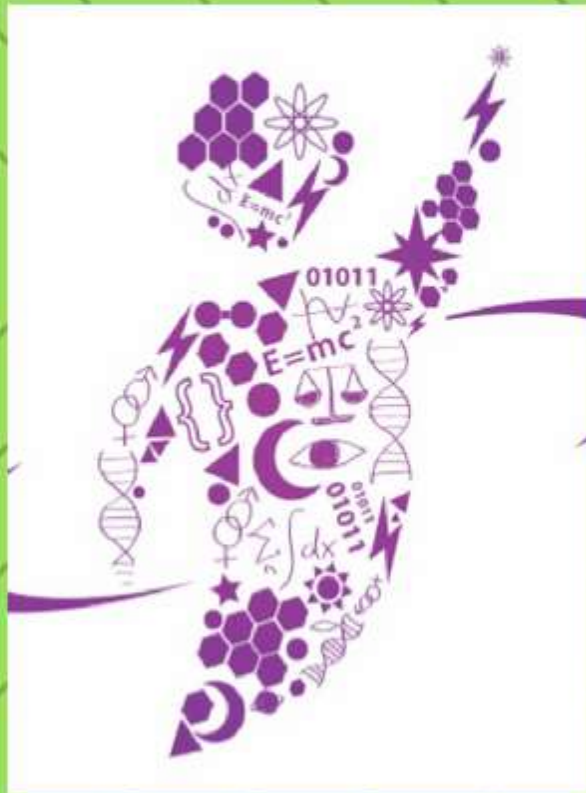


## 2019

po.alcindonesia.co.id



**085223273373**

## ULASAN FISIKA DASAR

### A. Besaran dan Satuan (satuan, SI, besaran vektor, besaran skalar)

Dalam Fisika dikenal sistem satuan internasional yang disingkat SI. Singkatan ini bukan berasal dari bahasa Indonesia melainkan dari bahasa Prancis *Système International d'Unités* (SI). Terdapat 7 besaran pokok dengan masing-masing SI-nya:

- |                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. Arus listrik      | ampere (A)                  |
| 2. Temperatur        | kelvin (K, ingat bukan ° K) |
| 3. Waktu             | sekon (s)                   |
| 4. Panjang           | meter (m)                   |
| 5. Massa             | kilogram (kg)               |
| 6. Intensitas cahaya | candela (cd)                |
| 7. Jumlah zat        | mol                         |

#### Jarak

Meski begitu, besaran dalam Astronomi merentang dari yang bernilai sangat kecil hingga sangat besar, sehingga sering kali digunakan satuan selain SI. Salah satu besaran yang sangat penting adalah jarak. Satuan-satuan jarak yang lazim digunakan antara lain:

- Satuan astronomi (sa) → didefinisikan sebagai jarak rata-rata Bumi-Matahari.
- Tahun cahaya — *light year* (ly) → jarak yang ditempuh cahaya selama satu tahun,  $ct_{1 \text{ tahun}}$ , dengan  $c$  kecepatan cahaya dalam vakum.
- Parsek — *parallax of one arc second* (pc) → didefinisikan sebagai jarak suatu benda yang memiliki paralaks bernilai 1 detik busur (tengok definisi geometrisnya dalam Paket 4).
- Angstrom → 1 angstrom =  $10^{-10}$  meter.

#### Massa

Untuk massa benda yang sangat besar, dalam Astronomi sering digunakan satuan massa Matahari ( $M_{\odot}$ ). Untuk massa yang sangat kecil misalnya massa partikel, sering dinyatakan dalam satuan energi elektron volt (eV) yang nilainya setara dengan energi yang diperoleh 1 elektron saat melewati beda potensial sebesar 1 Volt.

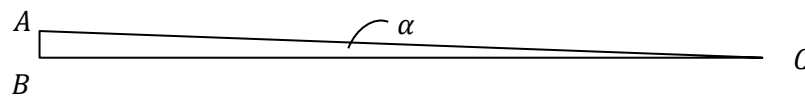
#### Sudut

Satuan sudut yang sering digunakan selain radian dan derajat adalah detik busur.

$$1^{\circ} = 60' \text{ (menit busur)}$$

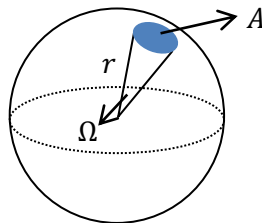
$1' = 60''$  (detik busur)

Secara geometri, bayangkan segitiga siku-siku dengan sudut sangat kecil sebagai berikut. Dalam gambar tersebut, panjang sisi  $AC \approx$  panjang sisi  $BC$ , maka  $\frac{AB}{AC} \approx \frac{AB}{BC}$ , atau  $\sin \alpha \approx \tan \alpha$  untuk sudut  $\alpha$  sangat kecil. Bayangkan pula segitiga tersebut sebagai sebuah juring lingkaran dengan  $AC \approx BC \approx r$  lingkaran. Maka  $AB$  merupakan sebuah busur di depan sudut  $\alpha$ .  $\frac{AB}{r} = \alpha$  jika dinyatakan dalam radian. Jadi untuk sudut sangat kecil,  $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$  dengan syarat  $\alpha$  dinyatakan dalam radian.



Gambar A.1: Segitiga siku-siku dengan sudut amat kecil.

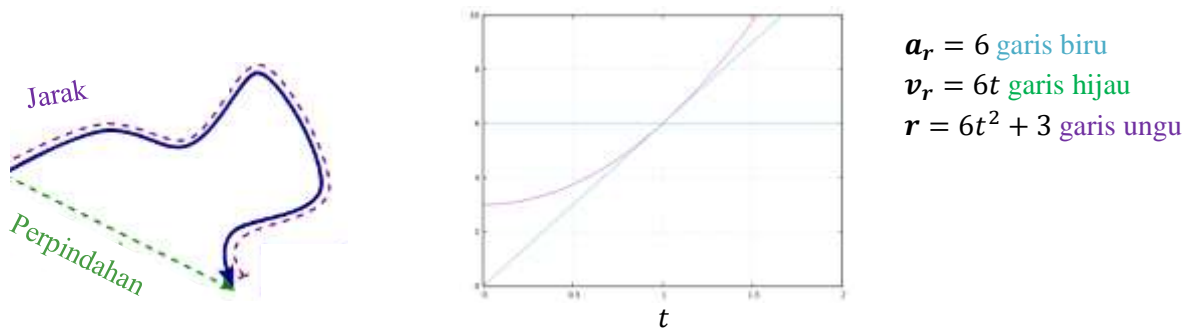
Selain itu dikenal pula satuan sudut ruang yang dinamakan steradian, lihat ilustrasi A.1 berikut.



Gambar A.2: Definisi sudut ruang 1 steradian:  $\Omega = \frac{A}{r^2}$ , dengan  $A$  luas penampang di hadapan sudut.

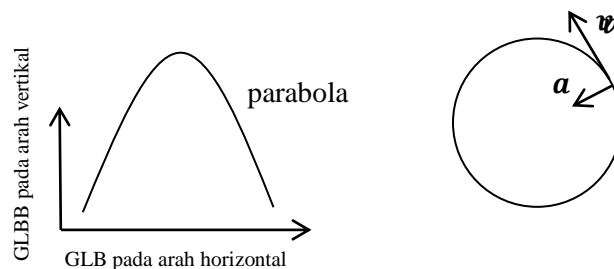
## **B. Kinematika**

Kinematika adalah cabang mekanika klasik yang mendeskripsikan gerak benda tanpa peduli penyebabnya. Dalam kinematika dibahas besaran-besaran seperti: jarak, perpindahan, kelajuan, kecepatan, dan percepatan. Jarak menyatakan seluruh jumlah lintasan yang dilewati oleh suatu objek. Sebagai contoh, jika ada seekor lalat terbang dari Padang, ke Sorong, kemudian kembali lagi ke tempat semula di Padang, maka jarak yang telah ditempuh si lalat selama proses tersebut adalah 2 kali jarak Padang-Sorong. Berapa perpindahan lalat tersebut? Perpindahan didefinisikan sebagai vektor posisi akhir dikurangi vektor posisi awal ( $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_{akhir} - \mathbf{r}_{awal} = \mathbf{r}_{Padang} - \mathbf{r}_{Padang} = 0$ ). Jika posisi adalah  $\mathbf{r}$ , maka kecepatan (besaran vektor) sesaat saat di titik tersebut adalah  $\mathbf{v}(t) = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ , sedangkan kecepatan rata-rata dinyatakan dengan  $\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$  dan percepatannya  $\mathbf{a}(t) = \frac{d\mathbf{v}(t)}{dt}$ .



Gambar B.1: Kiri: ilustrasi perbedaan antara perpindahan dan jarak. Kanan: grafik yang menunjukkan percepatan, kecepatan, dan posisi suatu benda pada saat  $t$ , yang mengikuti lintasan pada persamaan di samping grafik.

Di buku-buku SMA dikenal beberapa jenis gerak: gerak lurus beraturan (GLB), gerak lurus berubah beraturan (GLBB), gerak parabola, gerak melingkar beraturan (GMB), dan gerak melingkar berubah beraturan (GMBB). Jenis-jenis gerak tersebut sebenarnya hanya merupakan kombinasi dari berbagai keadaan khusus kecepatan dan percepatan saja. Contohnya: GLB terjadi ketika vektor kecepatan tetap tidak berubah. Artinya arah dan laju gerak tetap atau dengan kata lain tidak ada percepatan. GLBB terjadi ketika kelajuan berubah secara teratur sebagai akibat percepatan konstan, meskipun arah tidak berubah. Gerak parabola sebenarnya hanya merupakan gabungan GLB dan GLBB pada arah yang tegak lurus dengan arah GLB. GMB terjadi karena adanya percepatan yang arahnya senantiasa tegak lurus terhadap vektor kecepatan gerak benda. Lihat ilustrasi pada Gambar B.2 sebagai gambaran. Analisis kuantitatif dalam paket ini bisa dilihat di latihan soal.



Gambar B.2: Kiri: gerak parabola merupakan kombinasi gerak lurus beraturan (arah horizontal) yang tegak lurus dengan gerak lurus berubah beraturan (arah vertikal). Resultannya menghasilkan lintasan berbentuk parabola. Kanan: gerak melingkar muncul sebagai konsekuensi suatu gerak partikel yang mengalami percepatan tegak lurus terhadap arah kecepatan geraknya secara terus menerus. Percepatan ini, yang mengarah ke pusat lingkaran, dinamakan percepatan sentripetal.

### C. Dinamika

Berbeda dengan kinematika, dinamika adalah cabang mekanika klasik yang mengkaji gerak beserta penyebabnya. Secara garis besar, gerak benda bisa diklasifikasikan menjadi gerak linear dan gerak rotasi. Gerak linear terjadi karena adanya tarikan atau dorongan yang dikenal sebagai gaya (*force* dalam bahasa Inggris, bukan *style*), sering dinotasikan dengan  $F$ . Isaac



## PELATIHAN ONLINE 2019 ASTRONOMI – PAKET 2



Newton mendefinisikan hukum-hukum dasar gerak yang dikenal sebagai hukum I, II, dan III Newton sebagai berikut.

### Hukum I Newton,

menyatakan bahwa benda yang diam atau bergerak dengan kecepatan konstan (ingat bukan hanya lajunya saja yang konstan) artinya merasakan resultan gaya bernilai nol. Secara matematis dinotasikan:

$$\sum \mathbf{F} = 0.$$

### Hukum II Newton,

menyatakan bahwa jika resultan gaya yang bekerja pada suatu benda tidak bernilai nol, maka benda tersebut akan mengalami perubahan momentum ( $\mathbf{p}$ ), dinotasikan:

$$\sum \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}.$$

Momentum sendiri didefinisikan sebagai  $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ . Benda yang semula diam, akan mendapat kecepatan saat diberi gaya, artinya gaya menyebabkan munculnya percepatan. Benda yang semula bergerak, akan berubah geraknya, bisa dipercepat, bisa diperlambat. Jika massa benda tetap, hukum II Newton menjadi:  $\sum \mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a}$ . Jika massa benda berubah, contohnya pada gerak roket, hukum II Newton menjadi:  $\sum \mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \frac{dm}{dt} \mathbf{v}$ .

### Hukum III Newton,

menyatakan bahwa ketika suatu benda memberi gaya pada benda lain, maka benda lain tersebut akan memberi gaya yang sama terhadap benda pertama, dinotasikan:

$$\sum F_{aksi} = - \sum F_{reaksi}.$$

Terdapat dua kelompok gaya: gaya konservatif yang besarnya hanya bergantung pada posisi awal dan akhir benda, serta gaya non konservatif yang bergantung pada lintasan benda. Contoh gaya konservatif yakni gaya gravitasi dan gaya pegas. Contoh gaya non konservatif adalah gaya gesek.

### Impuls

Perubahan momentum bisa dinyatakan dalam bentuk:

$$\Delta \mathbf{p} = m\Delta \mathbf{v} = m\mathbf{a}\Delta t = \mathbf{F}\Delta t.$$

Dalam persamaan tersebut, perubahan momentum diperoleh dengan mengalikan gaya (yang dalam persamaan tersebut konstan) dengan selang waktu diberikannya gaya. Dengan kata lain, perubahan momentum tersebut menyatakan efek keseluruhan gaya terhadap benda. Dalam dunia nyata, gaya yang diberikan kepada suatu benda tidak selalu konstan. Maka perubahan momentum di atas harus dinyatakan dalam bentuk integrasi  $\Delta \mathbf{p} = \int \mathbf{F} dt$ ,  $\Delta \mathbf{p}$  inilah yang dinamakan impuls.

### Gerak Rotasi

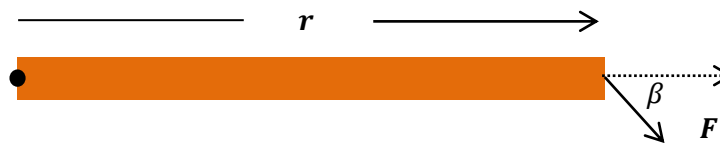
Saat bicara gerak rotasi, dikenal besaran-besaran serupa dalam gerak linear yang bisa dirangkum dalam Tabel C.1 berikut.

Gerak Linear	Gerak Rotasi
$F$ gaya	$\tau$ torka/momen gaya
$m$ massa	$I$ momen inersia
$a$ percepatan linear	$\alpha$ percepatan angular
$r$ perpindahan	$\theta$ sudut
$v$ kecepatan	$\omega$ kecepatan sudut
$p$ momentum linear	$L$ momentum sudut

Tabel C.1: Rangkuman analogi besaran-besaran dalam gerak linear dan gerak rotasi.

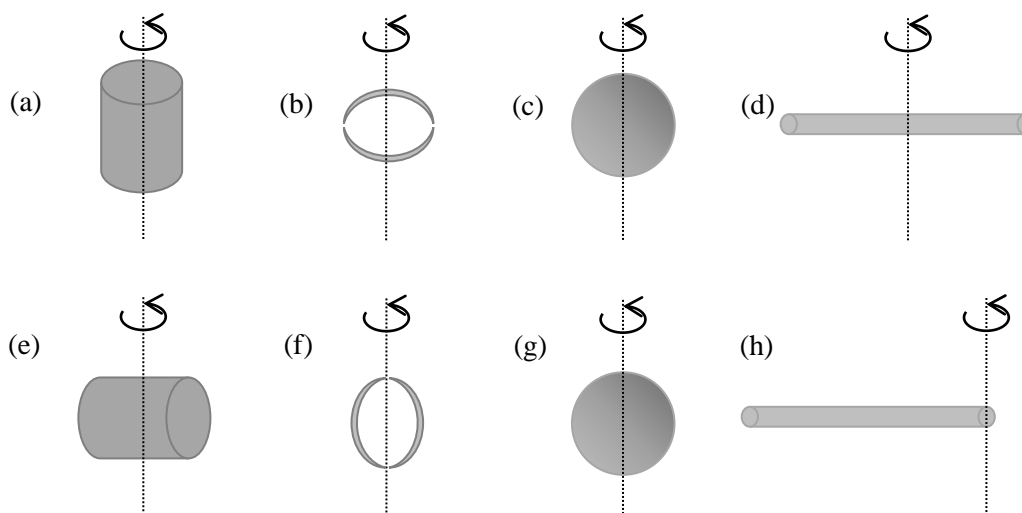
Hubungan antara keduanya bisa dituliskan:

Dengan  $F = ma$ , torka  $\tau = I\alpha = r \times F$  dan  $L = I\omega = r \times v$ . Makna persamaan tersebut secara grafis dapat digambarkan di bawah ini.



Gambar C.1: Sketsa penggambaran besaran-besaran yang bisa digunakan untuk menghitung torka. Anggap ada batang kayu dengan tumpuan di titik hitam bagian kiri batang kayu tersebut.  $r$  dalam persamaan torka mewakili vektor radius (berpangkal di tumpuan) yang panjangnya dari tumpuan hingga tempat gaya bekerja. Jika gaya  $F$  diterapkan pada bagian tengah batang kayu, maka panjang  $r$  hanya sampai tengah batang kayu saja.  $\beta$  menyatakan sudut antara vektor radius dan vektor gaya yang bekerja pada batang kayu.

Bagaimana dengan momen inersia? Nilai momen inersia bergantung pada geometri benda dan letak titik tumpuan saat benda itu diberi torka. Gambar berikut merangkum beberapa rumus untuk menghitung momen inersia benda.



Gambar C.2: (a) Silinder atau kepingan padat dengan sumbu rotasi pada sumbu simetrinya. (b) Cincin tipis dengan sumbu rotasi pada sumbu simetrinya. (c) Bola pejal. (d) Batang panjang berputar dengan sumbu rotasi di tengah batang. (e) Silinder atau kepingan padat, dengan sumbu rotasi melalui diameter alasnya. (f) Cincin dengan sumbu rotasi melalui diameternya. (g) Bola berongga. (h) Batang panjang dengan sumbu putar di salah satu ujungnya.

Tabel C.2: Rangkuman rumus momen inersia yang sering digunakan.  $M, R, L$  secara berturut-turut menyatakan massa, radius terhadap sumbu rotasi, dan panjang batang.

Poin	Momen inersia
(a)	$I = \frac{1}{2}MR^2$
(b)	$I = MR^2$
(c)	$I = \frac{2}{5}MR^2$
(d)	$I = \frac{1}{12}ML^2$
(e)	$I = \frac{1}{12}ML^2 + \frac{1}{4}MR^2$
(f)	$I = \frac{1}{2}MR^2$
(g)	$I = \frac{2}{3}MR^2$
(h)	$I = \frac{1}{3}ML^2$

Catatan: torka dan torsi tidak sama. Torsi menyatakan puntiran yang dialami benda jika diterapkan torka pada benda tersebut.

## D. Termodinamika

Termodinamika adalah cabang Fisika yang berurusan dengan panas dan kaitannya dengan energi. Panas dinginnya suatu benda dinyatakan dengan besaran temperatur. Temperatur mewakili jumlah energi kinetik yang dimiliki suatu benda. Temperatur makin panas artinya makin tinggi energi kinetik suatu benda. Energi akan mengalir dari yang lebih tinggi ke yang lebih rendah. Artinya, benda yang lebih panas akan senantiasa mentransfer energi ke benda yang lebih dingin. Dua benda dikatakan mengalami kesetimbangan termal jika tidak ada energi yang mengalir di antara keduanya, dengan kata lain memiliki temperatur sama. Prinsip termodinamika dinyatakan dalam 4 hukum dasar, yakni:

- Hukum ke-0 termodinamika,  
menyatakan jika ada sistem pertama dan kedua masing-masing mengalami kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka sistem pertama dan kedua juga setimbang termal.

- Hukum pertama termodinamika,  
menyatakan bahwa energi dalam suatu sistem yang terisolasi tetap, mengimplikasikan kekekalan energi. Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat berubah

bentuk saja. Panas yang ditambahkan **ke** suatu sistem ( $Q$ ) akan sama dengan perubahan energi dalam sistem ( $\Delta U$ ) dan kerja yang dilakukan **oleh** sistem ( $W$ ). Secara matematis dirumuskan:  $Q = \Delta U + W$ .

- Hukum kedua termodinamika,  
menyatakan kalor tidak bisa mengalir secara spontan dari benda dingin ke benda yang lebih panas.

- Hukum ketiga termodinamika,  
menyatakan pada temperatur nol absolut (0 Kelvin), semua proses akan berhenti, benda akan diam, tidak memiliki energi kinetik sama sekali.

Besar kalor yang ditransfer ke atau oleh suatu benda dapat dihitung dengan persamaan:  $Q = C\Delta T$ , dengan  $C$  menyatakan kapasitas kalor dan  $\Delta T$  beda temperatur antara sebelum dan setelah ada transfer kalor. Kapasitas kalor sendiri merupakan besaran yang bisa dijabarkan lagi dalam bentuk  $C = mc$  dengan  $m$  massa benda dan  $c$  kalor jenis benda. Kapasitas kalor menggambarkan kemampuan suatu material mengalami perubahan temperatur jika diberi kalor. Makin besar kapasitas kalor, makin sulit benda mengalami perubahan temperatur dan sebaliknya.

### **Teori kinetik gas**

Teori ini menyatakan bahwa properti makroskopik gas seperti tekanan, volum, dan temperatur merupakan hasil dari properti mikroskopik partikel (molekul) penyusun gas misalnya posisi dan laju gerak. Analisis kuantitatif lazimnya dilakukan dengan mengasumsikan gas sebagai gas ideal. Apa itu? Gas ideal harus memenuhi syarat-syarat:

- Partikel bergerak acak
- Tidak ada interaksi antar partikel (interaksi gravitasi, elektromagnetik, dsb.). Artinya jarak antar partikel jauh lebih besar dibanding ukuran partikel.
- Walaupun ada interaksi, hanya berupa tumbukan lenting sempurna (total energi kinetik sebelum dan setelah tumbukan kekal, momentum juga kekal).

Persamaan keadaan (persamaan yang menghubungkan antara tekanan, temperatur, dan kerapatan) gas ideal diberikan oleh:

$$PV = nRT \text{ atau } PV = Nk_B T,$$

dengan

$P$  tekanan gas

$V$  volum gas

$n$  jumlah mol gas

$R$  konstanta gas (8,314 J/(mol K))

$T$  temperatur gas

$N$  jumlah partikel gas (jumlah mol  $\times$  bilangan Avogadro)

$k_B$  konstanta Boltzmann ( $1,381 \times 10^{-23}$  J/K).

Tekanan gas ideal muncul dari gaya akibat partikel-partikel di dalam sistem tertutup (dalam sebuah kotak misalnya) menumbuk dinding. *Long story short* (detail banyak di berbagai



sumber), diperoleh bentuk  $PV = \frac{Nmv_{rms}^2}{3}$  dengan  $m$  massa tiap partikel dan  $v_{rms}$  menyatakan akar dari rata-rata kuadrat kelajuan partikel. Bayangkan kita punya sejumlah  $N$  partikel, masing-masing memiliki kelajuan sendiri-sendiri. Kuadratkan kelajuan ini, rata-ratakan hasil kuadratnya. Tarik akar dari rata-rata kuadrat tersebut, maka kita peroleh  $v_{rms}$ . Dengan menyamakan persamaan terakhir di atas terhadap persamaan keadaan gas ideal:

$\frac{Nmv_{rms}^2}{3} = Nk_B T$ ,  $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$ . Energi kinetik total  $K$  sebuah sistem bisa dinyatakan sebagai jumlahan rata-rata energi kinetik masing-masing partikel, sehingga  $K = N \left( \frac{1}{2} m v_{rms}^2 \right)$  atau jika dihubungkan secara langsung dengan temperatur sistem:  $\frac{2K}{3N} = k_B T$ . Dalam sebuah sistem bertemperatur  $T$ , besaran lain yang tidak kalah penting adalah laju rata-rata partikel  $v_{ave} = \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m}}$  dan laju maksimum partikel  $v_{maks} = \sqrt{\frac{2k_B T}{m}}$ .

Proses-proses dalam termodinamika

Terdapat 4 proses yang mungkin terjadi pada gas ideal dalam termodinamika:

1. Proses isobarik

Isobarik adalah proses termodinamika yang terjadi pada tekanan tetap. Kerja yang ditransfer dalam proses ini dinyatakan dalam:

$$W = P\Delta V.$$

2. Proses isokhorik

Isokhorik adalah proses termodinamika yang terjadi pada volum tetap. Dalam proses ini,  $W = 0$  sehingga kalor yang ditransfer hanya mengubah energi dalam sistem saja.

3. Proses isotermik

Isotermik adalah proses termodinamika yang terjadi pada temperatur tetap. Kerja yang dilakukan dari keadaan A ke keadaan B dalam proses isotermik dinyatakan dalam:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}.$$

4. Proses adiabatik

Adiabatik adalah proses termodinamika yang terjadi saat sistem terisolasi, tidak ada panas yang keluar atau masuk sistem,  $Q = 0$ . Dalam proses ini,  $PV^\gamma = \text{konstan} = K$  dan:

$$W = \frac{K(V_f^{1-\gamma} - V_i^{1-\gamma})}{1-\gamma} \text{ dan } \gamma = \frac{C_P}{C_V},$$

dengan  $C_P$  dan  $C_V$  secara berturut-turut menyatakan kapasitas kalor dalam tekanan dan volum tetap.

## **E. Getaran dan gelombang**

Getaran adalah gerakan bolak-balik di sekitar suatu titik kesetimbangan, sedangkan gelombang adalah getaran yang merambat. Jumlah getaran per satuan waktu dinamakan

frekuensi:  $f = \frac{n}{t} = \frac{1}{T}$ , dengan  $n, t, T$  secara berturut-turut menotasikan jumlah getaran, selang waktu selama getaran terjadi, dan periode (waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 1 getaran). Untuk gelombang, periode adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh suatu fase ke fase itu lagi. Menurut cara merambatnya, gelombang diklasifikasikan menjadi 2 jenis:

- Gelombang longitudinal  $\rightarrow$  gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatnya.
- Gelombang transversal  $\rightarrow$  gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambatnya.

Secara umum, terdapat 2 tipe gelombang:

- Gelombang mekanik  $\rightarrow$  gelombang yang merambat melalui medium, bisa berupa gelombang longitudinal maupun transversal.
- Gelombang elektromagnetik  $\rightarrow$  gelombang yang tidak perlu medium untuk merambat, selalu dalam bentuk gelombang transversal.

Persamaan umum gelombang dituliskan sebagai:

$$y = \pm A \sin(\omega t \pm kx + \phi),$$

$$v = y' = \frac{dy}{dt} = \pm A\omega \cos(\omega t \pm kx + \phi),$$

$$a = y'' = \frac{d^2y}{dt^2} = \mp A\omega^2 \sin(\omega t \pm kx + \phi).$$

Keterangan:

$y$  : simpangan gelombang

$A$  : amplitudo, jika bertanda positif artinya dimulai ke atas, jika negatif ke bawah

$\omega$  : kecepatan sudut gelombang  $= 2\pi f$

$t$  : selang waktu

$k$  : bilangan gelombang  $= \frac{2\pi}{\lambda}$

$\lambda$  : panjang gelombang

$x$  : posisi di arah rambat, jika  $kx$  positif, arah rambat ke- $x$  negatif dan sebaliknya

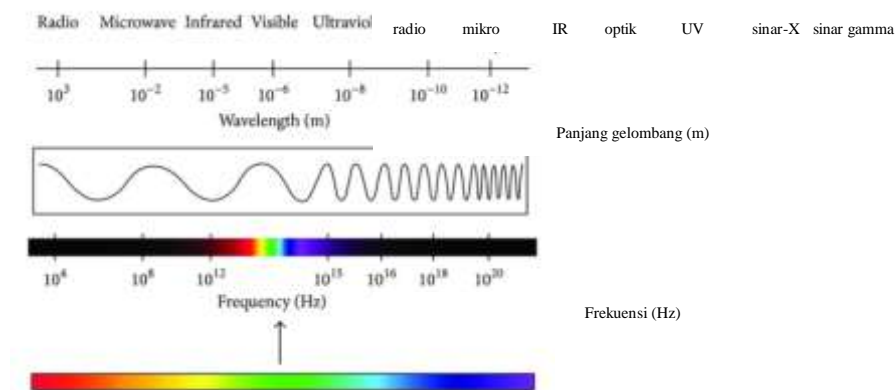
$\phi$  : fase awal

$v$  : cepat rambat gelombang

$a$  : percepatan gelombang

## **F. Gelombang Elektromagnetik**

Gelombang elektromagnetik (GEM) tersusun atas medan listrik (elektro) dan medan magnet (magnetik) yang merambat bersama-sama dengan arah getar masing-masing saling tegak lurus. Dalam bahasa sehari-hari, GEM dikenal sebagai cahaya, terdiri dari spektrum dengan berbagai panjang gelombang dari yang terbesar hingga terkecil berturut-turut: gelombang radio, gelombang mikro, infra merah (IR), cahaya tampak/optik, ultraviolet (UV), sinar-X, sinar gamma.

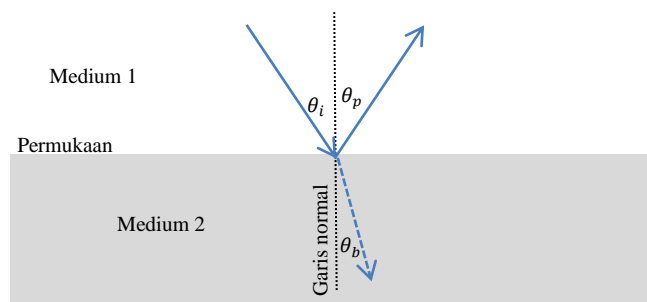


Gambar F.1: Spektrum gelombang elektromagnetik.

GEM bisa mengalami:

- Refleksi/pemantulan

Dalam proses ini berlaku sudut datang akan selalu sama dengan sudut pantul. Sudut datang maupun sudut pantul dihitung terhadap garis normal. Garis normal adalah suatu garis yang tegak lurus terhadap permukaan pemantul.



Gambar F.2: Ilustrasi pemantulan dan pembiasan dari medium 1 (kurang rapat) ke medium 2 (lebih rapat).  $\theta_i$ ,  $\theta_p$ ,  $\theta_b$  masing-masing adalah sudut datang, sudut pantul, dan sudut bias.

- Refraksi/pembiasan (dispersi, prisma, poli monokromatik, lensa cembung cekung)

Selain dipantulkan, cahaya dapat pula dibelokkan mengikuti aturan:

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_b$$

dengan  $n_1$  indeks bias medium sinar datang dan  $n_2$  indeks bias medium sinar bias. Konsekuensinya, jika cahaya datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat ( $n_1 < n_2$ ) maka ia akan dibiaskan mendekati garis normal dan sebaliknya.

Untuk permukaan sferis (lensa bening dan cermin lengkung misalnya), berlaku:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

Dengan  $f, s, s'$  berturut-turut mewakili fokus lensa atau cermin (setengah jari-jari kelengkungan), jarak benda ke lensa atau cermin, dan jarak bayangan ke lensa atau cermin. Untuk lensa atau cermin yang bersifat konvergen/mengumpulkan cahaya,  $f$  bertanda positif sedangkan yang bersifat divergen/menyebarkan cahaya,  $f$  bernilai negatif. Ingat kembali pula sifat-sifat cahaya saat melewati lensa atau cermin,

misalnya: cahaya yang datang sejajar dengan sumbu optik lensa cembung akan dibiaskan melalui titik fokus.

Ingat pula bahwa cahaya putih merupakan cahaya polikromatik/banyak warna, yakni cahaya yang terdiri dari banyak panjang gelombang yang masing-masing disebut monokromatik. Masing-masing cahaya monokromatik akan dibiaskan pada sudut yang berbeda-beda jika dilewatkan suatu medium. Maka dikenal peristiwa dispersi/penguraian. Cahaya putih bisa diuraikan menggunakan prisma segitiga.

- Interferensi/penggabungan

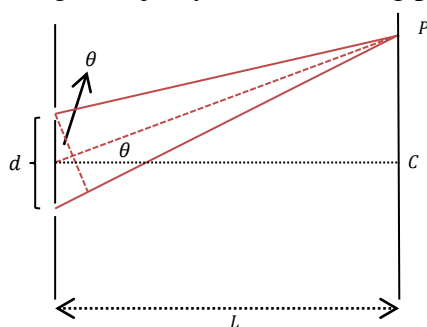
Interferensi terjadi saat dua atau lebih gelombang mengalami superposisi. Interferensi paling sederhana yang sering dibahas mengacu pada dua atau lebih gelombang yang koheren, artinya mereka memiliki frekuensi sama.

Pada Gambar F.3, di titik C akan terjadi interferensi konstruktif (terang) karena lintasan yang ditempuh cahaya koheren dari kedua celah sama panjangnya sehingga cahaya dari celah pertama dan kedua akan memiliki fase yang sama saat tiba di sana. Di titik sembarang, misalnya disebut  $P$  dalam gambar tersebut, panjang lintasan yang ditempuh cahaya dari celah pertama berbeda dengan celah kedua. Jika selisihnya merupakan kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang cahaya, maka di titik tersebut akan terbentuk interferensi konstruktif juga, jika kelipatan bilangan bulat ditambah setengah panjang gelombang, akan terjadi interferensi destruktif (gelap), atau diformulasikan:

$$n\lambda = d \sin \theta \text{ (konstruktif),}$$

$$\left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda = d \sin \theta \text{ (destruktif).}$$

$n$  menyatakan orde interferensi yang menggambarkan posisinya di layar. Sebagai contoh, interferensi konstruktif orde 0 artinya terang pusat/tengah, orde 1 artinya terang selanjutnya setelah terang pertama, dan seterusnya.



Gambar F.3: Ilustrasi geometris interferensi celah ganda. Titik C di layar sebelah kanan menggambarkan titik tengah antara 2 celah.

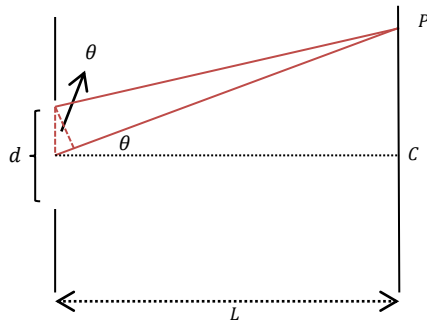
- Difraksi/pelenturan

Difraksi adalah pola pelenturan cahaya karena melewati suatu celah. Jika celah yang dilewati berukuran jauh lebih besar dibanding panjang gelombang cahaya yang melewatinya, pola difraksi tidak akan terdeteksi. Jika ukuran celah dan panjang gelombang kurang lebih setara, akan terbentuk pola difraksi gelap terang di layar.

Sebuah celah dapat dianggap sebagai kumpulan celah lain berjumlah banyak yang saling berdekatan. Pola difraksi muncul dari pola interferensi yang muncul dari kumpulan celah lain tersebut.

Pola difraksi konstruktif terjadi ketika:  $\frac{d}{2} \sin \theta = m\lambda$ .

Pola difraksi destruktif terjadi ketika:  $\frac{d}{2} \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$ .



Gambar F.4: Ilustrasi difraksi. Sebuah celah selebar  $d$  misalnya dalam gambar di atas ditinjau terdiri dari celah lain yang lebih kecil, terletak di tepi celah dan tengah celah.

## G. Listrik dan Magnet

Listrik adalah suatu fenomena yang melibatkan keberadaan dan pergerakan muatan. Listrik mulanya dianggap terpisah dari magnet, tetapi persamaan Maxwell mengindikasikan bahwa listrik dan magnet sebenarnya adalah satu fenomena yang tergabung dalam elektromagnet. Pergerakan medan magnet menginduksi munculnya listrik, pergerakan medan listrik menginduksi munculnya medan magnet.

Muatan listrik terbagi menjadi dua macam: muatan positif (berasal dari elektron, positron) dan muatan negatif (berasal dari elektron). Muatan sejenis tolak menolak sedangkan muatan tak berlawanan akan saling tarik.

Berikut beberapa persamaan mendasar yang bisa mendeskripsikan besaran-besaran listrik dan interaksi antar muatan:

Hukum Coulomb  $\rightarrow$  Besar gaya Coulomb  $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$ , dengan  $F, k, q_1, q_2, r$  menyatakan gaya tarik/tolak, konstanta yang besarnya  $9 \times 10^9 \text{ N}^{-1}\text{m}^{-2}\text{C}^2$ , muatan pertama, muatan kedua, dan jarak antara kedua muatan.

Besar medan listrik  $\rightarrow E = \frac{kq}{r^2}$

Potensial listrik  $\rightarrow V = \frac{kq}{r}$ , menyatakan energi yang diperlukan untuk memindahkan satu unit muatan dari jarak tak hingga ke suatu titik di bawah pengaruh medan listrik berjarak  $r$  dari muatan  $q$ .

Arus listrik  $\rightarrow I = \frac{q}{t}$ , dengan  $I, t$  menyatakan arus dalam ampere dan waktu dalam sekon.



Kemudian jika ada sebuah muatan  $q$  berkecepatan  $\mathbf{v}$  memasuki medan magnet  $\mathbf{B}$ , maka muatan tersebut akan mengalami gaya Lorentz sebesar:  $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ . Perhatikan operasi vektornya. Arah gaya dapat ditentukan menggunakan kaidah tangan kanan. Bentuk persamaan tersebut dapat dimodifikasi menjadi:  $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \frac{t}{t} \times \mathbf{B} = \frac{q}{t} \mathbf{v} t \times \mathbf{B} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$ , dengan  $I, \mathbf{l}$  merepresentasikan arus yang mengalir pada kawat lurus sepanjang  $l$  pada arah vektor  $\mathbf{l}$ .

## H. Fluida

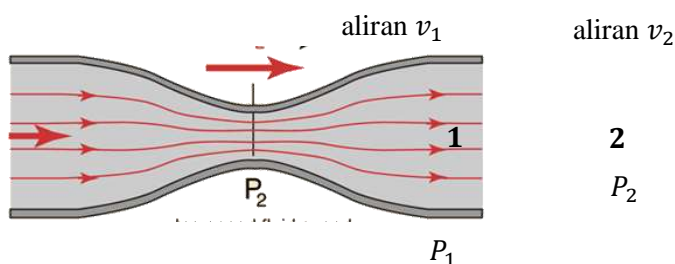
Sebutan fluida diberikan bagi zat yang dapat mengalir: gas dan cairan. Fluida dikarakterisasi oleh tekanan, energi kinetik, dan energi potensialnya. Tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas  $P = \frac{F}{A}$  dengan satuan standar Pascal. Energi kinetik fluida seringkali dinyatakan

dalam energi kinetik per unit volum:  $\epsilon_k = \frac{E_k}{V} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{V} = \frac{1}{2}\rho v^2$ . Energi potensial juga dinyatakan dengan cara demikian:  $\epsilon_p = \frac{E_p}{V} = \frac{mgh}{V} = \rho gh$ . Bentuk  $\frac{mgh}{V}$  bisa dituliskan menjadi  $\frac{mg}{A} = \frac{w}{A}$ , gaya berat dibagi luas penampang cairan. Besaran ini dikenal pula sebagai tekanan hidrostatis, yakni tekanan yang disebabkan oleh gaya berat cairan yang diam itu sendiri.

Hukum Bernoulli merangkum kekekalan energi untuk fluida yang mengalir. Formulasinya dituliskan sebagai berikut:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

Ilustrasi berikut barangkali bisa membantu menggambarkan kondisi yang dimaksud oleh persamaan tersebut.



Gambar H.1: Ilustrasi penerapan hukum Bernoulli. Tinjau titik 1 dan 2 pada gambar. Dengan luas penampang di titik 1 lebih besar daripada di titik 2, kecepatan aliran di titik 1 lebih kecil dibanding titik 2 (persamaan kontinuitas:  $A_1 v_1 = A_2 v_2$ ). Dengan ketinggian kedua titik sama,  $h_1$  dan  $h_2$  sama.

## I. Fisika Modern

Fisika klasik bekerja dengan baik hanya pada rentang besaran (gerak dan ukuran benda) yang ordenya secara praktis terindra oleh manusia. Pada skala atom, Fisika klasik gagal menjelaskan proses fisis yang terjadi. Begitu pula dengan skala yang sangat besar, misalnya saat kecepatan gerak suatu benda mendekati kecepatan cahaya, deskripsi dari Fisika klasik juga tidak cocok menjelaskan perilaku benda tersebut. Fenomena fisis pada skala kecil dapat dijelaskan dengan teori kuantum sedangkan pada skala besar, teori relativitas Einstein lah yang lebih cocok untuk menggambarkan berbagai peristiwa yang dapat diobservasi di alam.

### **Teori kuantum**

Menurut hipotesis Planck, radiasi elektromagnetik tersusun oleh paket-paket energi yang dibawa oleh partikel cahaya yang dikenal sebagai foton. Besarnya dinyatakan dengan persamaan:  $E = h\nu$  dengan  $E$ ,  $h$ , dan  $\nu$  menyatakan energi, konstanta Planck ( $6,63 \times 10^{-34}$  J s), dan frekuensi gelombang elektromagnetik foton tersebut ( $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ).

### **Dualisme partikel-gelombang cahaya**

Kebanyakan fenomena yang terkait dengan cahaya bisa dijelaskan dengan memandang cahaya sebagai gelombang saja. Namun, efek fotoelektrik mengindikasikan cahaya dapat dipandang sebagai partikel. Efek fotoelektrik adalah terjadinya lompatan elektron ketika cahaya menyinari permukaan suatu material, lazimnya logam, karena logam lah yang memiliki elektron bebas. Menurut pandangan cahaya sebagai gelombang, fisikawan memprediksi bahwa kenaikan amplitudo cahaya akan meningkatkan energi kinetik elektron yang melompat, sedangkan kenaikan frekuensi akan meningkatkan arus yang terukur. Eksperimen ternyata membuktikan sebaliknya. Berdasarkan hal ini, Einstein mengusulkan bahwa cahaya berperilaku seperti aliran partikel yang disebut foton dengan energi yang dihitung dengan persamaan Planck  $E = h\nu$ , dengan  $h$  menyatakan konstanta Planck  $6,63 \times 10^{-34}$  J s dan  $\nu$  menyatakan frekuensi cahaya,  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ .

Energi minimum yang diperlukan untuk membebaskan elektron dari suatu logam tertentu dinamakan fungsi kerja logam yang dinotasikan dengan  $\Phi$ :  $E_{foton} = EK_{elektron} + \Phi$ , dengan  $EK$  menyatakan energi kinetik yang besarnya  $\frac{1}{2}m_{elektron}v_{elektron}^2$ .

### **Fisika Inti**

John Dalton menyatakan bahwa atom adalah bagian terkecil suatu materi yang tidak dapat dibagi-bagi lagi. Belakangan diketahui bahwa ternyata atom masih tersusun atas komponen-komponen lebih kecil, yakni inti atom yang bermuatan positif berisi proton (dan neutron), serta elektron. Inti atom dan elektron terikat oleh gaya elektromagnetik sedangkan proton-proton yang membentuk inti atom diikat oleh gaya kuat.

## PELATIHAN ONLINE 2019 ASTRONOMI – PAKET 2



Inti-inti atom ringan dapat mengalami reaksi penggabungan/fusi membentuk inti atom yang lebih berat. Sebaliknya, inti atom berat dapat mengalami reaksi pembelahan/fisi menuju inti atom yang lebih ringan. Dalam reaksi fusi, terjadi pembebasan energi sebesar:

$$\Delta E = (\sum m_{\text{penyusun}} - m_{\text{terbentuk}})c^2 = \Delta mc^2, \text{ dengan } m \text{ menyatakan massa inti.}$$

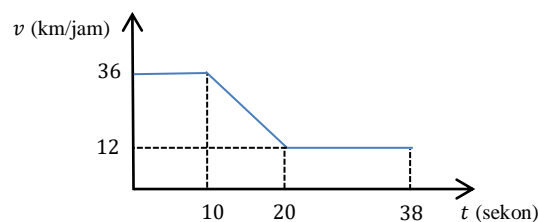
Dalam reaksi fisi, cara menghitung besar energi yang dibebaskan serupa dengan fusi. Namun, massa inti penyusun hanya satu sedangkan massa inti terbentuk terdiri dari beberapa bagian. Inti atom yang tidak stabil akan mengalami reaksi fisi berantai membentuk inti-inti yang lebih stabil. Saat terjadi ketidakstabilan nuklir, terjadi proses yang dinamakan radioaktivitas berupa pancaran partikel dari inti. Laju peluruhan radioaktif bisa dinyatakan dalam persamaan:

$N = N_0 \exp -\lambda t$ , dengan  $N$  jumlah partikel setelah meluruh selama  $t$ ,  $N_0$  jumlah partikel sebelum meluruh,  $\lambda$  konstanta peluruhan, dan  $t$  rentang waktu yang terlampaui. Ketika  $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2}$ ,  $t$  dinamakan waktu paruh.

**SOAL**

1. Di antara pilihan berikut, mana yang merupakan besaran vektor?
  - a) Kecepatan, percepatan, temperatur
  - b) Kelajuan, temperatur, perpindahan
  - c) Momentum linier, momentum sudut, berat
  - d) Momentum linier, momentum sudut, massa
  - e) Temperatur, berat, perpindahan
2. Sebuah roda berputar 90 kali selama satu jam. Laju putaran roda tersebut sama dengan ....
  - a) 15 rpm
  - b) 25 mili rps
  - c) 0,05 radian/sekon
  - d) 18 derajat/sekon
  - e)  $0,05\pi$  steradian/sekon

3. Sebuah kendaraan mengikuti profil kecepatan seperti pada grafik di bawah ini



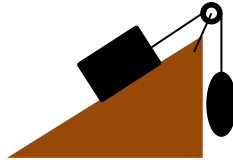
Estimasi nilai total jarak yang ditempuh oleh kendaraan tersebut?

- a. 227 meter
  - b. 293 meter
  - c. 456 meter
  - d. 816 meter
  - e. 1056 meter
4. Percepatan rata-rata kendaraan pada soal nomor 3 adalah ... meter/sekon<sup>2</sup>.
  - a) -2,4
  - b) -0,67
  - c) -0,33
  - d) -0,18
  - e) -0,01
5. Lihat gambar di bawah ini. Balok bermassa 5 kg di sebelah kiri mula-mula diam. Koefisien gesek statis dan kinetik permukaan penyangga balok berturut-turut bernilai  $\frac{1}{5}$  dan  $\frac{1}{10}$ . Panjang sisi miring permukaan penyangga adalah 5 meter dan tinggi 3 meter.

## PELATIHAN ONLINE 2019 ASTRONOMI – PAKET 2



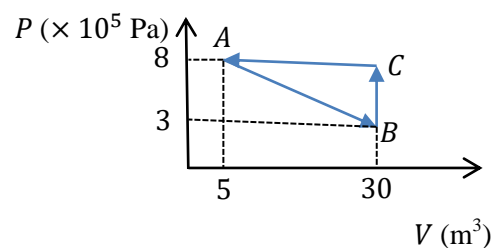
Bandul di sebelah kanan bisa diganti dengan berbagai cairan untuk memvariasikan massanya. Jika gesekan dengan katrol, massa tali, dan massa kantong bisa diabaikan, pernyataan yang salah adalah ... (anggap percepatan gravitasi Bumi di permukaan bernilai  $10 \text{ meter/sekon}^2$ ).



- Sistem akan diam jika massa cairan  $3,8 \text{ kg}$ .
  - Balok akan bergerak menanjak permukaan miring dengan percepatan  $4 \text{ meter/sekon}^2$  jika massa cairan  $11 \text{ kg}$ .
  - Balok akan bergerak menanjak permukaan miring dengan percepatan  $2 \text{ meter/sekon}^2$  jika massa cairan  $5,5 \text{ kg}$ .
  - Kantong cairan akan bergerak naik  $1 \text{ meter}$  tiap sekon jika ia berisi cairan bermassa  $2,4 \text{ kg}$ .
  - Kantong cairan akan bergerak turun  $1 \text{ meter}$  tiap sekon jika ia berisi cairan bermassa  $4,3 \text{ kg}$ .
6. Sebuah benda bergerak dengan kelajuan konstan  $v$  melalui lintasan yang berbentuk lingkaran dengan jari-jari  $2R$  dengan percepatan sentripetal  $a_s$ . Agar percepatan sentripetal menjadi 4 kali semula, maka ....
- $v$  dijadikan 4 kali dan  $R$  dijadikan 2 kali semula
  - $v$  dijadikan 2 kali dan  $R$  dijadikan 4 kali semula
  - $v$  dan  $R$  masing-masing dijadikan 2 kali semula
  - $v$  tetap dan  $R$  2 kali semula
  - $v$  2 kali semula dan  $R$  tetap
7. Matahari memiliki jari-jari  $699000 \text{ km}$  dan periode rotasi 25 hari. Jika suatu ketika Matahari berubah menjadi bintang katai putih dengan radius 1% dari radiusnya sekarang dan bintang dianggap sebagai benda pejal, periode rotasi bintang katai putih tersebut adalah ....
- $6,8 \times 10^{-6} \text{ detik}$
  - $2,5 \times 10^{-3} \text{ detik}$
  - $0,06 \text{ detik}$
  - $3,6 \text{ detik}$
  - $216 \text{ detik}$
8. Sebuah bejana berkapasitas  $2 \text{ liter}$  memuat penuh cairan dengan densitas  $0,5 \text{ gram/cm}^3$ . Cairan tersebut didinginkan hingga temperatur  $0^\circ \text{ C}$  dari keadaan awalnya pada  $30^\circ \text{ C}$ . Jika kalor jenis cairan tersebut  $2100 \text{ Joule/kg } ^\circ\text{C}$ , maka cairan itu ... kalor sebesar ....



- a) melepas, 63 kJ
  - b) melepas, 63 J
  - c) menerima, 63 kJ
  - d) menerima, 63 J
  - e) menerima, 63 mJ
9. Suatu gas ideal mengalami proses tertutup dari A-B-C-A mengikuti grafik di bawah ini. Dalam satu siklus, kerja yang dilakukan oleh gas tersebut adalah ....



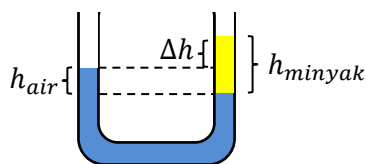
- a. 62,5 J
  - b. 75 J
  - c. 200 J
  - d. 1375 kJ
  - e. 6250 kJ
10. Penentuan kurva rotasi Galaksi dilakukan dengan mengamati atom Hidrogen netral pada panjang gelombang radio 21 cm. Maka antenna harus disetel pada frekuensi ....
- a) 1429  $\mu\text{Hz}$
  - b) 1429 mHz
  - c) 1429 Hz
  - d) 1429 MHz
  - e) 1429 GHz
11. Sebuah alat musik bergetar terus menerus menghasilkan gelombang dari sumber suara di S ke W dengan kecepatan rambat 340 meter/sekon, amplitudo 14 cm, dan frekuensi 20 Hz. Titik W berjarak 17 meter dari sumber di S. Jika sumber bergetar 16 kali dengan getaran awal pada arah amplitudo negatif, fase gelombang di W adalah ....
- a) 1
  - b)  $\pi$
  - c)  $2\pi$
  - d)  $30\pi$
  - e)  $32\pi$

## PELATIHAN ONLINE 2019 ASTRONOMI – PAKET 2



12. Sebuah ledakan tepat atas kepala terdengar 3 detik setelah cahaya ledakan tampak oleh pengamat di permukaan Bumi. Jika cepat rambat bunyi di udara 350 meter per detik, berapa ketinggian ledakan tersebut dalam km?
- a) 0,35
  - b) 0,7
  - c) 1,4
  - d) 350
  - e) 700
13. Sebuah teleskop kecil terdiri dari dua lensa cembung. Lensa pertama memiliki panjang fokus 40 cm dan lensa kedua 20 mm. Maka jarak antara kedua lensa agar pengamat dapat melihat Bulan melalui teleskop dengan jelas tanpa perlu membuat matanya berakomodasi adalah ... mm.
- a) 10
  - b) 240
  - c) 380
  - d) 402
  - e) 420
14. Cahaya monokromatik dari dua celah sempit yang berjarak 60 cm dari layar berbeda setengah fase. Jarak antara dua celah 0,6 mm. Jarak antara dua garis gelap terdekat yang simetri terhadap pusat adalah 0,8 mm. Estimasi rentang panjang gelombang cahaya yang digunakan!
- a) Sinar-X
  - b) Sinar ultraviolet
  - c) Cahaya tampak
  - d) Inframerah
  - e) Gelombang mikro
15. Natrium memiliki frekuensi ambang  $4,4 \times 10^{14}$  Hz, kecepatan elektron yang melompat dari logam natrium jika ditembak dengan cahaya dengan panjang gelombang 4838,71 angstrom adalah ... (diberikan massa elektron  $9,1 \times 10^{-31}$  kg dan 1 angstrom =  $10^{-7}$  mm).
- a)  $9,81 \times 10^5$  km/sekon
  - b)  $8,81 \times 10^5$  km/sekon
  - c)  $7,81 \times 10^5$  meter/sekon
  - d)  $6,81 \times 10^5$  meter/sekon
  - e)  $5,81 \times 10^5$  meter/sekon.
16. Setelah disimpan selama 24 hari, suatu unsur radioaktif masih bersisa sebanyak 12,5% dari jumlah semula. Waktu paruh unsur tersebut adalah ... hari.

- a) 20  
b) 16  
c) 10  
d) 8  
e) 5
17. Reaksi fusi inti Hidrogen membentuk inti Helium di pusat Matahari dapat dituliskan sebagai berikut:  $4\frac{1}{1}H \rightarrow \frac{4}{2}He + 2\frac{0}{+1}e + E$ . Massa  $\frac{1}{1}H$  adalah 1,007825 sma,  $\frac{4}{2}He$  adalah 4,002604 sma, dan  $\frac{0}{+1}e$  adalah 0,000549 sma, dengan 1 sma =  $1,66 \times 10^{-27}$  kg. Berapa energi yang dibebaskan oleh 1 kg reaksi fusi inti Hidrogen membentuk inti Helium? Diberikan  $e = -1,602 \times 10^{-19}$  Coulomb.
- a)  $6,20 \times 10^8$  eV  
b)  $6,20 \times 10^{14}$  eV  
c)  $6,20 \times 10^{20}$  eV  
d)  $3,84 \times 10^{27}$  eV  
e)  $3,84 \times 10^{33}$  eV
18. Sebuah elektron dari angin Matahari datang menuju permukaan Bumi dari angkasa di arah  $50^\circ$  lintang utara. Eksperimen mengindikasikan bahwa kutub selatan dan kutub utara magnet Bumi secara berturut-turut terletak berdekatan dengan kutub utara dan kutub selatan Bumi. Maka kejadian yang tidak mungkin terjadi menurut pengamat yang tinggal di kutub utara Bumi adalah ....
- a) Elektron tersebut akan bergerak spiral berlawanan arah jarum jam menuju kutub utara.  
b) Elektron akan bergerak spiral berlawanan arah jarum jam menjauhi kutub utara mengarah ke selatan.  
c) Elektron akan melingkar-lingkar di atas lintang utara  $50^\circ$  berlawanan arah jarum jam.  
d) Elektron akan berbelok lepas menjauhi Bumi ke arah barat.  
e) Elektron akan mengalami percepatan lurus jatuh hingga permukaan Bumi.
19. Perhatikan gambar pipa berisi air dan minyak di bawah ini. Perbedaan tinggi permukaan minyak dan air adalah ....



- a.  $\left(\frac{\rho_{air}}{\rho_{minyak}} - 1\right) h_{minyak}$

- b.  $\left(\frac{\rho_{air}}{\rho_{minyak}} - 1\right) h_{air}$
- c.  $\left(\frac{\rho_{air}}{\rho_{minyak}} + 1\right) h_{minyak}$
- d.  $\left(\frac{\rho_{air}}{\rho_{minyak}} + 1\right) h_{air}$
- e.  $\left(-\frac{\rho_{minyak}}{\rho_{air}} + 1\right) h_{minyak}$

20. Gaya angkat pada pesawat terbang muncul dari selisih antara gaya yang ditimbulkan oleh perbedaan tekanan di atas dan di bawah sayap pesawat.

**SEBAB**

Kecepatan udara di atas sayap lebih kecil daripada kecepatan udara di bawah sayap.

Dua pernyataan di atas ....

- a) Pernyataan pertama benar, kedua benar, serta menunjukkan hubungan sebab akibat.
- b) Pernyataan pertama benar, kedua benar, tetapi tidak menunjukkan hubungan sebab akibat.
- c) Pernyataan pertama benar, kedua salah.
- d) Pernyataan pertama salah, kedua benar.
- e) Kedua pernyataan salah.