

PAKET 3

PELATIHAN ONLINE

2019

**SMA
ASTRONOMI**

po.alcindonesia.co.id



WWW.ALCINDONESIA.CO.ID

@ALCINDONESIA

085223273373

RADIASI DARI BINTANG

A. Kecerlangan Bintang

Secara praktis, seluruh informasi yang kita ketahui tentang bintang dan galaksi datang dari pengamatan radiasi elektromagnetik, khususnya di bagian dua jendela yang bisa terbuka, tidak dihalangi oleh atmosfer Bumi, yakni: daerah cahaya tampak (dan sedikit infra merah) dan gelombang radio antara $1 \lesssim \lambda \lesssim 30$ cm.

Hipparchos dan Ptolemy (≈ 150 Sebelum Masehi) mengelompokkan bintang-bintang ke dalam 6 kelas kecerlangan yang dikenal sebagai magnitudo (semu). Bintang dengan magnitudo $m = 6$ adalah yang paling redup yang bisa dilihat dengan mata telanjang sedangkan bintang dengan magnitudo $m = 1$ adalah yang paling terang di langit.

Respon mata manusia tidak linear tetapi mendekati logaritmik. Dengan menggunakan plat fotografi, skala magnitudo bisa didefinisikan secara kuantitatif. Pogson pada tahun 1856 mendapati bahwa perbedaan magnitudo $\Delta m = 5$ setara dengan rasio fluks energi $\frac{F_2}{F_1} \approx 100$.

Fluks energi F didefinisikan sebagai energi E yang melalui luasan A per satuan waktu t , $F = \frac{E}{At}$.

Sehingga diperoleh formula Pogson:

$$\frac{F_2}{F_1} = 100^{\left(\frac{m_1 - m_2}{5}\right)} = 10^{\left(\frac{m_1 - m_2}{2,5}\right)}$$
$$m_1 - m_2 = -2,5 \log \frac{F_1}{F_2} \quad (\text{A.1})$$

Definisi modern skala magnitudo ternyata tidak sepenuhnya sama dengan nilai yang dipakai semasa Yunani kuno. Sirius sebagai bintang paling terang di langit Bumi, memiliki magnitudo $-1,5$, bukan 1. Skala magnitudo ini dihitung berdasarkan fluks energi yang sampai ke Bumi, artinya, skala ini belum dikoreksi terhadap jarak bintang yang berbeda-beda. Oleh karena itu, skala ini dinamakan magnitudo semu.

B. Warna Bintang

Secara kasat mata, Gambar B.1 menunjukkan variasi warna bintang. Galaksi pun memiliki variasi warna serupa. Cara kuantitatif untuk mengukur warna bintang adalah dengan menggunakan filter yang sensitivitasnya berpusat pada panjang gelombang tertentu λ_i dan membandingkan kecerlangan relatif mereka. Ingat tidak ada 1 alat pun yang dapat mengukur energi yang berasal dari seluruh spektrum gelombang elektromagnetik. Sebagai contoh, mata kita hanya peka di daerah visual saja.



Gambar B.1: Bintang-bintang di langit malam dengan berbagai warna. Sumber: nasa.gov

Filter yang sering digunakan antara lain ada pada daerah visual (magnitudo semuanya dinotasikan dengan V), ultraviolet (U), dan biru (B). Contohnya, magnitudo sebuah benda pada pita panjang gelombang B dan V memiliki selisih:

$$B - V = -2,5 \log \frac{F_B}{F_V}. \quad (\text{B.1})$$

Selisih ini dinamakan indeks warna, atau warna saja. Besaran indeks warna dibuat sedemikian rupa agar $B - V$ bernilai nol untuk bintang dengan temperatur permukaan $T \approx 10000$ K.

C. Radiasi Benda Hitam

Benda hitam adalah bentuk ideal dari suatu material yang menyerap seluruh radiasi yang datang padanya. Konsep ideal ini sangat penting karena banyak objek yang sifatnya dekat dengan kesetimbangan termal. Bintang adalah salah satu benda yang karakteristiknya dekat sekali dengan pemancar radiasi benda hitam ideal. Dalam kehidupan sehari-hari, radiasi benda hitam bisa didekati dengan radiasi yang lepas dari sebuah lubang kecil kotak yang dindingnya berada dalam kesetimbangan termal. Lubang kotak akan terlihat gelap meskipun ada cahaya yang masuk ke dalamnya. Mengapa demikian? Karena cahaya yang masuk dipantulkan terus menerus di dalam kotak, hingga habis hampir tidak ada yang tersisa lagi ke luar ke mata kita. Secara praktis, proses ini bisa dipandang sebagai penyerapan seluruh cahaya yang masuk oleh kotak.

Distribusi Kirchoff-Plack

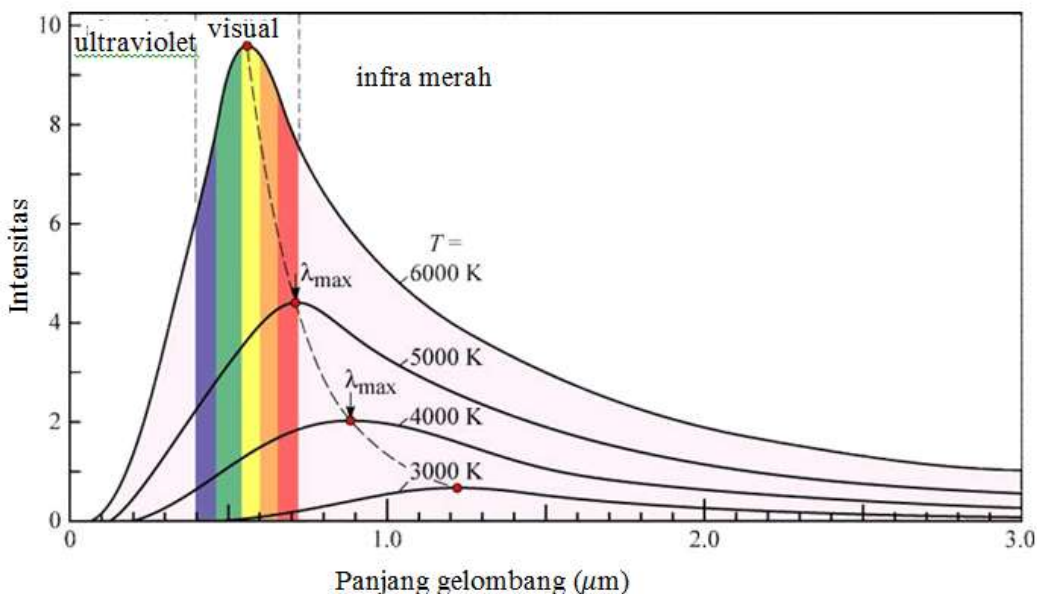
Planck, secara empirik (melalui eksperimen, bukan hitung-hitungan matematika) pada tahun 1900 menemukan distribusi Kirchhoff-Planck, atau yang lebih terkenal dengan sebutan distribusi Planck saja. Formulasi empirik tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

$$B_\nu d\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} d\nu \quad (C.1)$$

Persamaan ini mendeskripsikan jumlah energi yang dipancarkan dalam rentang frekuensi antara ν hingga $\nu + d\nu$ dalam suatu sudut ruang $d\Omega$ per satuan waktu dan luas oleh sebuah benda yang berada dalam keadaan kesetimbangan termal. Fungsi B_ν hanya bergantung pada temperatur benda T . Dengan hubungan $\lambda = \frac{c}{\nu}$, $d\lambda = -\frac{c}{\nu^2} d\nu$, sehingga dalam bentuk panjang gelombang, persamaan (C.1) bisa dituliskan sebagai

$$B_\lambda d\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1} d\lambda. \quad (C.2)$$

Distribusi energi ini bisa digambarkan dalam grafik C.1 berikut.



Gambar C.1: Kurva Planck yang menunjukkan distribusi energi benda hitam dengan berbagai temperatur. Energi terbanyak yang dipancarkan oleh benda dengan temperatur 6000 K ada pada panjang gelombang kuning. Energi terbanyak yang dipancarkan oleh benda dengan temperatur 5000 K ada pada panjang gelombang merah. Sumber: homework.uoregon.edu.

Hukum Pergeseran Wien

Dari Gambar C.1, terlihat bahwa fungsi B_λ untuk setiap benda dengan temperatur T memiliki satu nilai maksimum. Posisi absisnya diindikasikan dengan notasi λ_{max} . Sebagai fungsi temperatur, B_λ naik secara monoton di semua panjang gelombang. Senantiasa berlaku $B_\lambda(T_1) > B_\lambda(T_2)$ untuk $T_1 > T_2$. Nilai puncak $B_\lambda(T)$ diperoleh dengan mencari maksimum nilai fungsi

tersebut, ketika $\frac{dB_{\lambda}(T)}{d\lambda} = 0$. Pada kondisi ini diperoleh $\lambda T \approx 0,0029$ meter Kelvin atau sering dituliskan sebagai:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}, \quad (C.3)$$

dengan λ_{max} , b , dan T berturut-turut menyatakan panjang gelombang dengan intensitas maksimum untuk benda bertemperatur efektif T , konstanta Wien (bisa diturunkan dari konstanta-konstanta lain), dan temperatur efektif benda hitam pemancar radiasi.

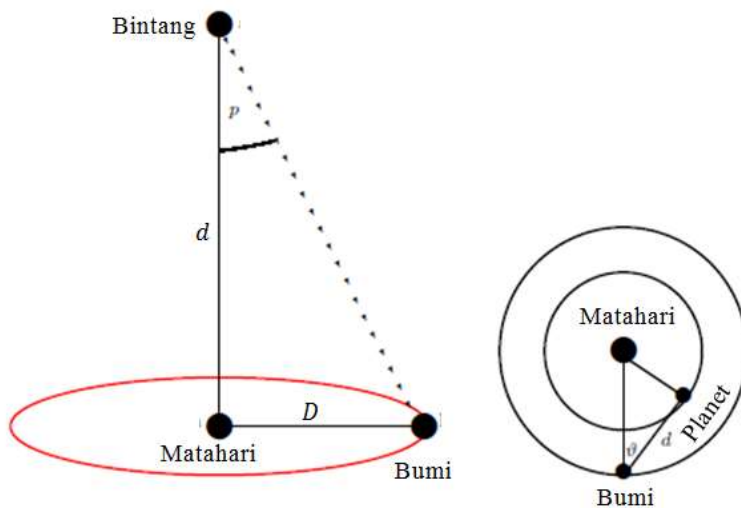
Persamaan ini dikenal sebagai hukum pergeseran Wien. Hukum ini menjelaskan bahwa warna bintang mengindikasikan temperaturnya: bintang yang panas berwarna kebiruan sedangkan yang dingin kemerahan. Dalam praktiknya, nilai maksimum distribusi Planck sering terletak di luar rentang cahaya tampak sehingga warna benda pemancar tidak bisa didefinisikan. Dalam kondisi seperti ini, pengukuran indeks warna seperti $U - V$ atau $B - V$ lebih mudah digunakan untuk menentukan temperatur T benda (bintang misalnya).

Hukum Stefan-Boltzmann

Integrasi terhadap persamaan (C.1) atau (C.2) untuk semua rentang frekuensi atau panjang gelombang dan sudut ruang yang mungkin memberikan fluks energi yang dipancarkan per satuan luas A yang tegak lurus arah radiasi oleh suatu benda hitam. Dalam proses integrasi akan diperoleh konstanta Stefan-Boltzmann yang nilainya: $\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Watt/m}^2/\text{K}^4$.

D. Jarak Bintang

Bintang-bintang yang berjarak relatif dekat tampak berada pada posisi yang sedikit berbeda di langit terhadap bintang-bintang latar belakang yang jauh sekali seiring dengan pergerakan Bumi mengelilingi Matahari. Setengah dari nilai sudut ini disebut sudut paralaks atau paralaks saja p . Penggambaran paralaks dapat dilihat pada Gambar D.1 berikut



Gambar D.1: Pengukuran paralaks trigonometri. Kiri: gerak semu bintang dekat selama satu tahun. Setengah sudut ini dinamakan paralaks p . Kanan: penentuan jarak Bumi-Matahari secara tidak langsung dengan memanfaatkan jarak ke planet lain yang bisa diukur dengan menembakkan radar.

Jarak Bumi-Matahari bisa ditentukan melalui hubungan trigonometri:

$$\tan p = \frac{D=1 \text{ sa}}{d}.$$

Dengan $\tan p \approx p$ untuk $p \ll 1$, diperoleh $d \propto \frac{1}{p}$. Didefinisikan sebuah satuan panjang baru yaitu parsek (pc): jarak dari Bumi ke bintang yang memiliki paralaks satu detik busur. Maka:

$$d[\text{pc}] = \frac{1}{p''}. \quad (\text{D.1})$$

Karena satu detik busur adalah $\frac{2\pi}{360 \times 60 \times 60} = \frac{1}{206265}$ radian, maka satu parsek bersesuaian dengan 206265 sa.

Untuk menentukan jarak bintang dalam satuan metrik yang kita ketahui (meter misalnya), jarak 1 sa antara Bumi-Matahari perlu ditentukan terlebih dahulu. Salah satu caranya dengan memanfaatkan hubungan trigonometri antara Bumi-planet dalam-Matahari pada saat mereka membentuk konfigurasi segitiga siku-siku seperti dalam Gambar D.1 kanan.

E. Luminositas Bintang dan Skala Magnitudo Absolut

Luminositas total bintang menyatakan daya total yang dipancarkan dari seluruh permukaan bintang $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$, dengan R dan T menyatakan jari-jari dan temperatur efektif (sering didekati dengan temperatur permukaan) sebuah bintang. Diperoleh hukum kuadrat kebalikan untuk fluks energi pada jarak $r > R$ di luar bintang:

$$F = \frac{L}{4\pi r^2}. \quad (\text{E.1})$$

Validitas $F \propto \frac{1}{r^2}$ bergantung pada asumsi bahwa tidak ada radiasi yang diserap dan efek relativitas bisa diabaikan, dalam artian kecepatan relatif antara pengamat dan sumber sangat

kecil dibandingkan dengan kecepatan cahaya. Untuk membandingkan luminositas intrinsik bintang, didefinisikan magnitudo absolut M . Yakni kecerlangan bintang apabila dilihat pada jarak 10 pc.

F. Garis Spektrum dan Pembentukannya

Astronomi klasik mulanya terutama berurusan dengan penentuan orbit planet — pemahaman mengenai properti fisis Matahari atau bintang masih tampak mustahil pada zaman itu. Terobosan yang membuka jalan pada astrofisika bintang adalah analisis spektrum dari cahaya bintang. Fraunhofer mengidentifikasi satu garis gelap penting dalam spektrum kontinum Matahari, membandingkannya dengan garis yang diemisikan oleh garam yang dipercikkan dalam api.

Kirchoff dan Bunsen pada tahun 1859 mendirikan bidang analisis spektral. Mereka menyadari bahwa setiap unsur memproduksi pola garis spektrum mereka sendiri dan bisa diidentifikasi. Maka kita dapat menunjukkan bahwa cahaya Matahari mengandung garis-garis absorpsi kuat kalsium dan unsur yang sebelumnya belum diketahui sebagai helium. Walau begitu, pemahaman yang benar mengenai faktor yang menentukan kekuatan berbagai garis spektrum Matahari dan bintang lain baru mungkin dilakukan pada tahun 1920-an, setelah perkembangan mekanika kuantum.

Model Bohr-Sommerfeld untuk Atom Mirip Hidrogen

Bohr mempostulatkan keberadaan orbit diskrit dan stasioner elektron-elektron di dalam atom. Lebih tepatnya, Bohr mensyaratkan momentum sudut elektron $L = m_e v r$ sebagai perkalian

konstanta Planck $\hbar \equiv \frac{h}{2\pi}$:

$$L = m_e v r = n \hbar \quad (\text{F.1})$$

dengan $n = 0, 1, 2, \dots$

Jika elektron berada dalam orbit terikat, gaya listriknya akan mengimbangi gaya sentrifugalnya $\frac{m_e v^2}{r} = \frac{k e^2}{r^2}$. Dengan kondisi kuantisasi pada pers. (F.1), menjadi:

$$m_e v^2 = \frac{n^2 \hbar^2}{m_e r_n^2} = \frac{k e^2}{r_n}. \quad (\text{F.2})$$

Energi total sebuah elektron yang bergerak di bawah pengaruh gaya Coulomb dengan massa inti yang jauh sekali lebih besar dibanding massa elektron dapat dinyatakan sebagai:

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2} m_e v^2 - \frac{k e^2}{r} = -\frac{k e^2}{2r}. \quad (\text{F.3})$$

Dengan menggabungkan pers. (F.2) dan (F.3), diperoleh energi diskrit elektron:

$$E_n = -\frac{m_e k e^4}{2 n^2 \hbar^2}, n = 1, 2, \dots \quad (\text{F.4})$$

Dalam transisi antar level energi pada kulit atom (lokasi elektron berada) yang berbeda, hanya foton dengan energi diskrit sebesar $h\nu = |E_n - E_m|$ saja yang bisa diserap atau dipancarkan. Rumus empirik yang menjelaskan panjang gelombang garis-garis spektrum Hidrogen yang

tampak ditemukan oleh Balmer terlebih dahulu pada tahun 1885, jauh sebelum perumusan dengan mekanika kuantum di atas. Balmer mendapatkan:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (\text{F.5})$$

Dengan R adalah konstanta Rydberg, $\frac{1}{R} \approx 91,2 \text{ nm}$. Penulisan ulang pers. (F.4) dan membandingkannya dengan rumus Balmer memberikan:

$$\frac{hc}{\lambda} = |E_n - E_m| = \frac{m_e k e^4}{2\hbar^2} \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right| \quad (\text{F.6})$$

dengan $n = 2$ dan $R = \frac{\pi m_e k e^4}{ch^3}$. Deret Balmer menggambarkan transisi dari suatu level di $m > 2$ ke $n = 2$. Transisi ke keadaan dasar $n = 1$ disebut deret Lyman dan ada pada panjang gelombang UV.

Selain transisi antara dua level energi diskrit, sebuah elektron bebas dengan energi $E > 0$ bisa menjadi terikat atau sebaliknya. Transisi dari kulit yang lebih rendah tingkat energinya ke yang lebih tinggi dinamakan eksitasi, proses sebaliknya disebut deeksitasi. Transisi yang melepas elektron dinamakan ionisasi.

Hukum Kirchhoff secara empirik menyatakan:

- Gas rapat atau benda padat memancarkan radiasi kontinum tanpa garis-garis spektrum. Atom-atom dan radiasi di dalam benda tersebut berada dalam kesetimbangan termal, dan radiasi yang dipancarkan mengikuti distribusi Planck.
- Suatu gas panas yang renggang menghasilkan garis-garis emisi. Garis-garis ini bersesuaian dengan perbedaan energi dari level atomik $n \rightarrow m < n$, foton diemisikan dalam proses ini.
- Suatu gas dingin yang renggang di hadapan sumber kontinum menghasilkan garis-garis absorpsi. Foton-foton dengan energi yang bersesuaian dengan perbedaan energi pada level atomik diserap dalam proses ini.

Pembentukan Garis-garis Spektrum dan Efek Doppler

Garis utama dalam spektrum Matahari bersesuaian dengan transisi $n = 2 \rightarrow n = 3$ dan dinamakan Balmer- α atau $H\alpha$. Pengamatan terhadap garis ini berarti bahwa sebagian Hidrogen di atmosfer Matahari pasti berada dalam keadaan tereksitasi dua kali. Bintang-bintang diklasifikasikan berdasarkan kekuatan garis $H\alpha$ sebagai kelas O,B,A,F,G,K dan M. Untuk bintang-bintang dingin, $kT \ll E_1 - E_2$, kebanyakan Hidrogen berada pada keadaan dasar; garis $H\alpha$ sangat lemah. Dengan naiknya temperatur, $kT \approx (E_2 - E_1)$, level energi $n = 2$ menjadi terpopulasi oleh elektron; garis $H\alpha$ kuat. Jika temperatur masih naik lagi, $kT \gtrsim (E_2 - E_1)$, tingkat energi lebih tinggi lah yang terpopulasi dan populasi elektron dan populasi level $n = 2$ berkurang; garis $H\alpha$ melemah. Andai bintang lebih panas lagi, $kT \gtrsim E_1$, Hidrogen terionisasi; garis $H\alpha$ tidak tampak. Dengan temperatur efektif sekitar 5700 Kelvin, matahari kita menempati kelas spektrum G.

Jika terdapat gerak relatif antara sumber cahaya dengan pengamat pada arah pandang (arah radial), maka garis-garis spektrum yang teramati akan bergeser. Saat pengamat dan sumber bergerak saling menjauh, garis spektrum akan teramati bergeser ke arah panjang gelombang lebih besar. Fenomena ini dinamakan pergeseran merah/*redshift*. Sebaliknya saat gerak mereka saling mendekat, garis spektrum akan teramati bergeser ke arah panjang gelombang lebih kecil. Fenomena ini disebut pergeseran biru/*blueshift*. Pergeseran yang disebabkan oleh gerak relatif antara pengamat dengan sumber seperti dikenal sebagai pergeseran Doppler, mengikuti persamaan:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v_r}{c}, \text{ untuk kasus non relativistik, } \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \ll 1 \text{ dan}$$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{1+\frac{v_r}{c}}{1-\frac{v_r}{c}}} - 1, \text{ untuk kasus relativistik.}$$

SOAL

1. Kita bisa memanfaatkan ... untuk mengetahui komposisi unsur-unsur penyusun bintang.
 - a. ukuran bintang
 - b. massa jenis bintang
 - c. garis absorpsi pada spektrum
 - d. spektrum kontinum dari bintang
 - e. warna bintang
2. Bintang memancarkan
 - a. sinar gamma
 - b. cahaya tampak
 - c. cahaya ultraviolet
 - d. gelombang radio
 - e. a-d benar
3. Jika kita amati bintang-bintang dengan ... yang berbeda-beda, berbagai properti bintang tersebut bisa kita pelajari.
 - a. warna teleskop
 - b. filter gelombang elektromagnetik
 - c. waktu
 - d. bentuk
 - e. cuaca
4. Paralaks sebuah bintang 0,41", berapa jarak bintang ini? Anggap jarak rata-rata Bumi-Matahari 149.600.000 km dan 1 tahun rata-rata 365,25 hari.
 - a. 8,06 tahun cahaya
 - b. 7,95 tahun cahaya
 - c. 6,13 tahun cahaya
 - d. 3,26 tahun cahaya
 - e. 2,44 tahun cahaya
5. Andai kita berada dalam sebuah wahana ruang angkasa yang berjarak 10 parsek dari Matahari, berapa kecerlangan semu Matahari dari titik tersebut dibanding dengan kecerlangan Matahari dari Bumi?
 - a. $2,4 \times 10^{-13}$
 - b. $4,8 \times 10^{-7}$
 - c. $5,4 \times 10^{-6}$
 - d. $1,2 \times 10^{-5}$

- e. $7,8 \times 10^{-4}$
6. Dua bintang memiliki luminositas identik tetapi berbeda temperatur permukaan. Bintang A memiliki temperatur permukaan 4000°C sedangkan bintang B memiliki temperatur permukaan 5000°C . Radius bintang B 500 km. Maka radius bintang A adalah
- $12,2 \times 10^5$ meter
 - $7,8 \times 10^5$ meter
 - $6,3 \times 10^5$ meter
 - $4,0 \times 10^5$ meter
 - $3,2 \times 10^5$ meter
7. Ketika cahaya dari sebuah bintang melalui celah difraksi, terbentuklah spektrum. Pernyataan mana yang benar?
1. Matahari menghasilkan spektrum kontinum di rentang panjang gelombang visual.
 2. Cahaya tampak yang diterima dari Matahari memiliki garis-garis gelap sepanjang spektrumnya yang bersesuaian dengan serapan pada panjang gelombang tertentu oleh atom di atmosfer Bumi.
 3. Foton dalam spektrum emisi terbentuk saat elektron bergerak dari level energi yang lebih rendah ke energi yang lebih tinggi di dalam atom.
- 1, 2, dan 3 benar
 - Hanya 1 dan 2 yang benar
 - Hanya 2 dan 3 yang benar
 - Hanya 1 yang benar
 - Semua salah
8. Berapa jarak Bumi ke bintang yang tampak memiliki paralaks $2''$ dalam tahun cahaya?
- 0,15
 - 0,5
 - 0,63
 - 1,6
 - 6,5
9. Panjang gelombang puncak Matahari adalah 500 nm. Maka temperaturnya adalah ... $^{\circ}\text{C}$. Diberikan konstanta Wien sebesar $2,9 \times 10^{-3}$ meter Kelvin.
- 3800
 - 4073
 - 5800
 - 6000
 - 5527

10. Jika sebuah bintang makin panas, bagaimana warna dan kecerlangan bintang tersebut?
- Warna makin biru, bintang memancarkan lebih banyak cahaya.
 - Warna makin biru, bintang tetap kecerlangannya.
 - Warna makin merah, bintang memancarkan lebih banyak cahaya.
 - Warna makin merah, bintang memancarkan lebih sedikit cahaya.
 - Warna makin biru, bintang memancarkan lebih sedikit cahaya.
11. Jika sebuah cahaya isotropik dengan kecerlangan 5 magnitudo dipindahkan jaraknya ke 3 kali jarak semula dari pengamat, maka magnitudonya akan berubah sebesar ... persen dari kecerlangan semulanya.
- 900
 - 300
 - 48
 - 33
 - 11
12. Which of the following observations demonstrate Doppler shift.
- The sound of a train approaching an observer at high speed will be at a higher frequency than the sound of the train travelling away from the observer.
 - The frequency of the wave remains constant, but the wavelength observed is either reduced or extended depending on whether the object is travelling toward or away from the observer.
 - Light emitted from an object travelling at high speed relative to an observer will appear to travel at a speed greater than the speed of light.
- 1, 2, and 3 are correct
 - Only 1 and 2 are correct
 - Only 2 and 3 are correct
 - Only 1 is correct
 - 1, 2, and 3 are not correct
13. Radio waves emitted by a particular pulsar are expected to have a frequency of 500 MHz. The actual frequency of the radio waves received is 400 Hz less. How fast is the pulsar moving relative to the observer in m/s?
- $2,4 \times 10^8$
 - $6,6 \times 10^7$
 - $3,8 \times 10^5$
 - 670
 - 240

14. The spectral lines of a star are observed to be shifted toward smaller wavelengths. This shows that
- The star is rather cool.
 - The star is very hot.
 - The star is us approaching.
 - The star is receding from us.
 - Light is moving more slowly than usual.
15. Energi elektron pada keadaan dasar pada atom Hidrogen adalah $-13,6$ eV. Energi foton yang bersesuaian agar elektron pada keadaan dasar tereksitasi ke kulit $n = 3$ adalah
- 12,09 eV
 - $-1,51$ eV
 - $-4,53$ eV
 - $-9,01$ eV
 - $-13,6$ eV
16. Dalam proses pada soal nomor 15, proses yang terjadi adalah
- Elektron pada keadaan dasar memancarkan foton.
 - Elektron pada keadaan dasar menyerap foton.
 - Atom Hidrogen tidak memancarkan maupun menyerap foton.
 - Inti atom Hidrogen memancarkan foton.
 - Inti atom Hidrogen menyerap foton.
17. Frekuensi foton yang diperlukan untuk mengionisasi elektron Hidrogen dalam keadaan dasar dan dalam keadaan tereksitasi 1 kali adalah sebesar ... dan ... GHz. Diberikan muatan elektron: $-1,602 \times 10^{-19}$ Coulomb, konstanta Planck: $6,63 \times 10^{-34}$ Joule sekon.
- 3,4; 13,6
 - $3,4 \times 10^7$; $1,4 \times 10^8$
 - $5,4 \times 10^6$; $2,2 \times 10^7$
 - $3,2 \times 10^6$; $8,3 \times 10^7$
 - $3,3 \times 10^6$; $8,2 \times 10^5$
18. Indeks warna $B - V$ dua buah bintang bernilai 1,57 dan $-0,34$. Pernyataan berikut yang tidak tepat adalah
- Nilai B_v bintang pertama selalu lebih rendah daripada bintang kedua.
 - Puncak distribusi Planck bintang kedua sebagai fungsi frekuensi posisinya lebih kanan dibanding bintang pertama, anggap makin ke kanan frekuensi makin besar.
 - Bintang pertama lebih merah dibanding bintang kedua.

- d. Bintang pertama memancarkan energi total yang kurang dari bintang kedua tiap detiknya.
 - e. Temperatur bintang pertama lebih tinggi daripada bintang kedua.
19. Paralaks sebuah bintang $0,55''$, magnitudo semua visualnya $V = 9,54$. Magnitudo mutlak bintang tersebut adalah
- a. 15,84
 - b. 13,24
 - c. 10,68
 - d. 5,83
 - e. 3,70
20. Sebuah gugus bintang terdiri dari 1000 bintang serupa Matahari. Magnitudo semu visual Matahari adalah $-26,7$. Jika gugus bintang 50 juta kali lebih jauh daripada Matahari, maka magnitudo semua visual gugus tersebut
- a. 12,4
 - b. 9,24
 - c. 7,35
 - d. 6,17
 - e. 4,29