

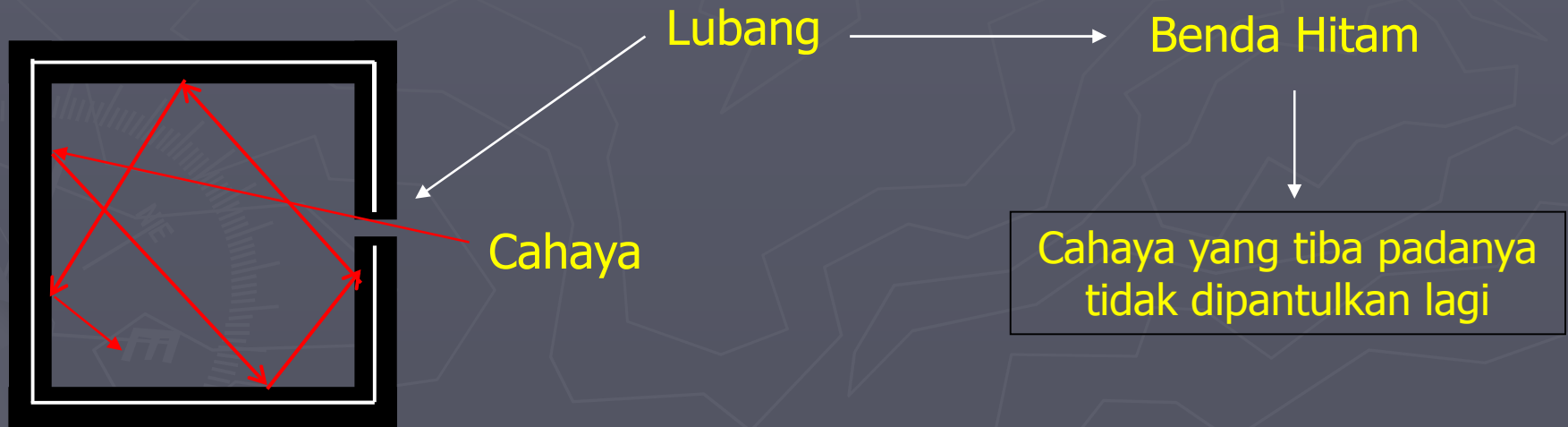
# Aplikasi Statistik Bose-Einstein

## Radiasi Benda Hitam



# Radiasi Benda Hitam

Radiasi yang dipancarkan oleh suatu benda bertemperatur  $T$ .  
Seperti apakah persamaan radiasi ini!



# Radiasi Benda Hitam

Cahaya  $\longrightarrow$  Gelombang Elektromagnetik  $\longrightarrow$  foton

Statistik Bose-Einstein  $\longleftarrow$

1. Tidak terbedakan
2. Tidak ada batasan jumlah foton tiap tingkat energi

Distribusi Bose-Einstein:

$$\Delta N_j = \frac{g_j}{e^{-(\alpha + \beta \epsilon_j)} - 1} = \frac{g_j}{A e^{-\beta \epsilon_j} - 1} \quad \text{dengan } A = e^{-\alpha}, \beta = -\frac{1}{kT}$$

Dalam kotak, jumlah foton tidak tetap karena pada suatu saat tertentu foton ada yang diserap dan ada yang dipancarkan, sehingga tidak berlaku persamaan:

$$\sum N_j = N \longrightarrow \text{Pengali } \alpha = 0$$

Distribusi Bose-Einstein:

$$\Delta N_j = \frac{g_j}{e^{-\beta \epsilon_j} - 1}$$

# Radiasi Benda Hitam

Selanjutnya kita akan menyatakan  $j$  dalam  $\nu$  (frekuensi)

Distribusi Bose-Einstein:

$$\Delta N_\nu = \frac{g_\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

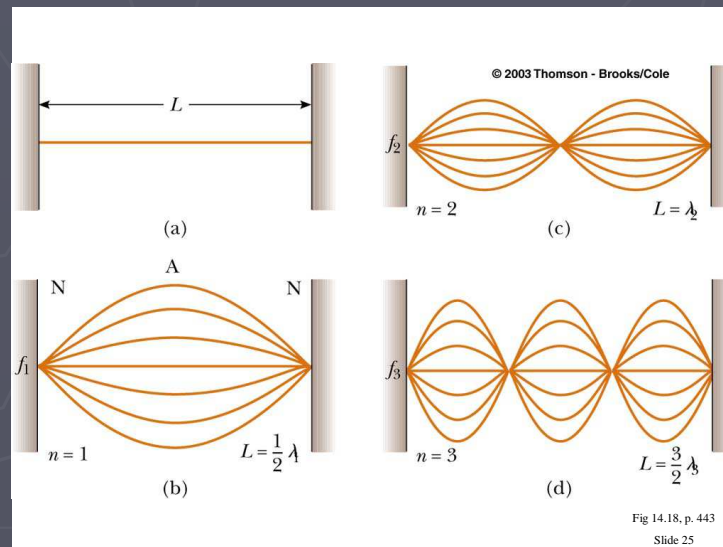
$$\longrightarrow \epsilon = h\nu, g_\nu = ?$$

Jumlah foton yang frekuensinya antara  $\nu$  dan  $\nu + \Delta\nu$

Keberadaan foton direpresentasikan oleh keberadaan gelombang berdiri dalam kotak

Analogi

Sebuah tali elastik panjang  $L$  yang kedua ujungnya terikat



Osilasi dalam keadaan mantap dapat memberikan

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

# Radiasi Benda Hitam

Kotak 3-D

$$n^2 = n_x^2 + n_y^2 + n_z^2 = \frac{4L^2}{\lambda} = \frac{4L^2}{c^2} \nu^2$$

Sekarang kita mencari  $\Phi(\nu)$ , yaitu jumlah foton yang frekuensinya kurang dari  $\nu$

$$\Phi(\nu) = \frac{1}{8} \text{volume bola} = \frac{1}{8} \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \frac{\pi L^3}{c^3} \nu^3$$

Gelombang EM memiliki kemungkinan 2 arah osilasi (polarisasi) yang saling bebas, sehingga

$$\Phi(\nu) = \frac{8}{3} \frac{\pi L^3}{c^3} \nu^3$$

Jumlah keadaan yang frekuensinya antara  $\nu$  dan  $\nu + \Delta\nu$

$$g(\nu) = \Omega(\nu) = \frac{d\Phi(\nu)}{d\nu} \Delta\nu = \frac{8\pi V}{c^3} \nu^2 \Delta\nu$$

# Radiasi Benda Hitam

Distribusi Bose-Einstein:

$$\Delta N_\nu = \frac{8\pi V}{c^3} \frac{\nu^2}{e^{h\nu/kT} - 1} \Delta \nu$$
$$\frac{\Delta N_\nu}{V} = \frac{8\pi}{c^3} \frac{\nu^2}{e^{h\nu/kT} - 1} \Delta \nu$$

Energi tiap foton adalah  $h\nu$ , sehingga energi tiap satuan volume dari foton yang memiliki frekuensi antara  $\nu$  dan  $\nu + \Delta \nu$  (rapat energi spektral):

$$\Delta u_\nu = \frac{\Delta N_\nu}{V} h\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3}{e^{h\nu/kT} - 1} \Delta \nu$$
$$\Delta u_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \Delta \lambda$$

Rumusan Planck tentang Radiasi

# Radiasi Benda Hitam

Energi tiap satuan volume dari foton yang memiliki panjang gelombang antara  $\lambda$  dan  $\lambda + \Delta \lambda$  (rapat energi spektral):

$$\Delta u_{\lambda} = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \Delta \nu$$

