

Bunyi

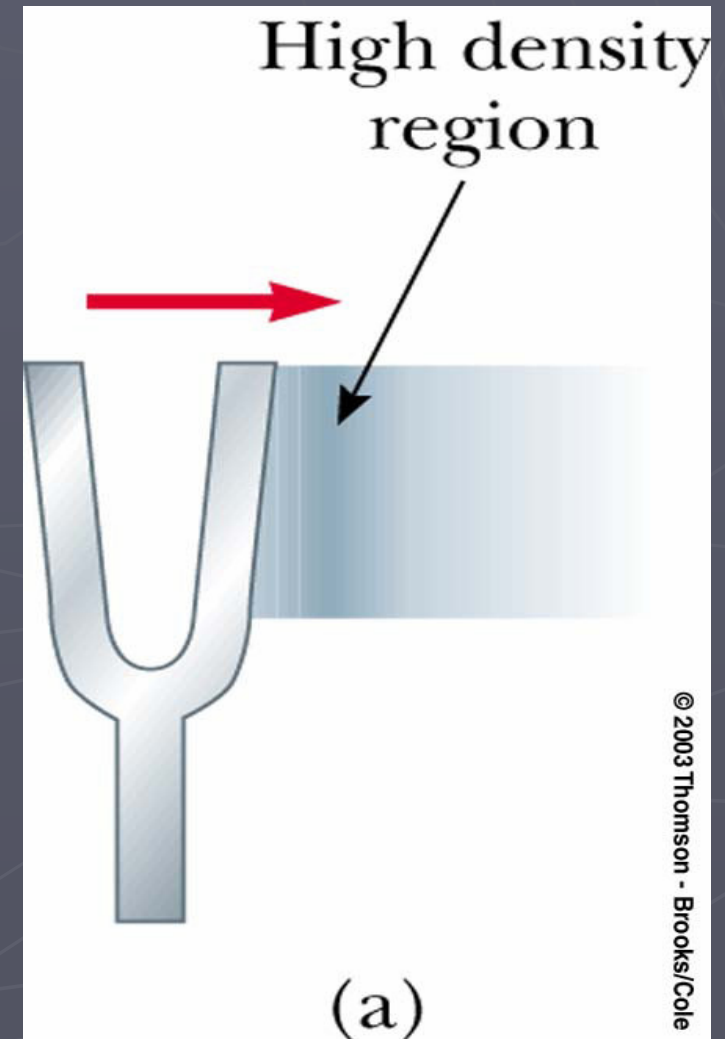


Penghasil Gelombang Bunyi

- ▶ Gelombang bunyi adalah **gelombang longitudinal** yang merambat melalui sebuah medium
- ▶ Sebuah garpu tala dapat digunakan sebagai contoh penghasil gelombang bunyi

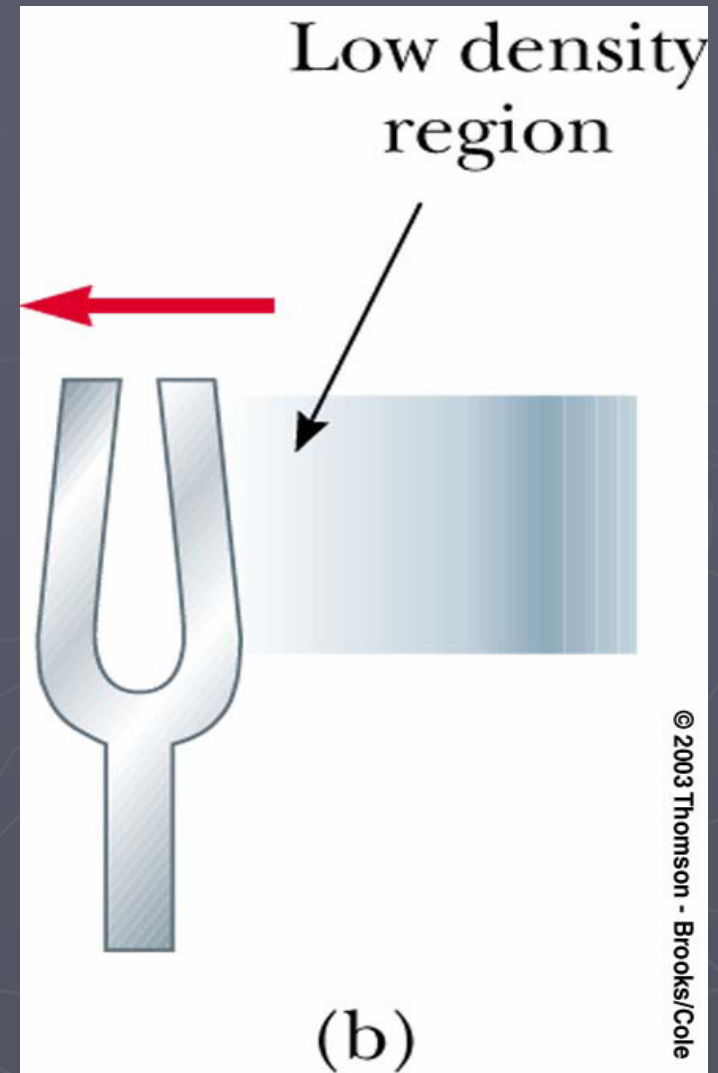
Penggunaan Garpu Tala Untuk Menghasilkan Gelombang Bunyi

- ▶ **Garpu tala** akan menghasilkan sebuah nada yang murni
- ▶ Ketika garpu bergetar, getarannya akan mengganggu udara disekitarnya
- ▶ Ketika garpu di tarik ke kanan, akan memaksa molekul udara disekitarnya saling berdekatan
- ▶ Hal ini menghasilkan daerah dengan kerapatan yang tinggi pada udara
 - Daerah ini adalah **mampatan** (*compression*)

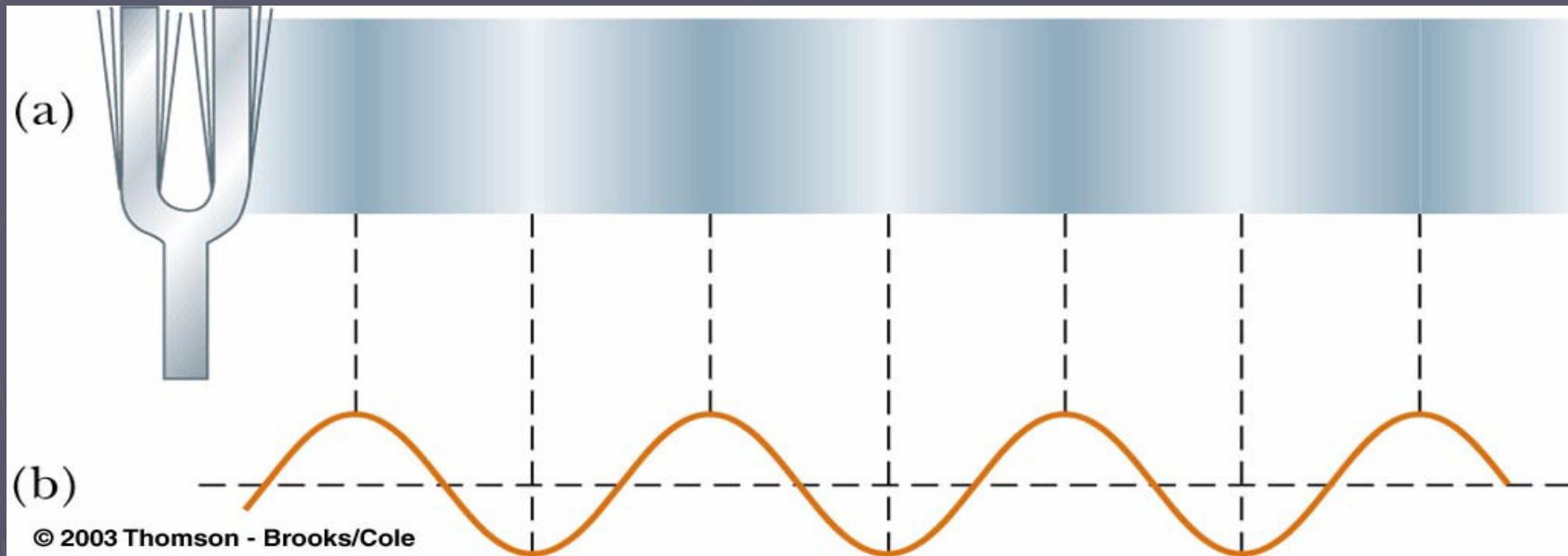


Penggunaan Garpu Tala (lanjutan)

- ▶ Ketika garpu di tekan ke kiri (saling berdekatan), molekul-molekul udara di sebelah kanan garpu akan saling merenggang
- ▶ Menghasilkan daerah dengan kerapatan yang rendah
 - Daerah ini disebut **regangan** (*rarefaction*)



Penggunaan Garpu Tala (lanjutan)



- ▶ Ketika garpu tala terus bergetar, serangkaian **mampatan (compression)** dan **regangan (rarefaction)** menjalar dari garpu
- ▶ Kurva sinusoidal dapat digunakan untuk menggambarkan gelombang longitudinal
 - Puncak sesuai dengan mampatan dan lembah sesuai dengan regangan

Kategori Gelombang Bunyi

- ▶ **Gelombang yang dapat didengar (audible)**
 - Dalam jangkauan pendengaran telinga manusia
 - Normalnya antara 20 Hz sampai 20.000 Hz
- ▶ **Gelombang Infrasonik**
 - Frekuensinya di bawah 20 Hz
- ▶ **Gelombang Ultrasonik**
 - Frekuensinya di atas 20.000 Hz

Aplikasi dari Gelombang Ultrasonik

- ▶ Dapat digunakan untuk menghasilkan gambar dari benda yang kecil
- ▶ Secara lebih luas digunakan sebagai alat diagnosa dan pengobatan di bidang medis
 - Ultrasonik flow meter untuk mengukur aliran darah
 - Dapat menggunakan alat *piezoelectrik* yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik
 - ▶ Kebalikannya: **mekanik ke listrik**
 - Ultrasound untuk mengamati bayi di dalam kandungan
 - Cavitron Ultrasonic Surgical Aspirator (CUSA) digunakan dalam proses pembedahan untuk mengangkat tumor otak

Laju Gelombang Bunyi

$$v = \sqrt{\frac{\text{sifat elastisitas medium}}{\text{sifat inersial medium}}}$$

- ▶ Laju gelombang bunyi lebih tinggi dalam zat padat daripada dalam gas
 - Molekul-molekul dalam zat padat berinteraksi lebih kuat
- ▶ Laju gelombang bunyi lebih rendah dalam zat cair daripada dalam zat padat
 - Zat cair lebih kompressible

Laju Gelombang Bunyi di Udara

$$v = \left(331 \frac{m}{s}\right) \sqrt{\frac{T}{273 K}}$$

- ▶ 331 m/s adalah laju gelombang bunyi pada 0° C
- ▶ T adalah **suhu mutlak** ($T = t_c + 273$) K

Intensitas Gelombang Bunyi

- ▶ **Intensitas** dari gelombang adalah laju aliran energi yang melewati luas tertentu, A , arahnya tegak lurus dengan arah penjalaran gelombang

$$I = \frac{\Delta E}{A \Delta t} = \frac{P}{A}$$

- ▶ P adalah daya, laju energi yang di transfer
- ▶ Satuannya adalah W/m^2

Jenis Intensitas Gelombang Bunyi

► Ambang Pendengaran

- Bunyi terendah yang bisa didengar manusia
- Sekitar $1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$

► Ambang Rasa Sakit

- Bunyi terkeras yang masih bisa di toleransi manusia
- Sekitar 1 W/m^2

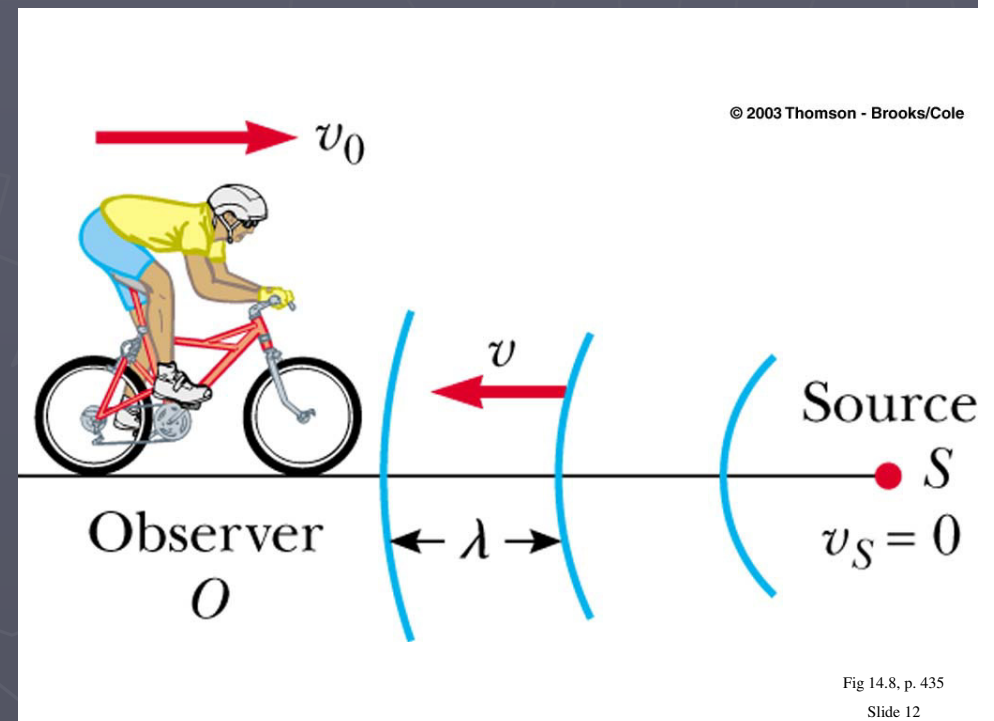
- Telinga adalah detektor yang sensitif terhadap gelombang bunyi

Efek Doppler

- ▶ Efek Doppler muncul ketika terdapat gerak relatif antara sumber gelombang dan pengamat
 - Ketika sumber dan pengamat saling mendekat, pengamat mendengar frekuensi yang lebih tinggi daripada frekuensi sumber
 - Ketika sumber dan pengamat saling menjauh, pengamat mendengar frekuensi yang lebih rendah daripada frekuensi sumber
- ▶ Meskipun Efek Doppler biasanya terjadi pada gelombang bunyi, fenomena tersebut terjadi juga pada gelombang yang lain

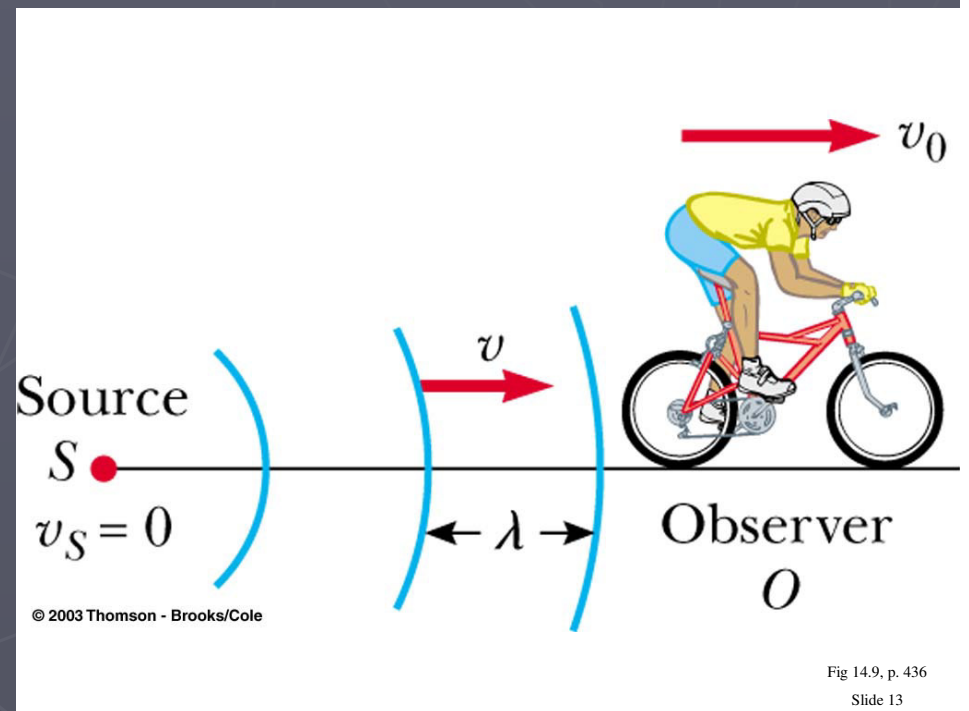
Efek Doppler, Kasus 1

- ▶ Pengamat mendekati sumber yang diam
- ▶ Untuk pergerakan ini, pengamat merasakan penambahan jumlah muka gelombang
- ▶ Frekuensi yang terdengar bertambah



Efek Doppler, Kasus 2

- ▶ Pengamat menjauhi sumber yang diam
- ▶ Pengamat merasakan lebih sedikit muka gelombang per detik
- ▶ Frekuensi yang terdengar lebih rendah



Efek Doppler, Akibat Pengamat yang Bergerak

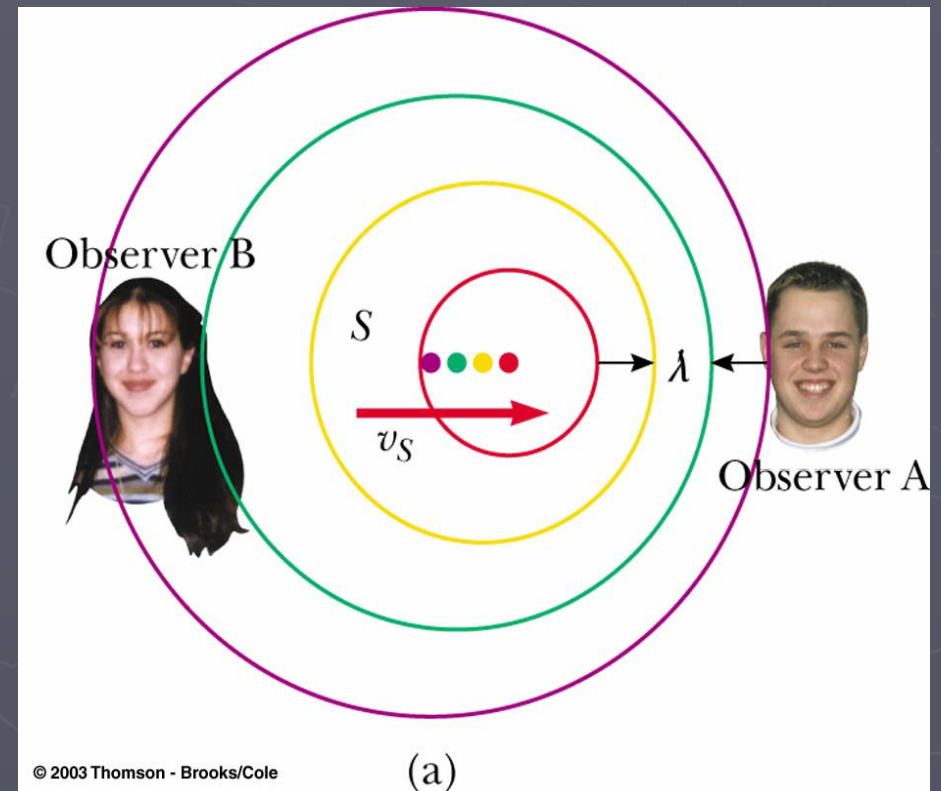
- ▶ Frekuensi yang terdengar, f' , bergantung pada frekuensi bunyi sebenarnya dan laju

$$f' = f \left(\frac{v + v_o}{v} \right)$$

- ▶ v_o positif jika pengamat bergerak mendekati sumber dan negatif jika pengamat bergerak menjauhi sumber

Efek Doppler, Sumber yang Bergerak

- ▶ Ketika sumber bergerak mendekati pengamat (A), panjang gelombang yang muncul lebih pendek dan frekuensinya bertambah
- ▶ Ketika sumber bergerak menjauhi pengamat (B), panjang gelombang yang muncul lebih panjang dan frekuensinya berkurang



Efek Doppler, Sumber Bergerak (lanjutan)

$$f' = f \left(\frac{v}{v - v_s} \right)$$

- ▶ $-v_s$ ketika sumber bergerak mendekati pengamat dan $+v_s$ ketika sumber bergerak menjauhi pengamat

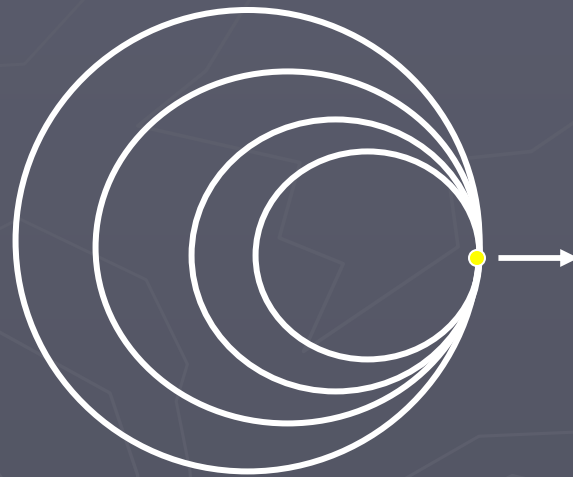
Efek Doppler, Pengamat dan Sumber Sama-sama Bergerak

- ▶ Ketika sumber dan pengamat sama-sama bergerak

$$f' = f \left(\frac{v + v_o}{v - v_s} \right)$$

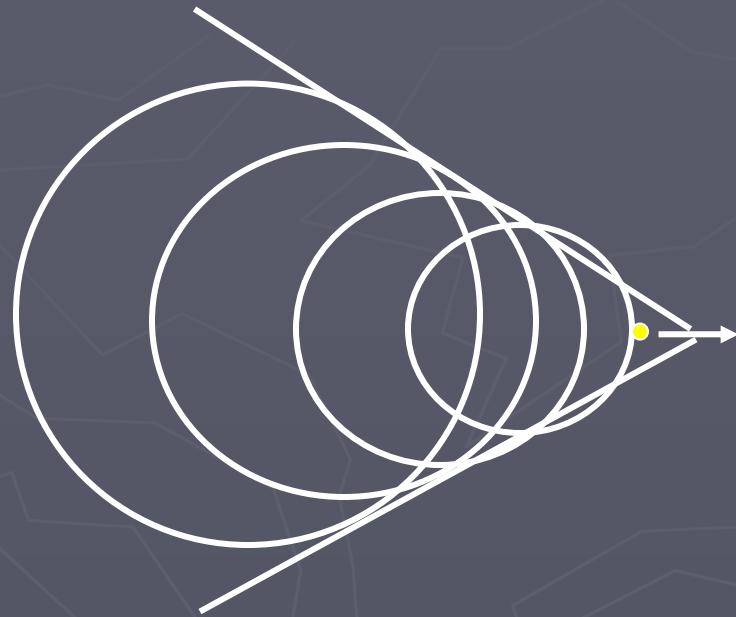
- ▶ v_o dan v_s positif jika bergerak saling mendekat
 - Frekuensi yang terdengar lebih tinggi
- ▶ v_o dan v_s negatif jika bergerak saling menjauh
 - Frekuensi yang terdengar lebih rendah

Apa yang terjadi ketika laju sumber sama dengan laju gelombang!



Terjadi "Barrier" gelombang

Apa yang terjadi ketika laju sumber lebih besar dari laju gelombang!



Terjadi gelombang "Bow"

Speedboat

→ terjadi gelombang "Bow" 2-D

Pesawat supersonik

→ terjadi gelombang "Bow" 3-D → **shock wave**

Interferensi Gelombang Bunyi

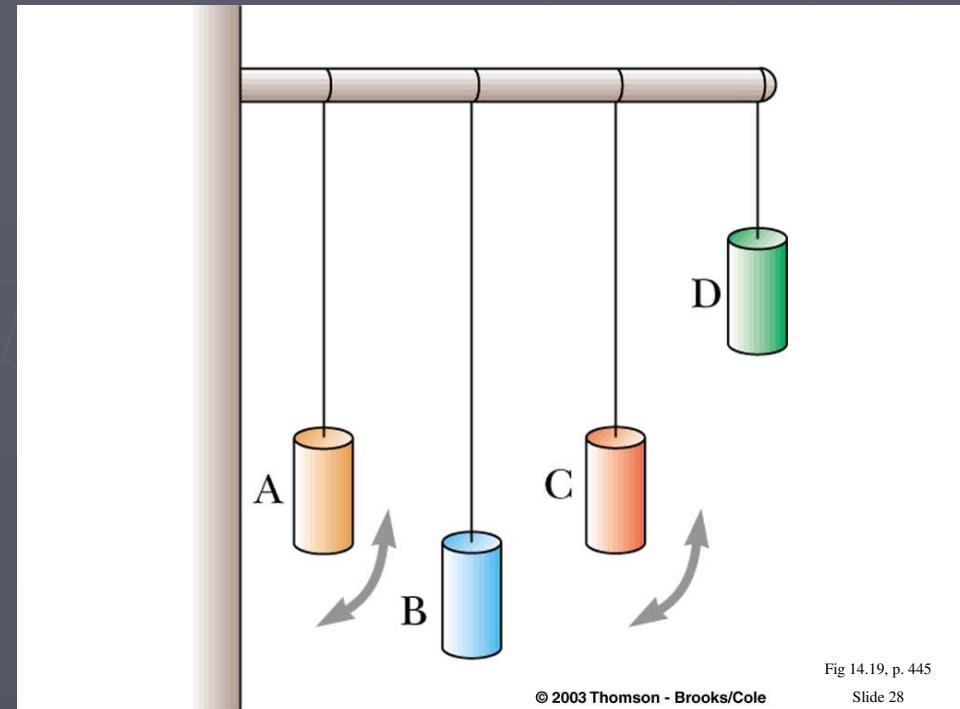
- ▶ Interferensi gelombang bunyi
 - **Interferensi Konstruktif** terjadi ketika perbedaan lintasan antara dua gelombang adalah nol atau **kelipatan bulat**
 - ▶ Beda lintasan = $n\lambda$
 - **Interferensi Destruktif** terjadi ketika perbedaan lintasan antara dua gelombang adalah setengah kelipatan bulat
 - ▶ Beda lintasan = $(n + \frac{1}{2})\lambda$

Getaran Terpaksa

- ▶ Sebuah sistem dengan gaya pengendali akan mengakibatkan getaran yang terjadi sesuai dengan frekuensinya
- ▶ Ketika frekuensi gaya pengendali sama dengan frekuensi alami sistem, sistem dikatakan berada dalam *resonansi*

Contoh dari Resonansi

- ▶ Bandul A digetarkan
- ▶ Bandul yang lain mulai bergetar karena getaran pada tiang yang lentur
- ▶ Bandul C beresonansi pada amplitudo yang besar karena panjangnya, dan frekuensinya sama dengan bandul A



Contoh Resonansi yang lain!

Telinga

- ▶ Bagian luar telinga terdiri atas saluran telinga (**ear canal**) yang berakhir pada gendang telinga (**eardrum**)
- ▶ Bagian di belakang gendang telinga termasuk bagian tengah telinga
- ▶ Tulang belulang di bagian tengah telinga mengirimkan bunyi ke bagian dalam telinga

