

Pembahasan Soal Olim Astro Tingkat Kabupaten 2012 – Kode S3

Typed & Solved by Mariano N.
Mohon saya dikontak jika ada yang perlu direvisi
mariano.nathanael@gmail.com
<http://soal-olim-astro.blogspot.com>

Catatan : Soal OSK Tahun 2012 meskipun ada kode S2 atau S3, tetapi soalnya tidak berbeda, hanya nomornya saja yang diacak.

1. The farthest South that an observer on the Earth can see Polaris is ...
 - A. Arctic Circle
 - B. Antarctic Circle
 - C. Equator
 - D. The Tropic of Cancer
 - E. The Tropic of Capricorn

JAWAB : C

Bintang Polaris adalah salah satu bintang yang unik, karena posisinya (hampir) tepat berada di Kutub Langit Utara, dimana sumbu kutub adalah poros perputaran rotasi Bumi. Karena polaris ada di titik Kutub Langit Utara, maka ada dua hal unik yang tidak dimiliki bintang lain :

- 1) Polaris tidak pernah terlihat bergerak atau tidak mengalami rotasi harian benda langit yang arahnya dari Timur ke Barat, melainkan tetap posisinya di langit, siang maupun malam.
- 2) Ketinggian Kutub Langit Utara dari horizon sama dengan posisi lintang pengamat di utara, demikian juga ketinggian Kutub Langit Selatan dari horizon sama dengan posisi lintang pengamat di selatan (buktikan sendiri melalui gambar bola langit). Karena bintang polaris ada di KLU, maka ketinggian polaris dari horizon menyatakan posisi lintang bagi pengamat di utara.

Jika pengamat berada tepat di kutub utara Bumi, maka bintang polaris ada tepat di atas kepalanya setiap saat (di zenith).

Jika pengamat di 30° lintang utara, maka bintang Polaris berada di ketinggian 30° dari titik utara.

Jika pengamat di ekuator, maka bintang Polaris berada tepat di horizon di titik utara.

Jika pengamat ada di lintang selatan, maka bintang Polaris berada di bawah horizon atau tidak akan terlihat.

Catatan tambahan :

⇒ Polaris tidak benar-benar tepat di titik KLU, melainkan berada sejauh 41 menit busur dari KLU (jika bulan tepat di KLU, maka Polaris berada pada jarak hampir 3 kali jari-jari bulan).

- ⇒ Polaris akan terus bergeser dari titik KLU dikarenakan poros rotasi Bumi mengalami gerak presesi sehingga sekitar 13 ribu tahun kemudian daerah sekitar bintang Vega yang akan menjadi daerah KLU.
- ⇒ Di titik KLS tidak ada benda langit yang terang dapat menjadi acuan seperti di KLU.

2. Which of the following statements show that the Einstein relativistic theory is correct?
- 1) The star behind the Sun is observable during Total Solar Eclipse
 - 2) The short lived cosmic ray which is created in upper atmosphere can be observed in larger amount than expected
 - 3) The orbit of Mercury differ from the prediction by Newton law but fit with the Einstein relativistic prediction
 - 4) Comet size is larger when it approach the Sun

Choose

- A. If 1, 2, and 3 correct
- B. If 1 and 3 correct
- C. If 2 and 4 correct
- D. If only 4 correct
- E. If all answer are correct

JAWAB : A

Albert Einstein mengeluarkan teori relativitas khususnya di tahun 1905 yang membahas aspek-aspek fisika pada benda yang memiliki kecepatan mendekati kecepatan cahaya yang tidak bisa dimasuki oleh Hukum Newton tentang gerak dan teori relativitas umumnya dirilis tahun 1916 yang membahas interaksi antara massa dan ruang (massa melengkungkan ruang disekitarnya) yang tidak bisa dimasuki oleh Hukum Newton tentang Gravitasi. Teori ini begitu fenomenal dan pada masa itu sulit untuk dibuktikan sehingga sampai saat inipun tetap dikenal dengan istilah “Teori”, yang seharusnya sudah menjadi “hukum” karena bukti-buktinya sudah teruji dengan baik.

Laboratorium di Bumi sulit untuk membuktikan teori ini, karena teori ini membutuhkan kecepatan yang mendekati kecepatan cahaya (relativitas khusus) atau membutuhkan massa yang sangat besar (relativitas umum), sehingga pengamatan pada alam semesta yang pada awalnya dapat membuktikan dari teori Einstein ini.

Bukti-bukti dari peristiwa alam ini adalah :

- 1) Pembuktian melalui gerhana Matahari

Setelah mengeluarkan teori relativitas umumnya tahun 1916, Einstein memprediksi bahwa bintang yang berada di belakang Matahari bisa terlihat karena ruang di sekitar Matahari melengkung dan bisa membelokkan cahaya bintang. Einstein mengeluarkan

satu angka, yaitu pembelokan cahaya bintang di belakang matahari sebesar 1,75 detik busur yang akan bisa diamati saat terjadi gerhana matahari total. Tim yang dipimpin Sir Arthur Eddington dan Dyson melakukan pengujian terhadap prediksi Einstein tersebut pada Gerhana Total tanggal 29 Mei 1919 di kota Roca Sundy di pulau Principe di daerah khatulistiwa di teluk Guinea, sebelah barat Afrika, dan hasil penelitian fotonya, gugus Hyades ternyata bergeser sejauh 1,62 detik busur, mendekati ramalan Einstein

2) Pembuktian gerak apsida Merkurius

Pengamatan pada planet Merkurius menunjukkan hal aneh yang tidak bisa dijelaskan oleh hukum gravitasi universal Newton, yaitu orbit elips Merkurius ternyata pelan-pelan bergeser dengan kecepatan 43"/abad, disebut gerak apsida, sudah diamati sejak 1859 oleh Urbain Le Verrier. Teori relativitas Einstein dengan tepat mendapatkan nilai ini, yang didasarkan pada pengaruh ruang di sekitar matahari yang melengkung sehingga orbit Merkurius seolah-olah 'tergelincir' pada ruang yang melengkung tersebut.

3) Pembuktian pada partikel muon di atmosfer

Muon adalah partikel tidak stabil yang tercipta pada tempat tinggi oleh partikel dalam sinar kosmik dari luar angkasa. Sewaktu sinar kosmik menembus lapisan atmosfer bumi, terjadi tumbukan antara partikel sinar kosmik dengan atmosfer bumi dan terciptalah partikel atom yang disebut muon. Muon bermassa 207 kali massa elektron dan dapat bermuatan $-e$ atau $+e$, muon meluruh menjadi elektron dan positron setelah selang waktu $2,2 \mu\text{s}$ ($2,2 \times 10^{-6} \text{ s}$). Muon ini memiliki kelajuan sangat tinggi, sekitar $2,994 \times 10^8 \text{ m/s}$ ($0.998c$) dan dideteksi mencapai permukaan laut dalam jumlah yang besar. Tetapi dalam waktu hidup hanya $2.2 \mu\text{s}$, jarak total yang dapat ditempuh oleh muon sebelum meluruh menjadi elektron dan positron hanyalah 660 m saja, bagaimana mungkin muon yang terbentuk di ketinggian sekitar 6 km dapat mencapai permukaan laut? Menurut Einstein, benda yang bergerak dengan kecepatan mendekati cahaya usianya akan menjadi lebih lama dan menurut perhitungan relativistik, usia muon mencapai 16 kali dari usia diamnya, sehingga jarak yang ditempuhnya dapat menjadi lebih dari 9500 m.

4) Pembuktian rapat jenis bintang katai putih

Bintang katai putih adalah bintang yang memiliki rapat jenis yang sangat besar. Perhitungan yang dilakukan sepanjang tahun 1844 sampai 1914 terhadap bintang Sirius B menyatakan bahwa bintang itu memiliki rapat massa sebesar 100 kg tiap cm^3 , dan pengamatan terhadap bintang yang sejenis menghasilkan rapat massa yang serupa. Hal ini sangat mencengangkan para astronom dan ilmuwan, tetapi teori relativitas yang muncul di tahun 1916 ternyata dapat meneguhkan kenyataan tersebut melalui prediksi pergeseran merah gravitasi bintang katai putih yang kemudian diukur oleh D.M Popper tahun 1954 dengan hasil yang sesuai prediksi teori relativitas.

5) Pembuktian pancaran gelombang gravitasi

Teori Einstein meramalkan bahwa semua benda akan memancarkan gelombang gravitasi, artinya ada energi yang hilang secara perlahan. Energi ini sangat kecil sehingga sangat sulit teramati. Tetapi secara tidak langsung, efek kehilangan energi ini teramati pada pasangan bintang neutron PSR 1913+16 yang saling mengorbit yang diamati oleh Taylor di tahun 1980 menunjukkan bahwa jarak orbitnya semakin lama semakin dekat (orbital decay) dengan nilai yang sesuai prediksi teori relativitas, karena ada energi yang 'dibuang' oleh gelombang gravitasi yang dipancarkan.

Dan masih banyak lagi bukti-bukti lainnya yang disediakan oleh alam semesta ini mengenai keabsahan teori relativitas Einstein

3. Of the seven other planets, the one that encounter the closest to the Earth is

- A. Mars
- B. Venus
- C. Mercury
- D. Jupiter
- E. Saturn

JAWAB : B

Planet terdekat ke Bumi tentu hanya ada dua, yaitu Venus ketika pada fase konjungsi bawah atau planet Mars ketika pada fase oposisi (penjelasan fase ada di pembahasan soal no. 4). Mana yang terdekat? Kalau tidak hafal jarak planet, kita bisa menggunakan Hukum Titius Bode untuk mencari jarak planet.

Langkah 1 : Buat deret berikut ini, mulai dengan 0, setelah itu 3, lalu kalikan dengan 2 :

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384

Langkah 2 : Tambah masing-masing dengan 4, jadi diperoleh :

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388

Langkah 3 : Bagi masing-masing dengan 10, jadi diperoleh :

0,4 ; 0,7 ; 1 ; 1,6 ; 2,8 ; 5,2 ; 10 ; 19,6 ; 38,8

Semuanya adalah jarak planet dari Merkurius sampai Neptunus dalam AU!

(Catatan : 2,8 adalah jarak asteroid terbesar Ceres)

Jarak terdekat Venus dengan Bumi adalah : $1 - 0,7 = 0,3$ AU (fase konjungsi bawah/inferior)

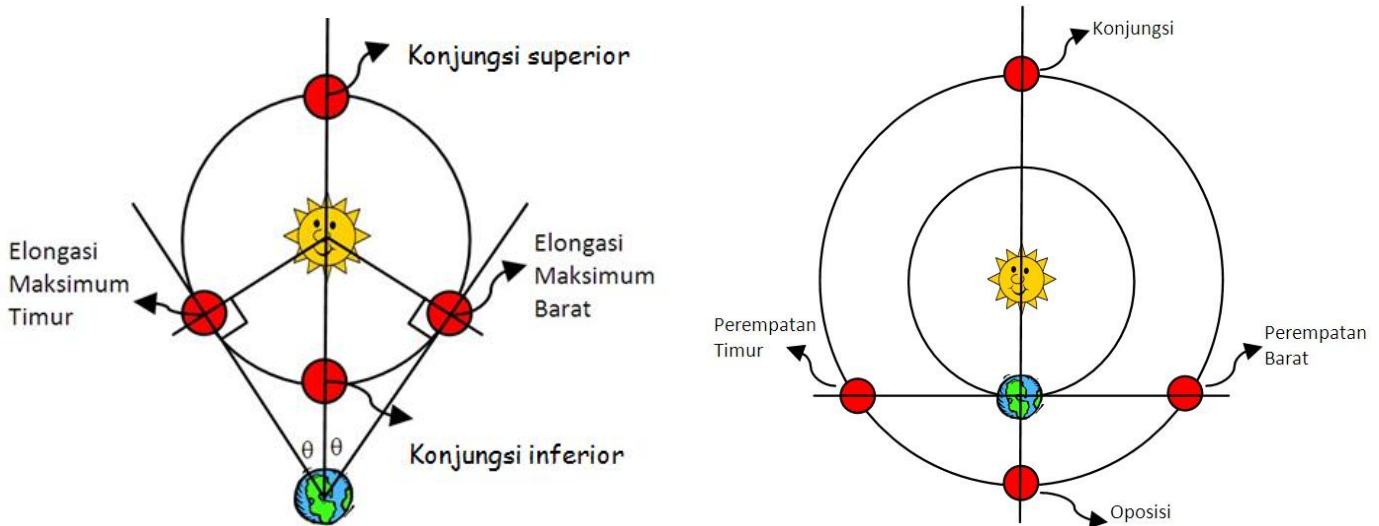
Jarak terdekat Mars dengan Bumi adalah : $1,6 - 1 = 0,6$ AU (fase oposisi)

Maka planet yang paling dekat dengan Bumi adalah Venus pada fase konjungsi bawah.

4. If Mars crosses an observer's meridian at local midnight, then it is at
- A. Aphelion
 - B. Western quadratur
 - C. Eastern quadratur
 - D. Conjunction
 - E. Opposition

JAWAB : E

Perhatikan fase-fase pada planet inferior (Merkurius dan Venus) dan planet superior (Mars, Jupiter, ... dst) seperti gambar di bawah ini:

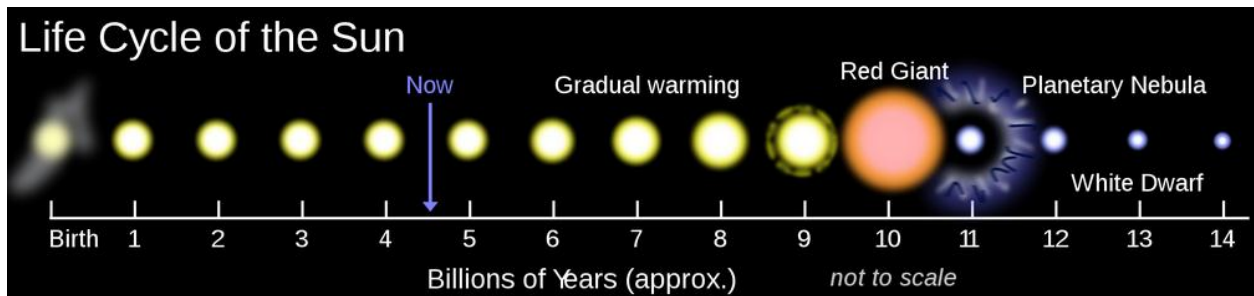


Fase oposisi adalah fase pada planet superior dimana jarak sudut matahari dan planet (disebut sudut elongasi) adalah 180° . Jadi jika matahari ada di zenit, maka planet ada di nadir, jika matahari di titik timur, maka planet di titik barat, jika planet tengah malam ada di meridian atas, maka matahari ada di meridian bawah.

5. The general theory of stellar evolution indicates that
- A. The Sun will change to a pulsating star within about one million years
 - B. The Sun will have its present size and brightness for about 4,5 billion years
 - C. The Sun's brightness will decrease at the rate of about one percent per year during the next 100 years
 - D. The Sun's brightness will increase by about one percent per year during the next 100 years
 - E. The Sun will explode as a Supernova on it's death

JAWAB : B

Menurut teori tentang Matahari yang termutakhir, usia matahari saat ini adalah 4,57 miliar tahun, sedang berada pada tahapan evolusi deret utama, dan baru mulai memasuki tahapan evolusi lanjut (menjadi raksasa merah) setelah 5 milyar tahun kemudian. Secara garis besar evolusi deret utama adalah evolusi yang stabil sehingga ukuran dan kecerlangan Matahari tidak akan banyak berubah (meskipun sebenarnya berubah juga secara perlahan-lahan). Pelajari gambar yang diambil dari wikipedia ini :



6. Momentum sudut revolusi Bumi mengelilingi Matahari :

- 1) Arahnya membentuk sudut $23,5^0$ dengan momentum sudut rotasi Bumi
- 2) Tetap meskipun jarak Bumi-Matahari berubah-ubah karena orbit Bumi yang elips
- 3) Lebih besar daripada momentum sudut rotasi Bumi
- 4) Berlawanan arah dengan momentum sudut revolusi Mars

Untuk soal di atas pilihlah :

- 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

JAWAB : A

Bumi berevolusi pada arah bidang ekliptika dengan arah putaran berlawanan arah dengan jarum jam jika dilihat dari arah kutub utara matahari. Ini menghasilkan vektor momentum sudut yang ke arah utara matahari. Besar momentum sudut ini sebenarnya berubah karena bergantung pada kecepatan orbit dan juga jarak Bumi ke Matahari yang selalu berubah (Rumus : $L = m.v.r$), tetapi perubahannya kecil sehingga bisa dianggap sama besar untuk ketelitian tertentu. (OPTION 2 BENAR – Kalau mau sangat teliti, option 2 sebenarnya tidak benar).

Arah vektor momentum sudut dapat dicari dengan metode tangan kanan yang dikepalkan dan ibu jari menunjuk ke atas. Arah keempat jari yang memutar adalah arah putaran benda dan arah ibu jari yang ke atas adalah arah momentum sudut.

Vektor momentum sudut ini arahnya tegak lurus terhadap ekliptika ke arah utara. Karena deklinasi kutub utara ekliptika adalah $+66,5^0$, maka arah vektor momentum sudut berarah ke langit dengan deklinasi $+66,5^0$.

Rotasi Bumi juga berlawanan arah dengan jarum jam dan menghasilkan momentum sudut dengan arah utara ke arah kutub langit utara, tetapi membentuk sudut $23,5^0$ dengan arah vektor momentum sudut revolusi Bumi. (OPTION 1 BENAR – nilai sudut ini sebenarnya mengalami perubahan kecil juga karena nutasi dari sumbu rotasi Bumi)

Semua planet berevolusi pada matahari berlawanan arah dengan jarum jam sehingga memiliki arah momentum sudut yang sama dengan Bumi (jika tidak memperhitungkan inklinasi orbit planet). (OPTION 4 SALAH)

Lebih besar mana momentum sudut rotasi Bumi atau momentum sudut revolusi Bumi? Mari kita hitung saja (Rumus momentum sudut ada dua : $L = I.\omega = m.v.r$) :

Kecepatan orbit bumi mengelilingi matahari adalah :

$$v_{orb} = \sqrt{\frac{G.M}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 1,99 \cdot 10^{30}}{1,496 \cdot 10^{11}}} = 2,98 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

$$L_{revolusi} = m_{bumi} \cdot v_{rev \text{ Bumi}} \cdot r_{bumi-matahari}$$

$$L_{revolusi} = 5,98 \cdot 10^{24} \times 2,98 \cdot 10^4 \times 1,496 \cdot 10^{11}$$

$$L_{revolusi} = 2,67 \cdot 10^{40} \text{ kg.m}^2/\text{s}$$

Kecepatan rotasi Bumi dapat dihitung melalui periodenya ($T=23\text{j } 56\text{m}$)

$$\omega_{bumi} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{23\text{j } 56\text{m}} = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$$

$$L_{rotasi} = I_{bumi} \cdot \omega_{Bumi} = m_{bumi} \cdot R_{bumi}^2 \cdot \omega_{Bumi}$$

$$L_{rotasi} = 5,98 \cdot 10^{24} \cdot (6,37 \cdot 10^6)^2 \cdot 7,29 \cdot 10^{-5}$$

$$L_{rotasi} = 1,77 \cdot 10^{34} \text{ kg.m}^2/\text{s}$$

Jadi jauh lebih besar momentum sudut revolusi bumi dibanding momentum sudut rotasi bumi. (OPTION 3 BENAR)

7. Sebuah planet X pada malam hari temperaturnya 27^0C sedangkan pada waktu siang suhunya mencapai 47^0C . Jika planet tersebut diasumsikan sebagai benda hitam, berapakah rasio energi pada siang dan malam hari yang dipancarkannya?

A. $L_s = 1,3 L_m$

B. $L_s = 1,5 L_m$

C. $L_s = 1,7 L_m$

$$D. L_s = 1,9 L_m$$

$$E. L_s = 2,1 L_m$$

JAWAB : A

Benda hitam adalah benda yang :

1. Menyerap seluruh energi yang datang padanya tanpa ada energi yang dipantulkan.
2. Memancarkan energi sendiri yang bergantung dari suhu benda hitam itu (bukan dari pemantulan)

Energi yang dipancarkan setiap detik dari sebuah benda hitam dapat dirumuskan dengan baik melalui persamaan Stefan Boltzman :

$$\frac{E}{t} = A \cdot \sigma \cdot T^4$$

Kembali ke soal di atas, karena planetnya sama, maka perbandingan energi yang dipancarkan siang dan malam adalah :

$$\frac{E_{siang}}{E_{malam}} = \frac{T_{siang}^4}{T_{malam}^4} = \frac{(47 + 273)^4}{(27 + 273)^4} = 1,29$$

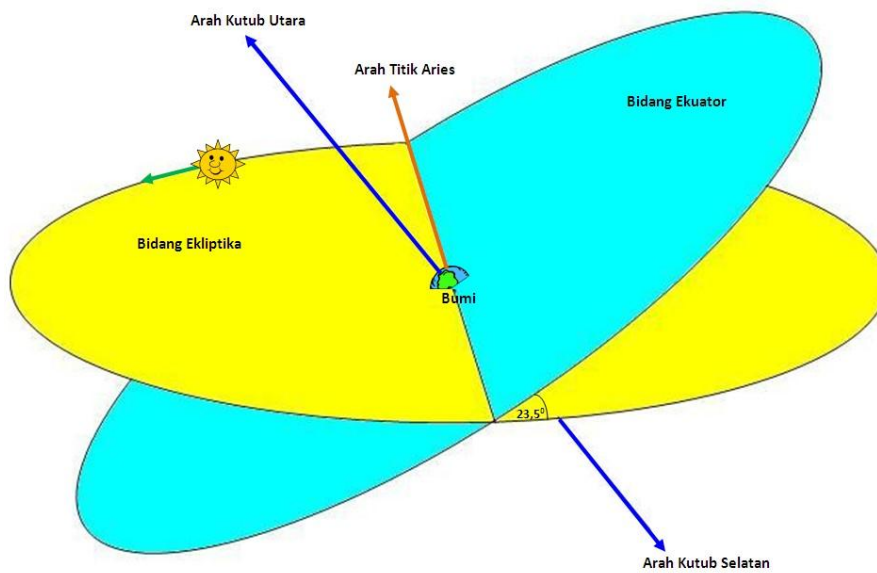
Catatan : Suhu harus dalam satuan Kelvin

8. Titik perpotongan antara ekuator langit dengan ekliptika tempat matahari berada pada tanggal 23 September yaitu Autumnal Equinox mempunyai koordinat (asensiorekta, deklinasi) :

- A. $00^h, 00^0$
- B. $06^h, +23^0,5$
- C. $12^h, 00^0$
- D. $18^h, -23^0,5$
- E. $12^h, -23^0,5$

JAWAB : C

Ada dua titik yang merupakan pertemuan antara lingkaran ekuator langit (lingkaran dengan deklinasi 0^0 , juga merupakan perpanjangan ekuator bumi ke langit) dengan lingkaran ekliptika (lingkaran lintasan Matahari di langit, membentuk sudut $23,5^0$ dengan lingkaran ekuator).



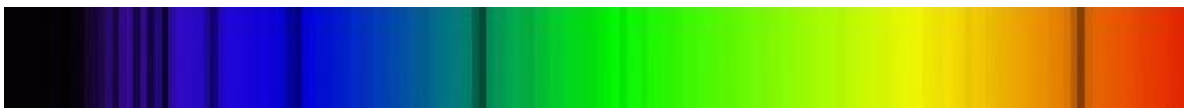
Titik yang pertama dicapai oleh Matahari pada setiap tanggal 21 Maret, titik ini dikenal sebagai titik Vernal Equinoks atau titik musim semi atau titik Aries, dan menjadi titik awal (0,0) dari koordinat ekuator langit).

Titik yang kedua dicapai oleh Matahari pada setiap tanggal 23 September, titik ini dikenal sebagai titik Autumnal Equinoks. Titik ini bertolak belakang dengan titik vernal equinoks sehingga asensiorektanyapun berselisih 12 jam.

9. Komposisi kimia lapisan luar Matahari dipelajari terutama dari telaah
 - A. Pergeseran Doppler dari garis hidrogen Balmer
 - B. Penerapan Hukum Wien pada spektrum Matahari
 - C. Kerapatan rata-rata Matahari secara keseluruhan
 - D. Garis-garis absorpsi dari spektrum cahaya fotosfer
 - E. Pengamatan letupan (flare) Matahari saat aktifitas maksimum Matahari

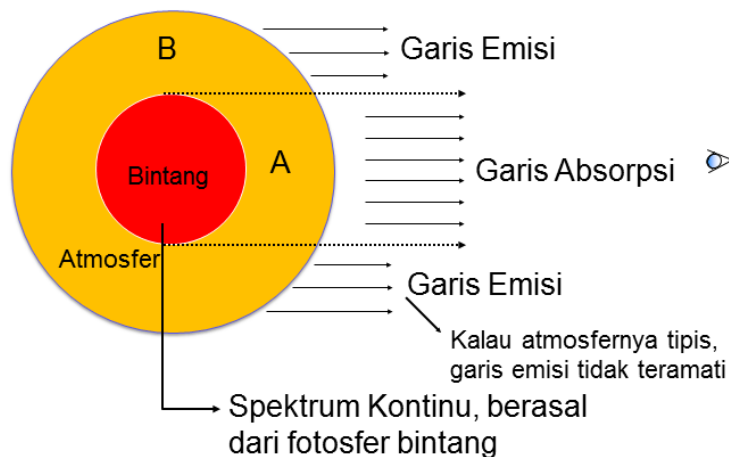
JAWAB : D

Komposisi kimia dari suatu bintang bisa dipelajari dengan baik melalui telaah spektrum bintang, yaitu cahaya bintang dipecah ke dalam spektrum warna melalui bantuan kisi atau prisma sehingga menghasilkan deretan warna yang disebut spektrum bintang seperti gambar di bawah ini :



Pada spektrum tersebut sebagai latar belakang, tampak ada garis-garis warna yang lebih terang dan ada garis-garis yang lebih gelap dengan latar belakang pelangi. Menurut hukum Kirchoff :

- 1) Hukum Kirchoff I : Warna pelangi di latar belakang dihasilkan oleh gas yang bertekanan tinggi dan panas, yaitu dari bintang itu sendiri (dari fotosfernya), disebut spektrum kontinyu.
- 2) Hukum Kirchoff II : Garis-garis yang lebih terang dihasilkan oleh gas renggang yang panas, yaitu dari atmosfer bintang yang panas yang ada di sekeliling bintang (di samping bintang), tetapi bukan di depan bintang (searah pengamat), disebut spektrum emisi
- 3) Hukum Kirchoff III : Garis-garis yang lebih gelap menandakan ada gas dingin di depan gas yang panas yang menyerap warna-warna tertentu yang dipancarkan gas panas itu, yaitu dari atmosfer bintang yang ada di depan bintang itu sendiri (yang searah pengamat), karena suhu atmosfer di depan bintang lebih dingin daripada suhu bintang yang ada di belakangnya



Melalui analisis garis-garis absorpsi maupun garis-garis emisi yang muncul, kita dapat mengetahui komposisi kimia dari berbagai unsur karena spektrum dari setiap unsur adalah unik dan berbeda satu dengan yang lainnya.

Selain komposisi kimia, dalam analisis spektrum bintang banyak hal bisa dipelajari, seperti suhu permukaan, rotasi bintang, medan magnet bintang, pengembangan selubung, kecepatan radial, dan juga pelontaran massa oleh bintang.

Untuk option yang lain

- ⇒ Pergeseran Doppler dapat digunakan untuk menentukan kecepatan radial dari suatu bintang, baik besarnya maupun arahnya.
- ⇒ Hukum Wien dapat digunakan untuk menentukan suhu bintang jika diketahui panjang gelombang dengan intensitas maksimum atau sebaliknya
- ⇒ Pengamatan letupan (flare) Matahari saat aktifitas maksimum Matahari untuk mempelajari interaksi magnetik yang terjadi antar sunspot juga perilaku plasma matahari dan juga atmosfer matahari.

10. Pilih mana yang BENAR

- A. Absorpsi atmosfer pada berbagai jarak zenit adalah sama
- B. Massa udara menurun dengan makin besar jarak zenit

- C. Peredaman cahaya bintang oleh atmosfer pada zenit menurun dengan makin besarnya panjang gelombang
- D. Di dekat cakrawala atmosfer Bumi menyebabkan bintang berlokasi lebih rendah dari posisi sebenarnya
- E. Di dekat cakrawala atmosfer Bumi tidak memberi pengaruh apapun pada posisi bintang

JAWAB : C

Setidaknya ada tiga efek yang diberikan oleh atmosfer Bumi terhadap cahaya yang melewatinya dari matahari atau bintang, yaitu efek refraksi (pembiasan), efek absorpsi (penyerapan) dan efek scattering (penghamburan).

1. Efek refraksi (pembiasan) merupakan salah satu efek yang menyebabkan tinggi benda langit di sekitar horizon (tinggi semu) tidak sesuai dengan tingginya yang sebenarnya (OPTION D dan E SALAH). Efek ini disebabkan oleh cahaya melewati medium atmosfer Bumi yang memiliki nilai indeks bias yang berbeda-beda (berlapis-lapis). Kecepatan cahaya di udara bergantung kepada temperatur dan tekanannya, sehingga indeks refraksi udara bervariasi untuk tiap lapisan atmosfer yang berbeda. Pada temperatur dan tekanan standar, refraksi pada cahaya yang lewat dari horizon (disebut refraksi horizontal) memiliki nilai sekitar $34'$. Jika benda sebenarnya sudah mencapai horizon, pengamat masih melihatnya setinggi $34'$ dari horizon. Semakin tinggi dari horizon (h semakin besar atau z semakin kecil, efek ini semakin kecil (OPTION A SALAH) dan jika cahaya lewat dari zenith ($h=90^0$), artinya cahaya masuk secara tegak lurus, maka efek refraksi sama dengan 0. Pada matahari atau bulan, efek ini menyebabkan matahari atau bulan ketika berada dekat dengan horizon tampak lebih besar dari seharusnya. Catatan : Jarak Zenith adalah sudut yang diukur dari titik di atas kepala (zenith) tegak lurus menuju horizon, sehingga hubungan tinggi bintang h dan jarak zenit z adalah $z = 90^0 - h$.
2. Efek Absorpsi, adalah penyerapan energi gelombang elektromagnetik oleh atmosfer Bumi. Ini menyebabkan cahaya yang datang mengalami pengurangan energi atau kecerlangannya menurun. Semakin rapat atmosfer maka semakin besar efek absorpsi. Semakin besar jarak zenit, tentu semakin dekat ke horizon dan massa udara pun semakin besar karena udara lebih banyak terkonsentrasi di dekat permukaan Bumi, ini juga menyebabkan absorpsi semakin besar (OPTION B SALAH). Panjang gelombang yang lebih pendek (ke arah biru) lebih rentan terhadap absorpsi daripada panjang gelombang yang lebih panjang – ke arah merah (OPTION C BENAR). Ini menyebabkan matahari ketika berada dekat dengan horizon tampak lebih merah dari seharusnya (karena bagian warna yang ke arah biru mengalami penyerapan), dan juga magnitudo bintang harus dikoreksi terhadap efek absorpsi sehingga memperoleh magnitudo bintang yang sebenarnya sebelum menembus atmosfer.
3. Efek scattering adalah efek penyebaran energi oleh atmosfer. Bagian yang dihamburkan kebanyakan adalah energi dalam daerah panjang gelombang yang panjang (biru-ungu), maka panjang gelombang biru juga yang disebarkan oleh

atmosfer. Hal ini menyebabkan pada siang hari langit tampak berwarna biru karena mata kita lebih peka warna biru daripada ungu (disebut penyebaran Rayleigh).

11. Sebuah bintang akan menjadi Black Hole apabila kecepatan lepas bintang lebih besar atau sama dengan kecepatan cahaya. Radius bintang pada kondisi ini disebut dengan radius Schwarzschild. Tentukanlah massa dari sebuah black hole apabila radius Schwarzschildnya 30 km.
- A. 2×10^{31} kg
 - B. 3×10^{31} kg
 - C. 4×10^{31} kg
 - D. 5×10^{31} kg
 - E. 6×10^{31} kg

JAWAB : A

Sebuah lubang hitam adalah objek yang sangat massif sehingga gravitasinya sanggup 'menarik' cahaya sehingga tidak bisa lepas dari objek tersebut (Sebenarnya menurut teori relativitas umum, ruang di sekitar lubang hitam sudah sedemikian melengkungnya sehingga cahaya hanya dapat berputar-putar atau kembali ke dalam objek tersebut).

Berdasarkan rumus kecepatan lepas dari suatu objek, maka jika yang tidak ingin lepas adalah cahaya, V_{lepas} minimum adalah kecepatan cahaya, atau :

$$V_{\text{esc}} = c = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

Jadi :

$$R = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2}$$

Rumus ini memberikan batas jari-jari sebuah objek agar dapat menjadi sebuah lubang hitam dimana cahayapun tidak bisa lepas darinya, yang disebut jari-jari Schwarzschild.

Kembali ke soal, jika radius Schwarzschild adalah $30 \text{ km} = 3 \cdot 10^4 \text{ m}$, maka massanya adalah :

$$M = \frac{R \cdot c^2}{2 \cdot G} = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot (2,9979 \cdot 10^8)^2}{2 \cdot (6,67 \cdot 10^{-11})} = 2,02 \cdot 10^{31} \text{ kg}$$

12. Bila dalam kalender Matahari Gregorian tanggal 1 Januari suatu tahun kabisat bertepatan dengan hari Ahad/Minggu, maka pada satu tahun kabisat setiap awal bulan yang bertepatan dengan hari Kamis adalah

- A. Maret dan November
- B. Juli dan Oktober
- C. Hanya bulan Maret
- D. April dan Desember
- E. Agustus dan November

JAWAB : A

Soal seperti ini harus dicari satu demi satu setiap awal bulan jatuh pada hari apa? (Jika ada yang punya cara lebih cepat bisa dishare). Bisa memakai bantuan tabel :

Tanggal 1 tiap bulan	Jumlah hari dalam bulan	Selisih hari dengan 1 Januari	Sisa pembagian dengan 7	Hari
01-Jan	31	0	0	Minggu
01-Feb	29	31	3	Rabu
01-Mar	31	60	4	Kamis
01-Apr	30	91	0	Minggu
01-Mei	31	121	2	Selasa
01-Jun	30	152	5	Jumat
01-Jul	31	182	0	Minggu
01-Agust	31	213	3	Rabu
01-Sep	30	244	6	Sabtu
01-Okt	31	274	1	Senin
01-Nop	30	305	4	Kamis
01-Des	31	335	6	Sabtu

Jadi hari Kamis jatuh pada tanggal 1 Maret dan 1 Nopember

MATEMATIKA

13. Kedudukan satelit sebagai stasiun relay di angkasa, dikenal dengan beberapa konfigurasi, misalnya topologi simplex, topologi point to point (p2p), topologi star dan topologi mesh. LASO adalah sistim yang dikembangkan orang untuk ‘mengikat bumi’ dengan menempatkan tiga satelit di angkasa, ditempatkan pada jarak tertentu sehingga seluruh permukaan Bumi bisa diamati. Jika jejari bumi adalah R , maka tinggi satelit dari permukaan Bumi dalam topologi LASO adalah :

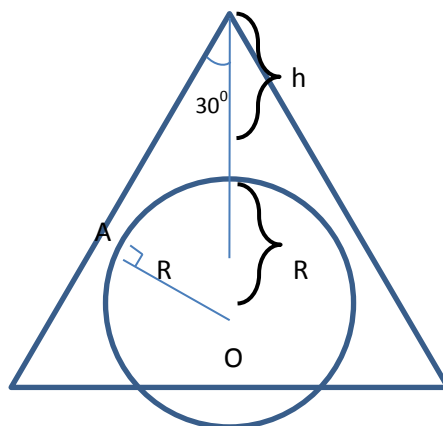
- A. 0,25 R
- B. 0,50 R
- C. 0,75 R
- D. 1,00 R
- E. 1,25 R

JAWAB : D

Prinsipnya adalah 3 buah satelit mengamati seluruh Bumi, sementara tiga buah titik tidak mungkin membentuk ruang dimensi tiga, ketiga titik (ketiga satelit) itu pasti berada pada satu bidang datar, maka kita bisa menggambarkan bola Bumi berada pada bidang datar (berbentuk lingkaran) dengan ketiga satelit berada pada bidang datar yang sama yang 'penglihatan' ketiga satelit tersebut dapat mencakup seluruh wilayah lingkaran tersebut, atau gambarnya kira-kira seperti ini :



Kalo sudah memahami gambarnya maka menghitungnya akan cukup mudah, tinggal memanfaatkan sudut pada segitiga sama sisi yang terbentuk (yaitu 60°) dan memakai garis singgung pada lingkaran yang tegak lurus pada jari-jari, jadi :



Segitiga besar yang terbentuk adalah segitiga sama sisi yang setiap sudutnya sebesar 60° . Perhatikan segitiga siku-siku AOB, karena garis BO adalah garis bagi maka sudut ABO sebesar 30° .

$$\sin 30^{\circ} = \frac{AO}{BO}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{R}{h + R}$$

$$h = R$$

14. Suatu observatorium besar telah menemukan 46 planet di luar Tata Surya. Planet-planet yang telah ditemukan itu kemudian dikelompokkan dalam dua kategori sebagai planet gas dan planet berpermukaan keras, kemudian diklasifikasikan juga di dalam kategori yang lain, planet berotasi cepat dan berotasi lambat. Jika planet gas jumlahnya 31, planet yang berotasi lambat 22, planet yang berpermukaan keras dan berotasi cepat ada 8, maka perhatikan pernyataan-pernyataan berikut ini :

- 1) Planet gas dan berotasi cepat ada 16
- 2) Planet berpermukaan keras dan berotasi lambat ada 19
- 3) Planet gas dan berotasi lambat ada 15
- 4) Planet berpermukaan keras ada 21

Untuk pernyataan-pernyataan di atas, maka :

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

JAWAB : B

Diketahui :

Jumlah planet total = 46

Jumlah planet gas = 31

Jumlah planet yang berotasi lambat = 22

Jumlah planet yang berpermukaan keras dan berotasi cepat = 8

Untuk menjawab soal ini lebih mudah jika menggunakan bantuan tabel :

Klasifikasi	Berotasi Lambat	Berotasi Cepat	Jumlah
Permukaan keras		8	
Planet gas			31
Jumlah	22		46

Dengan demikian kotak-kotak yang kosong dengan mudah dapat diisi menjadi :

Klasifikasi	Berotasi Lambat	Berotasi Cepat	Jumlah
Permukaan keras	7	8	15
Planet gas	15	16	31
Jumlah	22	24	46

Jadi option yang benar adalah 1 dan 3

15. Prof. Astroitb baru saja menemukan dua exoplanet (extra-solar planets) yang masih sangat muda. Dari kandungan hidrogen yang dimiliki dapat disimpulkan perbandingan umur kedua planet saat ini adalah $A : B = 3 : 4$. Dari cara yang lain didapat kesimpulan, enam juta tahun yang lalu perbandingannya adalah $A : B = 5 : 7$. Berapakah umur kedua exoplanet tersebut?
- A. Umur planet A = 36 juta tahun dan umur planet B = 48 juta tahun
 - B. Umur planet A = 30 juta tahun dan umur planet B = 40 juta tahun
 - C. Umur planet A = 24 juta tahun dan umur planet B = 32 juta tahun
 - D. Umur planet A = 18 juta tahun dan umur planet B = 24 juta tahun
 - E. Umur planet A = 12 juta tahun dan umur planet B = 16 juta tahun

JAWAB : A

Saat ini : $\frac{A}{B} = \frac{3}{4}$, atau $A = \frac{3}{4}B$

Enam juta tahun yang lalu : $\frac{A-6}{B-6} = \frac{5}{7}$, masukkan persamaan pertama :

$$\frac{\frac{3}{4}B - 6}{B - 6} = \frac{5}{7}$$

Dengan mengerjakan persamaan tersebut dapat diperoleh usia planet : A = 36 juta tahun dan B = 48 juta tahun

FISIKA

16. Sebuah balok bermassa 0,5 kg dihubungkan dengan sebuah pegas ringan dengan konstanta 200 N/m. Kemudia sistem tersebut beresilasi harmonis. Jika diketahui simpangan maksimumnya adalah 3 cm, maka kecepatan maksimum adalah
- A. 0,1 m/s
 - B. 0,6 m/s
 - C. 1 m/s
 - D. 1,5 m/s

E. 2 m/s

JAWAB : B

Gunakan konsep dan rumus-rumus gerak harmonik sederhana :

Simpangan maksimum = Amplitudo = $A = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ cm}$.

$$\text{Konstanta Pegas} = k = \omega^2 m \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{200}{0,5}} = 20 \text{ rad/s}$$

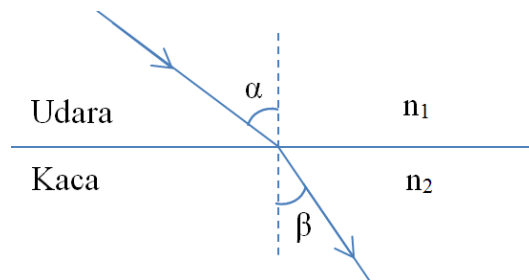
Kecepatan maksimum dicapai pada saat simpangan 0 atau $y = 0$

$$\text{Gunakan rumus : } v = \omega \sqrt{A^2 - y^2} = 20 \sqrt{0,03^2 - 0^2} = 0,6 \text{ m/s}$$

17. Misalkan α dan β masing-masing adalah sudut datang dan sudut bias dari cahaya terhadap garis normal. Jika cahaya datang dari udara ke kaca, maka hubungan yang benar antara α dan β adalah

- A. $\alpha > \beta$
- B. $\alpha < \beta$
- C. $\alpha = \beta$
- D. $\alpha > 2\beta$
- E. $\alpha > 4\beta$

JAWAB : A



Indeks bias udara biasanya didekati dengan 1 dan indeks bias kaca didekati dengan 1,5, jadi $n_2 > n_1$. Masukkan ke dalam hukum Snellius, maka :

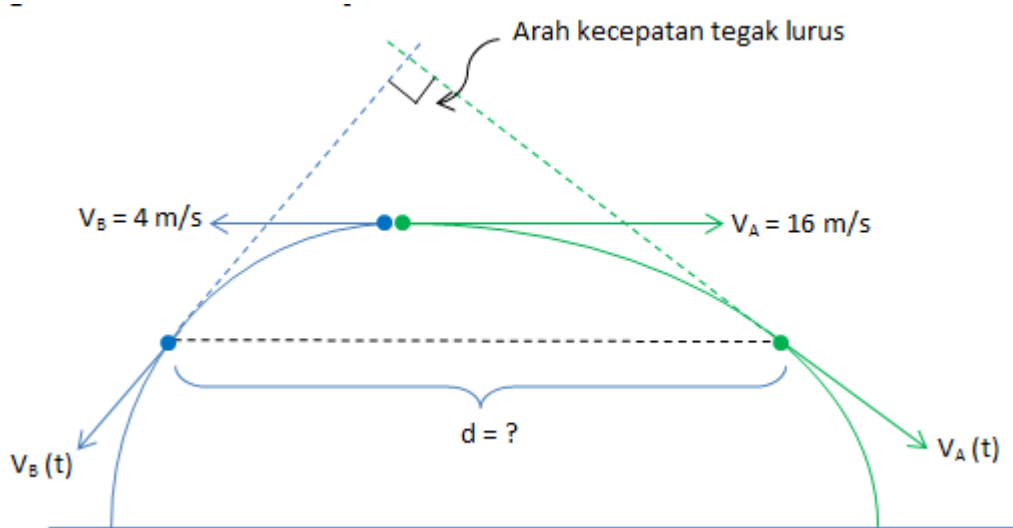
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Karena $n_2 > n_1$, maka $\sin \alpha > \sin \beta$, atau $\alpha > \beta$.

18. Dua buah benda bergerak dalam suatu medan gravitasi yang seragam ($g = 10 \text{ m/s}^2$). Pada saat awal, kedua benda berada pada posisi yang sama dan bergerak dengan kecepatan $v_A = 16 \text{ m/s}$ dan $v_B = 4 \text{ m/s}$ horizontal dan berlawanan arah. Tentukan jarak kedua partikel ketika kecepatan keduanya saling tegak lurus.
- A. 1,60 m
 B. 1,65 m
 C. 1,70 m
 D. 1,80 m
 E. 1,90 m

JAWAB : Tidak ada jawaban di pilihan (Menurut kunci jawabannya A)

Jika soal tersebut digambarkan akan menjadi :



Gerakan benda adalah gerakan parabola yang adalah resultan dari gabungan gerakan di sumbu X (gerakan lurus beraturan – GLB) dan gerakan di sumbu Y (gerakan lurus berubah beraturan – GLBB). Gerak pada sumbu Y pada kasus di atas adalah gerak jatuh bebas ($V_0 = 0$), maka :

Untuk benda A yang bergerak ke kanan :

$$\text{Persamaan gerakan pada sumbu X} \rightarrow V_A = 16 \text{ (konstan)}, S_A = V_A \cdot t = 16t$$

$$\text{Persamaan gerakan pada sumbu Y} \rightarrow V_{Ay} = g \cdot t = 10t, h_A = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 5t^2$$

Atau dalam bentuk vektor bisa ditulis :

$$V_A = 16 \hat{i} + 10t \hat{j} \text{ m/s}$$

$$r_A = 16t \hat{i} + 5t^2 \hat{j} \text{ m/s}$$

Untuk benda B yang bergerak ke kiri :

$$\text{Persamaan gerakan pada sumbu X} \rightarrow V_B = -4 \text{ (konstan)}, S_A = V_A \cdot t = -4t$$

Persamaan gerakan pada sumbu Y $\rightarrow V_{By} = g \cdot t = 10t$, $h_A = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = 5t^2$

Atau dalam bentuk vektor bisa ditulis :

$$V_B = -4 \hat{i} + 10t \hat{j} \text{ m/s}$$

$$r_B = -4t \hat{i} + 5t^2 \hat{j} \text{ m/s}$$

Karena arah kecepatan V_A dan V_B saling tegak lurus, maka menggunakan persyaratan jika dua buah vektor tegak lurus, yaitu :

$$V_A \cdot V_B = 0$$

$$(16 \hat{i} + 10t \hat{j})(-4 \hat{i} + 10t \hat{j}) = 0$$

$$-64 + 100t^2 = 0$$

$$t = 0,8 \text{ s}$$

Pada waktu tersebut, jarak antara A dan B adalah :

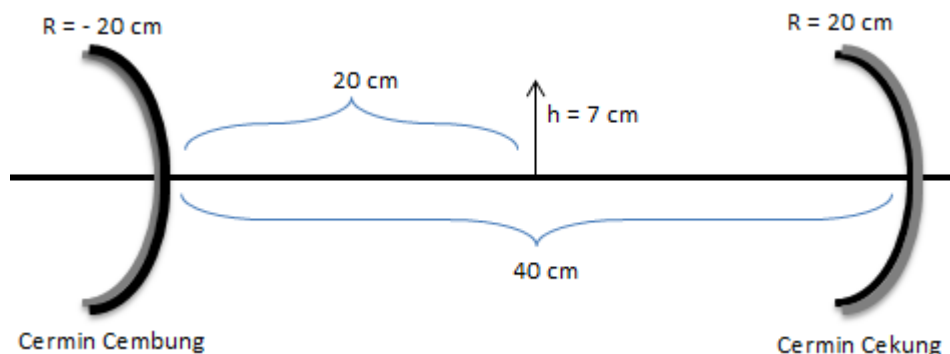
$$\Delta r = r_A - r_B = (16t \hat{i} + 5t^2 \hat{j}) - (-4t \hat{i} + 5t^2 \hat{j})$$

$$\Delta r = 20t \hat{i} = 20 \cdot 0,8 = 16 \text{ m}$$

19. Suatu cermin cekung dan cembung dengan jari-jari kelengkungan yang sama 20 cm ditempatkan saling berhadapan dengan jarak 40 cm. Suatu benda dengan tinggi 7 cm ditempatkan di tengah-tengah kedua cermin. Tinggi bayangan akhir jika pemantulan terjadi oleh cermin cembung kemudian oleh cermin cekung adalah

- A. 3 cm, tegak
- B. 3 cm, terbalik
- C. 4 cm, terbalik
- D. 2 cm, tegak
- E. 2 cm, terbalik

JAWAB : Tidak ada jawaban di pilihan ! (Menurut kunci jawabannya E)



Pemantulan pertama oleh cermin cembung :

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$
$$\frac{2}{-20} = \frac{1}{20} + \frac{1}{s'}$$
$$s' = -\frac{20}{3} \text{ cm}$$

Tinggi bayangan adalah :

$$M = -\frac{s'}{s} = \frac{h'}{h}$$
$$M = -\frac{-\frac{20}{3}}{20} = \frac{h'}{7}$$
$$h' = \frac{7}{3} \text{ cm}$$

Karena s' negatif, artinya bayangan terbentuk di belakang cermin cembung, h' positif artinya bayangan yang dibentuk adalah bayangan tegak. Bayangan oleh cermin cembung menjadi benda oleh cermin cekung, maka jarak benda ke cermin cekung adalah : $20/3 + 40 = 140/3$ cm.

Pemantulan kedua oleh cermin cekung :

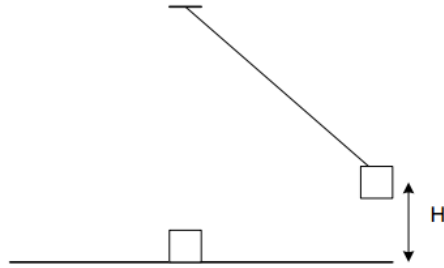
$$\frac{2}{R} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$
$$\frac{2}{20} = \frac{1}{\frac{140}{3}} + \frac{1}{s'}$$
$$s' = \frac{140}{11} \text{ cm}$$

Tinggi bayangan adalah :

$$M = -\frac{s'}{s} = \frac{h'}{h}$$
$$M = -\frac{\frac{140}{11}}{\frac{140}{3}} = \frac{h'}{3}$$
$$h' = -\frac{7}{11} \text{ cm}$$

h' negatif artinya bayangan yang dibentuk adalah bayangan terbalik.

20. Sebuah ayunan yang massa bandulnya M dinaikkan pada ketinggian H dan kemudian dilepaskan. Pada bagian terendah dari lintasannya, bandul membentur suatu massa m yang mula-mula diam di atas permukaan mendatar licin. Apabila setelah bertumbukan kedua benda saling menempel, maka ketinggian h yang akan dicapai keduanya adalah



- A. $\left(\frac{m}{M+m}\right)^2 H$
 B. $\left(\frac{m}{M+m}\right) H^2$
 C. $\left(\frac{M}{M+m}\right)^2 H$
 D. $\left(\frac{M}{M+m}\right) H^2$
 E. $\left(\frac{M}{M+m}\right)^2 H^2$

JAWAB : C

Benda M setinggi h , ketika dilepas maka kecepatan jatuhnya adalah :

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gH}$$

Ketika benda M menumbuk benda m dan menempel, maka konsep yang digunakan adalah tumbukan tidak lenting, atau kecepatan bersama V_c adalah :

$$v_c = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v_c = \frac{M \cdot \sqrt{2gH} + m \cdot 0}{M + m} = \left(\frac{M}{M + m}\right) \sqrt{2gH}$$

Ketika benda gabungan $m+M$ bergerak dan mencapai tinggi maksimum h , maka kecepatan awalnya adalah :

$$v_{awal} = \sqrt{2gh}$$

Karena v awal adalah v bersama (V_c), maka :

$$v_{awal} = v_c$$

$$\sqrt{2gh} = \left(\frac{M}{M + m}\right) \sqrt{2gH}$$

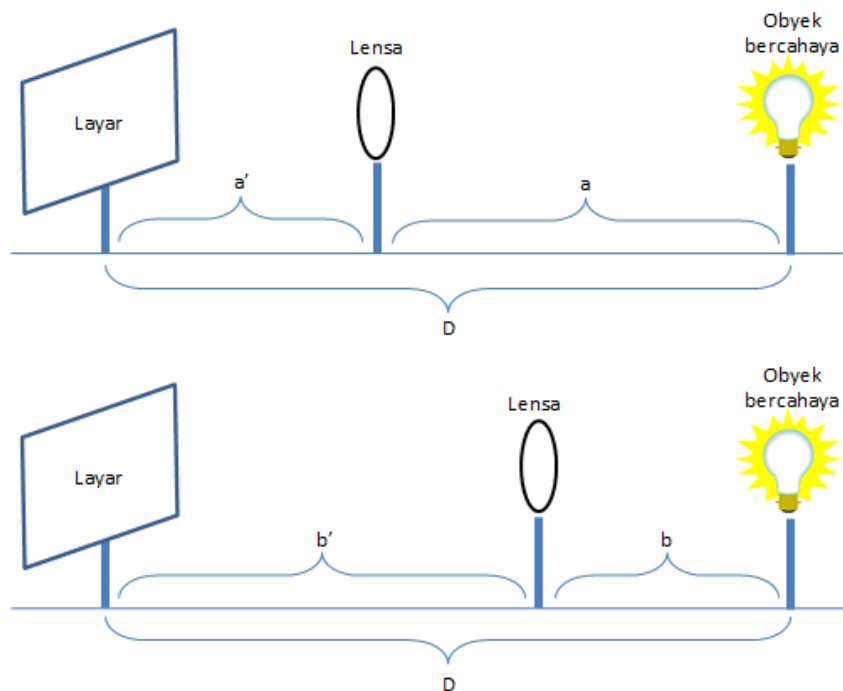
$$h = \left(\frac{M}{M + m} \right)^2 H$$

21. Sebuah objek bercahaya dan suatu layar berada pada jarak yang tetap D . Sebuah lensa cembung yang ditempatkan di antara objek dan layar. Ketika posisi lensa berada pada jarak a dari objek, terbentuk bayangan nyata di layar. Kemudian lensa digeser mendekati objek hingga berada pada jarak b dari objek dan terbentuk juga bayangan nyata pada layar, maka selisih jarak $a - b$ adalah

- A. $\sqrt{D(D + 2f)}$
- B. $\sqrt{D(D - 4f)}$
- C. $\sqrt{2D(D + f)}$
- D. $\sqrt{D(2D - f)}$
- E. $\sqrt{2D(D - f)}$

JAWAB : B

Gambarkan soal tersebut, jarak bayangan beri tanda aksen :



Untuk gambar pertama berlaku persamaan :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{a} + \frac{1}{D - a}$$

Jika persamaan tersebut dikerjakan, akan diperoleh persamaan kuadrat sbb. :

$$a^2 - D.a + f.D = 0$$

Dengan solusi (gunakan rumus abc) :

$$a = \frac{D \pm \sqrt{D^2 - 4fD}}{2}$$

Untuk gambar kedua berlaku persamaan :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{b} + \frac{1}{(D - b)}$$

Jika persamaan tersebut dikerjakan, akan diperoleh persamaan kuadrat sbb. :

$$b^2 - D \cdot b + f \cdot D = 0$$

Dengan solusi (gunakan rumus abc) :

$$b = \frac{D \pm \sqrt{D^2 - 4fD}}{2}$$

Kurangi :

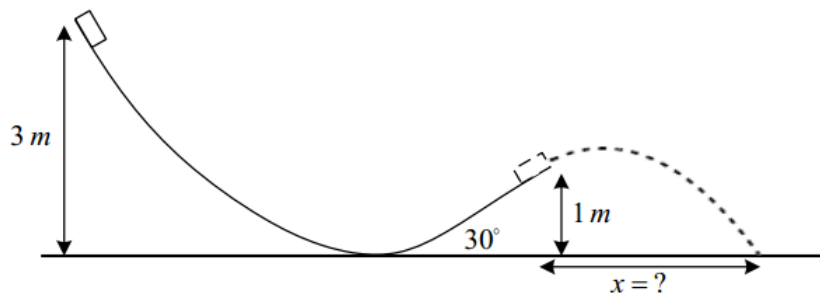
$$a - b = \frac{D + \sqrt{D^2 - 4fD}}{2} - \frac{D - \sqrt{D^2 - 4fD}}{2}$$

Supaya bisa dikurangi, maka tandanya harus berbeda, yang satu memakai + dan yang lain memakai -, atau :

$$a - b = \frac{D + \sqrt{D^2 - 4fD}}{2} - \frac{D - \sqrt{D^2 - 4fD}}{2}$$

$$a - b = \sqrt{D^2 - 4fD} = \sqrt{D(D - 4f)}$$

22. Suatu benda meluncur di sepanjang permukaan talang yang licin seperti pada gambar. Berapa jarak horizontal dihitung dari ujung talang ketika sampai di tanah



- A. 3 m
- B. $3 - \sqrt{3}$ m
- C. $3 + \sqrt{3}$ m
- D. $\sqrt{3}$ m
- E. $6 - \sqrt{3}$ m

JAWAB : C

Gerakan benda bisa dibagi dua, yaitu gerakan benda sepanjang talang licin dan gerakan parabola setelah benda 'keluar' dari talang.

Gerakan benda pada talang licin, untuk mencari kecepatan benda dapat digunakan rumus :

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot (3 - 1)} = \sqrt{40} \text{ m/s}$$

Gerakan parabola, gunakan gerak benda pada sumbu y :

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha = \sqrt{40} \cdot \sin 30 = \frac{1}{2} \sqrt{40} \text{ m/s}$$

Ketinggian benda gunakan rumus Gerak Vertikal Atas (GVA) :

$$\begin{aligned} h &= v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \\ -1 &= \frac{1}{2} \sqrt{40} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \\ 5 \cdot t^2 - \frac{1}{2} \sqrt{40} \cdot t - 1 &= 0 \end{aligned}$$

Dengan rumus abc diperoleh waktu benda sampai ke tanah (ambil yang +, karna yang - akan menjadikan waktu negatif):

$$t = \frac{\sqrt{10} + \sqrt{30}}{10}$$

Sekarang tinjau sumbu x (gerakan benda adalah GLB), maka :

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha = \sqrt{40} \cdot \cos 30 = \sqrt{30} \text{ m/s}$$

Karena gerakan GLB, maka jarak tempuh sepanjang sumbu x adalah :

$$\begin{aligned} x &= v_{0x} \cdot t = \sqrt{30} \cdot \frac{\sqrt{10} + \sqrt{30}}{10} \\ x &= \sqrt{3} + 3 \text{ m} \end{aligned}$$

23. Misalkan sebuah partikel titik bergerak dalam bidang dengan posisi awal (1,2) m pada $t = 0$ s. Kemudian setelah dua detik posisinya berubah menjadi (3,4) m dan kemudian berhenti di (-3,6) m setelah bergerak selama sepuluh detik. Kecepatan rata-rata partikel tersebut hingga ia berhenti adalah

- A. $(-\frac{1}{5}, \frac{3}{5})$
- B. $(1, 1)$
- C. $(-1, 1)$
- D. $(-\frac{2}{5}, \frac{2}{5})$
- E. $(\frac{1}{5}, -\frac{1}{5})$

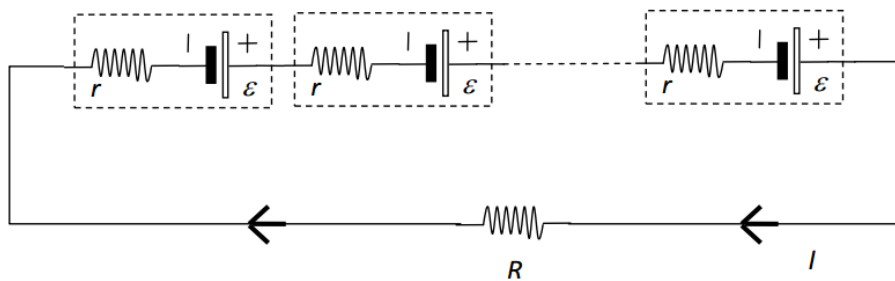
JAWAB : D

Rumus kecepatan rata-rata adalah :

$$\bar{v} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{selang waktu}} = \frac{\overline{r_{akhir}} - \overline{r_{awal}}}{\Delta t}$$

$$\bar{v} = \frac{(-3,6) - (1,2)}{10} = \left(-\frac{2}{5}, \frac{2}{5}\right)$$

24. Sejumlah N baterai indentik dengan potensial ϵ , hambatan dalam r dapat disusun seri dan kemudian digunakan untuk memberikan arus pada sebuah resistor R (Lihat gambar). Jika $R = r$, maka besar arus dalam rangkaian adalah



- A. $I = \frac{\epsilon}{r} \frac{N+1}{N}$
- B. $I = \frac{\epsilon}{r} \frac{N+1}{N+2}$
- C. $I = \frac{\epsilon}{r} \frac{N}{N+1}$
- D. $I = \frac{\epsilon}{r}$
- E. $I = \frac{\epsilon}{r} \frac{N-1}{N+1}$

JAWAB : C

Rangkaian adalah rangkaian seri (tidak ada cabang), jadi :

$$R_{total} = r + r + \dots + r + R = Nr + r = r(N + 1)$$

$$\epsilon_{total} = \epsilon + \epsilon + \dots + \epsilon = N \epsilon$$

Jadi arus yang mengalir gunakan hukum Ohm :

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{N\varepsilon}{r(N+1)} = \frac{\varepsilon}{r} \frac{N}{(N+1)}$$

25. Sebuah elektron dipercepat melalui beda potensial sebesar 10 juta volt. Jika diketahui massa diam elektron $0,51 \text{ MeV}/c^2$, maka energi total elektron relativistik adalah
- A. 10,51 MeV
 - B. 20,41 MeV
 - C. 30,52 MeV
 - D. 40,61 MeV
 - E. 50,55 MeV

JAWAB : A

Energi total relativistik adalah energi diamnya ditambah energi kinetik relativistiknya, atau :

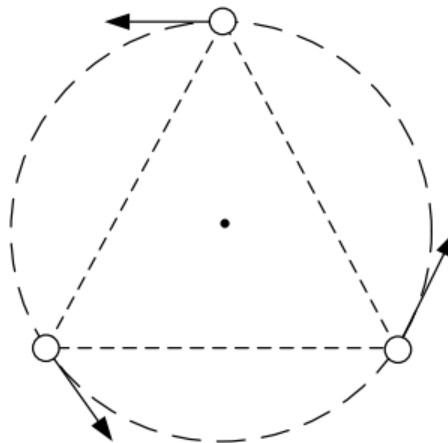
$$E_{total} = E_{diam} + EK$$

$$E_{total} = m \cdot c^2 + q \cdot V$$

$$E_{total} = 0,51 (\text{Mev}/c^2) \cdot c^2 + 10(\text{Mega.V}) \cdot 1 (\text{elektron})$$

$$E_{total} = 0,51 \text{ Mev} + 10 \text{ MeV} = 10,51 \text{ MeV}$$

26. Tiga buah bintang dengan massa yang sama, m membentuk segitiga sama sisi dengan sisi d . Ketiga bintang tersebut bergerak mengelilingi pusat massanya. Tentukan laju dari bintang v .



A. $\sqrt{\frac{2GM}{d}}$

B. $\sqrt{\frac{3GM}{d}}$

C. $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{GM}{d}}$

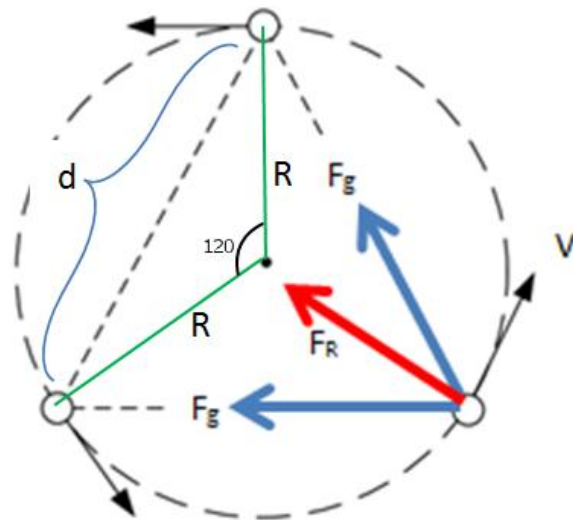
D. $\sqrt{\frac{GM}{d}}$

E. $2\sqrt{\frac{GM}{d}}$

JAWAB : D (Menurut Kunci jawabannya B)

Benda bergerak melingkar, artinya ada gaya sentripetal yang menuju ke pusat lingkaran.

Benda membentuk segitiga sama sisi, sudutnya 60^0 , jadi :



Cari dulu jarak antar benda (d), gunakan rumus cosinus :

$$d^2 = R^2 + R^2 - 2 \cdot R \cdot R \cdot \cos 120$$

$$d = R\sqrt{3}$$

Gaya gravitasi (F_g) adalah :

$$F_g = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{d^2} = \frac{G \cdot M \cdot M}{(R\sqrt{3})^2} = \frac{G \cdot M^2}{3 \cdot R^2}$$

Dua buah F_g bekerja pada satu benda dengan sudut 60^0 , maka resultannya adalah :

$$F_R = F_g + F_g = \sqrt{F_g^2 + F_g^2 + 2 \cdot F_g \cdot F_g \cdot \cos 60} = F_g\sqrt{3}$$

$$F_R = \frac{\sqrt{3}G \cdot M^2}{3 \cdot R^2}$$

Gaya resultan ini berarah ke pusat lingkaran, artinya gaya resultan adalah gaya sentripetal yang bekerja pada benda, atau :

$$F_R = F_{SP}$$

$$\frac{\sqrt{3}G \cdot M^2}{3 \cdot R^2} = \frac{M \cdot v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{GM}{d}}$$

27. Sebuah partikel bergerak dari posisi awal $3\hat{i} + 7\hat{j} + \hat{k}$ meter dengan kecepatan konstan yang besarnya $5\sqrt{2}$ m/s. Jika beberapa saat kemudian partikel berada di posisi $33\hat{i} - 33\hat{j} + 51\hat{k}$ meter, maka vektor kecepatan partikel adalah m/s.

- A. $3\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$
- B. $5\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}$
- C. $4\hat{i} + 5\hat{j} + 3\hat{k}$
- D. $3\hat{i} - 4\hat{j} + 5\hat{k}$
- E. $3\hat{i} - 5\hat{j} - 4\hat{k}$

JAWAB : D

Perpindahan partikel adalah :

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (33\hat{i} - 33\hat{j} + 51\hat{k}) - (3\hat{i} + 7\hat{j} + \hat{k}) = 30\hat{i} - 40\hat{j} + 50\hat{k} \quad m$$

Besar perpindahan adalah :

$$|\Delta\vec{r}| = \sqrt{30^2 + (-40)^2 + 50^2} = 50\sqrt{2} \quad m/s$$

Waktu tempuh partikel adalah (kecepatan tetap maka gunakan rumus GLB) :

$$t = \frac{r}{v} = \frac{50\sqrt{2}}{5\sqrt{2}} = 10 \quad s$$

Vektor kecepatan adalah :

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{t} = \frac{30\hat{i} - 40\hat{j} + 50\hat{k}}{10} = 3\hat{i} - 4\hat{j} + 5\hat{k} \quad m/s$$

28. Jika sebanyak 50,0 L oksigen pada suhu $27,0^\circ\text{C}$ dan tekanan 2,45 atm ditekan sehingga volumenya menjadi 25,0 L dan pada saat bersamaan suhu naik menjadi $127,0^\circ\text{C}$, berapakah tekanan yang diberikan tersebut?

- A. 6,54 atm

- B. 8,70 atm
- C. 10,50 atm
- D. 12,65 atm
- E. 15,06 atm

JAWAB : A

Gunakan persamaan gas ideal :

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Masukkan data gas pada persamaan tersebut (suhu ubah ke satuan Kelvin) :

$$\frac{2,45 \times 50}{300} = \frac{P_2 \times 25}{400}$$

$$P_2 = 6,53 \text{ atm}$$

29. Misalkan 1 gr air menguap pada tekanan tetap dengan tekanan 1 atm (10^5 Pa). Dalam keadaan cair volumenya 1 cm^3 , sedangkan dalam keadaan gas volumenya berubah menjadi 1671 cm^3 . Bila keadaan campuran antara keadaan cair dan gas diabaikan dan diketahui kalor laten penguapan air adalah $2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}$, maka perubahan energi dalam sistem di atas adalah
- A. 1036 J
 - B. 1465 J
 - C. 1877 J
 - D. 2093 J
 - E. 2786 J

JAWAB : D

Gunakan Hukum I Termodinamika :

$$\Delta U = Q - \Delta W$$

ΔU adalah perubahan energi dalam (tanda + jika suhu naik, tanda – jika suhu turun)

Q adalah kalor (tanda + jika sistem menerima kalor, tanda – jika sistem melepas kalor)

ΔW adalah usaha yang bekerja pada sistem (tanda + jika volume membesar dan – jika volume mengecil)

Sistem menerima kalor, (Q positif) rumusnya adalah :

$$Q = m.L = 1.10^{-3} \times 2,26.10^6 = 2260 \text{ J}$$

Pada tekanan tetap, rumus perubahan usaha adalah (cm^3 ubah ke m^3):

$$\Delta W = P(V_2 - V_1)$$

$$\Delta W = 10^5(1671.10^{-6} - 1.10^{-6}) = 167 \text{ J}$$

Masukkan ke hukum I Termodinamika :

$$\Delta U = Q - \Delta W$$

$$\Delta U = 2260 - 167 = 2093 \text{ J}$$

30. Jika diketahui dua buah fungsi gelombang berikut $y_1 = A \sin\left(kx - \omega t + \frac{\pi}{4}\right)$, $y_2 = A \sin(kx - \omega t + \phi)$, akan berinterferensi satu sama lain, dimana ϕ adalah beda fase. Jika keduanya berinterferensi destruktif, maka ϕ sama dengan ...

A. $n\pi$ dan $n = 1, 2, 3, \dots$

B. $\frac{3n\pi}{2}$ dan $n = 2, 4, 6, \dots$

C. $\frac{5n\pi}{4}$ dan $n = 1, 2, 3, \dots$

D. $\frac{5n\pi}{4}$ dan $n = 2, 4, 6, \dots$

E. $2n\pi$ dan $n = 1, 2, 3, \dots$

JAWAB : Tidak ada jawaban di pilihan (Menurut kunci jawabannya C)

Interferensi gelombang adalah superposisi gelombang (penjumlahan persamaan gelombang). Interferensi destruktif artinya penjumlahan gelombang menghasilkan nilai nol.

$$Y = y_1 + y_2 = A \sin\left(kx - \omega t + \frac{\pi}{4}\right) + A \sin(kx - \omega t + \phi) = 0$$

Rumus penjumlahan sinus adalah :

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

Maka :

$$A \sin\left(kx - \omega t + \frac{\pi}{4}\right) + A \sin(kx - \omega t + \phi) = 0$$

$$2A \sin \frac{1}{2}\left(\left(kx - \omega t + \frac{\pi}{4}\right) + (kx - \omega t + \phi)\right) \cos \frac{1}{2}\left(\left(kx - \omega t + \frac{\pi}{4}\right) - (kx - \omega t + \phi)\right) = 0$$

$$2A \sin\left(kx - \omega t + \frac{\pi}{8} + \frac{\phi}{2}\right) \cos\left(\frac{\pi}{8} - \frac{\phi}{2}\right) = 0$$

Supaya menghasilkan nol, maka salah satu suku perkalian adalah nol, atau :

$$\cos\left(\frac{\pi}{8} - \frac{\phi}{2}\right) = 0$$

$$\left(\frac{\pi}{8} - \frac{\phi}{2}\right) = \frac{(2n - 1)}{2} \pi \quad ; n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\Rightarrow \phi = \left(2n - \frac{3}{4}\right) \pi \quad ; n = 1, 2, 3, \dots$$