

RADIASI BENDA HITAM

Benda-benda yang dipanasi mengemisikan gelombang yang tidak nampak (sinar ultra ungu dan infra merah). Radiasi dari benda-benda yang dipanasi disebut radiasi kalor.

Benda-benda yang dapat menyerap seluruh radiasi yang datang disebut benda hitam mutlak, sebuah kotak yang mempunyai lubang sempit dapat dianggap sebagai benda yang hitam mutlak.

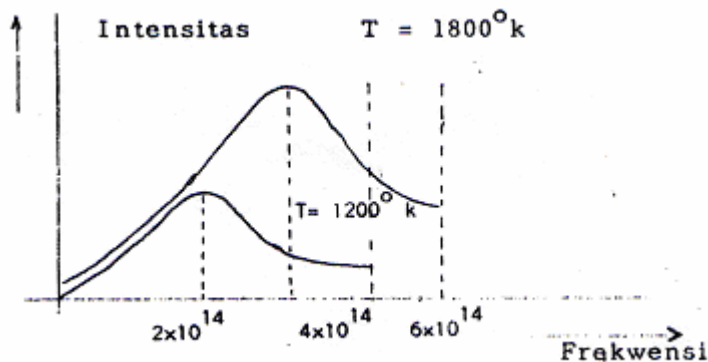
Banyaknya energi yang dipancarkan tiap satuan waktu oleh tiap satuan luas permukaan sebanding dengan pangkat empat suhu Kelvinnya (Stefan-Boltzman).

$$W = e \cdot \tau \cdot T^4$$

e adalah koefisien emisivitas yang nilainya bergantung pada jenis permukaan. Untuk benda hitam mutlak $e = 1$

τ adalah tetapan umum yang harganya $5,672 \cdot 10^{-8} \text{ Watt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$.

Pada suhu tertentu kekuatan radiasi tiap panjang gelombang mempunyai nilai yang berbeda-beda.



Ketergantungan kekuatan radiasi suatu benda terhadap panjang gelombangnya disebut spektrum radiasi (spektrum gelombang pancaran).

Eksperimen-eksperimen untuk mengamati spektrum radiasi telah dilakukan, hasil spektrum radiasi carbon pada berbagai suhu seperti terlukis pada gambar.

Dari diagram itu Wien mengambil kesimpulan yang dikenal sebagai : HUKUM WIEN.

Energi pancaran tiap panjang gelombang semakin besar, jika suhu semakin tinggi, sedangkan energi maksimalnya begeser kearah gelombang yang panjang gelombangnya kecil.

$$\lambda_m = \frac{c}{T}$$

c disebut tetapan Wien sebesar $2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m } ^\circ\text{K}$.

CONTOH SOAL

Sebuah gelombang elektromagnetik memancarkan panas pada suhu 1727°C diterima oleh sebuah benda yang dianggap hitam pada luasan 100 cm^2 . Hitunglah energi yang diterima tiap detik dan panjang gelombang maksimum yang dipancarkan.

$$E = W \cdot A \cdot t \quad E = e \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot A \cdot t$$

$$E = 5,672 \cdot 10^{-8} \cdot (2 \cdot 10^3)^4 \cdot 10^{-2} \cdot 1 = 9075,2 \text{ joule}$$

$$\lambda_{maks} = \frac{c}{T}$$

$$\lambda_{maks} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{2000} = 1,449 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

LATIHAN

1. Daya emisi suatu permukaan 113 Watt/m^2 , koefisien emisivitasnya $0,03$.
 $\gamma = 5,67 \cdot 10^{-8}\text{ Watt m}^{-2}(\text{K})^{-4}$.
 Berapa suhu mutlak nya.
2. Berapakah daya radiasi matahari jika suhunya 5500°K dan matahari dianggap benda hitam sempurna.
3. Berapakah suhu suatu benda jika energi radiasi maksimum berada pada cahaya yang panjang gelombangnya :
 - a. 8000 \AA
 - b. 6000 \AA
4. Pada suhu berapa derajat Celcius energi radiasi maksimum benda hitam sempurna berada pada sinar yang panjang gelombangnya 2000 \AA

5. Sebuah lampu busur memancarkan cahaya pada suhu 3000°C .
 - a. Berapa panjang gelombang sinar yang energi radiasinya maksimum.
 - b. Berapa besar energi radiasi tiap detik tiap satuan luas.

6. Sepotong platina menjadi merah pijar pada suhu 550°C dan putih pijar pada suhu 1600°C .
Berapakah panjang gelombang yang energi radiasinya maksimum pada suhu-suhu tersebut.

7. Sebuah gelombang radio mempunyai $E_m = 10^{-4}$ V/m Berapakah besar medan magnet B_m dan intensitas gelombang tersebut.

8. Cahaya matahari menumbuk bumi dengan intensitas sebesar $20 \text{ kal/cm}^2\text{-menit}$. Hitunglah besarnya medan listrik E_m dan medan magnet B_m untuk cahaya tersebut.

9. Sebuah stasiun radio menerima gelombang elektromagnetik sinusoida dari satelit pemancar dengan kekuatan 50 KW. Berapakah amplitudo maksimum E dan B yang diterima satelit jika jarak antara antenna stasiun radio dan satelit 100 km.

10. Sebuah stasiun radio mentranmisikan sinyal 10 KW dengan frekwensi 100 MHz. Carilah pada jarak 1 Km :
 - a. Amplitudo medan listrik dan medan magnetnya.
 - b. Energi yang diterima oleh sebuah panel yang berukuran 10 cm x 10 cm dalam waktu 5 menit.

=====o0o=====

DUALISME GELOMBANG PERTIKEL

Gejala Foto Listrik.

Yang dimaksud dengan gejala foto listrik adalah emisi (pancaran) elektron dari logam sebagai akibat penyinaran gelombang elektromagnetik (cahaya) pada logam tersebut.

Cahaya biasa mampu melepaskan elektron dari logam-logam alkali.

Hasil-hasil percobaan yang seksama menunjukkan bahwa :

- a. Makin besar intensitas cahaya, semakin banyak elektron-elektron yang diemisikan.
- b. Kecepatan elektron-elektron yang diemisikan hanya bergantung kepada frekwensi cahaya, makin besar frekwensi cahaya makin besar pula kecepatan elektron yang diemisikan.
- c. Pada frekwensi cahaya yang tertentu (frekwensi batas) emisi elektron dari logam tertentu sama.

Peristiwa-peristiwa di atas tidak dapat diungkap dengan teori cahaya Huygens.

Pada tahun 1901, Planck mengetengahkan hipotesa bahwa cahaya (gelombang elektromagnetik) harus dianggap sebagai paket-paket energi yang disebut foton. Besar paket energi tiap foton dirumuskan sebagai :

$$E = h \cdot f$$

E = Energi tiap foton dalam Joule.

f = Frekwensi cahaya.

h = Tetapan Planck yang besarnya $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ J.det

Cahaya yang intensitasnya besar memiliki foton dalam jumlah yang sangat banyak. Tiap-tiap foton hanya melepaskan satu elektron. Kiranya mudah dipahami bahwa semakin besar intensitas cahaya semakin banyak pula elektron-elektron yang diemisikan.

Tiap foton yang datang pada logam, sebagian energinya digunakan untuk melepaskan elektron dan sebagian menjadi energi kinetik elektron. Jika energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron sebesar a dan energi yang menjadi energi kinetik sebesar E_k maka dapat ditulis persamaan :

$$\begin{aligned} E &= a + E_k \\ h \cdot f &= a + \frac{1}{2}mv^2 \end{aligned}$$

Dari persamaan nampak jelas, makin besar frekwensi cahaya, makin besar kecepatan yang diperoleh elektron.

Bila frekwensi cahaya sedemikian sehingga $h \cdot f = a$, maka foton itu hanya mampu melepaskan elektron tanpa memberi energi kinetik pada elektron. Penyinaran dengan cahaya yang frekwensi lebih kecil tidak akan menunjukkan gejala foto listrik.

CONTOH SOAL 1

Suatu permukaan sodium disinari cahaya Dengan panjang gelombang 300 nanometer. Fungsi kerja logam sodium adalah 2,46 eV. Tentukan energi kinetik dari elektron-elektron

Foto yang dikeluarkan jika $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{-7}} = 6,6 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$$

$$a = 2,46 \text{ eV} = 2,46 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,936 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$$

$$E_k = 6,6 \cdot 10^{-19} - 3,936 \cdot 10^{-19} = 2,664 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$$

Sifat Kembar Cahaya.

Gejala-gejala interferensi dan difraksi memperlihatkan sifat gelombang yang dimiliki cahaya, dilain pihak cahaya memperlihatkan sifat sebagai paket-paket energi (foton).

Timbul suatu gagasan apakah foton itu dapat diartikan sebagai partikel-partikel.

Untuk menjawab pertanyaan ini A.H. Compton mempelajari tumbukan-tumbukan antara foton dengan elektron.

Kesimpulan yang diperolehnya menunjukkan bahwa foton dapat berlaku sebagai partikel dengan momentum.

$$p_{\text{foton}} = \frac{h \cdot f}{c}$$

Tidak ada keraguan lagi bahwa cahaya memiliki sifat kembar, sebagai gelombang dan sebagai partikel.

CONTOH SOAL 2

Seberkas foton mempunyai momentum sebesar $13,2 \cdot 10^{-24}$ Kg·m/s.

Hitunglah panjang gelombang dan energi Foton tersebut. ($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$)

$$p = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{E}{c} \quad E = p \cdot c$$

$$E = 13,2 \cdot 10^{-24} \cdot 3 \cdot 10^8 = 3,96 \cdot 10^{-15} \text{ joule}$$

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad \lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{13,2 \cdot 10^{-24}} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

Hipotesa de Broglie.

Jika cahaya yang memiliki sifat gelombang, memiliki sifat partikel, maka wajarlah bila partikel-partikel seperti elektron memiliki sifat gelombang, demikian hipotesa yang dikerjakan oleh de Broglie (tahun 1892).

Panjang gelombang cahaya dengan frekwensi dan kecepatannya mempunyai hubungan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Menurut Compton

$$p_{\text{foton}} = \frac{h \cdot f}{c}$$

$$p_{\text{foton}} = \frac{h}{\lambda} \longrightarrow \lambda = \frac{h}{p}$$

Hubungan ini berlaku pula bagi partikel, demikian usul de Broglie. Menurut de Broglie, jika ada partikel yang momentumnya p , maka partikel itu dapat bersifat sebagai gelombang dengan panjang gelombang :

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

λ = Panjang gelombang partikel.

p = Momentum partikel.

Percobaan Davisson dan Germer.

Jika partikel berlaku sebagai gelombang, harus dapat ditunjukkan bahwa partikel dapat menimbulkan pola-pola difraksi seperti halnya pola-pola difraksi pada gelombang.

Pada tahun 1927 Davisson dan Germer memilih elektron sebagai partikel untuk menguji hipotesa de Broglie. Elektron-elektron diperoleh dari filamen yang dipijarkan, kemudian elektron-elektron itu dipercepat dalam medan listrik yang tegangannya 54 Volt. Setelah dipercepat elektron-elektron memiliki energi kinetik.

$$E_k = 54 \text{ eV} = 54 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$$

Momentum elektron :

$$p = mv = \sqrt{2m \cdot \frac{1}{2} m \cdot v^2}$$

$$p = \sqrt{2m E_k}$$

$$p = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 54 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$p = 4 \cdot 10^{-24} \text{ kg m/det}$$

Menurut de Broglie, panjang gelombang elektron :

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{4 \cdot 10^{-24}} = 1,65 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Untuk memperoleh pola difraksi diperlukan kisi-kisi yang lebar celahnya kira-kira sama dengan panjang gelombang yang akan diuji. Sebab jika celah terlalu lebar, tidak menimbulkan gangguan pada gelombang, dan jika kisi terlalu sempit, pola-pola difraksi sukar teramati.

Kisi-kisi yang tepat untuk memperoleh pola difraksi gelombang elektron adalah kisi yang terjadi secara alamiah yakni celah-celah yang berada antara deretan atom-atom kristal bahan padat, dalam hal ini dipergunakan kisi kristal nikel.

Hasil percobaan Davisson dan Germer menunjukkan bahwa elektron-elektron dapat menimbulkan pola-pola difraksi.

Kini tidak disangsikan lagi bahwa apa yang kita kenal sebagai materi dapat pula menunjukkan sifat gelombang, tepat seperti yang diramalkan oleh de Broglie.

CONTOH SOAL 3

Sebuah elektron yang massanya 9.10^{-31} Kg dipercepat melalui beda potensial 50 volt.

Hitunglah berapa frekwensi yang timbul pada elektron. ($h = 6,6.10^{-34}$)

$$p = \sqrt{2m.E_k}$$

$$p = \sqrt{2.9.10^{-31} . 1,6.10^{-19} . 50} = 12\sqrt{10}.10^{-25} \text{ Kgm / s}$$

$$f = \frac{c.p}{h} = \frac{12\sqrt{10}.10^{-25} . 3.10^8}{6,6.10^{-34}} = \frac{6}{11}\sqrt{10}.10^{18} \text{ Hz}$$

LATIHAN

1. Berapa joule energi foton yang panjang gelombangnya 6000 Angstrom. Tetapan Planck = $6,6 . 10^{-34}$ joule . det.
2. Berkas cahaya 5000 Angstrom didatangkan pada logam Kalium. Untuk melepaskan elektron dari logam tersebut dipergunakan energi 2 eV. Berapa energi kinetik elektron yang dibebaskan ?
3. Untuk membebaskan elektron dari Natrium diperlukan tenaga 2,14 eV.
 - a. Berapakah panjang gelombang cahaya yang dapat melepaskan elektron dari logam Natrium.

- b. Dapatkan sinar-sinar yang panjang gelombangnya $0,4 \text{ \AA}$ digunakan untuk membebaskan elektron dari logam tersebut ?
4. Berapakah panjang gelombang elektron yang bergerak dengan kecepatan $9 \cdot 10^7$ m/det.
5. Berapa energi foton sinar X yang panjang gelombangnya 1 \AA $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ joule.det
6. Berapa panjang gelombang-gelombang elektromagnetik yang energi fotonnya $2,8 \cdot 10^{-19}$ joule.
7. Sebuah partikel dengan muatan q dan massa m dipercepat dari keadaan diam melalui beda potensial V .
- Tentukan panjang gelombang de Broglie.
 - Hitung jika partikel adalah sebuah elektron dan $V = 50$ Volt.

=====000=====