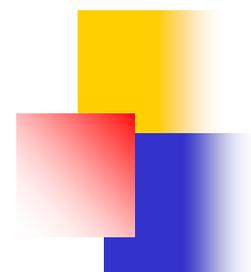


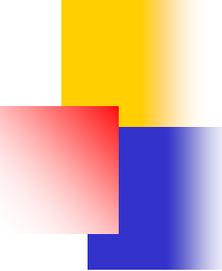


Universidade Federal do Pampa UNIPAMPA

Ondas Sonoras

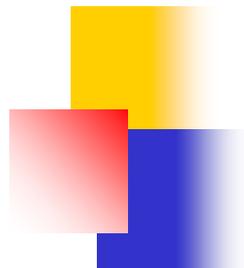
Prof. Luis Gomez





SUMÁRIO

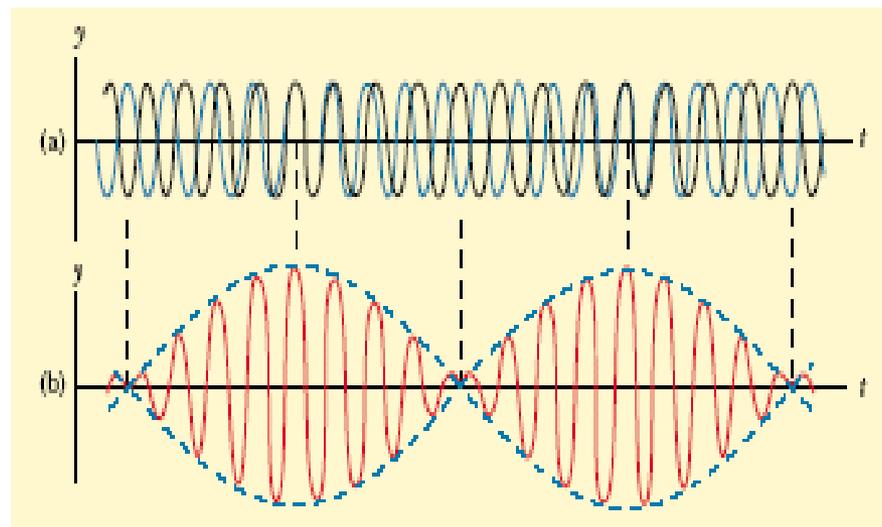
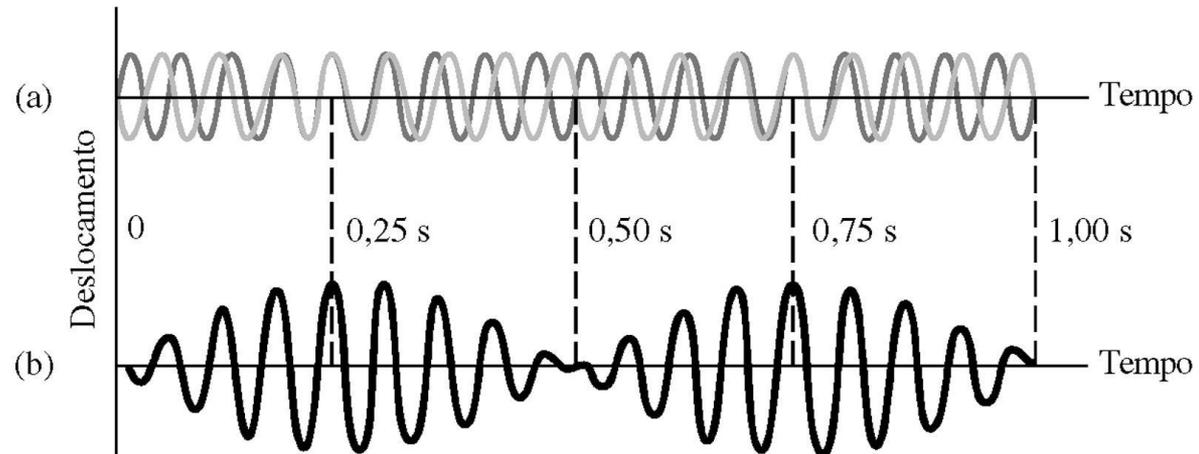
- ✓ Introdução
- ✓ Ondas sonoras.
- ✓ Características de som
- ✓ Velocidade do som
- ✓ Ondas sonoras em propagação
- ✓ Interferência
- ✓ Potencia, intensidade e nível sonoro.
- ✓ Fontes de sons musicais.
- ✓ Batimentos
- ✓ O Efeito Doppler (porque a altura de uma sirene muda enquanto ela passa por você).



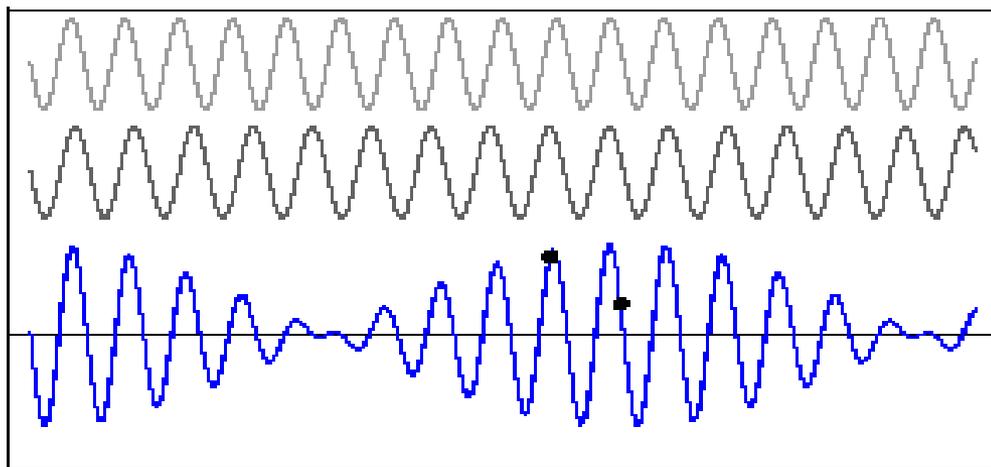
Batimento – superposição de duas ondas de frequência ligeiramente diferente

FIGURA 21.6 Os batimentos são variações de intensidade do som produzidas pela superposição de duas ondas sonoras que possuem frequências ligeiramente diferentes, como, por exemplo, 16 Hz e 18 Hz. a) Ondas individuais. b) Onda resultante da superposição das duas ondas. A frequência dos batimentos é $18 \text{ Hz} - 16 \text{ Hz} = 2 \text{ Hz}$.

Interferência temporal



Duas oscilações(TONNNNN e TOoNNNNN) com pequena diferença nas suas freqüências quando somadas, produzem o fenômeno do: **BATIMENTO!!! - TOINHoIIINHIINHoIIINHoIIII....!**



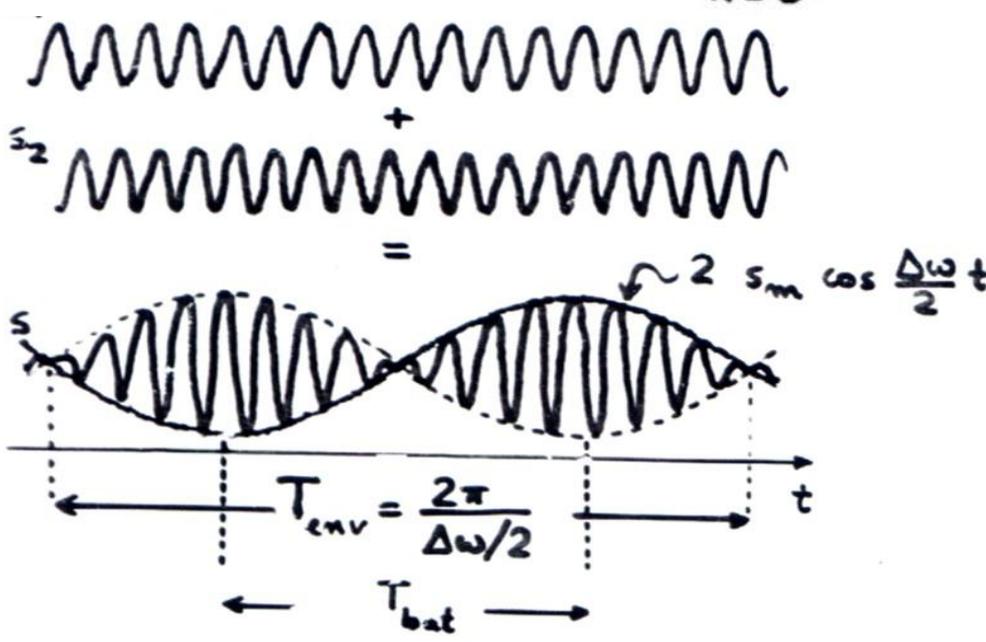
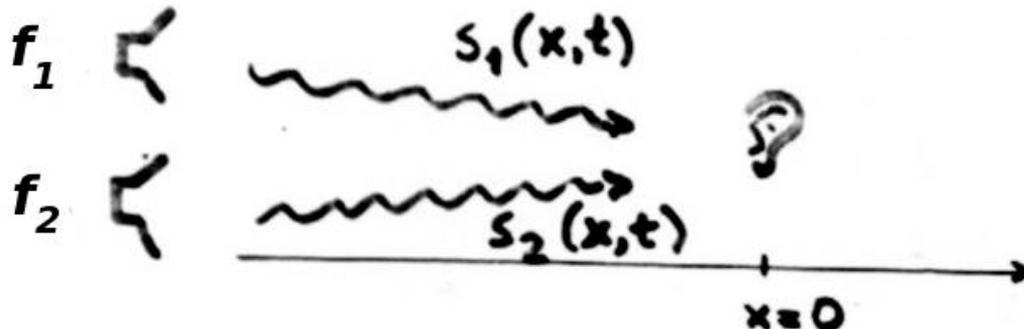
←TONNNNN.....

←Toonnnnnn.....

←TOINHoIIII....!

BATIMENTOS

$$s(0,t) = s_1(0,t) + s_2(0,t) = ?$$



$$T_{bat} = \frac{T_{env}}{2}$$

$$\bar{\omega} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}, \quad \frac{\Delta \omega}{2} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$$

$$s(0,t) = \left[2 s_m \cos \frac{\Delta \omega}{2} t \right] \cos[\bar{\omega} t]$$

$$s(0,t) = \underbrace{2 s_m \cos \frac{\Delta \omega}{2} t}_{ENVOLTÓRIA} \cdot \cos \bar{\omega} t$$

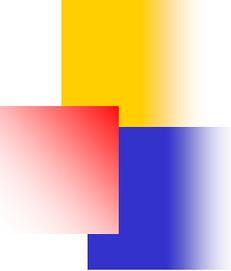
$$T_{env} = \frac{4\pi}{\Delta \omega}$$

$$T_{bat} = \frac{T_{env}}{2} = \frac{2\pi}{\Delta \omega} \therefore \frac{\Delta \omega}{2\pi} = \frac{1}{T_{bat}}$$

$$\nu_{bat} = \frac{1}{T_{bat}} = \frac{\Delta \omega}{2\pi} = \Delta \nu$$

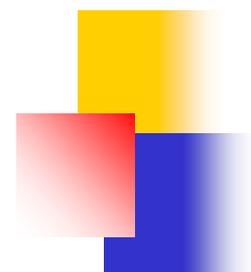
$$\nu_{bat} = |\nu_1 - \nu_2|$$

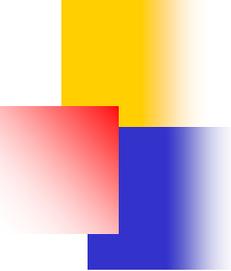
$$f_{bat} = f_1 - f_2$$



Exemplo:

Suponha um tubo com duas extremidades abertas, A e B. Suponha que a frequência do primeiro harmônico produzido pelo lado A é $f_{A1} = 432$ Hz e que a frequência do primeiro harmônico produzido pela extremidade B é $f_{B1} = 371$ Hz. Qual é a frequência de batimento entre as duas frequências primeiro harmônico e também do segundo harmônico.

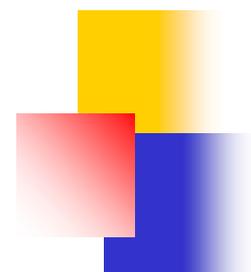




Efeito Doppler

O efeito Doppler, para ondas sonoras, constitui o fenômeno pelo qual um observador percebe uma frequência diferente daquela emitida por uma fonte, devido ao movimento relativo entre eles (observador e fonte).

É o que acontece quando uma ambulância, com sua sirene ligada, passa por um observador (parado ou não). Enquanto a ambulância se aproxima, a frequência por ele percebida é maior que a real (mais aguda); mas, à medida que ela se afasta, a frequência percebida é menor (mais grave).



Efeito Doppler-Fizeau : fonte parada



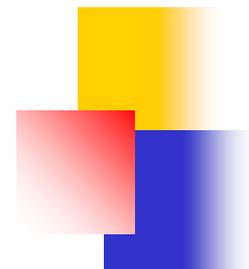
Efeito Doppler-Fizeau : fonte em movimento



Efeito Doppler-Fizeau : $v_{\text{veloc.}} = v_{\text{veloc. som}}$



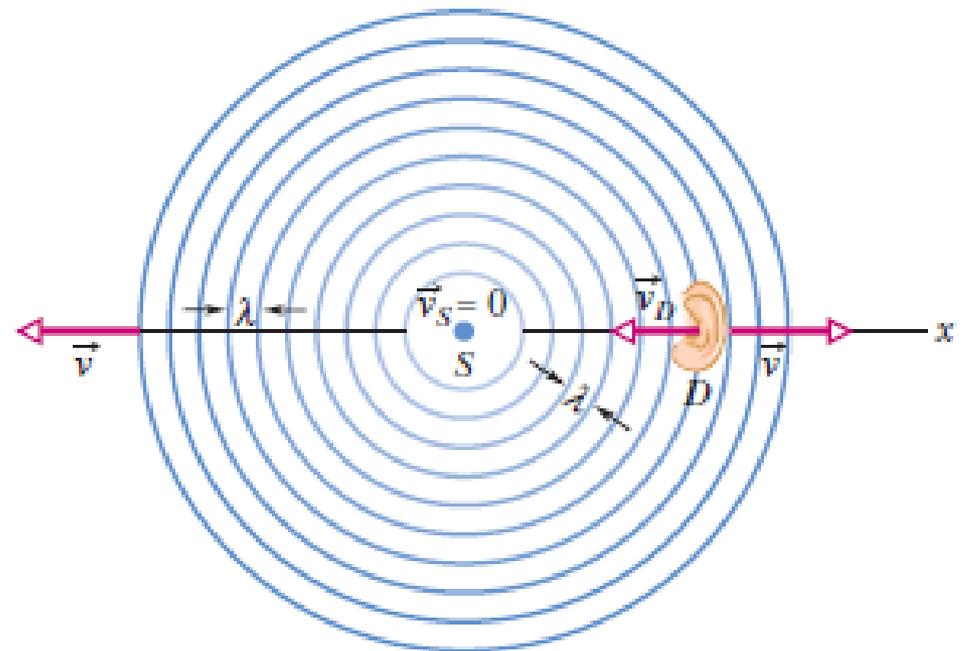
Efeito Doppler-Fizeau : veloc. maior veloc. som



Detector em movimento, fonte em repouso

Shift up: The detector moves toward the source.

Fig. 17-18 A stationary source of sound S emits spherical wavefronts, shown one wavelength apart, that expand outward at speed v . A sound detector D , represented by an ear, moves with velocity \vec{v}_D toward the source. The detector senses a higher frequency because of its motion.



Detetor em movimento, fonte Repouso

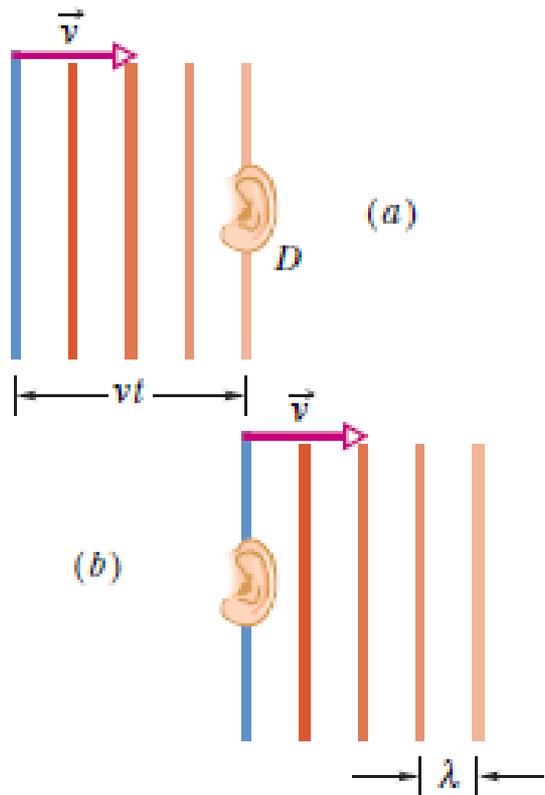


Fig. 17-19 The wavefronts of Fig. 17-18, assumed planar, (a) reach and (b) pass a stationary detector D ; they move a distance vt to the right in time t .

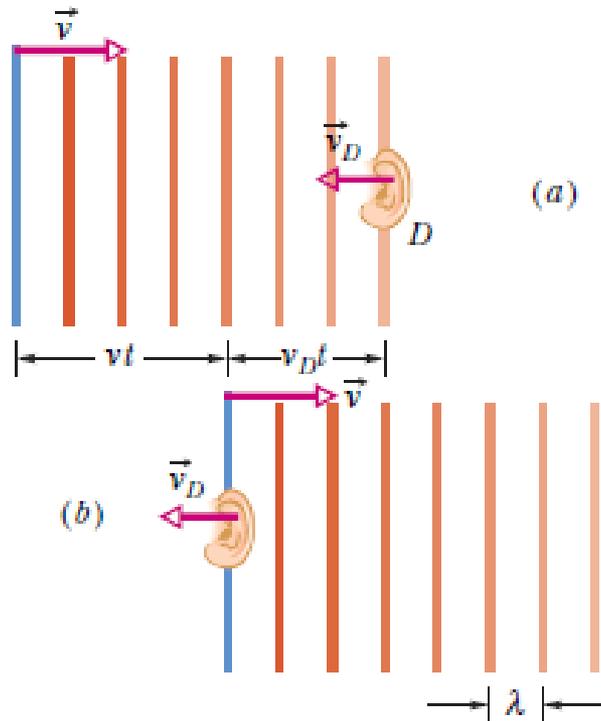


Fig. 17-20 Wavefronts traveling to the right (a) reach and (b) pass detector D , which moves in the opposite direction. In time t , the wavefronts move a distance vt to the right and D moves a distance $v_D t$ to the left.

$$f = \frac{vt/\lambda}{t} = \frac{v}{\lambda}$$

$$f' = \frac{(vt + v_D t)/\lambda}{t} = \frac{v + v_D}{\lambda}$$

$$\lambda = v/f$$

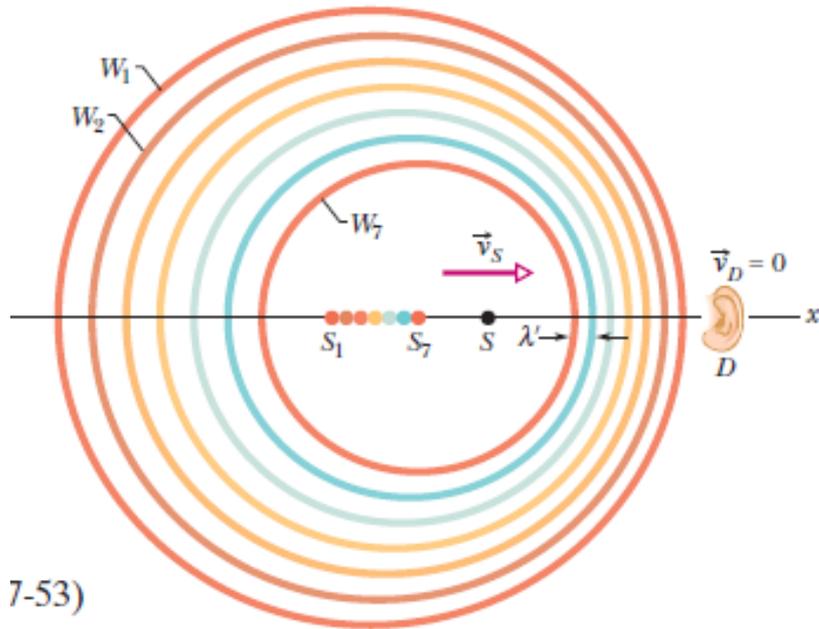
$$f' = \frac{v + v_D}{v/f} = f \frac{v + v_D}{v}$$

$$f' = f \frac{v - v_D}{v}$$

$$f' = f \frac{v \pm v_D}{v}$$

Fonte em movimento, detetor repouso

Shift up: The source moves toward the detector.



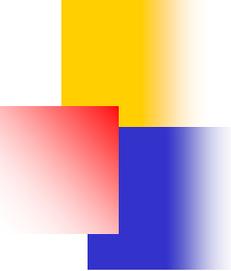
7-53)

$$f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{v}{vT - v_S T} = \frac{v}{v/f - v_S/f}$$

$$= f \frac{v}{v - v_S}$$

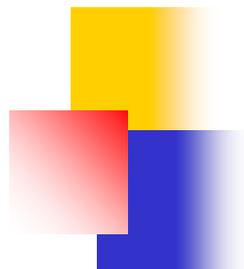
$$f' = f \frac{v}{v + v_S}$$

$$f' = f \frac{v}{v \pm v_S}$$



Efeito Doppler em forma geral

$$f' = f \frac{v \pm v_D}{v \pm v_S} \quad (\text{general Doppler effect}),$$



Efeito Doppler - Conclusão

Movimento de **aproximação** entre fonte e observador:

$$f_{RECEBIDA} > f_{EMITIDA} \quad (f' > f)$$

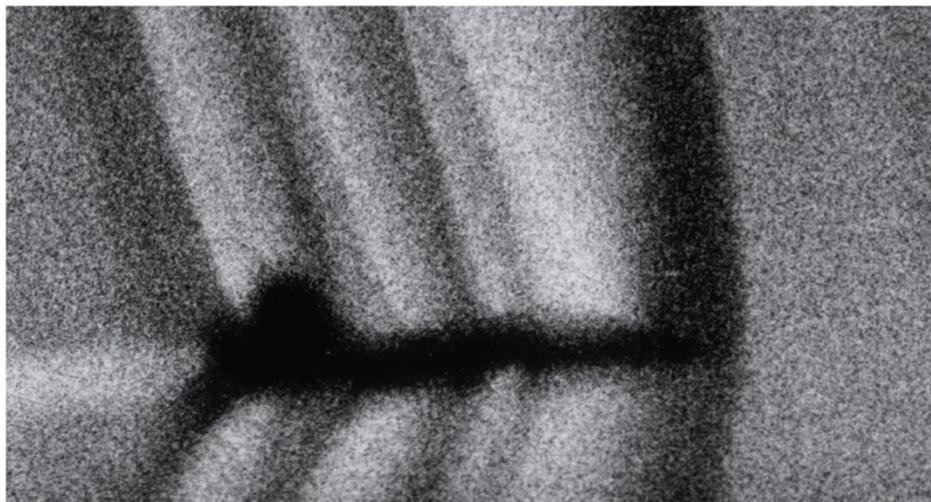
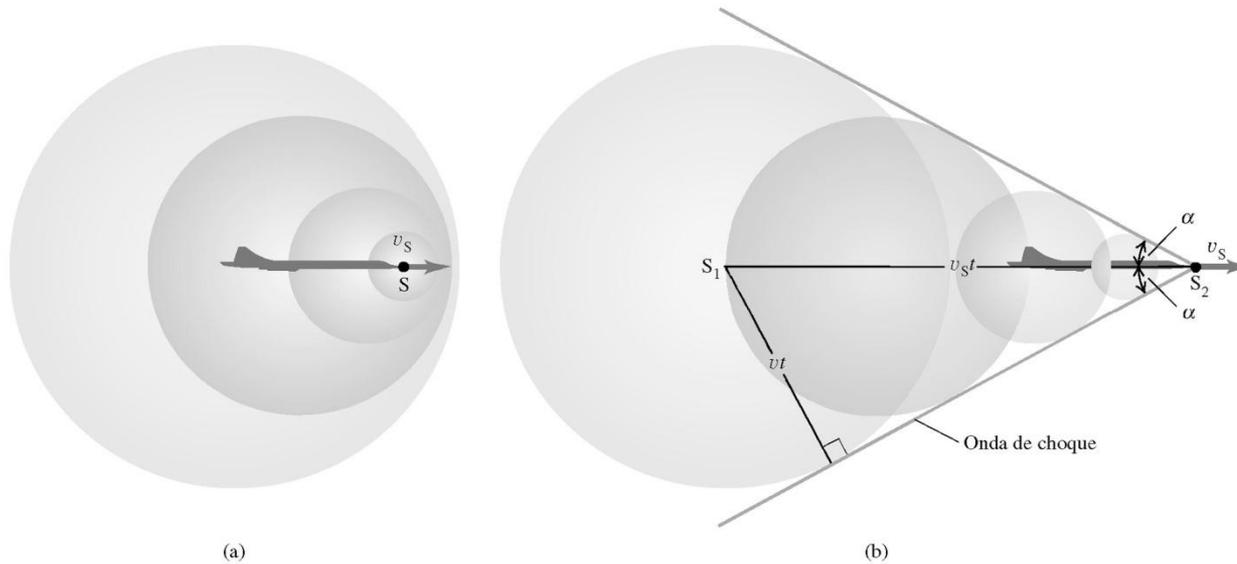
Movimento de **afastamento** entre fonte e observador:

$$f_{RECEBIDA} < f_{EMITIDA} \quad (f' < f)$$

Efeito Doppler Geral (v_D – Velocidade do detetor, v_S – velocidade da fonte e v – velocidade do Som):

$$f' = f \frac{v_S \pm v_D}{v_S \pm v_F}$$

Velocidades Supersônicas, Ondas de Choque

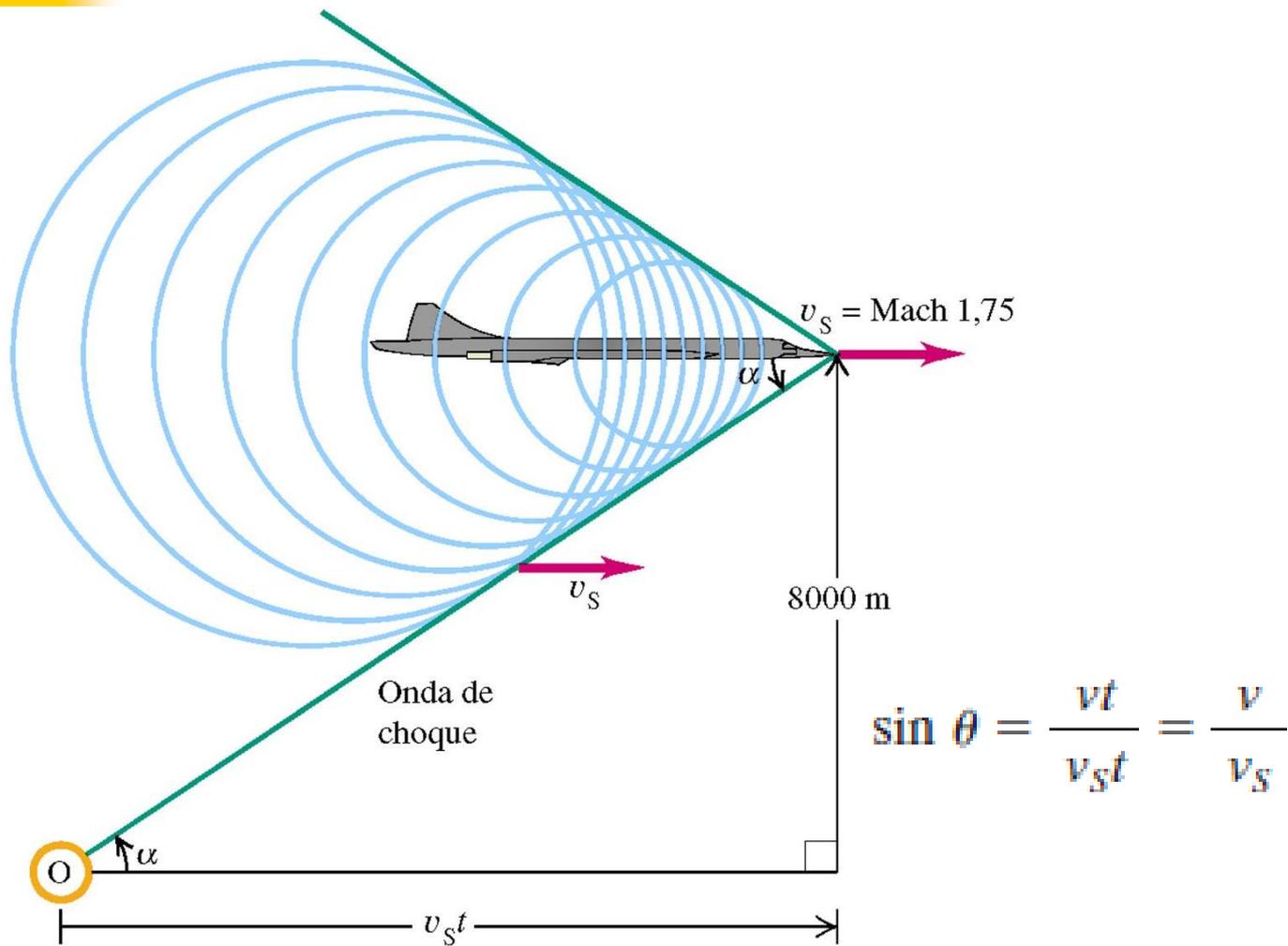


(c)

FIGURA 21.15 (a) À medida que a velocidade da fonte sonora S se aproxima da velocidade do som, as cristas das ondas tendem a se agrupar na parte frontal da fonte S . (b) Uma onda de choque se forma quando a velocidade da fonte é maior do que a velocidade do som. (c) Fotografia de uma onda de choque produzida por um avião a jato T-38 que se desloca com velocidade 1,1 vez a velocidade do som. Ondas de choque separadas são produzidas pelo nariz, pelas asas e pela traseira do avião. Os ângulos dessas ondas variam porque o ar é acelerado e retardado à medida que ele se move em relação ao avião, de modo que a velocidade relativa do avião em relação ao ar é diferente em diferentes pontos sobre o avião.

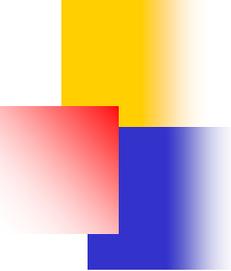


US Navy



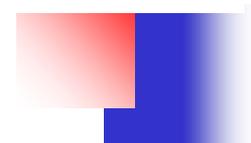
$$\sin \theta = \frac{vt}{v_S t} = \frac{v}{v_S} \quad (\text{Mach cone angle}).$$

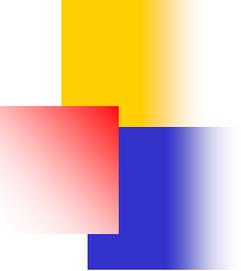
FIGURA 21.16 Você ouve o estrondo sônico quando a onda de choque atinge você no ponto O (e *não* no momento em que o avião quebra a barreira do som). Um ouvinte situado à direita do ponto O ainda não ouviu o estrondo sônico porém o ouvirá logo a seguir; um ouvinte à esquerda do ponto O já ouviu o estrondo sônico e estará ouvindo o desvio de frequência produzido pelo efeito Doppler do som do avião.



Exemplo:

Um foguete se move com uma velocidade de 242 m/s (através do ar em repouso) diretamente em direção a um poste estacionário em quanto emite ondas sonoras de frequência $f = 1250$ Hz.

- a) Qual é a frequência f' medida por um detector que está preso ao poste?
 - b) Parte do som que atinge o poste é refletida de volta ao foguete como um eco. Qual a frequência f'' detectada por um detector no foguete para esse eco?
- 



FIM

