



**SOAL UJIAN
SELEKSI CALON PESERTA OLIMPIADE SAINS NASIONAL 2019
TINGKAT PROVINSI**



BIDANG ASTRONOMI

Waktu : 180 Menit

*This file was downloaded from:
ivanjoannes.wordpress.com*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS

Petunjuk terpenting:

1. Jawablah seluruh soal hanya di lembar jawaban dan jangan di lembar soal ini!
2. Dalam naskah ini ada 7 soal pilihan ganda, 3 soal benar-salah, 5 soal esai pendek, dan 5 soal esai panjang. Daftar konstanta dan data astronomi disertakan.
3. Penggaris diperlukan untuk menjawab beberapa soal. Kalkulator boleh digunakan.
4. Tidak ada pengurangan nilai untuk jawaban salah.
5. Perhatikan petunjuk lain yang dibacakan pengawas.

Soal Pilihan Ganda dan Benar-Salah

1. Claudius Ptolomeus adalah seorang ilmuwan Yunani yang mengajukan model alam semesta yang dikenal dengan model Geosentris. Dari pernyataan berikut ini, pilihlah jawaban yang SALAH menurut model Ptolomeus
 - A. Bintang-bintang tidak bergerak
 - B. Bumi tidak berada di pusat orbit lingkaran planet
 - C. Untuk menjelaskan gerak berbalik planet (*retrograde motion*), ditambahkan lingkaran-lingkaran kecil pada setiap orbit planet
 - D. Bumi dianggap diam
 - E. Planet bergerak dengan laju tetap
2. Diketahui lebar garis emisi pada panjang gelombang 6678 \AA pada spektrum lampu pembanding adalah $2,5 \text{ \AA}$. *Frequency bandwidth* atau lebar garis dalam satuan frekuensi (Hz) adalah
 - A. $1,1 \times 10^5$
 - B. $1,6 \times 10^{11}$
 - C. $4,4 \times 10^{15}$
 - D. $1,2 \times 10^{18}$
 - E. $1,6 \times 10^{18}$
3. Bintang bertipe spektrum F0V memiliki magnitudo mutlak visual $+2,6$ dan warna intrinsik $(B - V)_0 = +0,3$. Bintang X yang bertipe spektrum F0V diamati memiliki magnitudo visual $+6,79$ dan $(B - V) = +0,35$. Dari informasi ini, maka jarak bintang yang diamati tersebut adalah
 - A. 81,28 pc
 - B. 74,13 pc
 - C. 70,14 pc
 - D. 68,86 pc
 - E. 63,97 pc

4. Sebuah bintang berada pada tahap akhir evolusinya, yaitu pada fase pembakaran unsur berat di pusatnya. Massa dan kerapatan massa rata-rata pusat bintang masing-masing adalah $1,4 M_{\odot}$ dan 10^{12} kg/m^3 . Diketahui pusat bintang yang mengandung inti besi lembam ini runtuh menjadi pusat yang beradius 10 km. Energi total (dalam satuan Joule) yang akan dilepaskan dari suatu ledakan supernova yang berasal dari perubahan energi potensial gravitasi adalah dalam orde

- A. 10^{44}
- B. 10^{46}
- C. 10^{48}
- D. 10^{50}
- E. 10^{52}

5.

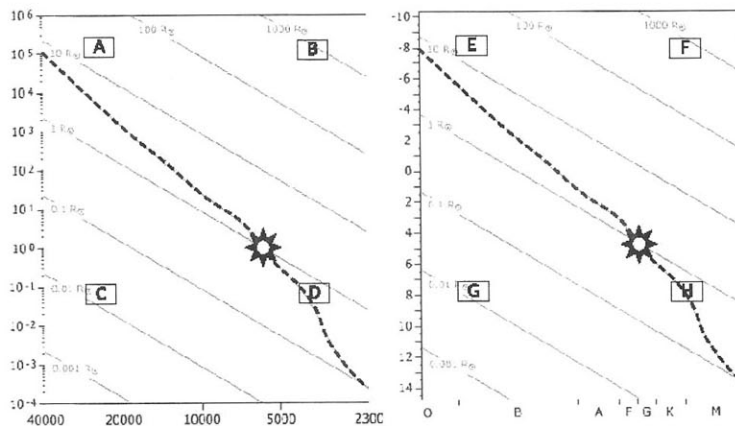


Diagram H-R dengan Matahari direpresentasikan oleh simbol bintang hitam. *Panel kiri:* sumbu mendatar adalah temperatur dalam satuan Kelvin, dan sumbu tegak adalah luminositas dalam satuan L_{\odot} . *Panel kanan:* sumbu mendatar adalah kelas spektrum, dan sumbu tegak adalah magnitudo mutlak.

Garis tebal putus-putus pada diagram H-R di atas

- A. Menyatakan jejak evolusi Matahari dari kiri-atas ke kanan-bawah
- B. Menyatakan jejak evolusi Matahari dari kanan-bawah ke kiri-atas
- C. Menyatakan tempat kedudukan bintang-bintang Deret Utama
- D. Menandai batas antara bintang-bintang generasi pertama dan kedua
- E. Menandai batas antara bintang-bintang dengan dan tanpa medan magnet

Untuk soal nomor 6 dan 7, jawablah

- A. jika 1, 2, dan 3 benar
- B. jika 1 dan 3 benar
- C. jika 2 dan 4 benar
- D. jika 4 saja benar
- E. jika semua benar

6. Periode dua *vernal equinox* (titik musim semi) berurutan pada setiap tahun
1. konstan
 2. tidak benar-benar konstan karena terpengaruh oleh nutasi
 3. konstan dengan periode selama 1 tahun tropik (yaitu 365,2422 hari)
 4. dipengaruhi oleh gangguan gravitasi objek-objek di Tata Surya
7. Beberapa hal yang diketahui tentang empat musim di belahan Utara dan Selatan Bumi adalah
1. perbedaan panjang untuk keempat musim dapat dijelaskan dengan Hukum Kepler
 2. dalam waktu belasan ribu tahun, panjang musim dingin dapat menjadi lebih lama dibandingkan dengan panjang musim panas
 3. di belahan Utara, panjang musim dingin lebih singkat dibandingkan dengan panjang musim panas
 4. faktor paling besar terjadinya empat musim adalah variasi jarak Bumi-Matahari

Soal nomor 8, 9, dan 10 dijawab dengan huruf pilihan B dan S. Pilihlah B jika pernyataan di soal adalah BENAR. Pilihlah S jika pernyataan di soal adalah SALAH.

8. Pada diagram HR di soal nomor 5, Betelgeuse adalah bintang maharaksasa yang memiliki radius 1000 kali radius katai putih.
9. Seorang pendaki naik ke puncak *Mount Everest* yang memiliki ketinggian kurang lebih 8800 m di atas permukaan laut dan memandang ke horison di permukaan Bumi. Kemudian pendaki tersebut mengukur jarak dari dirinya ke horison. Di planet Mars, seorang astronot juga mengukur jaraknya ke horison dari puncak *Mons Elysium* yang memiliki ketinggian 13,8 km di atas rata-rata permukaan Mars. Jarak horison yang diukur di Mars lebih besar daripada jarak horison di Bumi.
10. Fraksi massa gabungan bintang dan gas terhadap massa total galaksi Bimasakti pada jarak 8 kpc dari pusat adalah 52,9%. Sedangkan sisa massa adalah massa materi gelap (*dark matter*). Distribusi massa materi gelap bersifat simetri bola. Kecepatan rotasi objek pada jarak 8 kpc adalah 220 km/s. Dengan menggunakan tetapan gravitasi $G = 4,302 \times 10^{-3} \text{ pc } \left(\frac{\text{km}}{\text{s}}\right)^2 M_{\odot}^{-1}$, maka kerapatan materi gelap adalah

$$\rho_{\text{dm}} = 0,02 M_{\odot}/\text{pc}^3$$

This file was downloaded from:
ivanjoannes.wordpress.com

Esai Pendek

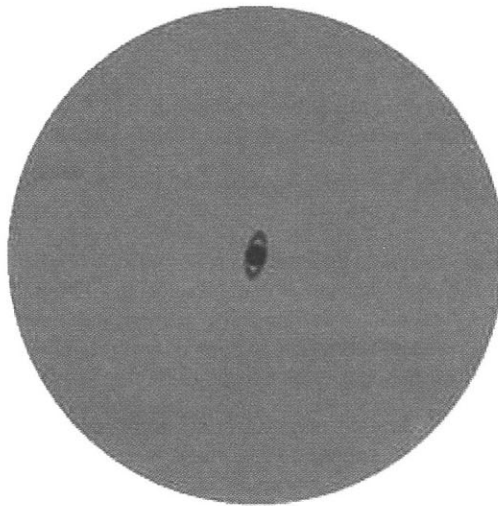
11. Sebuah awan berbentuk bola dengan radius $R = 10$ pc memiliki kerapatan molekul hidrogen yang seragam, yaitu $n(H_2) = 300 \text{ cm}^{-3}$. Berapakah kuat medan magnet B yang diperlukan agar energi magnetik dari awan sama besar dengan energi potensial gravitasinya?

Petunjuk: Rapat energi magnetik adalah

$$u_B = \frac{B^2}{8\pi}$$

12. Pada suatu malam, kamu mengamati Saturnus dengan menggunakan teleskop ($D = 279,4 \text{ mm}$, $f/D = 10,0$) dan sebuah *eyepiece* dengan medan pandang semu (*apparent Field-of-View*) sebesar 55° . Data dari almanak astronomi menunjukkan bahwa untuk waktu pengamatan tersebut jarak Bumi dan Saturnus adalah 10,627 sa dan diameter Saturnus beserta cincin yang tampak adalah 278205,221 km.

Hasil pengamatan ditampilkan pada gambar berikut:



Dengan bantuan tabel konstanta yang disediakan, tentukanlah:

- Diameter sudut Saturnus
 - Medan pandang pada gambar
 - Panjang fokus *eyepiece* yang digunakan
13. Suatu tahun dalam sistem kalender surya dikatakan kabisat bila habis dibagi 4, namun untuk tahun abad (tahun dengan kelipatan 100) dikatakan kabisat hanya jika habis dibagi 400, dan tahun kelipatan 4000 bukan tahun kabisat. Di sistem kalender surya yang lain, suatu tahun juga dikatakan kabisat bila habis dibagi 4, namun untuk tahun abad dikatakan kabisat hanya jika bersisa bagi 200 atau 600 dari hasil pembagian tahun dengan angka 900. Diketahui bahwa untuk kedua kalender surya ini, tahun kabisat dibagi dalam 12 bulan (total hari = 366 hari), sedangkan tahun basit dibagi dalam 12 bulan (total hari = 365 hari). Andaikan tanggal 1 bulan 1 tahun 2000 kedua sistem kalender jatuh di hari yang sama, hitunglah
- setelah tahun 2000, di tahun abad terdekat berapakah kedua sistem penanggalan bersamaan kembali sebagai tahun kabisat?
 - mulai tahun abad berapakah kedua sistem penanggalan berbeda untuk pertama kali dalam penentuan tahun kabisat?

Sebagai informasi, sistem penanggalan pertama adalah kalender Gregorian (dengan reformasi minor), sedangkan sistem penanggalan kedua adalah kalender gereja Ortodoks Timur (Aveni, A., 1989, *Empires of Time: Calendars, Clocks, and Cultures*, Basic Books Inc. Publ., New York, halaman 118).

14. Jika pada pengamatan fotometri galaksi diperoleh nisbah sinyal terhadap derau (S/N) = 5, hitunglah galat magnitudo galaksi tersebut.
15. Seorang observer mengukur kecerlangan langit dengan Teleskop Zeiss berdiameter 60 cm dan detektor. Diketahui magnitudo kecerlangan langit pada panjang gelombang visual ($\lambda = 5500 \text{ \AA}$) adalah $m_{\text{sky},V} = 20,5$ magnitudo per detik busur kuadrat dan *seeing* langit adalah $2''$. Hitunglah jumlah foton tiap detik yang diterima teleskop dari langit dengan *seeing* langit tersebut dan efisiensi teleskop 95%. Sebagai perbandingan, Matahari memiliki fluks $F_{\odot} = 1,6 \times 10^5 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Dalam hal ini, ekstingsi dapat diabaikan dan pengamatan ke arah meridian.

Esai Panjang

16. Sebuah elektron pada atom bergerak mengelilingi inti pada lintasan tertentu pada keadaan dasar sehingga elektron memiliki momentum sudut (L) sebagai berikut:

$$L = m_e v r = \frac{nh}{2\pi}.$$

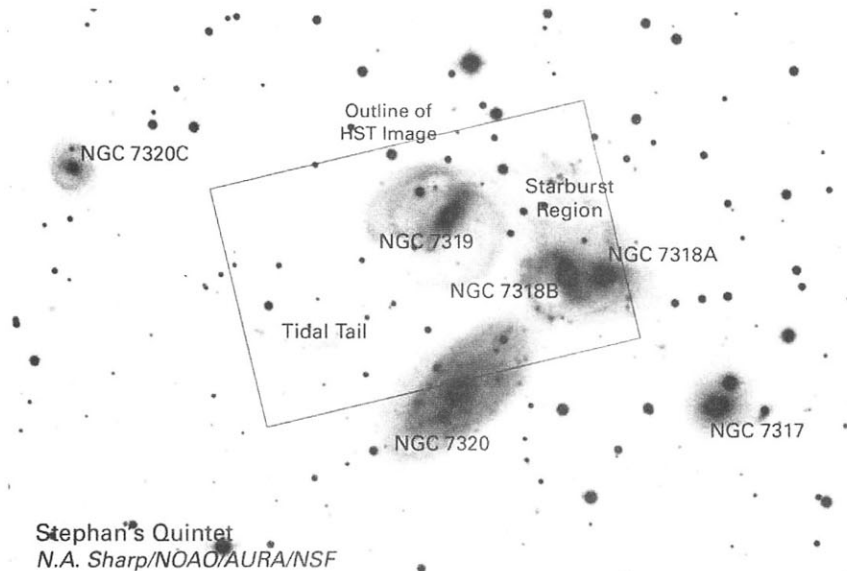
Dalam rumus tersebut, m_e adalah massa elektron, v adalah kecepatan orbit elektron, r adalah radius orbit elektron, dan n adalah bilangan bulat berkaitan dengan tingkat energi, dengan $n = 1$ untuk elektron pada keadaan dasar.

- a. Jika elektron bergerak dengan orbit lingkaran pada keadaan dasar, tentukan radius orbit elektron dalam satuan meter.
- b. Energi elektron yang mengorbit inti tidak lain adalah energi potensial listrik. Tunjukkan bahwa energi elektron pada suatu tingkat energi berkaitan dengan n^2 .
- c. Jika elektron berpindah dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi ($n = 2$), tentukan panjang gelombang energi yang diserap elektron untuk berpindah. Berikan jawaban dalam satuan meter.

Sebagai informasi, akibat penyerapan energi, pada pengamatan spektroskopi, akan tampak garis serapan dengan panjang gelombang energi tersebut.

17. Jika di antara bintang dan pengamat terdapat materi antar bintang yang menyebabkan intensitas suatu cahaya berkurang sebesar 1% setiap 100 pc.
 - a. Tentukan berapa jarak yang ditempuh cahaya dalam menembus materi antar bintang sehingga intensitasnya menjadi setengah dari intensitas semula saat dipancarkan. Asumsikan tidak ada proses hamburan di antara bintang dan pengamat, hanya absorpsi. Berikan jawaban dalam satuan meter.
 - b. Dengan mengandaikan intensitas bintang mengalami peredaman secara eksponensial dengan faktor τ (dalam astronomi τ dikenal sebagai tebal optis), hitunglah nilai τ jika cahaya menempuh jarak 1 kpc.
18. Salah satu kelompok galaksi yang paling terkenal adalah "Stephan's Quintet" (lihat gambar) ditemukan oleh astronom Perancis Édouard Stephan pada tahun 1877. Terdapat 5 buah galaksi spiral dan eliptikal yang tergabung dalam kelompok tersebut. Kemudian ternyata ditemukan ada galaksi lain di dekatnya, NGC 7320C, yang lebih kecil dan mungkin juga terikat dengan kelompok galaksi ini. Di dalam tabel, diberikan data nama galaksi, tipe morfologi menurut de Vaucouleurs, koordinat ekuator dan kecepatan radial dalam km s^{-1} .

Nama galaksi	Tipe morfologi	α (J2000,0)	δ (J2000,0)	Kecepatan radial (km s ⁻¹)
NGC 7317	E4	22 ^j 35 ^m 51,9 ^s	+33° 56' 42"	6599
NGC 7318A	E2pec	22 ^j 35 ^m 56,7 ^s	+33° 57' 56"	6630
NGC 7318B	SB(s)bc pec	22 ^j 35 ^m 58,4 ^s	+33° 57' 57"	5774
NGC 7319	SB(s)bc pec	22 ^j 36 ^m 3,5 ^s	+33° 58' 33"	6747
NGC 7320	SA(s)d	22 ^j 36 ^m 3,4 ^s	+33° 56' 53"	786
NGC 7320C	(R)SAB(s)0/a	22 ^j 36 ^m 20,4 ^s	+33° 59' 6"	5985



- Tentukan apakah ada salah satu galaksi sebenarnya tidak terikat secara gravitasi ke kelompok tersebut?
- Manakah dari kedua galaksi ini memiliki ukuran sejati lebih besar, NGC 7320 atau NGC 7320C?
- Dengan menggunakan teorema virial yang menyatakan bahwa energi kinetiknya adalah setengah dari energi potensial gravitasi, hitunglah massa kelompok galaksi tersebut.

Petunjuk: Energi total per satuan massa adalah

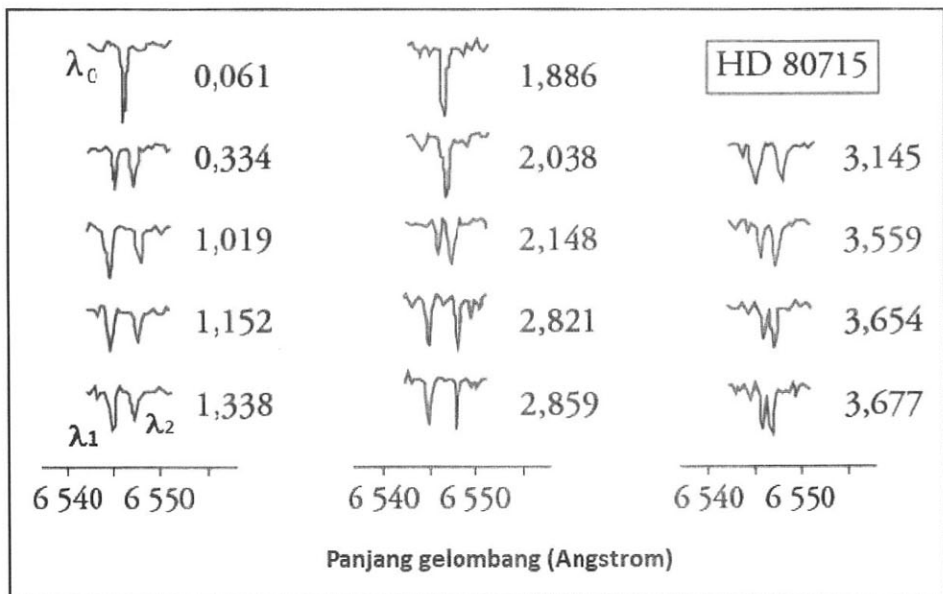
$$E_{\text{total}} = E_{\text{kinetik}} + E_{\text{potensial}} = \frac{1}{2} \langle v^2 \rangle - \frac{3}{5} \frac{GM}{\langle R \rangle}$$

dengan $\langle v^2 \rangle$ adalah dispersi atau variansi kecepatan, M adalah massa sistem, dan $\langle R \rangle$ adalah jarak rata-rata dari pusat sistem.

19. HD 80715 (BF Lyn dalam *Galactic Catalogue of Variable Stars*) yang berada di konstelasi Lynx adalah sistem bintang ganda spektroskopi bergaris ganda yang berjarak 80 tahun cahaya dari kita. Kedua komponen dalam sistem bintang ganda dekat ini mirip, dengan kelas spektral K3 V.

Gambar di bawah ini menunjukkan perubahan dari waktu ke waktu (dinyatakan dalam angka dengan satuan hari, di sebelah kanan garis spektrum) dari suatu garis absorpsi dalam spektrum bintang yang teramati. Terlihat bahwa pada rentang tertentu, garis spektral terbagi menjadi dua komponen λ_1 dan λ_2 , kemudian mereka disatukan kembali menjadi satu dengan λ_0 adalah panjang gelombang saat konfigurasi kedua komponen pada fase orbit kuadratur (segaris) dilihat dari pengamat. Asumsikan bidang orbit tegak lurus bidang pandang pengamat.

- Ukurlah λ_1 dan λ_2 relatif terhadap λ_0 . Perhatikan skala panjang gelombang. Ubahlah hasil pengukuran ini ke kecepatan radial dinyatakan dalam km s^{-1} .
- Bangunlah kurva kecepatan radial, yakni kurva hubungan kecepatan radial terhadap waktu. Pada kurva ini gambarkan kurva sinusoidal yang paling sesuai menurutmu. Nyatakan persamaan sinusoidal untuk masing-masing komponen.
- Dari kurva sinusoidal ini, tentukanlah amplitudo kecepatan radial (satuan km s^{-1}) masing-masing komponen dan periode orbit (satuan hari) sistem bintang ganda ini.
- Hitung jarak antara dua bintang, nyatakan dalam satuan astronomi (sa).
- Temukan massa masing-masing bintang dalam satuan massa Matahari (M_\odot).



20. Teori Relativitas Khusus Einstein berlaku untuk berbagai pengamatan, baik di Bumi maupun di angkasa luar. Dua pengamat akan mencatat waktu yang berbeda untuk pengamat yang tinggal di permukaan Bumi terhadap pengamat rekannya yang diam dalam sebuah roket di angkasa luar. Perbedaan waktu yang tercatat oleh kedua pengamat, dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$t_1 = t_2 \sqrt{1 - \frac{2GM}{Rc^2}}$$

t_1 = waktu diukur oleh pengamat yang berada di permukaan sebuah planet atau bintang (dalam detik)

t_2 = waktu diukur oleh pengamat yang berada di angkasa luar (dalam detik)

$\sqrt{1 - 2GM/(Rc^2)}$ adalah faktor dilatasi waktu bagi pengamat yang berada pada jarak R dari planet atau bintang

M = massa planet atau bintang dalam kilogram

R = jarak planet atau bintang ke pengamat di angkasa luar

Jika seorang astronot bisa berada di permukaan bintang netron ($M = 2,16 \times 10^{30}$ kg, berjari $r = 10$ km) mencatat durasi satu kejadian dan mengukur waktu tepat 60 menit untuk kejadian yang terlihat olehnya.

- Berapa durasi waktu yang dicatat oleh pengamat kedua yang juga melihat kejadian sama dan berada pada jarak 20 km dari pusat bintang, sebelum keduanya berkomunikasi membandingkan pencatatan durasi kejadian itu?
- Hitung rasio (perbandingan) faktor dilatasi waktu pada pengamat pertama dan kedua.
- Dilatasi waktu menyebabkan sinyal cahaya atau sinyal radio yang berasal dari pemancar pengamat di angkasa luar ke alat penerima pengamat yang ada di bintang kompak, tidak lagi merambat sejauh 20 km tetapi lebih besar dari 20 km. Hitung pertambahan jarak itu.

This file was downloaded from:
ivanjoannes.wordpress.com

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 Coulomb	k	$8,988 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$
Konstanta Boltzmann	k_B	$1,3807 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
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	$8,3145 \text{ J/K/mol}$

Objek	Massa (kg)	Jejari ekuatorial (km)	P_{rotasi}	P_{sideris} (hari)	Jarak rerata ke Matahari (10^3 km)
Merkurius	$3,30 \times 10^{23}$	2.440	58,646 hari	87,9522	57.910
Venus	$4,87 \times 10^{24}$	6.052	243,019 hari	244,7018	108.200
Bumi	$5,97 \times 10^{24}$	6.378	$23^{\text{j}} 56^{\text{m}} 4^{\text{d}},1$	365,2500	149.600
Mars	$6,42 \times 10^{23}$	3.397	$24^{\text{j}} 37^{\text{m}} 22^{\text{d}},6$	686,9257	227.940
Jupiter	$1,90 \times 10^{27}$	71.492	$9^{\text{j}} 55^{\text{m}} 30^{\text{d}}$	4.330,5866	778.330
Saturnus	$5,69 \times 10^{26}$	60.268	$10^{\text{j}} 39^{\text{m}} 22^{\text{d}}$	10.746,9334	1.429.400
Uranus	$8,66 \times 10^{25}$	25.559	$17^{\text{j}} 14^{\text{m}} 24^{\text{d}}$	30.588,5918	2.870.990
Neptunus	$1,03 \times 10^{26}$	24.764	$16^{\text{j}} 6^{\text{m}} 36^{\text{d}}$	59.799,8258	4.504.300

Nama besaran	Notasi	Harga
Satuan astronomi	sa	$1,49597870 \times 10^{11} \text{ m}$
Parsek	pc	$3,0857 \times 10^{16} \text{ m}$
Tahun cahaya	ly	$0,9461 \times 10^{16} \text{ m}$
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>)		$24^{\text{h}} 3^{\text{m}} 56^{\text{s}}.56$
Hari sideris rerata (<i>mean sidereal day</i>)		$23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}}.09$
Massa Matahari	M_{\odot}	$1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$
Jejari Matahari	R_{\odot}	$6,96 \times 10^8 \text{ m}$
Temperatur efektif Matahari	$T_{\text{eff},\odot}$	5.785 K
Luminositas Matahari	L_{\odot}	$3,9 \times 10^{26} \text{ W}$
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_{L}	$7,348 \times 10^{22} \text{ kg}$
Jejari Bulan	R_{L}	1.738.000 m
Jarak rerata Bumi-Bulan		384.399.000 m
Konstanta Hubble	H_0	69,3 km/s/Mpc
1 jansky	1 Jy	$1 \times 10^{-26} \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$