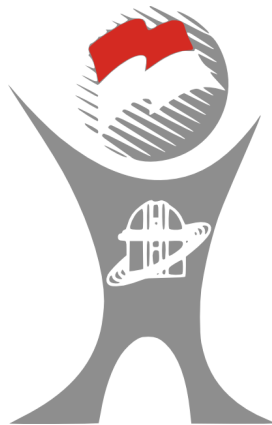




**SOAL
OLIMPIADE SAINS NASIONAL
TAHUN 2015**



ASTRONOMI

RONDE TEORI

Waktu: 210 menit

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS
TAHUN 2015**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN MENENGAH

DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS

Petunjuk terpenting:

1. Dalam naskah ini ada 15 soal pilihan berganda, 8 soal essay, serta daftar konstanta dan data astronomi.
2. Kalkulator boleh digunakan.
3. Tidak ada pengurangan nilai untuk jawaban salah.
4. Perhatikan petunjuk lain yang dibacakan pengawas.

Pilihan Berganda

1. **[Ekstra Galaksi]** Sebuah ekstra galaksi berada pada jarak 2,5 juta tahun cahaya. Diperlukan garis dasar (*baseline*) yang lebih panjang dari orbit tahunan Bumi mengedari Matahari untuk mengukur paralaksnya. Berapa besarkah paralaks tahunan ekstra galaksi itu jika diukur dengan garis dasar sepanjang diameter orbit Bumi dan berapa panjang garis dasar yang diperlukan untuk membuatnya terlihat dengan paralaks sebesar $1''$. (Sebagai informasi, jarak Matahari-Alpha Centauri adalah 4,3 tahun cahaya)
 - A. $0,01''$, dan garis dasar jarak Matahari-Alpha Centauri
 - B. $0,001''$, dan garis dasar 2 kali jarak Matahari-Alpha Centauri
 - C. $0,0001''$, dan garis dasar 3 kali jarak Matahari-Alpha Centauri
 - D. $0,00001''$, dan garis dasar 4 kali jarak Matahari-Alpha Centauri
 - E. $0,000001''$, dan garis dasar 5 kali jarak Matahari-Alpha Centauri
2. **[Tata Surya]** Planet Neptunus ditemukan melalui pengamatan pada tanggal 23 September 1846. Pada tanggal berapakah planet Neptunus terlihat lengkap mengorbit satu kali sejak penemuannya itu, jika setengah sumbu panjang orbit Neptunus adalah 30,06 sa?
 - A. 5 Januari 2010
 - B. 13 Juli 2011
 - C. 23 September 2012
 - D. 19 Maret 2013
 - E. 10 Desember 2014
3. **[Pengetahuan Umum]** Diketahui temperatur efektif Jupiter adalah $T_{\text{eff}} = 124,4 \text{ K}$. Perbandingan energi yang dipancarkan Jupiter dan energi yang diserapnya adalah 1,67. Perbandingan daya yang dipancarkan Jupiter dan daya Matahari adalah
 - A. 8×10^{-5}
 - B. 3×10^{-8}
 - C. 1×10^{-8}
 - D. 4×10^{-9}
 - E. 1×10^{-9}

4. **[Pengetahuan Umum tentang Orbit]** Pilih di antara kelompok planet Tata Surya dengan eksentrisitas orbit yang terkecil!
- A. Venus, Bumi, dan Neptunus
 - B. Merkurius, Venus, dan Bumi
 - C. Venus, Bumi, dan Saturnus
 - D. Bumi, Uranus, dan Neptunus
 - E. Venus, Saturnus, dan Uranus
5. **[Siklus Saros]** Musim gerhana pertama tahun 2016 akan diawali dengan Gerhana Matahari Total (GMT) pada pagi hari tanggal 9 Maret 2016. Jalur GMT tersebut akan melewati kota-kota di Indonesia antara lain Palembang, Palangkaraya, dan Palu. Jika diketahui GMT tersebut mempunyai nomor Saros 130, maka gerhana Bulan dengan titik simpul sekitar 180° dari titik simpul posisi Matahari pada GMT 9 Maret 2016 adalah
- A. Gerhana Bulan Total 14 Maret 2025
 - B. Gerhana Bulan Total 7 September 2024
 - C. Gerhana Bulan Sebagian 7–8 Agustus 2017
 - D. Gerhana Bulan Penumbra 23 Maret 2016
 - E. Gerhana Bulan Penumbra 16–17 September 2016
6. **[Astronomi Dasar]** Dari pengukuran satelit Hipparcos, diketahui bintang HD 94266 memiliki paralaks sebesar $2,08 \pm 1,14$ milidetik busur. Berapakah jarak bintang tersebut dalam satuan parsek dan ketidakpastiannya?
- A. $0,48 \pm 0,26$
 - B. $0,48 \pm 0,11$
 - C. $0,24 \pm 0,11$
 - D. 481 ± 263
 - E. 481 ± 114
7. **[Astrofisika]** Objek manakah yang tidak dapat digunakan untuk menentukan jarak dalam astronomi?
- A. bintang Mira
 - B. supernova
 - C. bintang P Cygni
 - D. bintang Cepheid
 - E. bintang *Red Clump*
8. **[Instrumentasi]** Seorang astronom ekstraterestrial berada pada jarak 10 tahun cahaya dari Matahari. Ia hanya dapat mengamati benda pada panjang gelombang $0,5 \mu\text{m}$. Suatu hari ia ingin mengamati Tata Surya dan membedakan Jupiter dengan Matahari. Berapakah diameter minimum teleskop yang harus digunakan (dalam satuan m)?
- A. 7,4
 - B. 6,8
 - C. 5,9
 - D. 7
 - E. 6

9. **[Zat Radioaktif]** Diketahui:

N_0 : jumlah zat radioaktif mula-mula

N_t : jumlah zat radioaktif saat ini (aktual)

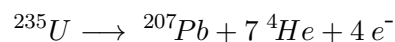
k : tetapan peluruhan

$t_{1/2}$: waktu yang diperlukan oleh zat radioaktif untuk meluruh menjadi separuh dari jumlah semula, yang dikenal dengan waktu paruh

Jumlah zat radioaktif (N) yang tersisa hingga waktu t adalah

$$N_t = N_0 e^{-kt}.$$

Salah satu cara penentuan umur Bumi yaitu dengan mengevaluasi zat radioaktif seperti Uranium 235 yang terurai menjadi Pb 207 dengan waktu paruh 710 juta tahun:



Dari pengukuran didapatkan jumlah uranium yang mula-mula 15,73, saat ini hanya tersisa 0,0725. Dari informasi di atas, berapakah umur Bumi?

- A. 4,5 milyar tahun
- B. 5,0 milyar tahun
- C. 5,5 milyar tahun
- D. 14 milyar tahun
- E. tidak dapat ditentukan

10. **[Astrofisika]** Manakah urutan kelas bintang yang benar dari bintang terpanas hingga terdingin?

- A. O-B-A-F-G-K-M-W (WR)
- B. W (WR)-O-Be-A-F-G-K-M
- C. O-W (WR)-B-A-F-G-K-M
- D. O-B-W (WR)-A-F-G-K-M
- E. O-B-A-F-G-W (WR)-M-K

11. **[Materi Antar Bintang]** Bintang terbentuk dari awan antar bintang. Proses detailnya memang rumit akan tetapi dapat dilakukan pendekatan. Jika v_s , ρ , dan G masing-masing adalah kecepatan suara, kerapatan awan, dan konstanta gravitasi, maka radius awan antar bintang (R) yang dibutuhkan agar dapat mengerut (*collapse*) adalah

- A. $R \gtrsim \frac{v_s}{\sqrt{\rho G}}$
- B. $R < \frac{v_s}{\sqrt{\rho G}}$
- C. $R \gtrsim \frac{v_s}{\rho G}$
- D. $R < \frac{v_s}{\rho G}$
- E. $R \gtrsim \frac{v_s^2}{\rho G}$

12. **[Astrofisika]** Jika I_0 menyatakan intensitas radiasi sebelum melewati lapisan atmosfer, maka intensitas radiasi setelah melewati lapisan atmosfer dengan tebal optis τ adalah
- A. I_0
 - B. $I e^{-\tau}$
 - C. $I_0 \log(-\tau)$
 - D. $I_0 \ln(-\tau)$
 - E. $I_0 e^{-\tau}$
13. **[Fisika Bintang]** Sebuah bintang yang sedang berada pada tahap Deret Utama, memiliki massa, jari-jari, luminositas, dan temperatur efektif masing-masing sebesar $3,5 M_{\odot}$, $3 R_{\odot}$, $2,5 L_{\odot}$, dan 15000 K. Jika bintang terdiri dari 100% hidrogen, dan energi yang dipancarkannya dianggap tetap dan seluruhnya berasal dari energi gravitasi, maka umur bintang adalah
- A. 5×10^5 tahun
 - B. 5×10^6 tahun
 - C. 5×10^7 tahun
 - D. 5×10^9 tahun
 - E. 5×10^{11} tahun
14. **[Astrofisika]** Diketahui sebuah eksoplanet mengelilingi bintang induk HD209458 dan terdeteksi dengan metode transit. Variasi relatif fluks yang terukur adalah 1,58%. Jika diketahui massa dan radius bintang induk masing-masing adalah $M_{\star} = 1,3 M_{\odot}$ dan $R_{\star} = 1,2 R_{\odot}$, maka radius planet dalam satuan radius Jupiter (R_J) adalah
- A. R_J
 - B. $20 R_J$
 - C. $1,5 R_J$
 - D. $2 R_J$
 - E. $15 R_J$
15. **[Spektroskopi]** Energi sebesar $\sim 10^{-6}$ eV mampu mengubah spin orbit elektron. Pada daerah panjang gelombang apakah energi tersebut dapat diamati?
- A. Visual
 - B. Sinar-X
 - C. Gelombang mikro
 - D. Sinar- γ
 - E. Radio

Essay

1. **[Supergugus dan Kosmologi]** Sebuah gugus galaksi yang menjadi anggota supergugus galaksi berada pada jarak 100 juta tahun cahaya dari pusat supergugus. Gugus galaksi itu diamati meninggalkan supergugus yang berbentuk bola dan bermassa 1 trilyun massa Matahari.
 - a. Hitunglah perbandingan kecepatan gugus akibat pengembangan alam semesta terhadap kecepatan lepas gugus dari kelompoknya! Manakah yang lebih dominan? Berikan penjelasan!
 - b. Berapa besar pergeseran panjang gelombang 550 nm yang berasal dari pusat supergugus dan diamati dari gugus tersebut?
 - c. Berapa kerapatan supergugus agar dapat melawan pengembangan alam semesta dan menahan lepasnya gugus galaksi? Nyatakan dalam satuan g cm^{-3} !
2. **[Eksoplanet]** Bintang induk sebuah eksoplanet memperlihatkan paralaks $0,02''$. Fluks bintang adalah $7 \times 10^{-9} \text{ Watt/m}^2$ dengan puncak spektrum pada $\lambda_{\text{max}} = 500 \text{ nm}$.

- a. Untuk bintang ini, berlaku hubungan luminositas dan massa dalam bentuk

$$L \propto M^{3,5}$$

Tentukan massa bintang dalam satuan Matahari!

- b. Hitung suhu kesetimbangan planet dengan pendekatan

$$T_{\text{planet}} = \frac{250}{\sqrt{d}}$$

dengan d adalah jarak planet-bintang dalam satuan sa.

- c. Apakah planet tersebut layak huni bagi manusia? Jelaskan!

3. **[Wahana Antariksa]** Wahana antariksa *Dawn* mengorbit planet kerdil Ceres pada orbit lingkaran dengan radius 1200 km. Setelah 22 hari survey, *Dawn* mengubah orbit menjadi elips dengan jarak terdekat beberapa ratus kilometer dan jarak terjauh beberapa ribu kilometer. Berapakah jarak terdekat dan terjauh wahana tersebut dari pusat Ceres? Perhatikan bahwa hal itu dilakukan *Dawn* dengan cara mengurangi momentum sudut menjadi 60% harga semula dan menjaga energi totalnya tetap saat perubahan orbit berlangsung!
4. **[Materi Antar Bintang]** Diketahui sebuah bintang dalam catalog BMSS (Bosscha M Star Survey) No 8-24 (IRAS 17154-3407) pada posisi koordinat bujur dan lintang galaksi masing-masing

$$l = 352,48$$

$$b = 1,92.$$

Diketahui pula spektrum bintang adalah M6.5 (*late M star*, bintang kelas spektrum M tipe akhir). Hasil pengamatan magnitudo inframerah-dekat dan warna bintang menunjukkan

$$I = 7,8$$

$$(R - I) = 3,3.$$

Diketahui bintang M6.5 mempunyai warna intrinsik, magnitudo semu pada panjang gelombang $12 \mu\text{m}$ (m_{12}), dan warna inframerah ($m_{12} - m_{25}$) (dengan m_{25} adalah magnitudo semu pada panjang gelombang $25 \mu\text{m}$) masing-masing sebesar

$$\begin{aligned}(R - I)_0 &= 1,6 \\ m_{12} &= 1,4 \\ m_{12} - m_{25} &= 0,87.\end{aligned}$$

Pelemahan (ekstingsi) di arah tersebut adalah

$$A_V \approx 1,5 - 2,0 \text{ mag/kpc.}$$

Telaah menunjukkan informasi tersebut berlaku hingga jarak 4 kpc. Hukum pemerahan umum dianggap

$$\begin{aligned}R &= 3,55 \\ R &= \frac{A_V}{E_{B-V}}, \\ E_{V-I} &= 1,5 E_{B-V}, \text{ dan} \\ E_{V-R} &= 0,8 E_{B-V}.\end{aligned}$$

dengan E_{B-V} , E_{V-I} , dan E_{V-R} masing-masing adalah eksek warna dalam $B - V$, $V - I$, dan $V - R$. Dari hasil telaah bintang-bintang inframerah diperoleh 3 (tiga) hubungan magnitudo mutlak dalam $12 \mu\text{m}$:

$$\begin{aligned}[1] : M_{12} &= -8,458 - 2,219 (m_{12} - m_{25}), \\ [2] : M_{12} &= -8,846 - 2,619 (m_{12} - m_{25}), \text{ dan} \\ [3] : M_{12} &= -8,895 - 3,075 (m_{12} - m_{25}).\end{aligned}$$

- a. Bila pelemahan pada panjang gelombang $12 \mu\text{m}$ dan $25 \mu\text{m}$ diabaikan, hitung jarak rata-rata bintang dengan menggunakan informasi inframerah!
 - b. Nyatakan A_I , A_R , dan A_V sebagai fungsi dari E_{R-I} !
 - c. Hitung E_{B-V} dan E_{R-I} !
5. **[Fisika Bintang]** Pada reaksi nuklir proton-proton di dalam suatu bintang seukuran Matahari, energi yang dihasilkan per gram per detik adalah sebesar

$$\begin{aligned}E_{pp} &= 2,5 \times 10^6 \rho X^2 \left(\frac{10^6}{T}\right)^{2/3} e^A \\ A &= \left[-33,8 \left(\frac{10^6}{T}\right)^{1/3} \right]\end{aligned}$$

dengan

$$\begin{aligned}\rho &= \text{rapat massa pusat bintang} \\ X &= \text{fraksi massa hidrogen} = \text{massa hidrogen dalam 1 gram materi} \\ T &= \text{temperatur pusat bintang}\end{aligned}$$

Untuk bintang tersebut, diketahui

$$\begin{aligned}\rho &= 55 \text{ g cm}^{-3} \\ X &= 0,88 \\ T &= 10^7 \text{ K}\end{aligned}$$

dan reaksi nuklir berlangsung hingga sejauh $0,2 R$ dari pusat bintang. Radiasi keluar secara seragam ke semua arah. Dengan mengabaikan faktor serapan dan emisi, tentukanlah temperatur permukaan bintang tersebut!

6. **[Tata Surya]** Sebuah planet ekstrasurya beralbedo 0,06, berada diantara dua bintang yang memberikan tarikan gravitasi sama kuatnya. Bintang pertama sama seperti Matahari dan berjarak seperti jarak Bumi-Matahari, sedangkan bintang kedua massanya 3 kali bintang pertama. Bintang pertama dan kedua merupakan bintang deret utama. Jika fluks yang diserap planet sama dengan yang diemisikannya, berapakah temperatur permukaan planet ekstrasurya tersebut? Gunakan pendekatan dengan mengabaikan interaksi antar bintang.
7. **[Gravitasi]** Seorang astronot yang mengikuti misi ke Planet Mars memiliki hobi bermain bola. Dia berharap bisa melanjutkan hobinya ketika tinggal di Mars. Dia menyadari bahwa kondisi di Mars berbeda dengan di Bumi. Di Bumi, dia menendang bola bermassa 500 g dengan laju awal 25 m/s pada sudut 45° . Dengan energi yang biasa dikerahkan saat bermain bola di Bumi, apakah bola akan lepas dari gravitasi Mars? Hitunglah rasio kecepatannya! Agar dapat bermain bola di Mars dengan nyaman, dia memodifikasi massa bola sehingga bola melambung dengan ketinggian yang sama seperti di Bumi. Berapakah massa bola tersebut setelah diubah?
8. **[Pemetaan Materi Gelap]** Sebagaimana diberitakan dalam majalah *Nature* bulan April 2015, sebuah tim telah berhasil memetakan distribusi materi gelap (*dark matter*) di sebagian belahan langit selatan. Menggunakan teleskop Victor M. Blanco yang dilengkapi kamera dengan resolusi 24000×24000 pixel², mereka mampu memetakan area seluas 700 kali piringan Matahari. Berapakah resolusi sudut yang dihasilkan? Nyatakan dalam detik busur per pixel!

Daftar Konstanta dan Data Astronomi

Nama konstanta	Simbol	Harga
Kecepatan cahaya	c	$2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$
Konstanta gravitasi	G	$6,673 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg/s}^2$
Konstanta Planck	h	$6,6261 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Konstanta Boltzmann	k	$1,3807 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
Konstanta kerapatan radiasi	a	$7,5659 \times 10^{-16} \text{ J/m}^3/\text{K}^4$
Konstanta Stefan-Boltzmann	σ	$5,6705 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$
Muatan elektron	e	$1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$
Massa elektron	m_e	$9,1094 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Massa proton	m_p	$1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa neutron	m_n	$1,6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa atom ${}_1\text{H}^1$	m_{H}	$1,6735 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa atom ${}_2\text{He}^4$	m_{He}	$6,6465 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa inti ${}_2\text{He}^4$		$6,6430 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Konstanta gas	R	$8,3145 \text{ J/K/mol}$

Nama besaran	Notasi	Harga
Satuan astronomi	sa	$1,49597870 \times 10^{11}$ m
Parsek	pc	$3,0857 \times 10^{16}$ m
Tahun cahaya	ly	$0,9461 \times 10^{16}$ m
Tahun sideris		365,2564 hari
Tahun tropik		365,2422 hari
Tahun Gregorian		365,2425 hari
Tahun Julian		365,2500 hari
Periode sinodis Bulan (<i>synodic month</i>)		29,5306 hari
Periode sideris Bulan (<i>sidereal month</i>)		27,3217 hari
Hari Matahari rerata (<i>mean solar day</i>)		24 ^j 3 ^m 56 ^d ,56
Hari sideris rerata (<i>mean sidereal day</i>)		23 ^j 56 ^m 4 ^d ,09
Massa Matahari	M_{\odot}	$1,989 \times 10^{30}$ kg
Jejari Matahari	R_{\odot}	$6,96 \times 10^8$ m
Temperatur efektif Matahari	$T_{\text{eff},\odot}$	5785 K
Luminositas Matahari	L_{\odot}	$3,9 \times 10^{26}$ W
Magnitudo semu visual Matahari	V	-26,78
Indeks warna Matahari	$B - V$	0,62
	$U - B$	0,10
Magnitudo mutlak visual Matahari	M_V	4,79
Magnitudo mutlak biru Matahari	M_B	5,48
Magnitudo mutlak bolometrik Matahari	M_{bol}	4,72
Massa Bulan	M_{D}	$7,348 \times 10^{22}$ kg
Jejari Bulan	R_{D}	1738000 m
Jarak rerata Bumi-Bulan		384399000 m
Konstanta Hubble	H_0	69,3 km/s/Mpc

Objek	Massa (kg)	Jejari ekuatorial (km)	P_{rotasi}	P_{sideris} (hari)	Jarak rerata ke Matahari (10^3 km)
Merkurius	$3,30 \times 10^{23}$	2440	58,646 hari	87,9522	57910
Venus	$4,87 \times 10^{24}$	6052	243,019 hari	244,7018	108200
Bumi	$5,97 \times 10^{24}$	6378	23 ^j 56 ^m 4 ^d ,1	365,2500	149600
Mars	$6,42 \times 10^{23}$	3397	24 ^j 37 ^m 22 ^d ,6	686,9257	227940
Jupiter	$1,90 \times 10^{27}$	71492	9 ^j 55 ^m 30 ^d	4330,5866	778330
Saturnus	$5,69 \times 10^{26}$	60268	10 ^j 39 ^m 22 ^d	10746,9334	1429400
Uranus	$8,66 \times 10^{25}$	25559	17 ^j 14 ^m 24 ^d	30588,5918	2870990
Neptunus	$1,03 \times 10^{26}$	24764	16 ^j 6 ^m 36 ^d	59799,8258	4504300