

FISIKA 2

(PANAS, BUNYI, OPTIK dan Fisika Inti)

Drs. Hasdari Helmi Rangkuti, MT

Prof. Surya Hardi

Ir. Raja Harahap, MT

USU Press

Art Design, Publishing & Printing

Universitas Sumatera Utara, Jl. Pancasila, Padang Bulan,
Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

Telp. 0811-6263-737

usupress.usu.ac.id

© USU Press 2024

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang; dilarang memperbanyak menyalin, merekam sebagian atau seluruh bagian buku ini dalam bahasa atau bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

ISBN

Rangkuti, Hasdari Helmi

Fisika 2 (Panas, Bunyi, Optik dan Fisika Inti)/Hasdari Helmi Rangkuti; Surya Hardi; Raja Harahap -- Medan: USU Press 2024

ii, 164 p; illus : 29 cm

Bibliografi

ISBN:

Dicetak di Medan, Indonesia

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, buku materi kuliah Fisika 2 untuk mahasiswa Departemen Teknik Elektro FT USU TA 2023/2024 semester B (Genap) selesai disusun berdasarkan kurikulum Departemen Teknik Elektro FT USU yang baru.

Buku Materi Fisika 2 disusun dari buku-buku yang ada di referensi/pustaka buku ini.

Mata Kuliah Fisika 2 Departemen Teknik Elektro FT USU sesuai kurikulum terdiri dari seluruh materi Fisika 2, mulai dari panas, bunyi dan gelombang serta optik, dan fisika inti. Seluruh materi itu dibagi untuk 14 -15 kali pertemuan selama perkuliahan semester B saja.

Materi-materi yang disusun dalam buku ini diharapkan untuk mendorong mahasiswa lebih banyak membaca, karena setiap pertemuan terdapat fenomena sehari-hari yang kita jumpai, contoh-contoh soal dan pemecahan masalah sesuai Problem Based-Learning (PBL) dan Case Method. Sehingga, memancing mahasiswa untuk lebih menggali, mencari masalah-masalah yang timbul saat perkuliahan dilakukan. Oleh sebab itu, mahasiswa jangan merasa cukup dengan materi ini, mahasiswa harus mencari dari buku-buku yang lain.

Kemudian, terima kasih kepada Prof Surya Hardi, Ir. Raja Harahap, MT, dan pihak-pihak yang turut mengontrol isi buku ini sehingga dapat dipertanggung jawabkan.

Demikian saja kata pengantar ini, sudah barang tentu penyusunan buku materi kuliah Fisika 2 untuk DTE belumlah lengkap dan sempurna, tentunya kami mengharapkan masukan dan saran untuk kelengkapan dan kesempurnaan materi kuliah Fisika 2 ini.

Meda, Akhir Januari 2024

Penyusun,

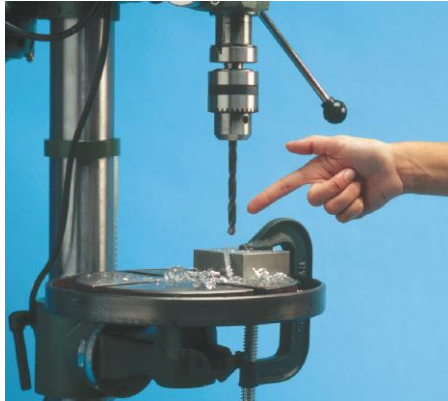
“Sesungguhnya bersama kesulitan
ada kemudahan“ (94:6)

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Temperatur dan Panas	1
Hukum Thermodynamika	24
Ketersediaan Energi	35
Gelombang dan Bunyi	43
Efek Doppler	59
Osilasi	66
Optik	78
Optik Geometri	98
Alat-alat Optik	112
Relativitas	119
Partikel sebagai Gelombang	131
Fungsi Gelombang	137
Struktur Atom	144
Fisika Inti	149
Reaktor Nuklir	162
Daftar Pustaka	164

TEMPERATUR DAN PANAS

Pernahkah Anda menyentuh mata bor tepat setelah mengebor lubang dalam sepotong kayu atau logam (Gbr. 1)? Kemungkinan tanganmu cepat ditarik karena bit/mata bornya mungkin panas, terutama jika Anda telah mengebor logam. Sama fenomena sedang bekerja ketika rem menjadi panas di sepeda Anda atau mobil, atau dalam proses lain di mana satu permukaan bergesekan di sisi lain.



Gambar 1. Mata bor terasa panas setelah mengebor lubang di sepotong logam. Apa yang menyebabkan kenaikan suhunya?

Kita juga bisa membuat bor sedikit panas dengan menempatkannya di pot air mendidih atau ke dalam nyala obor. Dalam kedua kasus, ketika bit menjadi lebih panas, kami mengatakan suhunya telah meningkat. Apa itu suhu, dan bagaimana kita membandingkan satu suhu dengan suhu lainnya? Apakah kondisi akhir bor sedikit berbeda jika telah dihangatkan dengan pengeboran daripada dengan ditempatkan dalam kontak dengan air panas?

Pertanyaan seperti ini terletak pada ranah termodinamika, studi tentang panas dan pengaruhnya terhadap materi. Diskusi kita sebelumnya tentang energi, terbatas pada energi mekanik. Hukum pertama termodinamika, diperkenalkan dalam bab ini, memperluas prinsip kekekalan energi untuk memasukkan efek panas.

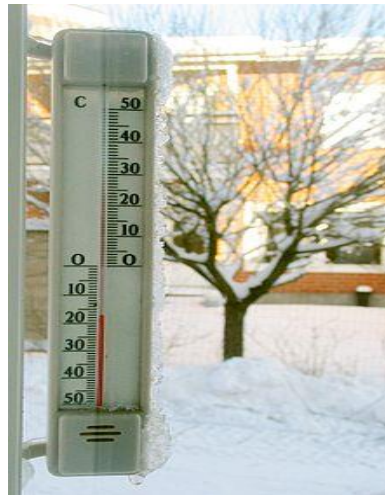
Apa perbedaan antara panas dan suhu? Bahasa sehari-hari kita sering memadukan dua gagasan ini. Benar-benar penghargaan untuk perbedaan ini tidak muncul sampai sekitar pertengahan abad kesembilan belas, ketika hukum termodinamika dikembangkan. Panas, suhu, dan perbedaan di antara mereka sangat penting, bagaimanapun, untuk memahami mengapa hal-hal menjadi panas atau dingin dan mengapa beberapa tetap seperti itu lebih lama daripada yang lain.

APAKAH ITU TEMPERATUR?

Suhu tidak sama dengan panas

Suhu adalah ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Atau temperatur adalah ukuran energi kinetik molekuler internal rata-rata sebuah benda.

- Definisi suhu atau temperatur. Dan alat ukur temperatur :
 - a. **Termometer**



Air akan mulai membeku pada suhu 0° Celsius (di gambar ini suhu udara -17° C).

$$K = C + 273 \text{ dan Rankine (R) = F + 460}$$

b. Termokopel



Sensor suhu ruangan dalam ° Celsius

Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy))

Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu

-200 °C hingga +1200 °C.

Contoh Penggunaan Termokopel yang umum antara lain:

1. Industri besi dan baja
2. Pengaman pada alat-alat pemanas
3. Untuk termopile sensor radiasi
4. Pembangkit listrik tenaga panas radioisotop, salah satu aplikasi termopile.

c. Termistor

Termistor (Inggris: *thermistor*) adalah alat atau komponen atau sensor elektronika yang dipakai untuk mengukur suhu.

Ada dua macam termistor secara umum: **Posistor** atau **PTC** (*Positive Temperature Coefficient*), dan **NTC** (*Negative Temperature Coefficient*). Nilai tahanan (hambatan listrik) pada PTC akan naik jika perubahannya naik, sementara sifat NTC justru kebalikannya.



Termistor NTC yang tersambung pada kabel terisolasi

d. Termostat

Termostat adalah komponen perangkat pengatur yang mendeteksi suhu sistem fisik dan melakukan tindakan sehingga suhu sistem bisa dipertahankan mendekati titik yang diinginkan.



Contohnya termasuk pemanas gedung, pemanas sentral, AC, sistem HVAC, pemanas air, serta peralatan dapur termasuk oven dan lemari es serta inkubator medis dan ilmiah.

Konversi skala suhu

Dari	ke			
	Celsius	Reamur	Fahrenheit	Kelvin
<u>Celsius</u>		$\frac{4}{5}C$	$\frac{9}{5}C + 32$	$C + 273$
<u>Reamur</u>	$\frac{5}{4}R$		$\frac{9}{4}R + 32$	$\frac{5}{4}R + 273$
<u>Fahrenheit</u>	$\frac{5}{9}(F - 32)$	$\frac{4}{9}(F - 32)$		$\frac{5}{9}(F + 459.4)$
<u>Kelvin</u>	$K - 273$	$\frac{4}{5}(K - 273)$	$\frac{9}{5}K - 459.4$	

SKALA TEMPERATUR

Skala suhu Celcius, Kelvin, Fahrenheit dan ditampilkan dalam kaitannya dengan suhu perubahan fasa air. Kelvin skala disebut suhu mutlak dan Kelvin adalah satuan SI untuk suhu.

Istilah "suhu" dan "panas" sering digunakan secara bergantian dalam sehari-hari Bahasa. Namun, dalam fisika, kedua istilah ini memiliki arti yang sangat berbeda. Di Bab ini kita akan mendefinisikan suhu dalam hal bagaimana itu diukur dan melihat bagaimana perubahan suhu mempengaruhi dimensi objek. Kita akan melihat bahwa panas mengacu pada transfer energi yang disebabkan oleh perbedaan suhu dan pelajari cara menghitung dan mengontrol transfer energi tersebut.

373.15 K 100°C 212°F

Boiling point of water at atmospheric pressure

$$T_K = T_C + 273.15 \quad T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32) \quad T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$$

Freezing point of water

273.15 K 0°C 32°F
Kelvin Celsius Fahrenheit

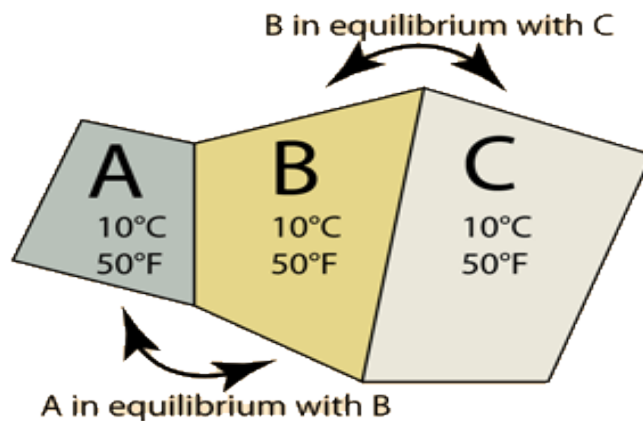
Contoh : Hitunglah suhu dalam skala Celcius yang ekuivalen dengan 41°F?

$$t_c = 5/9 (41 - 32) = 5/9 \times 9 = 5^\circ\text{C}$$

Hitung suhu dalam skala Fahrenheit yang ekuivalen dengan -10°C , 10°C , 40°F , 130K ?

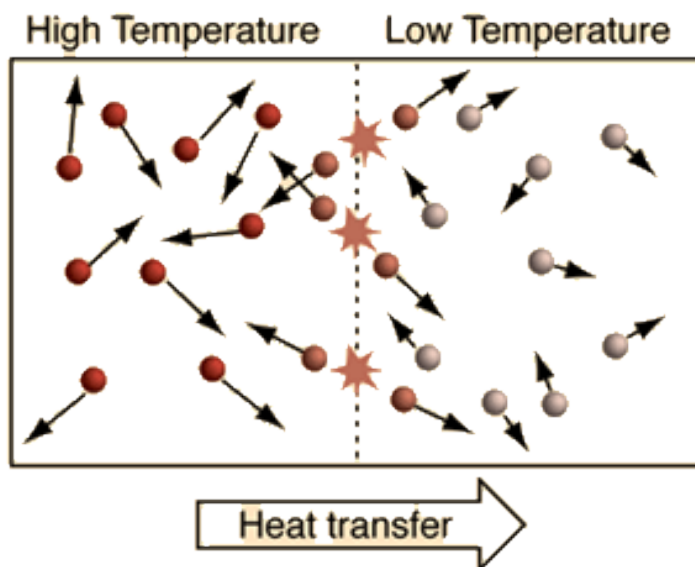
Subjek termodinamika, studi tentang transformasi energi yang melibatkan panas, kerja mekanik, dan aspek lain dari energi dan bagaimana transformasi ini berhubungan dengan sifat-sifat materi. Termodinamika membentuk bagian tak terpisahkan dari dasar fisika, kimia, dan ilmu kehidupan, dan aplikasinya muncul di tempat-tempat seperti mesin mobil, lemari es, proses biokimia, dan struktur bintang. Kami akan mengeksplorasi ide-ide kunci dari termodinamika.

- Pertama dan Kedua Hukum Termodinamika.
- Bahwa benda temperatur tinggi yang bersentuhan dengan benda suhu yang lebih rendah akan mentransfer panas ke objek suhu yang lebih rendah.
- Keseimbangan termal adalah Hukum Termodinamika Nol.

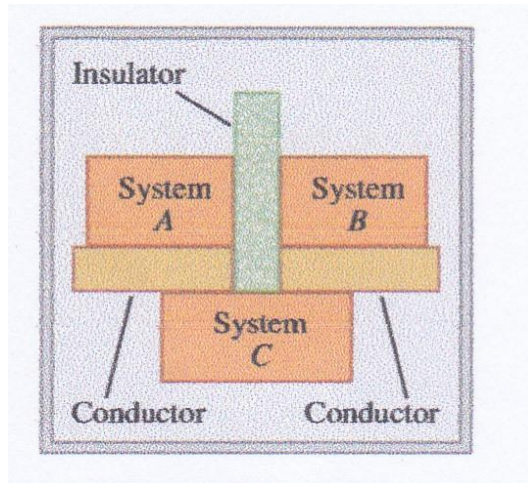


Hukum Nol

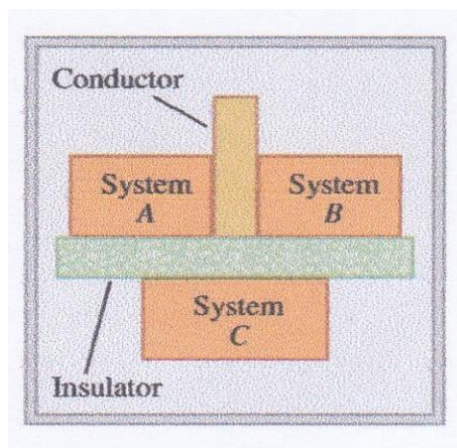
Termodinami



Kita dapat menemukan sifat penting keseimbangan termal dengan mempertimbangkan tiga sistem, A, B, dan C, yang awalnya tidak berada dalam keseimbangan termal (Gambar 2).



(a) Jika sistem A dan B masing-masing berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem C ...



(b) ... maka sistem A dan B berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain.

Gambar 2. Hukum Nol Termodinamika

Jika C awalnya berada dalam kesetimbangan termal dengan A dan B, maka A dan B juga dalam kesetimbangan termal satu sama lain. Hasil ini disebut hukum nol Termodinamika.

Dua sistem berada dalam kesetimbangan termal jika dan hanya jika mereka memiliki suhu yang sama.

Uji Pemahaman Anda 1 :

Anda memasukkan termometer ke dalam panci berisi air panas dan mencatat bacaannya. Berapa suhu yang telah Anda rekam? (i) suhu air; (ii) suhu termometer; (iii) rata-rata yang sama dari suhu air dan termometer; (iv) rata-rata tertimbang dari temperatur air dan termometer, dengan lebih menekankan pada suhu air; (v) rata-rata tertimbang air dan termometer, dengan lebih banyak penekanan pada temperature thermometer.

EKSPANSI TERMAL (PEMUAIAN)

Semakin tinggi suhu gas, semakin besar energi kinetik rata-rata molekulnya. Seberapa cepat molekul bergerak di udara di atas wajan ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) daripada di udara dapur sekitarnya ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$)?



Jawab : Kecepatan akar-rata-rata-kuadrat dari molekul gas adalah sebanding dengan akar kuadrat dari temperature T .

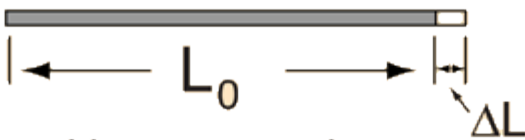
Dapur adalah tempat yang tepat untuk belajar tentang bagaimana sifat-sifat materi bergantung pada suhu. Saat Anda merebus air dalam ketel teh, peningkatan suhu menghasilkan uap yang bersiul keluar/whistles out dari cerat dengan tekanan tinggi.

Contoh-contoh ini menunjukkan hubungan antara skala besar atau makroskopik sifat suatu zat, seperti tekanan, volume, suhu, dan massa. Tapi juga dapat menggambarkan suatu zat menggunakan perspektif mikroskopis. Ini berarti menyelidiki jumlah skala kecil seperti massa, kecepatan, energi kinetik, dan momentum dari molekul individu yang membentuk suatu zat.

Deskripsi makroskopik dan mikroskopis terkait erat. Misalnya, gaya (mikroskopis) yang terjadi ketika molekul udara menyerang padatan permukaan (seperti kulit Anda) menyebabkan tekanan atmosfer (makroskopis). Untuk menghasilkan tekanan atmosfer standar $1\text{ atm} = 1,01 \times 10^5\text{ Pa}$, 10^{32} molekul menyerang Anda kulit setiap hari dengan kecepatan rata-rata lebih 1700 km/jam .

EKSPANSI LINIER (pertambahan panjang).

Hubungan ekspansi linear dari batang tipis panjang dapat dituliskan sebagai berikut:



Linear expansion

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T$$

This is the fractional change in length, which is a natural quantity to use. Since one would expect a 4m rod to expand twice as much as a 2m rod, the fractional change would be the same.

Different substances expand by different amounts. An experimental expansion coefficient is necessary to quantify expansion.

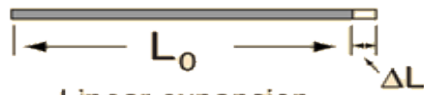
The change in temperature determines the fractional change in length. One would expect that a 2°C change in temperature would lead to twice as much expansion as a 1°C change. This relationship shows that.

Pada rentang suhu kecil, ekspansi termal fraksional dari benda linier seragam sebanding dengan perubahan suhu. Fakta ini dapat digunakan untuk membangun termometer berdasarkan perluasan tabung tipis merkuri atau alkohol. Beberapa bentuk hubungan yang setara menemukan kegunaannya. Perhitungan diatur dalam formulir,

Perubahan panjang = Panjang awal x α x ΔT

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L - L_0 = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L = L_0 [1 + \alpha \Delta T]$$


Linear expansion

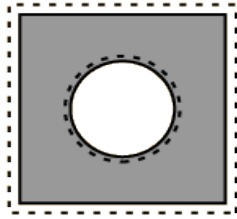
$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T$$

ESKPANSI LUAS

$$L = L_0 [1 + \alpha \Delta T]$$

dan

$$A = L^2 = L_0^2 [1 + 2\alpha \Delta T + \alpha^2 \Delta T^2]$$



Area expansion

$$\frac{\Delta A}{A_0} = 2\alpha\Delta T$$

Dalam kebanyakan kasus, istilah kuadrat di atas dapat diabaikan karena koefisien ekspansi tipikal berada pada urutan bagian per juta per derajat C. Ekspresi kemudian menjadi

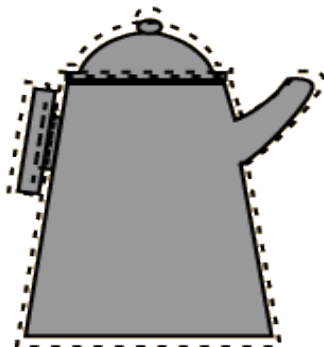
$$A = A_0 [1 + 2\alpha\Delta T]$$

ESKPANSI VOLUME

Selama rentang suhu yang kecil, ekspansi termal digambarkan oleh koefisien ekspansi linear. Jika ekspansi linear dimasukkan ke dalam bentuk

$$L = L_0 [1 + \alpha\Delta T]$$

$$V = L_0^3 (1 + 3\alpha\Delta T + 3\alpha^2\Delta T^2 + \alpha^3\Delta T^3)$$



Volume expansion

$$\frac{\Delta V}{V_0} = 3\alpha\Delta T$$

Dalam kebanyakan kasus, suku kuadrat dan kubik di atas dapat diabaikan karena koefisien ekspansi tipikal berada pada urutan bagian per juta per derajat C. Ekspresi kemudian menjadi

$$V = V_0 (1 + 3\alpha\Delta T)$$

Contoh :

Sebuah jembatan baja panjangnya 100 meter. Berapakah pertambahan panjangnya bila temperatur naik dari 0° C sampai 30° C ?

Dari tabel koefisien muai linear untuk baja adalah $11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, jadi perubahan panjang untuk kenaikan suhu $30^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$ adalah :

$$\begin{aligned}\Delta L &= \alpha L \Delta T \\ &= (11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}) (100 \text{ m}) (30\text{K}) \\ &= 0,033 \text{ m} = 3,3 \text{ cm}\end{aligned}$$

LATIHAN :

Sebuah bejana kaca (koefisien muai volume = $9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) 1L diisi sampai penuh dengan alkohol (koefisien muai volume = $1,1 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$) pada 10°C . Jika suhu naik menjadi 30°C , berapa banyak alkohol yang tumpah dari bejana? (21,5ml)

Sebuah batang tembaga dipanaskan sampai 300°C dan kemudian dijepit kuat-kuat di antara dua titik tetap sehingga tidak dapat memuai maupun menyusut. Jika tegangan patah tembaga adalah 230 MN/m^2 , pada suhu berapa batang akan patah bila suhunya turun? (177°C)

HUKUM GAS IDEAL

Bila kita menekan gas sambil menjaga temperaturnya konstan agar, kita dapatkan tekanan bertambah volumenya berkurang. Demikian pula, gas memuai, bila temperatur konstan, tekanannya akan berkurang bila volumenya bertambah.

$PV = \text{konstan}$ (temperatur konstan) Hukum Boyle

$PV = CT$hukum Gay Lussac

Pembanding $C = k N$

Dimana :

$k = \text{konstanta Boltzmann} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, lebih enak menggunakan jumlah mol. Satu **mol** sebuah zat adalah jumlah zat tersebut yang mengandung atom-atom atau molekul-molekul sejumlah bilangan Avogadro, $N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ molekul/mol}$. Jadi, $N = n N_A$.

$N = \text{jumlah molekul zat}$

Maka, $PV = N k T = N = n N_A k T = n R T$, dimana : $R = k N_A = \text{konstanta gas umum} = 8,314 \text{ J/mol.K}$

Kadang-kadang untuk gas digunakan juga massa molar (m). Massa molar atom ^{12}C adalah 12 g/mol atau $12 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

Massa molar sebuah molekul CO_2 adalah jumlah massa molar unsur-unsur dalam molekul itu. Karena massa molar oksigen 16 (sebenarnya $15,999 \text{ g/mol}$) maka massa molar O_2 adalah 32 g/mol dan massa molar CO_2 adalah $12 + 32 = 44 \text{ g/mol}$.

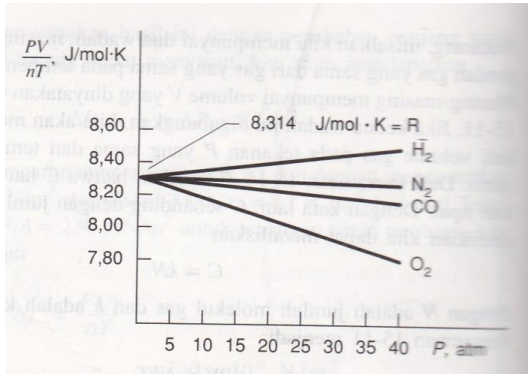
Jadi, $m = n M$,

Kerapatan gas ideal, ρ adalah,

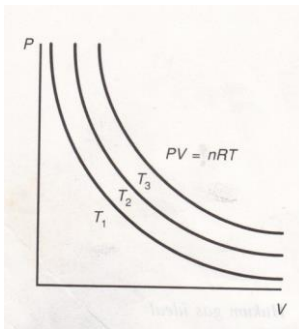
$$\rho = m/V = n M/V$$

Dari $PV = n RT$, didapatkan : $\rho = M P/RT$, artinya : pada temperatur tertentu, kerapatan gas ideal sebanding dengan tekanan.

Persamaan $PV = n RT$, menghubungkan P , V dan T untuk gas, dinamakan persamaan keadaan.



Gambar hubungan PV/nT terhadap R untuk real gas



Gambar isoterm pada . diagram PV suatu gas.

Latihan :

1. Berapa volume yang ditempati 1 mol gas pada suhu 0°C dan tekanan 1 atm? (22,4L).
2. Massa molar hidrogen adalah 1,008 g/mol, berapakah massa satu atom hidrogen?($1,67 \times 10^{-24}$ g/mol)
3. Seratus gram CO_2 menempati volume 55 L pada tekanan 1 atm.
 - a. hitunglah suhu(295 K)
 - b. jika volume ditambah 80 L dan suhu dijaga konstan, berapakah tekanannya?

Case Method :

Beri peringkat ideal berikut : Gas dalam urutan dari jumlah mol tertinggi ke terendah: (i) tekanan 1 atm, volume 1 L, dan suhu 300 K; (ii) tekanan 2 atm, volume 1 L, dan suhu 300 K;(iii) tekanan 1 atm, volume 2 L, dan suhu 300 K; (iv) tekanan 1 atm, volume 1 L, dan suhu 600 K; (v) tekanan 2 atm, volume 1 L, dan suhu 600 K.

Problem/Project-based Learning :

IDENTIFIKASI konsep yang relevan: Kecuali jika masalahnya menyatakan sebaliknya, Anda dapat menggunakan persamaan gas ideal untuk menemukan jumlah yang terkait dengan keadaan gas, seperti tekanan p , volume V , suhu T , dan/atau jumlah mol n .

SIAPKAN masalah menggunakan langkah-langkah berikut:

1. Buat daftar jumlah yang diketahui dan tidak diketahui. Identifikasi target variabel.
2. Jika masalah hanya menyangkut satu keadaan sistem, gunakan $pV = nRT$
3. Gunakan $\rho = pM/RT$, sebagai alternative $pV = nRT$, jika masalahnya melibatkan densitas daripada n dan V .
4. Dalam masalah yang menyangkut dua keadaan (sebut saja 1 dan 2) dengan jumlah gas yang sama, jika semua kecuali satu dari enam kuantitas p_1 , p_2 , V_1 , V_2 , T_1 dan T_2 diketahui. Gunakan $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2 = \text{konstan}$, sehingga persamaan $pV = nRT$ sesuai dengan $\rho = pM/RT$.

EKSEKUSI :

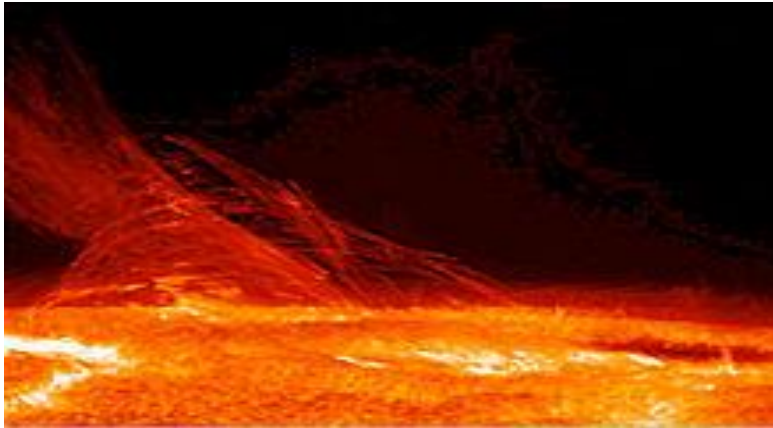
PANAS

Panas adalah energi yang dipindahkan atau ditransfer dari satu benda ke benda lain karena beda temperatur/suhu.

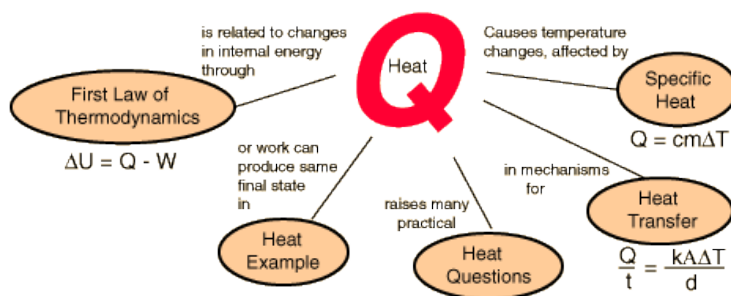
Panas atau **bahang**, atau **kalor** dalam istilah fisika, adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Satuan SI untuk panas adalah joule.



Logam yang dipanaskan akan membuat atom-atom pada logam bergetar semakin cepat. Akibatnya atom-atom tersebut menghasilkan gelombang elektromagnetik (cahaya)



Proses pemanasan berkelanjutan dapat ditemukan pada matahari dan bumi. Beberapa radiasi termal matahari menyerang dan memanaskan bumi. Dibandingkan dengan matahari, bumi memiliki suhu yang jauh lebih rendah sehingga mengirimkan radiasi termal yang jauh lebih sedikit ke matahari. Panas dari proses ini dapat diukur dengan jumlah bersih, dan arah energi yang dikirimkan dari matahari ke bumi dalam periode waktu tertentu dapat diketahui.



PANAS ADALAH BENTUK DARI ENERGI



Di pabrik baja, besi cair dipanaskan hingga 1500 Celcius untuk menghilangkan kotoran. Apakah akurat untuk mengatakan bahwa besi cair mengandung panas? Jawab : Tidak. Dengan "panas" yang kita maksud adalah energi yang transit dari satu benda ke benda lain sebagai akibat dari perbedaan suhu antara benda. Benda tidak mengandung panas.

$$Q = m c \Delta t = \text{kg kalori/kg } ^\circ\text{C} \cdot ^\circ\text{C} = \text{Kalori}$$

m = massa benda(kg)

c =panasjenis (Specific heat) (Kalori/kg.°C)

Δt = perbedaan suhu (°C)

Kalori didefinisikan sebagai jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur satu gram air satu derajat Celcius (atau satu Kelvin karena derajat Celcius dan Kelvin besarnya sama).

Kesetaraan panas-energi :

1 calorie = 4, 18 Joule = 4,2 Joule

1 Joule = $1 / 4,18 = 0.239 = 0,24$ kalori

Metode-metode pengukuran jumlah panas yang meninggalkan atau masuk sebuah benda secara kuantitatif, dan ditemukan bahwa bila dua benda dalam kontak termis, maka jumlah yang meninggalkan satu benda sama dengan jumlah panas yang memasuki benda lainnya.

Penemuan ini mengarah tentang panas sebagai zat materi yang kekal suatu fluida yang tak tampak yang dinamakan “caloric”, yang tidak diciptakan dan tidak dimusnahkan tetapi hanya mengalir keluar dari suatu benda ke benda lain.

Contoh : Berapa panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 3

kg tembaga dengan perbedaan suhu 20°C?

Panas jenis tembaga 0,386 kJ/kg.K,

Dari :

$$Q = m c \Delta t = 3 \times 0,386 \times 20 \\ = 23,2 \text{ kJ}$$

Perhatikan, bahwa digunakan 20° C = 20 K, dengan cara yang

Lain, dapat digunakan panas jenis dalam 0,386 kJ/Kg.°C dan

Perubahan temperatur 20°C.

Untuk mengukur panas digunakan kalorimetri.

Wadah air yang terisolasi adalah kalorimeter. Jika seluruh sistem terisolasi dari sekitarnya, maka panas yang keluar dari benda sama dengan panas yang masuk ke air dan wadahnya.

Misalnya, m adalah massa benda, c adalah panas jenis, dan T_{i0} = temperatur awal. Jika T_f adalah temperatur akhir benda dalam bejana/wadah air, maka panas yang keluar dari benda adalah :

$$Q_{\text{keluar}} = mc (T_{i0} - T_f)$$

Dengan cara yang sama, jika T_{ia} adalah temperatur awal air dan wadahnya dan T_f adalah temperatur akhirnya (temperatur akhir benda dan air adalah sama, karena keduanya segera setimbang), maka panas yang diserap air dan wadahnya adalah :

$$Q_{\text{masuk}} = m_a c_a (T_f - T_{ia}) + m_w c_w (T_f - T_{ia})$$

Dimana m_a dan c_a adalah massa dan panas jenis air, sedangkan m_w dan c_w adalah massa dan panas jenis wadah.

Maka : $Q_{\text{keluar}} = Q_{\text{masuk}}$

$$m c (T_{i0} - T_f) = m_a c_a (T_f - T_{ia}) + m_w c_w (T_f - T_{ia})$$

Contoh :

Peluru timah dengan mass 600 gr dipanaskan sampai 100°C dan diletakkan dalam kaleng aluminium yang massanya 200 gr dan berisi 500 gr air yang mula-mula temperaturnya $17,3^\circ\text{C}$. Panas jenis kaleng aluminium adalah $0,9 \text{ kJ/Kg.K}$. Temperatur kesetimbangan akhir campuran adalah 20°C . Berapakah panas jenis timah?

Jawab :

Karena perubahan temperatur air adalah $20^\circ\text{C} - 17,3^\circ\text{C} = 2,7^\circ\text{C} = 2,7 \text{ K}$,

Maka panas yang diserap air adalah :

$$\begin{aligned} Q_a &= m_a c_a \Delta t_a = 0,5 \text{ kg} \times 4,18 \text{ kJ/kg.K} \times 2,7 \text{ K} \\ &= 5,64 \text{ kJ.} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, panas yang diserap oleh kaleng aluminium adalah :

$$\begin{aligned} Q_k &= m_k c_k \Delta t_k = 0,2 \text{ kg} \times 0,9 \text{ kJ/kg.K} \times 2,7 \text{ K} \\ &= 0,486 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Perubahan temperatur timah adalah $100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 80^\circ\text{C} = 80 \text{ K}$ dan panas yang dibuang timah adalah :

$$\begin{aligned} Q_t &= m_t c_t \Delta t_t = 0,6 \text{ kg} \times c_t \times 80 \text{ K} \\ &= (48 \text{ kg K}) c_t \end{aligned}$$

Maka, panas yang dibuang timah sama dengan panas yang diserap air dan kaleng aluminium, kita dapatkan :

$$\begin{aligned} Q_t &= Q_a + Q_k \\ (48 \text{ kg K}) c_t &= 5,64 \text{ kJ} + 0,486 \text{ kJ} \\ &= 6,13 \text{ kJ} \end{aligned}$$