditandai dengan titik O.

Ketinggian matahari dari horizon

$$alt_{sun} = S.O.KLS + KLS.O.M = S.O.KLS + (90 - EQ.O.M) = \theta + (90 - \delta_{sun})$$

$$alt_{sun} = 7 + (90 - 23.5) = 73.5^\circ$$

Pada saat itu bayangan benda



y adalah panjang benda dan x_1 adalah panjang bayangan benda ketika matahari berada di meridian

$$x_1 = \frac{y}{\tan 73.5}$$

Saat asar panjang bayangan sama dengan panjang benda ditambah panjang bayangannya ketika matahari di meridian. Misal panjang bayangan benda saat asar kita namakan x_2 maka

$$x_2 = y + x_1 = y + \frac{y}{\tan 73.5} = 1.30 y$$

Berarti ketinggian matahari saat asar

$$\tan alt_{sun} = \frac{y}{x_2} = \frac{y}{1.30 y} = \frac{1}{1.30}$$

$$alt_{sun} = 37^\circ$$

17) [Balmer Hydrogen Line]

Jawaban: B (6212 Angstrom)

Selisih energi electron karena meloncat dari kulit 3 ke kulit 2

$$\Delta E = E_3 - E_2 = -\frac{13.6}{9} + \frac{13.6}{4} = 1.89 \text{ eV} = 3.02 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

Pengamatan panjang gelombang Balmer Alpha dapat dicari dengan persamaan gelombang Elektromagnetik (Hukum Planck)

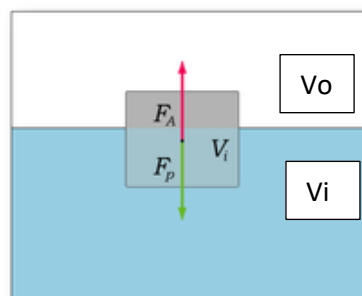
$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = 6212 \text{ Angstrom}$$

18) [Floating Litosphere]

Jawaban: c (28/5)

Ingat bunyi hukum Archimedes, benda yang tenggelam akan mengalami gaya angkat sesuai dengan berat fluida yang dipindahkan



Gambar 4. Ilustrasi hukum Archimedes. F_a adalah gaya angkat, F_p adalah gaya berat benda. V_i adalah volume benda di dalam fluida, dan V_o adalah volume benda di luar fluida. Sumber gambar: Wikipedia.

dari hukum 3 Newton (aksi reaksi)

$$F_A = F_p$$

gaya angkat = berat fluida yang dipindahkan $= V_i \cdot \rho_{mantel} \cdot g$

$$V_i \cdot \rho_{mantel} \cdot g = (V_i + V_o) \cdot \rho_{litosphere} \cdot g$$

$$\frac{V_o + V_i}{V_i} = \frac{\rho_{mantel}}{\rho_{litosphere}}$$

Yang ditanyakan adalah fraksi lempeng tektonik yang terbenam dibanding yang mengambang $= \frac{V_i}{V_o}$, maka

$$\frac{V_o}{V_i} + 1 = \frac{\rho_{mantel}}{\rho_{litosphere}}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\rho_{mantel}}{\rho_{litosphere}} - 1 = \frac{33}{28} - 1 = \frac{5}{28}$$

$$\frac{V_i}{V_o} = \frac{28}{5}$$

19) [Newtonian Electron]

Jawaban:

e ($4.5 \times 10^{-14} \frac{m}{s}$ dan $2.2 \times 10^6 \frac{m}{s}$)

Apabila kecepatan orbit ditentukan oleh gaya gravitasi maka

$$F_{sentripetal} = F_{gravitasi}$$

$$\frac{m_e v_e^2}{r_e} = \frac{G m_p m_e}{r_e^2}$$

m_e = massa elektron, m_p = massa proton, r_e = radius orbit elektron, v_e = kec orbit elektron

$$v_e = \sqrt{\frac{G m_p}{r_e}} = 4.5 \times 10^{-14} \frac{m}{s}$$

Apabila kecepatan orbit ditentukan oleh gaya Coulomb maka

$$F_{sentripetal} = F_{Coulomb}$$

$$\frac{m_e v_e^2}{r_e} = \frac{k q_p q_e}{r_e^2}$$

m_e = massa elektron, q_p = muatan proton $= q_e$ = muatan elektron, v_e = kec orbit elektron

$$v_e = \sqrt{\frac{kq_e^2}{m_e r_e}} = 2.2 \times 10^6 \frac{m}{s}$$

Patut diperhatikan bahwa gaya listrik jauh lebih kuat daripada gaya gravitasi

20) [Radio Telescope]

Jawaban: c (10.5")

Langsung gunakan rumus resolusi sudut

$$AR (") = 1.22 \times 206265 \times \frac{\lambda}{D}$$

Karena digunakan untuk mengamati garis hydrogen 21-cm, maka $\lambda = 21 \text{ cm}$

$$AR (") = 251000 \times \frac{21 \text{ cm}}{500\,000 \text{ cm}} = 10.5$$

Perlu diperhatikan bahwa resolusi teleskop radio yang berdiameter sangat besar masih kalah dengan resolusi mata manusia, diakibatkan panjang gelombang radio jauh lebih besar daripada panjang gelombang visual yang ditangkap mata.