

BÀI 2

DAO ĐỘNG VÀ SÓNG CƠ SÓNG ÂM VÀ SIÊU ÂM

BỘ MÔN: VẬT LÝ – LÝ SINH
GIẢNG VIÊN: BÙI ĐỨC ÁNH

MỤC TIÊU HỌC TẬP

1. Trình bày được các đặc trưng của dao động: phương trình, ly độ, pha, chu kỳ, tần số, vận tốc, gia tốc, năng lượng.
2. Giải thích được cơ chế hình thành và truyền sóng cơ và phân biệt được các loại sóng
3. Trình bày được các đặc tính sinh lý và hiệu ứng của sóng âm và siêu âm
4. Áp dụng các đặc tính, hiệu ứng của âm và siêu âm trong kỹ thuật, chẩn đoán, điều trị

MỤC LỤC BÀI 2

I. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

II. SÓNG CƠ

III. SÓNG ÂM

IV. SÓNG SIÊU ÂM

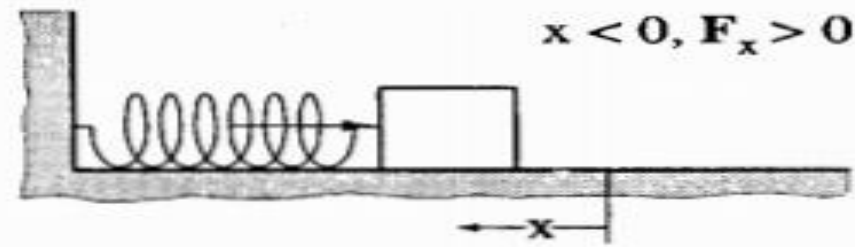
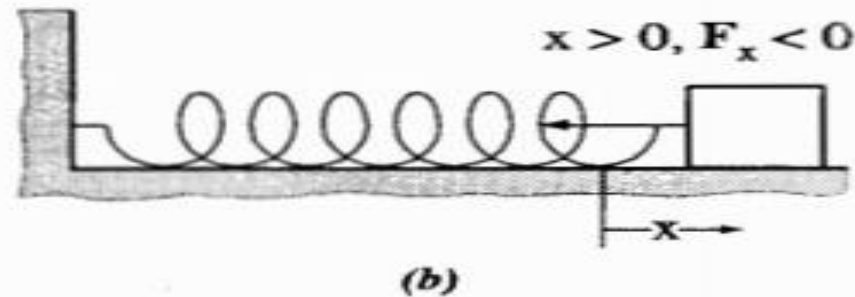
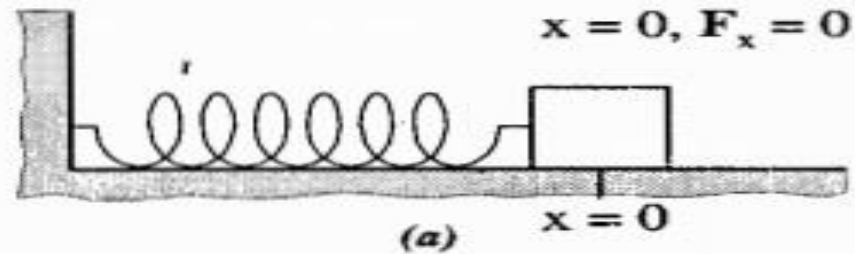
I. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

KHÁI NIỆM VÀ TÍNH CHẤT

- Dao động là một chuyển động được lặp lại nhiều lần theo thời gian
- Dao động cơ điều hòa là dao động sinh ra dưới tác dụng của lực (F) tỉ lệ với độ dịch chuyển (x) và hướng về vị trí cân bằng (O)
- Thực tế cho thấy một hệ muốn thực hiện dao động cơ điều hòa phải có 3 tính chất sau:
 - + Hệ có một vị trí cân bằng bền
 - + Hệ có lực kéo về vị trí cân bằng
 - + Hệ có quán tính

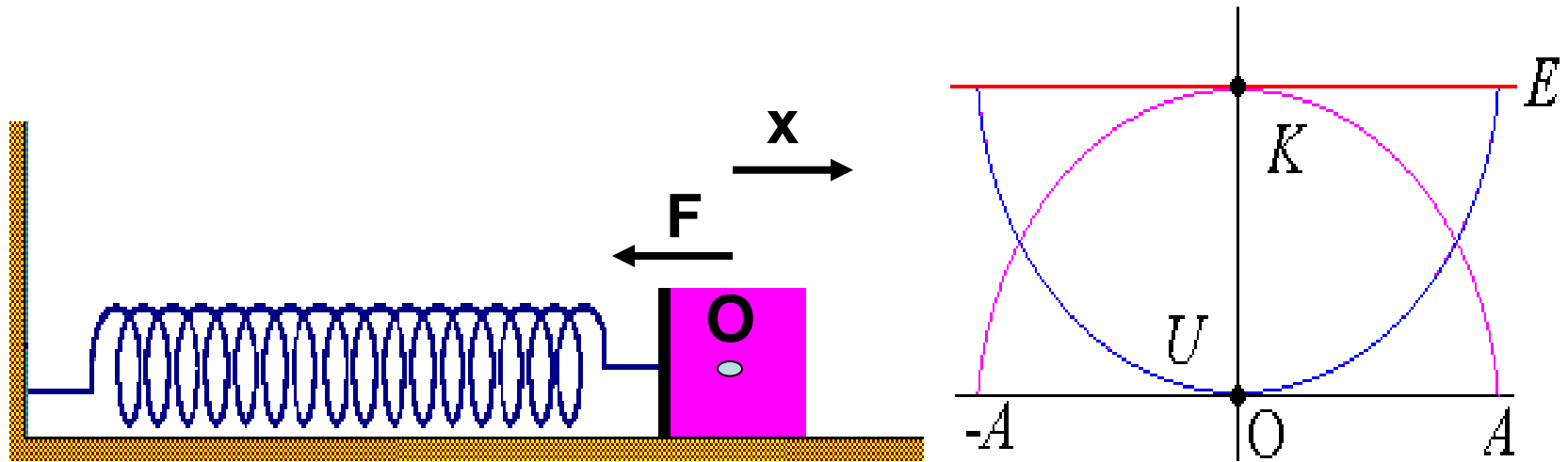
I. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

CON LẮC Lò XO



I. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

PHƯƠNG TRÌNH DAO ĐỘNG



$$F = -kx = ma = md^2x/dt^2$$

$$\rightarrow md^2x/dt^2 + kx = 0, \text{ đặt } \omega^2 = k/m$$

$$\rightarrow d^2x/dt^2 + \omega^2x = 0 \text{ (phương trình dao động)}$$

$$\rightarrow x = A\cos(\omega t + \alpha), \text{ (nghiệm của ft)}$$

I. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

BIÊN ĐỘ, PHA, CHU KỲ VÀ TẦN SỐ

$$x = A \cos(\omega t + \alpha)$$

Trong đó:

x : ly độ dao động; A : biên độ, $A = |x|_{\max}$

ω : tần số góc; $(\omega t + \alpha)$: pha; α : pha ban đầu

A và α : hằng số phụ thuộc điều kiện ban đầu

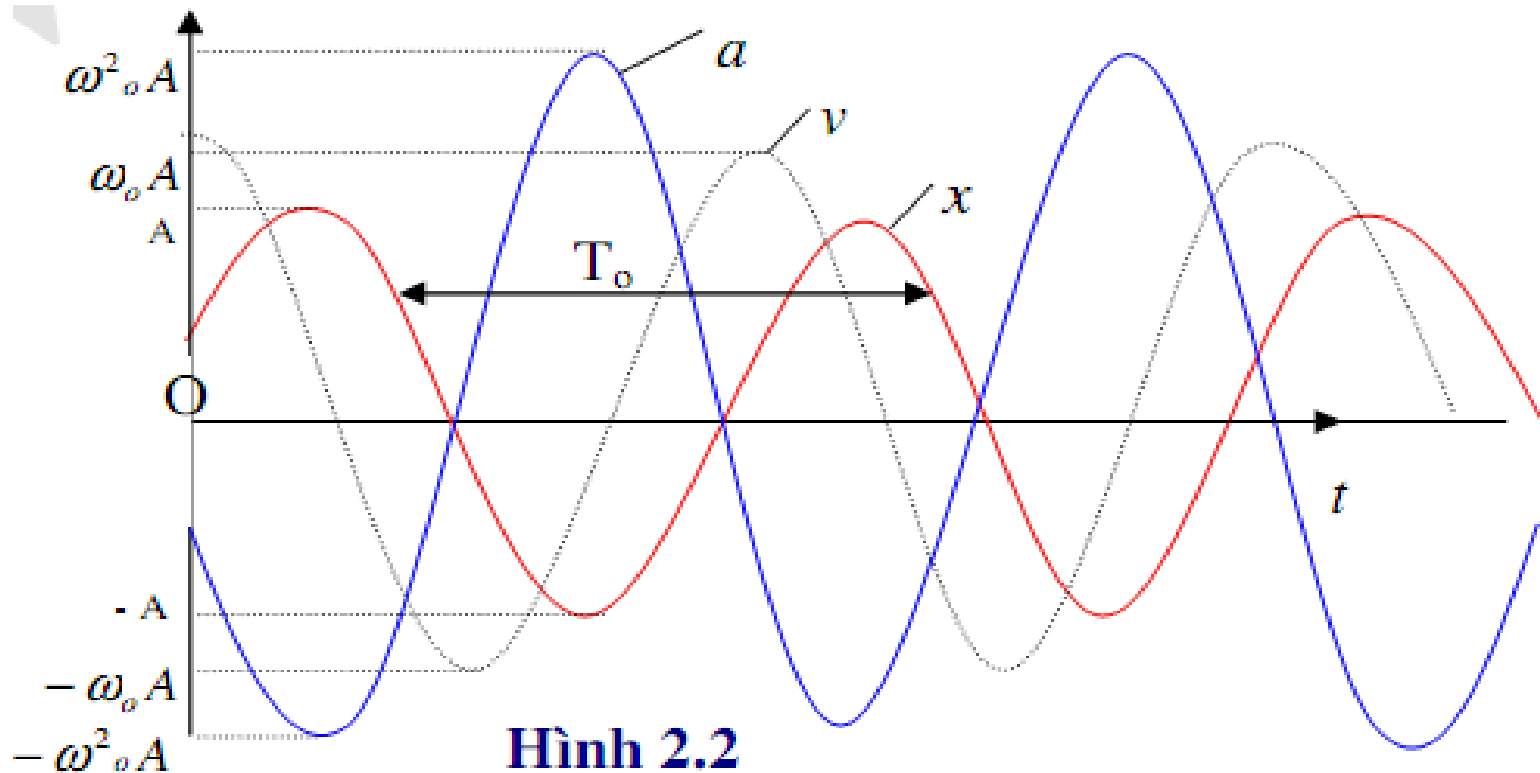
$T = 2\pi/\omega$: chu kỳ; $f = 1/T = \omega/2\pi$: tần số

$v = dx/dt = -A\omega \sin(\omega t + \alpha)$: vận tốc dao động

$a = dv/dt = -A\omega^2 \cos(\omega t + \alpha)$: gia tốc dao động

I. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

BIÊN ĐỘ, CHU KỲ, VẬN TỐC VÀ GIA TỐC



I. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

NĂNG LƯỢNG CỦA DAO ĐỘNG

Năng lượng của hệ: $W = Wđ + Wt$

$$(Wđ)_M = mv^2/2 = mA^2\omega^2\sin^2(\omega t + \alpha)/2$$
$$= kA^2\sin^2(\omega t + \alpha)/2 \quad (\text{do } k = m\omega^2)$$

$$(Wt)_M = (Wt)_O - A_{OM} = (Wt)_O - \int \mathbf{F}dx \quad (\text{từ } 0 \text{ đến } x)$$
$$= (Wt)_O - \int -kx dx \quad (\text{từ } 0 \text{ đến } x) = (Wt)_O + kx^2/2$$

Nếu quy ước $(Wt)_O = 0$ thì:

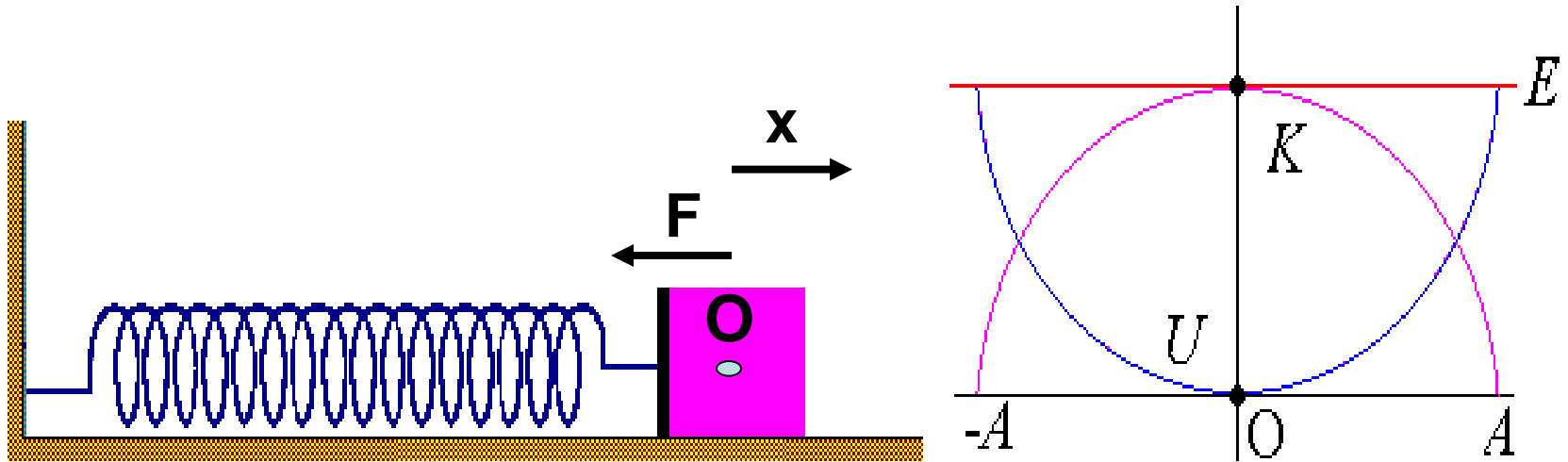
$$(Wt)_M = kx^2/2 = kA^2\cos^2(\omega t + \alpha)/2$$

$$W = kA^2\sin^2(\omega t + \alpha)/2 + kA^2\cos^2(\omega t + \alpha)/2$$
$$= kA^2/2 = mA^2\omega^2/2 = 2m\pi^2A^2f^2$$

→ Năng lượng của hệ được bảo toàn

I. DAO ĐỘNG CƠ HỌC

NĂNG LƯỢNG CỦA DAO ĐỘNG



$$W = kA^2/2 = mA^2\omega^2/2 = 2m\pi^2A^2f^2$$

“Năng lượng của dao động tỉ lệ với bình phương của biên độ và tần số”

II. SÓNG CƠ

SỰ LAN TRUYỀN DAO ĐỘNG

- Môi trường đàn hồi được cấu tạo bởi các phần tử liên tục mà giữa chúng có lực liên kết.
- Mỗi phần tử có một vị trí cân bằng bền x_0
- Khi một phần tử A trong môi trường bị ngoại lực tác dụng thì A rời khỏi vị trí x_0
- Lực liên kết kéo A về x_0 nhưng do quán tính A lại rời khỏi $x_0 \rightarrow$ A dao động xung quanh x_0
- Do tương tác, các phần tử bên cạnh A cũng bị lực tác động và thực hiện dao động theo.
- Hiện tượng này tiếp tục xảy ra đối với các phần tử khác và dao động được truyền đi.

II. SÓNG CƠ

KHÁI NIỆM

- Sóng cơ (sóng đàn hồi) là những dao động cơ học lan truyền trong môi trường đàn hồi:
 - Khi sóng truyền đi, chỉ có dao động (và kèm theo là năng lượng) được truyền đi, còn các phần tử môi trường chỉ dao động quanh vị trí cân bằng.
 - Sóng cơ không lan truyền được trong chân không, vì đó không phải là môi trường đàn hồi.
 - Vật gây ra kích động được gọi là nguồn phát sóng, phương truyền sóng được gọi là tia sóng, không gian sóng truyền qua là trường sóng.

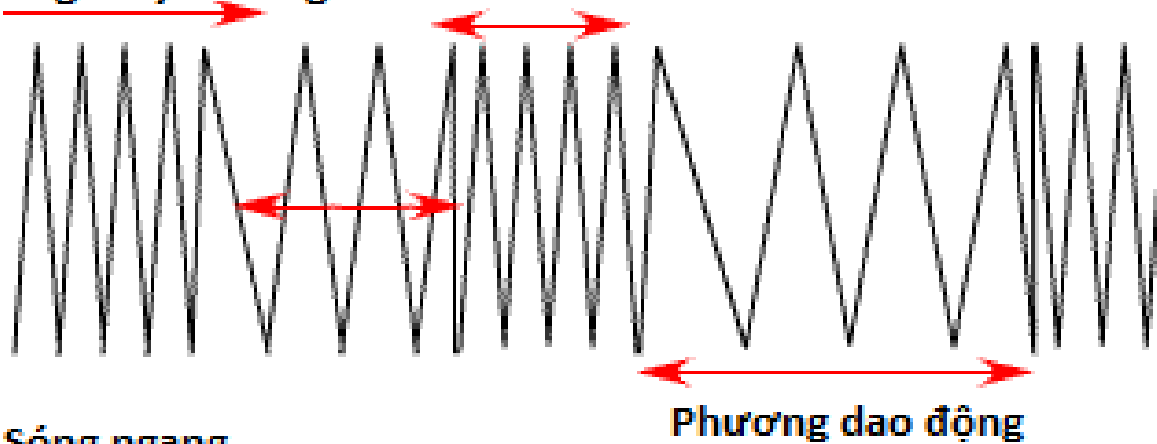
II. SÓNG CƠ

PHÂN LOẠI

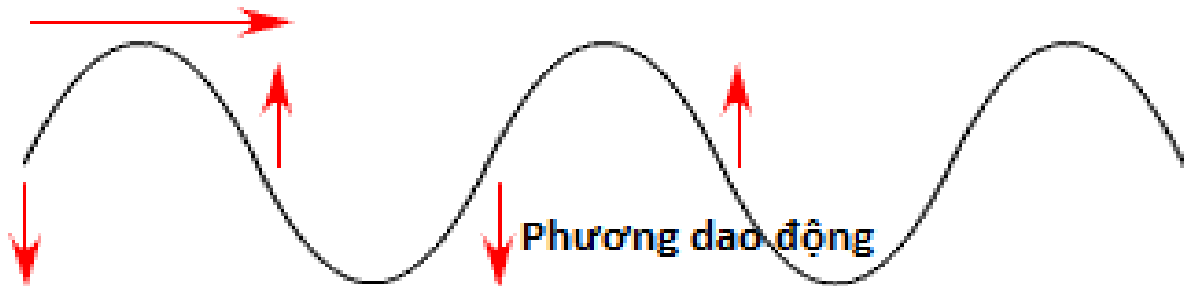
- Sóng dọc: dao động của các phần tử trong môi trường song song với phương truyền sóng.
 - Sóng dọc là những sự nén và giãn xen kẽ trong môi trường đàn hồi. Nó có thể xảy ra trong cả ba môi trường rắn, lỏng và khí.
- Sóng ngang : dao động của các phần tử trong môi trường vuông góc với phương truyền sóng.
 - Sóng ngang chỉ có thể xảy ra trong môi trường tại đó biến dạng trượt gây ra các lực đàn hồi. Do đó các sóng ngang không xuất hiện trong chất lỏng và chất khí.

II. SÓNG CƠ' PHÂN LOẠI

Sóng dọc
Phương truyền sóng

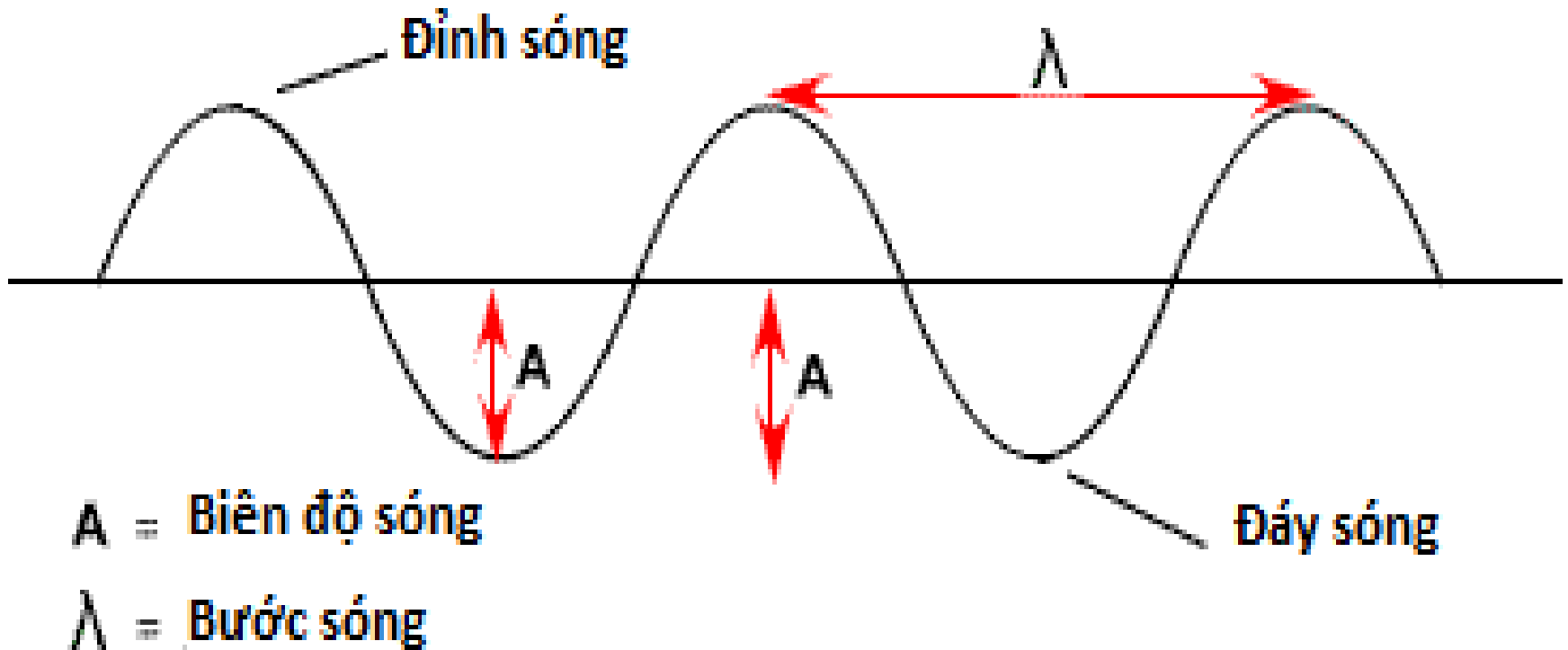


Sóng ngang
Phương truyền sóng

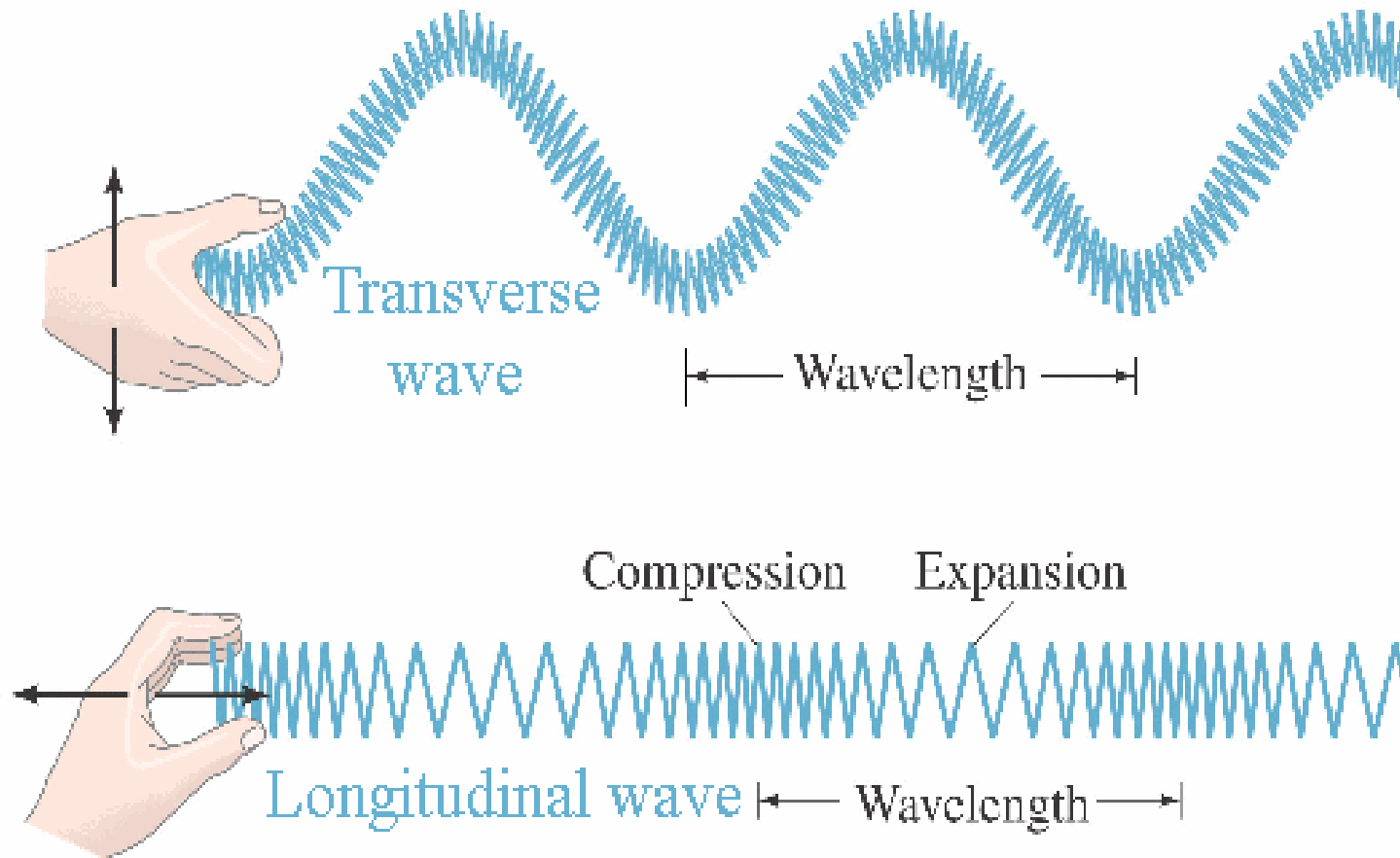


II. SÓNG CƠ

BIÊN ĐỘ & BƯỚC SÓNG



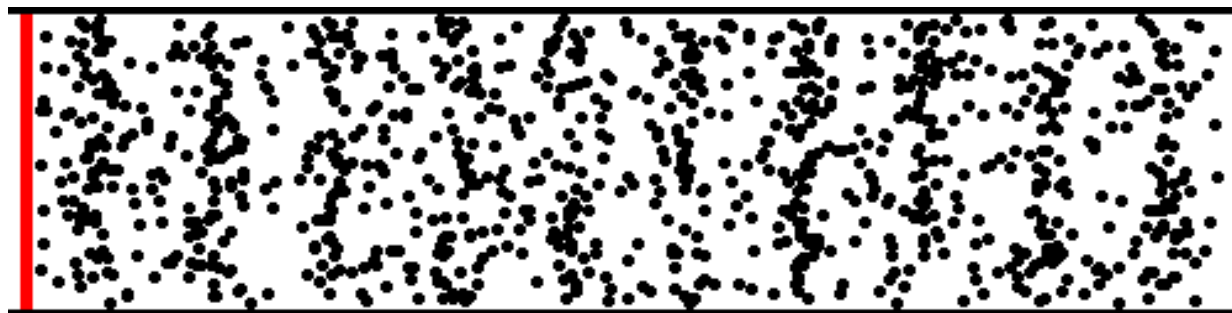
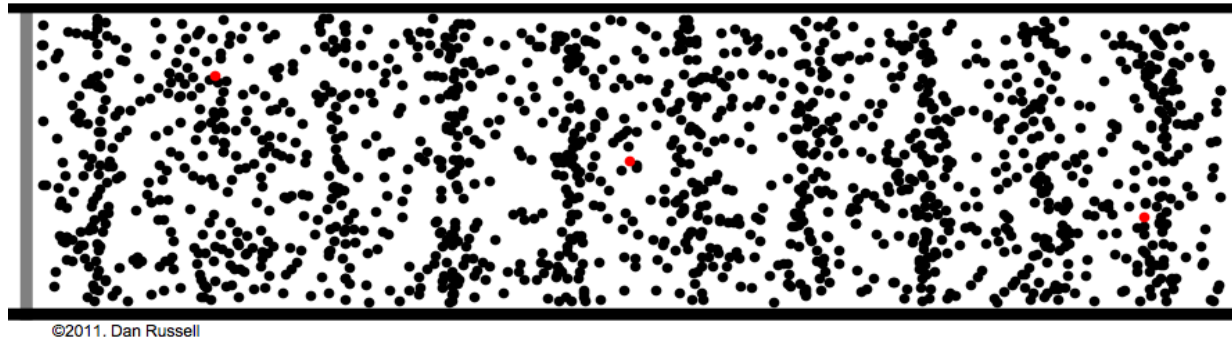
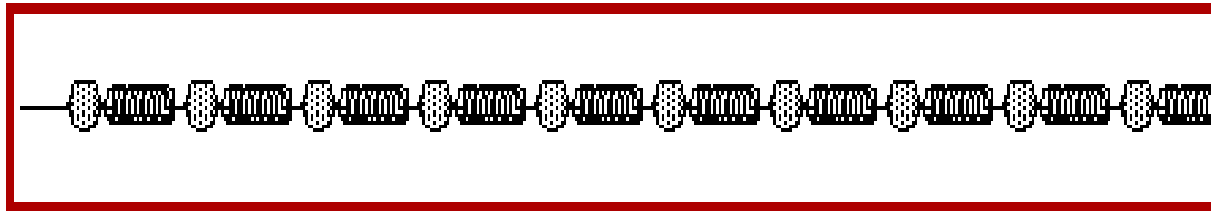
II. SÓNG CƠ PHÂN LOẠI



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

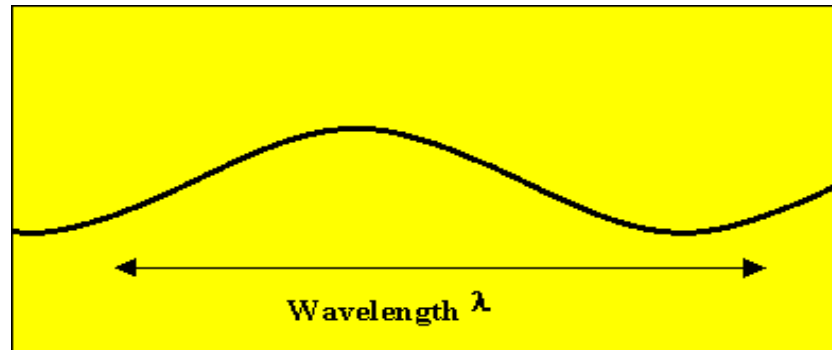
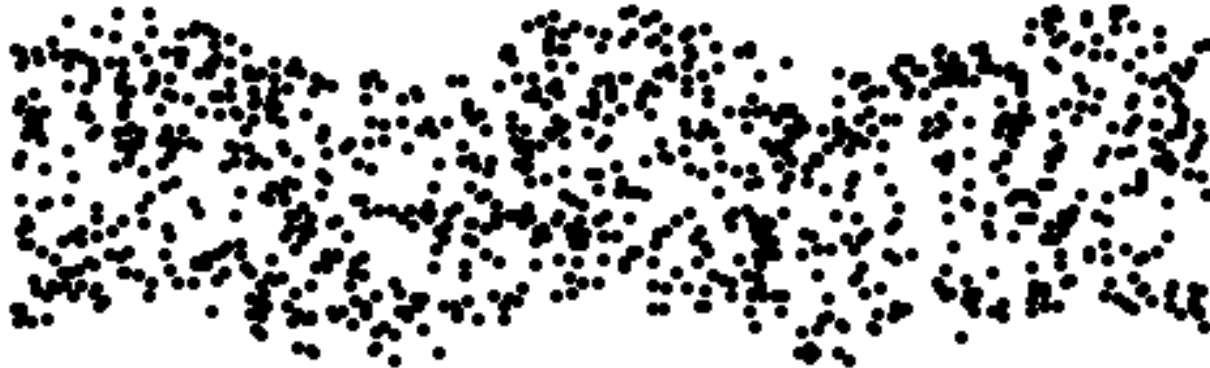
II. SÓNG CƠ

SÓNG DỌC

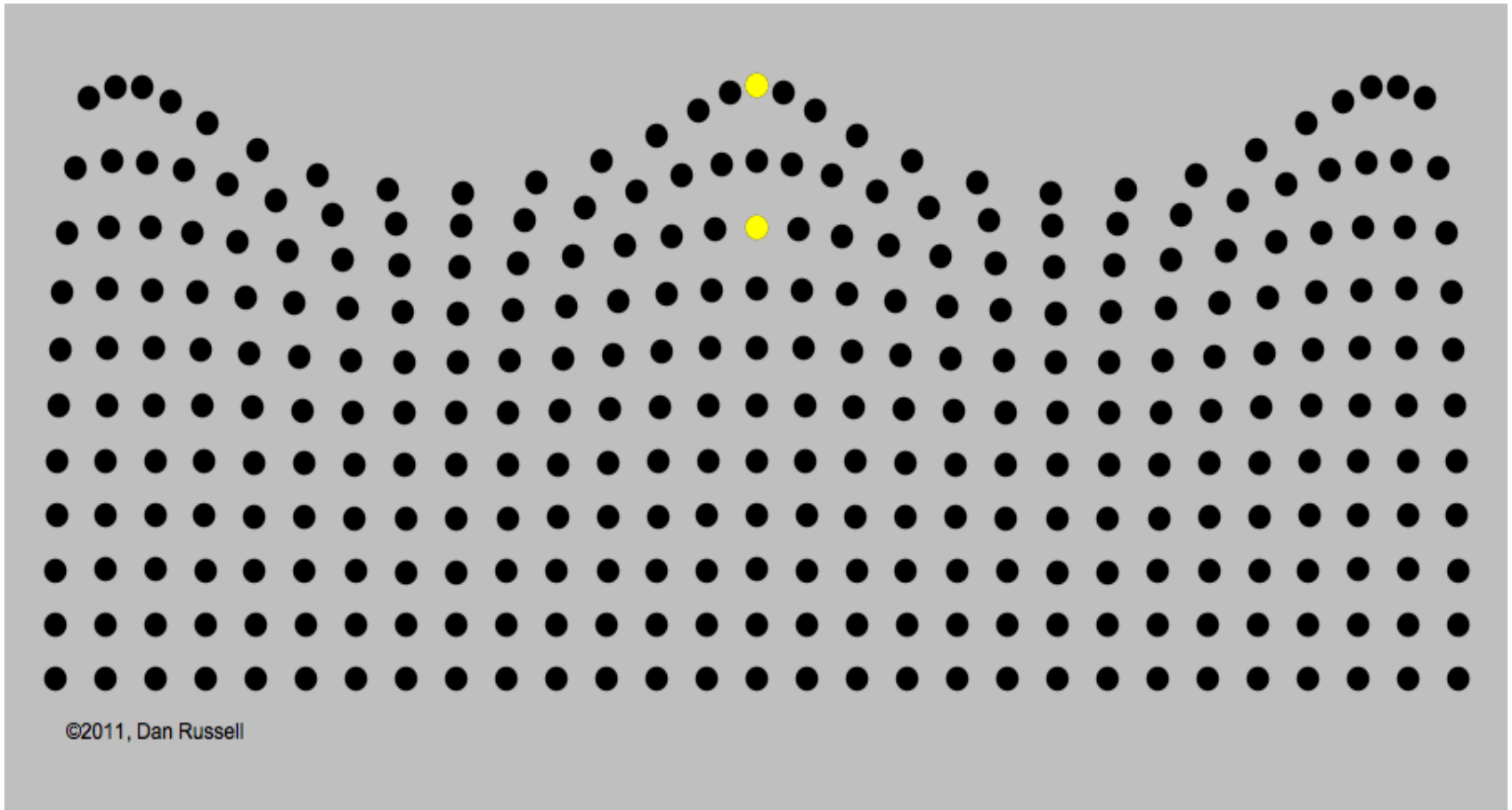


II. SÓNG CƠ

SÓNG NGANG

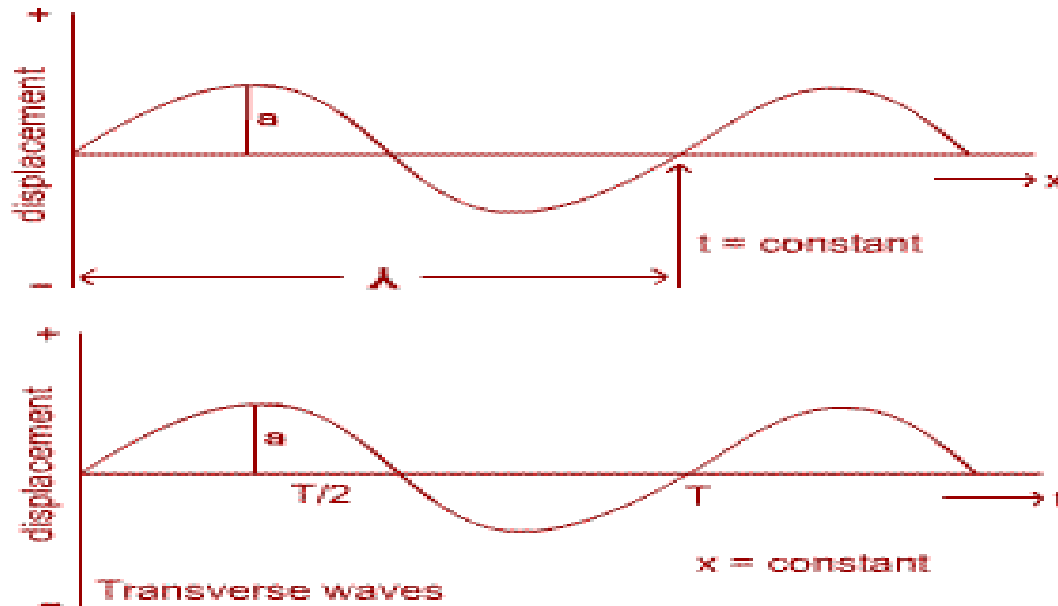


II. SÓNG CƠ' SÓNG MẶT



II. SÓNG CƠ

VẬN TỐC, CHU KỲ, TẦN SỐ, BƯỚC SÓNG



- Vận tốc sóng (v): quãng đường sóng đi / 1s
- Chu kỳ sóng: $T = 2\pi/\omega$; Tần số $f = 1/T$
- Bước sóng $\lambda = vT = v/f$; Số sóng $K = 1/\lambda$

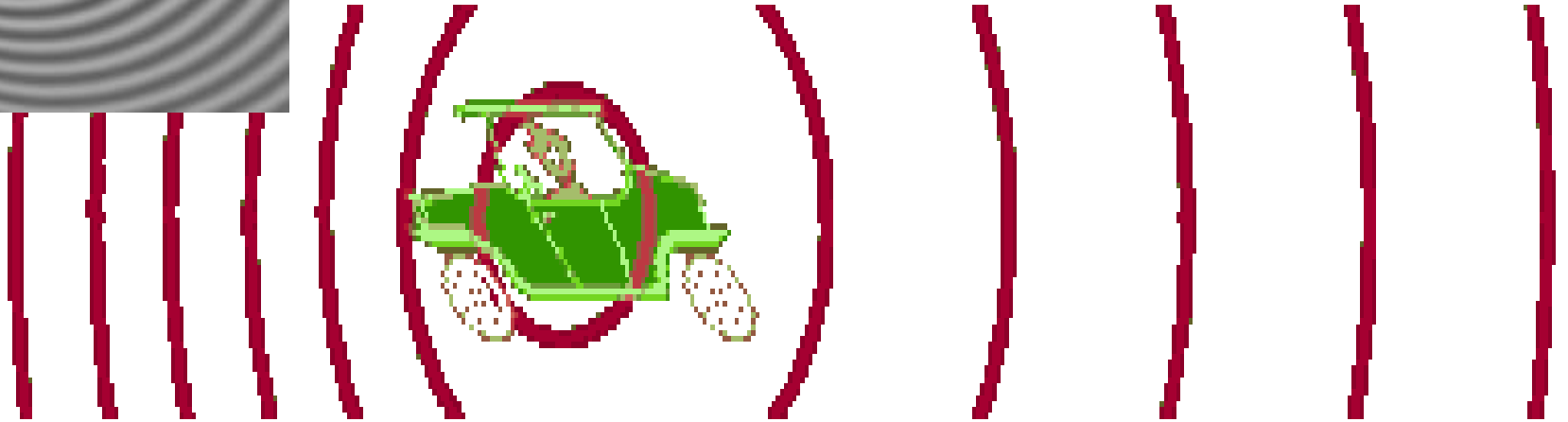
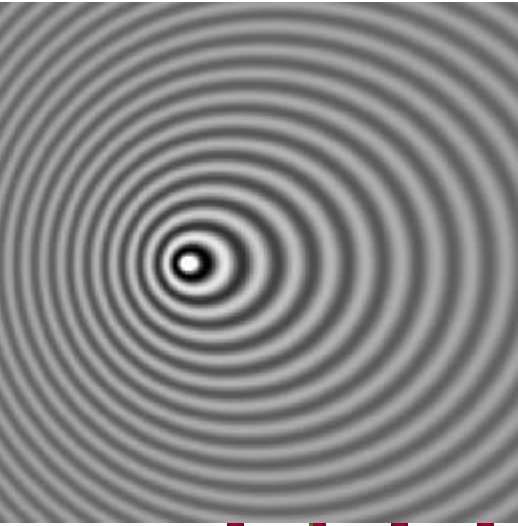
II. SÓNG CƠ

NĂNG LƯỢNG

- Năng lượng W của sóng cơ gồm động năng và thế năng của các phần tử trong thể tích V :
- $W = mA^2\omega^2/2 = \rho VA^2\omega^2/2 = 2\rho V\pi^2 A^2 f^2$
- Mật độ năng lượng E của sóng:
- $E = W/V = \rho A^2\omega^2/2 = 2\rho\pi^2 A^2 f^2$
- Năng thông P của sóng vận tốc v qua mặt S :
- $P = ESv = Sv\rho A^2\omega^2/2 = 2Sv\rho\pi^2 A^2 f^2$
- Mật độ năng thông trung bình I (cường độ):
- $I = P/S = v\rho A^2\omega^2/2 = 2v\rho\pi^2 A^2 f^2$

II. SÓNG CƠ

HIỆU ỨNG DOPPLER



- Nếu sóng được phát ra từ nguồn cố định đến một đầu thu cố định thì bước sóng thu bằng bước sóng phát.
- Nếu khoảng cách giữa đầu thu và đầu phát thay đổi trong khoảng thời gian sóng truyền đến đầu thu thì bước sóng sẽ dài ra hoặc ngắn lại - Hiệu ứng Doppler -

II. SÓNG CƠ

HIỆU ỨNG DOPPLER

- Hiệu ứng Doppler là sự thay đổi tần số của một sóng khi nguồn và máy thu chuyển động tương đối với nhau
- v : vận tốc sóng; f : tần số nguồn; u : vận tốc nguồn; u' : vận tốc máy thu.
- Tần số f' máy thu nhận được:

$$f' = f(v+u')/(v-u)$$

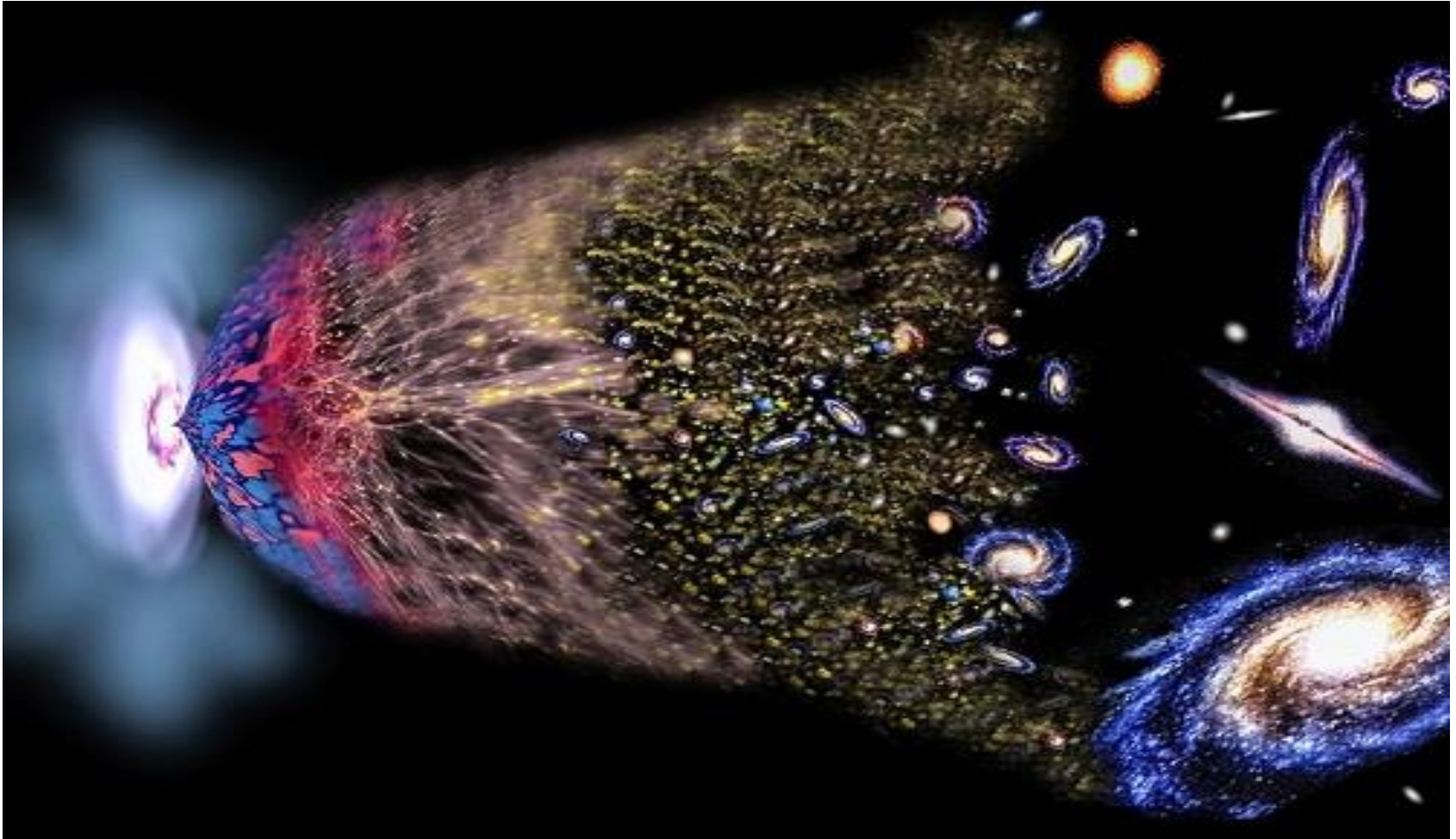
+Nguồn và máy thu lại gần nhau $\rightarrow f' > f$

+Nguồn và máy thu ra xa nhau $\rightarrow f' < f$

- Ứng dụng: đo vận tốc tàu xe, vận tốc của các ngôi sao và các thiên hà, dòng máu

II. SÓNG CƠ

HIỆU ỨNG DOPPLER



III. SÓNG ÂM

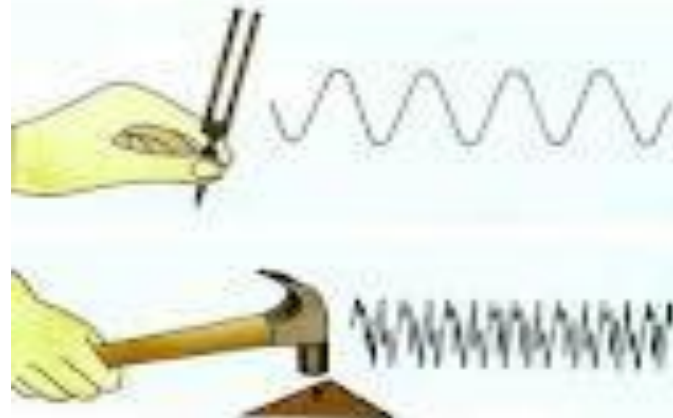
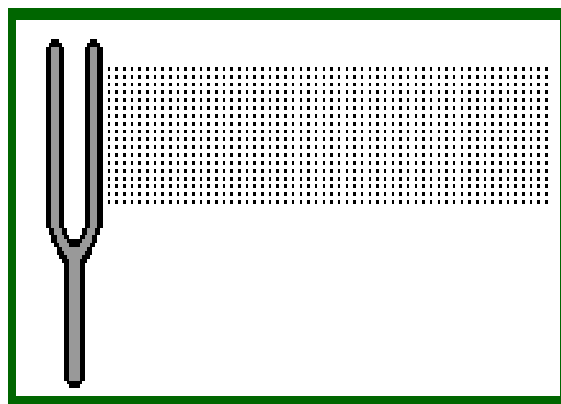
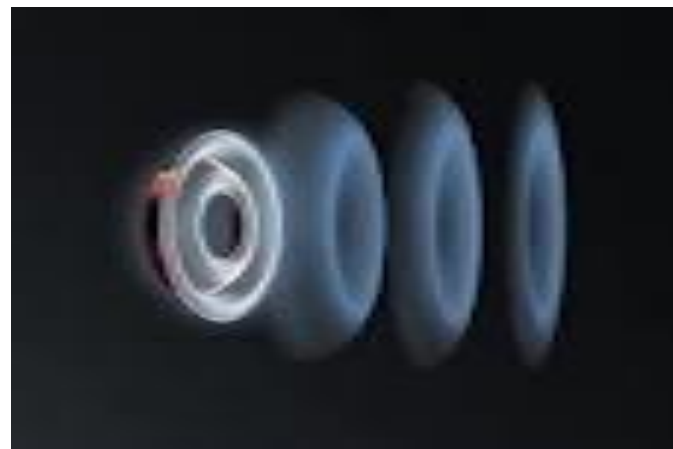
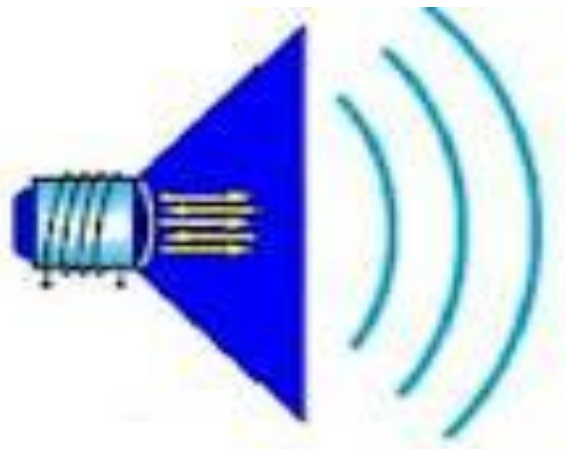
KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Sóng âm là những sóng cơ có tần số và cường độ mà thính giác ta có thể nhận biết được
- Tần số f từ 20 đến 20.000Hz ($\lambda \sim 2\text{cm}$ đến 20m)
- Cường độ từ $I_0=10^{-12}$ đến $I_{\max}=10 \text{ W/m}^2$
- Chỉ truyền trong môi trường vật chất
- Có thể phản xạ, khúc xạ, nhiễu xạ, hấp thụ như một tia sáng
- Vận tốc truyền trong Không khí $\sim 330 \text{ m/s}$

Nước	$\sim 1450 \text{ m/s}$
Thép	$\sim 5800 \text{ m/s}$

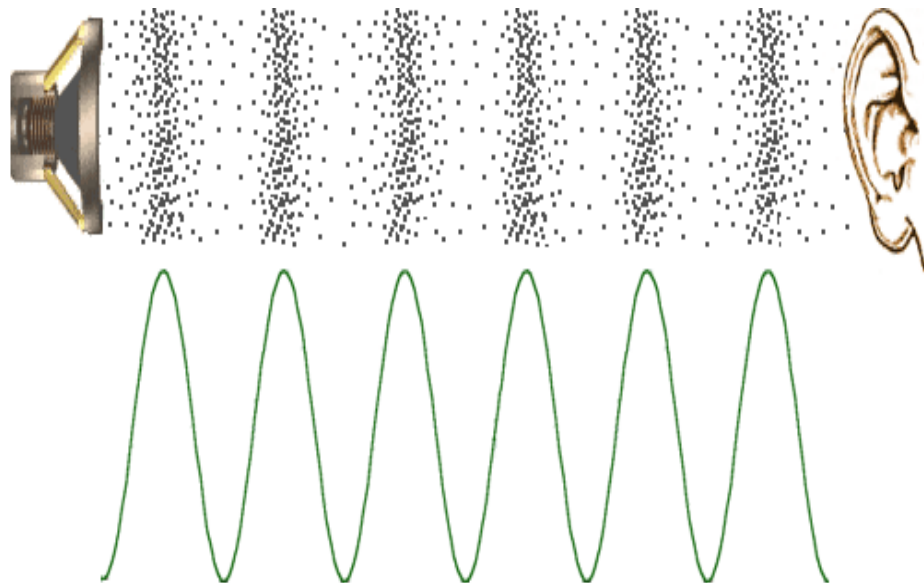
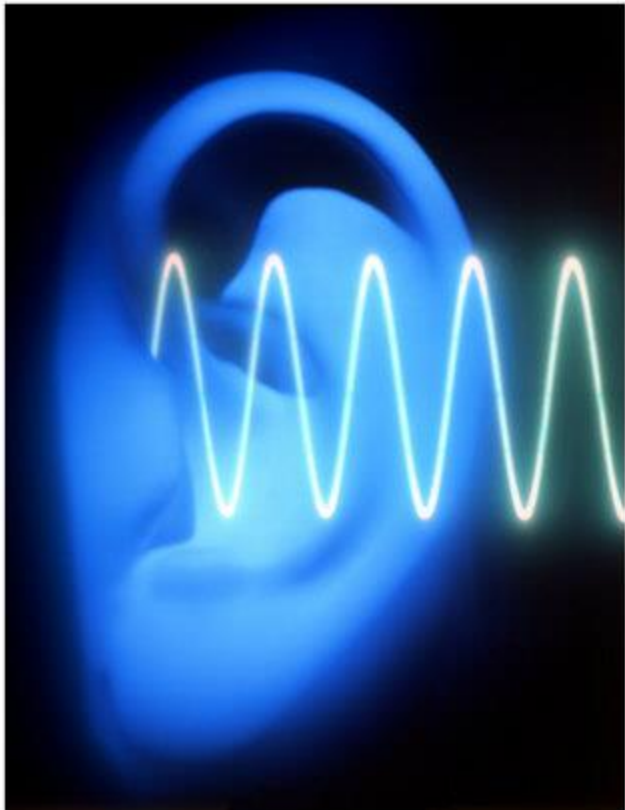
III. SÓNG ÂM

CÁC NGUỒN PHÁT



III. SÓNG ÂM

QUÁ TRÌNH NGHE



III. SÓNG ÂM

ĐẶC TÍNH SINH LÝ CỦA ÂM

- Độ cao âm: do tần số âm quyết định
- Âm sắc: đặc trưng cho sắc thái của âm (họa âm)
- Độ to: đặc trưng cho độ mạnh âm về phương diện sinh lý và tuân theo đ/l Weber-Fechner:

$$L = k \lg(I/I_0), \text{ trong đó:}$$

I là cường độ âm ta muốn xác định độ to

$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ là cường độ cơ sở (ngưỡng nghe)

$k=1$ thì đơn vị là bel (B), $k=10$ thì đơn vị là decibel (dB)

III. SÓNG ÂM

ĐẶC TÍNH SINH LÝ CỦA ÂM

- Độ thính của tai tùy vào tần số âm
- Tai thính nhất ở: 1.000 - 5.000 Hz
- Trong khoảng trên tai người có thể nghe được âm có cường độ 10^{-12} W/m^2
- Cường độ âm nhỏ nhất gây nên cảm giác âm ở tai gọi là ngưỡng nghe
- Cường độ âm lớn nhất mà nếu vượt quá sẽ gây cảm giác đau gọi là ngưỡng chói
- Giới hạn giữa ngưỡng nghe và ngưỡng chói gọi là miền nghe

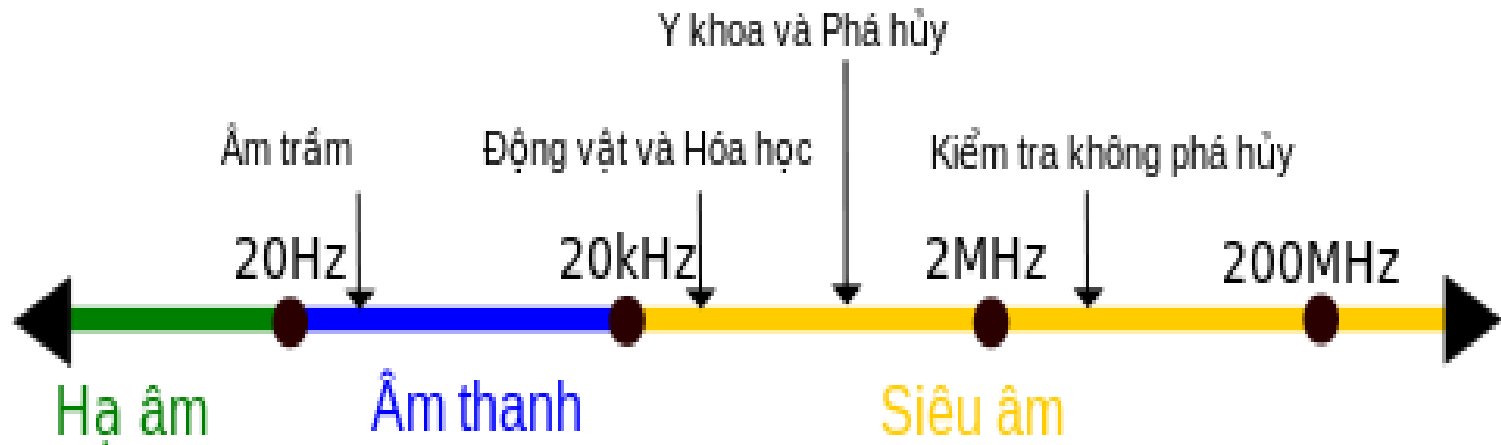
III. SÓNG ÂM

ỨNG DỤNG TRONG CHUẨN ĐOÁN

- Chuẩn đoán gõ: gõ vào các tạng và nghe âm phát ra để chuẩn đoán dựa vào cường độ, độ cao, âm sắc
- Chuẩn đoán nghe: nghe âm từ cơ thể phát ra so sánh với chuẩn mực để định bệnh
- Ống nghe: dựa vào hiện tượng cộng hưởng để nghe âm muốn nghiên cứu
- Phép thử Rinne: xác định vùng tổn thương ở cơ quan thính giác

IV. SÓNG SIÊU ÂM

KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI



Siêu âm: Sóng cơ có tần số lớn hơn 20.000Hz

IV. SIÊU ÂM

ĐẶC TÍNH CỦA CHÙM SIÊU ÂM

- Đặc tính chùm siêu âm:
 - + Lan truyền thẳng, ít bị khúc xạ qua mặt phân cách nên dễ định hướng
 - + Có kích thước nhỏ, ít bị phân kỳ nên tập trung năng lượng lớn
 - + Ít bị hấp thu trong chất lỏng
- Nguồn phát siêu âm: dựa trên hiệu ứng áp điện ngược và hiện tượng từ giảo
- Thu sóng siêu âm: hiệu ứng áp điện thuận

IV. SIÊU ÂM

Nguyên lý phát và thu sóng siêu âm

- Gia tốc dao động của nguồn phát âm :

$$\mathbf{a} = -A\omega^2\cos(\omega t + \alpha) = -Af^24\pi^2\cos(\omega t + \alpha)$$

$$(\text{do } f = 1/T = \omega/2\pi \rightarrow \omega^2 = 4\pi^2f^2)$$

- Với sóng siêu âm thì $f > 20.000\text{Hz}$

→ \mathbf{a} phải rất lớn, và do $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$

→ Phải tác dụng lực rất lớn để có được A nhỏ

→ Nguồn phát thông thường không đáp ứng

- Để phát ra sóng siêu âm, người ta phải dùng các nguồn đặc biệt.

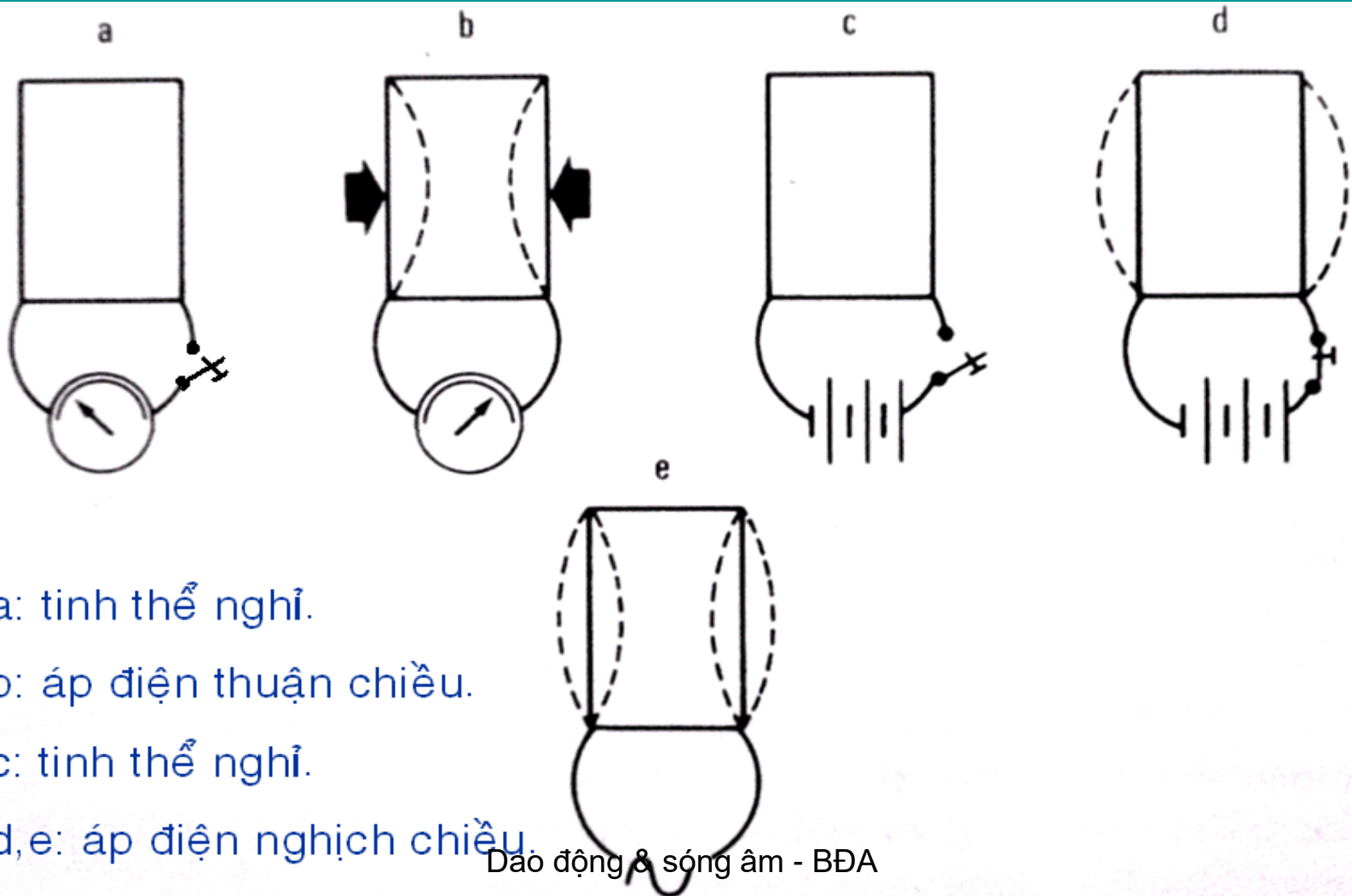
IV. SIÊU ÂM

Hiệu ứng áp điện

- Hiệu ứng áp điện (piezoelectric effect): là hiện tượng chuyển đổi một tác dụng cơ học ra điện và ngược lại.
- Tinh thể áp điện làm bằng thạch anh (quartz) hoặc chất gốm (ceramique) như TZP (titanate zirconate de plomb) nhạy cảm với nhiệt độ.
- Hiện nay người ta thường dùng chất áp điện Barititanate để làm đầu dò.

IV. SIÊU ÂM

Hiệu ứng áp điện



-a: tinh thể nghỉ.

-b: áp điện thuận chiều.

-c: tinh thể nghỉ.

-d,e: áp điện nghịch chiều.

Dao động & sóng âm - BDA

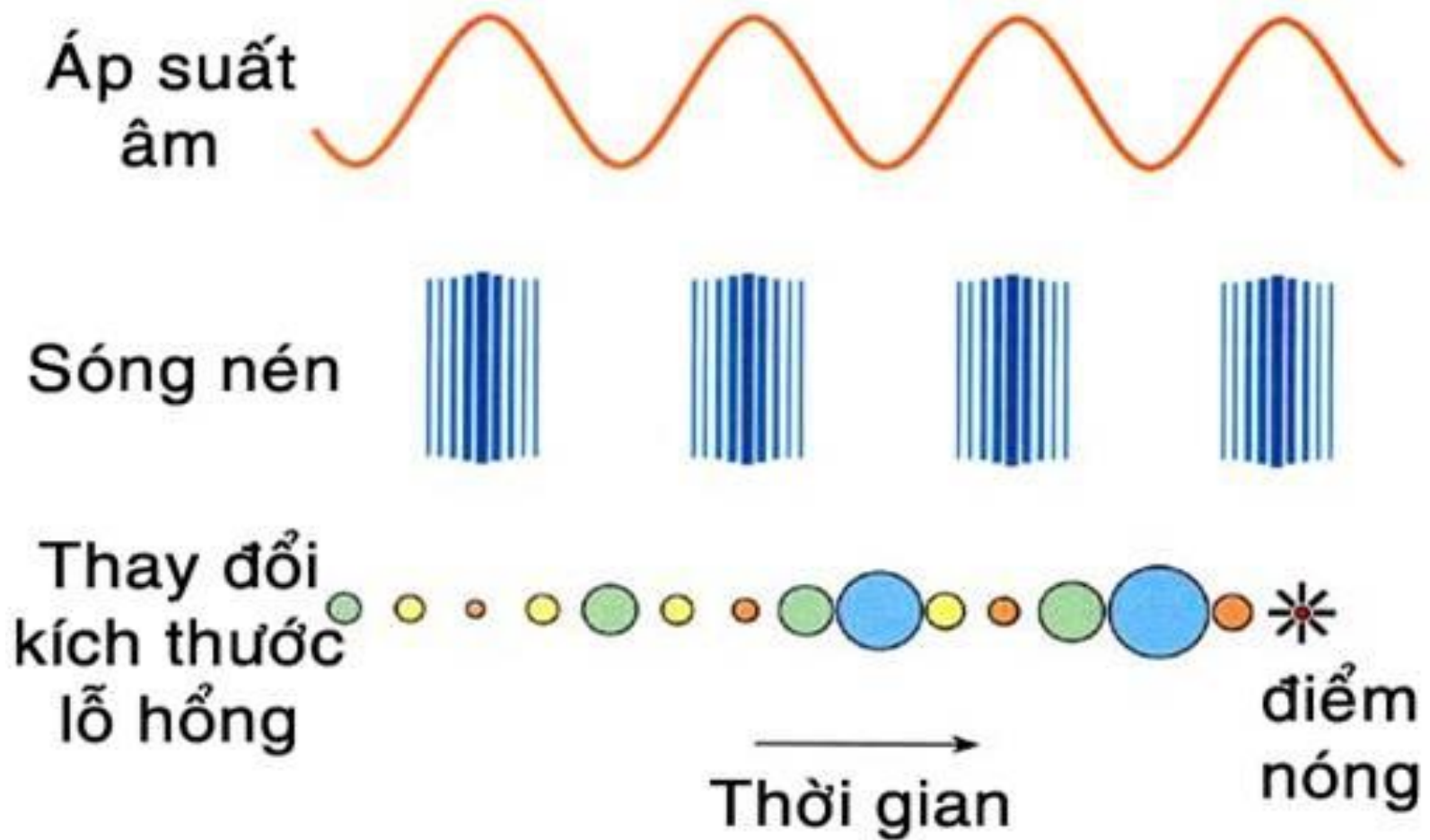
IV. SIÊU ÂM

TÁC ĐỘNG CƠ NHIỆT

- Sóng siêu âm làm các phần tử dao động, môi trường bị nén-dãn xen kẽ (dao động về áp suất), làm đứt gãy liên kết các phần tử môi trường tạo ra các lỗ hổng nhỏ từ đó dẫn đến, ví dụ:
 - Có thể hòa tan các chất lỏng như nước và dầu, nước và thủy ngân,...tạo ra các nhũ tương, các khí dung với những hạt có kích thước bé,...
 - Làm tan rã các cặn bụi trong ống khói, bồn rửa
 - Làm tăng nhiệt độ môi trường do nội ma sát

IV. SIÊU ÂM

TÁC ĐỘNG CƠ NHIỆT



IV. SIÊU ÂM

TÁC ĐỘNG HÓA LÝ

- Sóng siêu âm làm các phân tử dao động, kích thích chúng và ion hóa chúng từ đó dẫn đến, ví dụ:
 - Tạo ra các ion và gốc tự do, ví dụ như trong nước (H_2O): H^* , H^+ , OH^* , OH^- ;
 - Làm tăng tốc độ phản ứng nói chung, trong đó có phản ứng phân ly các hợp chất hữu cơ;
 - Làm tăng quá trình thẩm thấu các ion, phân tử qua màng bán thấm.

IV. SIÊU ÂM

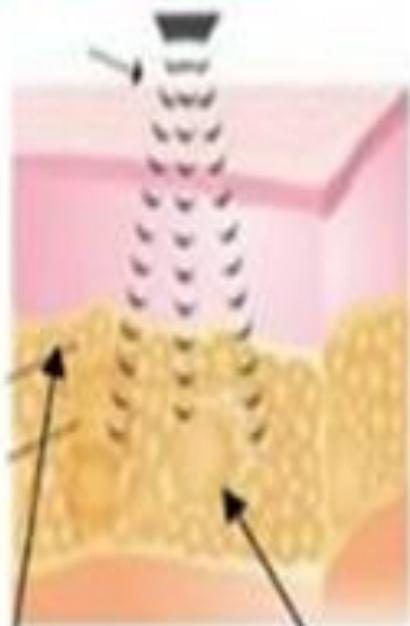
HIỆU ỨNG SINH HỌC

- Với cường độ nhỏ và vừa ($<20\text{kW/m}^2$) siêu âm làm tăng tính thấm thấu của màng tế bào, sự dịch chuyển bào tương.
- Cường độ lớn ($> 30\text{kW/m}^2$) tạo ra các vi lỗ trong bào tương, làm rách và biến dạng nhân, do đó có thể phá hủy tế bào.
- Làm thay đổi những đặc tính của mô sinh học như pH, điểm đẳng điện, áp suất thẩm thấu, áp suất keo.

IV.SIÊU ÂM

HIỆU ỨNG SINH HỌC

1-Bong bóng chân không
đang được hình thành



2- Bong bóng chân
không nở tung



3- Tế bào mỡ
bị phá vỡ và hóa lỏng



Tế bào mỡ

Bong bóng chân không

Dao động & sóng âm - BDA

IV. SIÊU ÂM

HIỆU ỨNG SINH HỌC

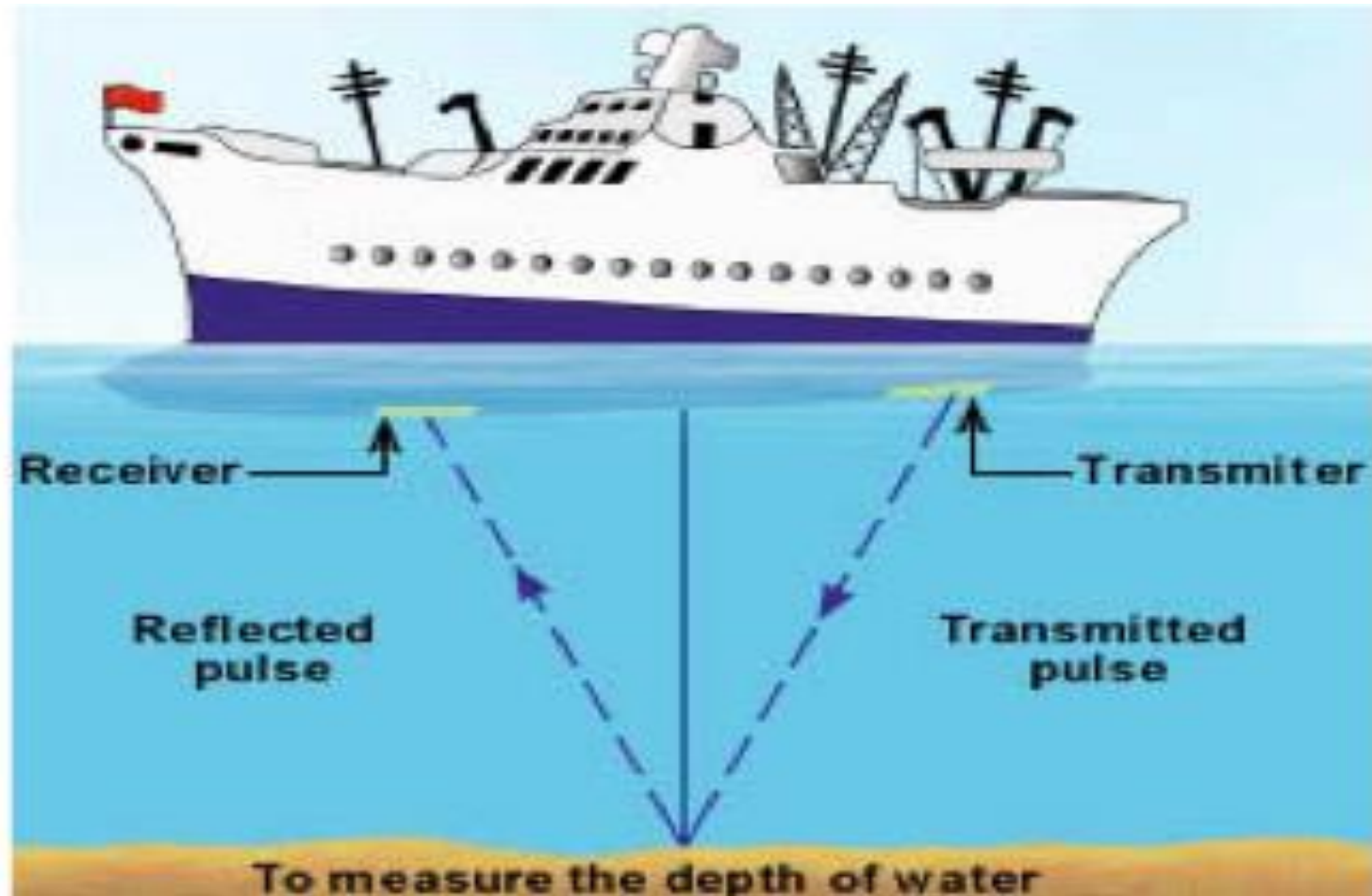
- Làm thay đổi tốc độ chuyển hóa vật chất, làm nóng các mô trong cơ thể.
- Làm giãn mạch, tăng vận mạch, chống co thắt cơ, chống viêm và tăng cường hấp thụ ở ruột.
- Với liều lớn có thể phá hủy tế bào máu, tủy xương, gây hoại tử ở các tế bào thần kinh.
- Làm tuyến nội tiết tăng hocmôn, làm hại cơ quan thính giác và có thể gây ung thư.

IV. SIÊU ÂM

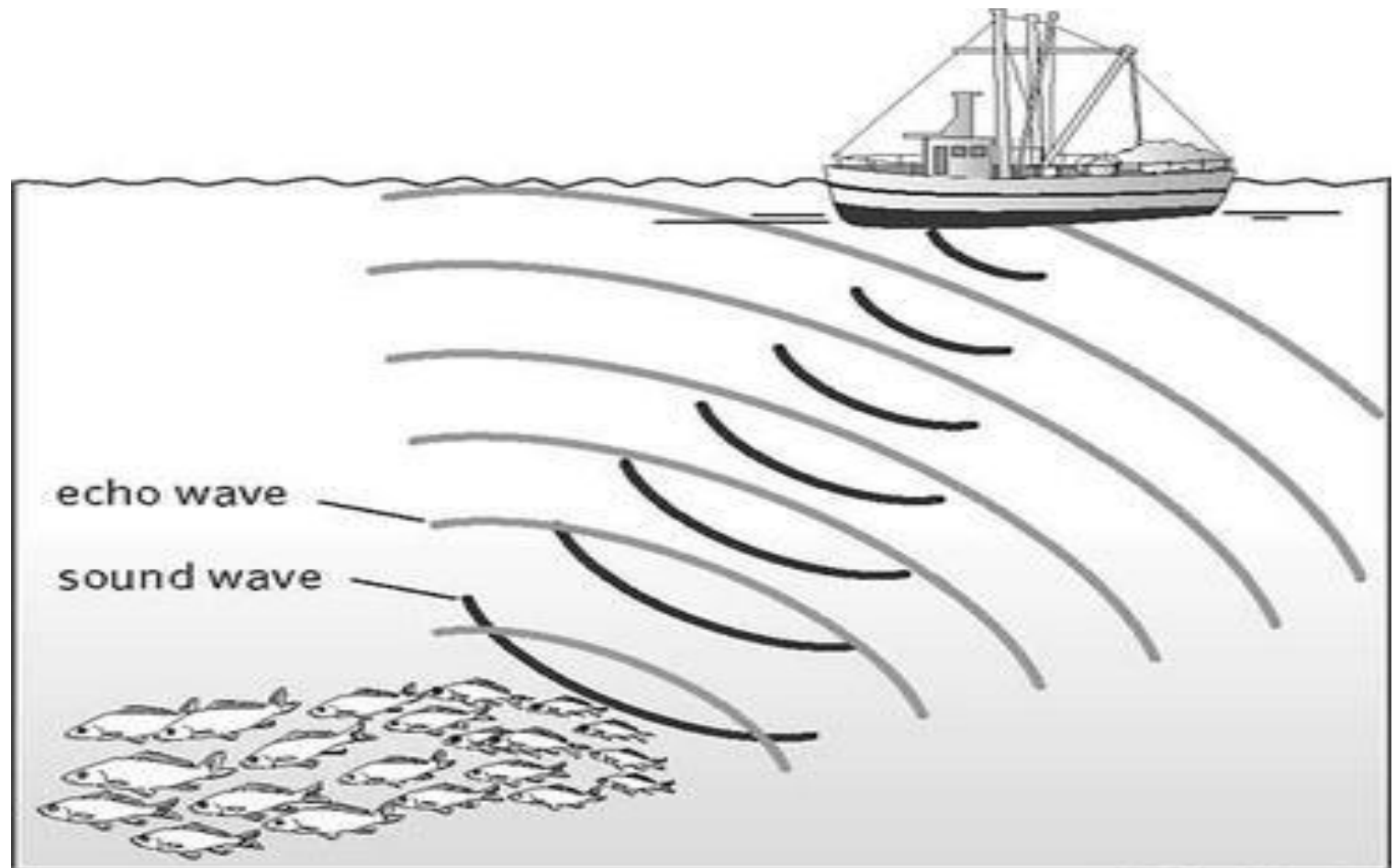
ỨNG DỤNG TRONG KỸ THUẬT

1. Đo chiều sâu của đáy sông, biển.
2. Thủy định vị: phát hiện chướng ngại vật, như đá ngầm dưới biển, giúp tàu bè tránh được tai nạn. Dò tìm các luồng cá, trang bị trong thiết bị dẫn đường của các thủy lôi quân sự,...
3. Dùng để kiểm tra lỗi trong các sản phẩm như: máy bay, tàu thủy, kim loại, bê tông,.... bằng phương pháp không huỷ thử (NDT)
4. Khoan mài, rửa, hàn nhôm bằng siêu âm

Đo độ sâu đáy biển

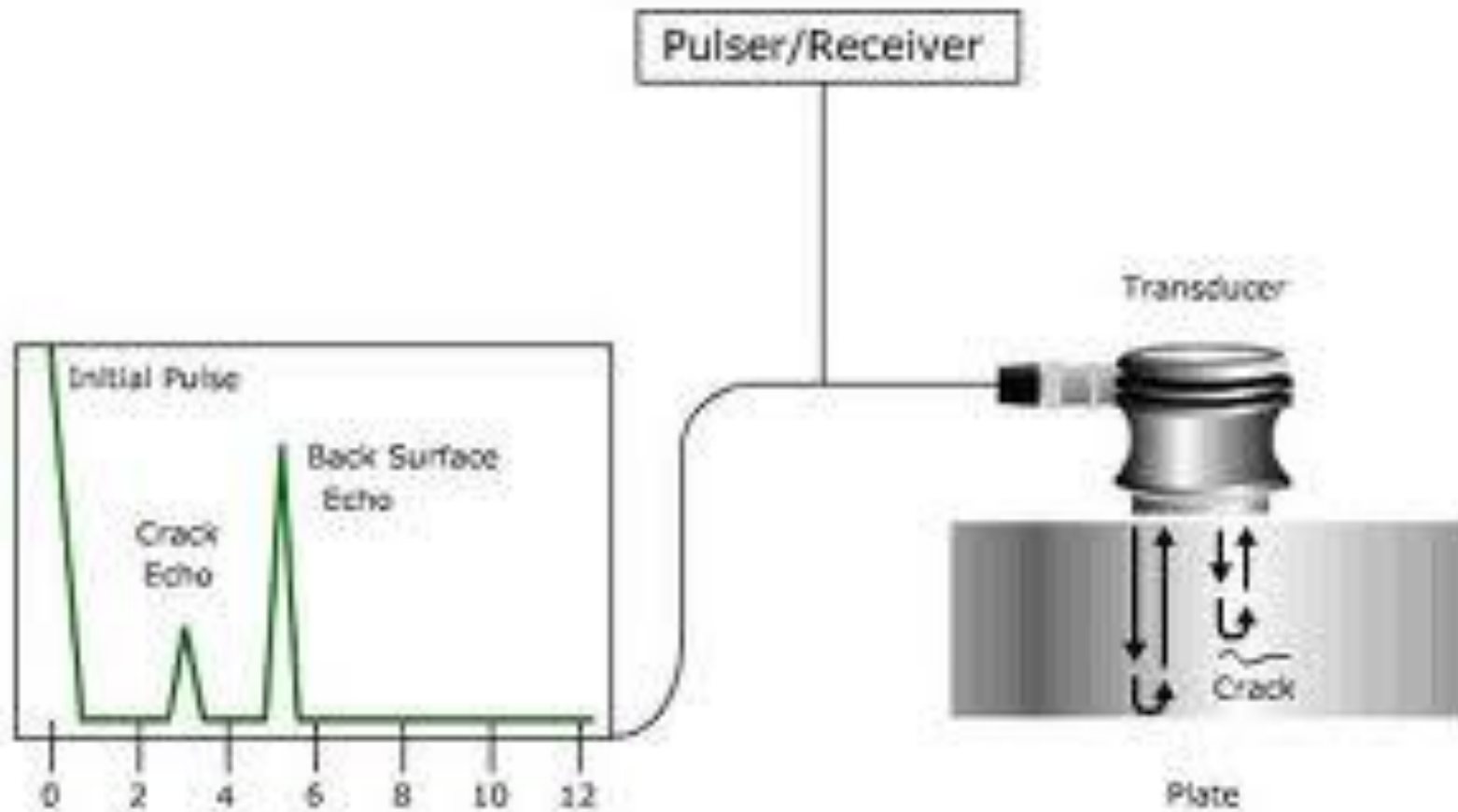


Dò tìm luồng cá

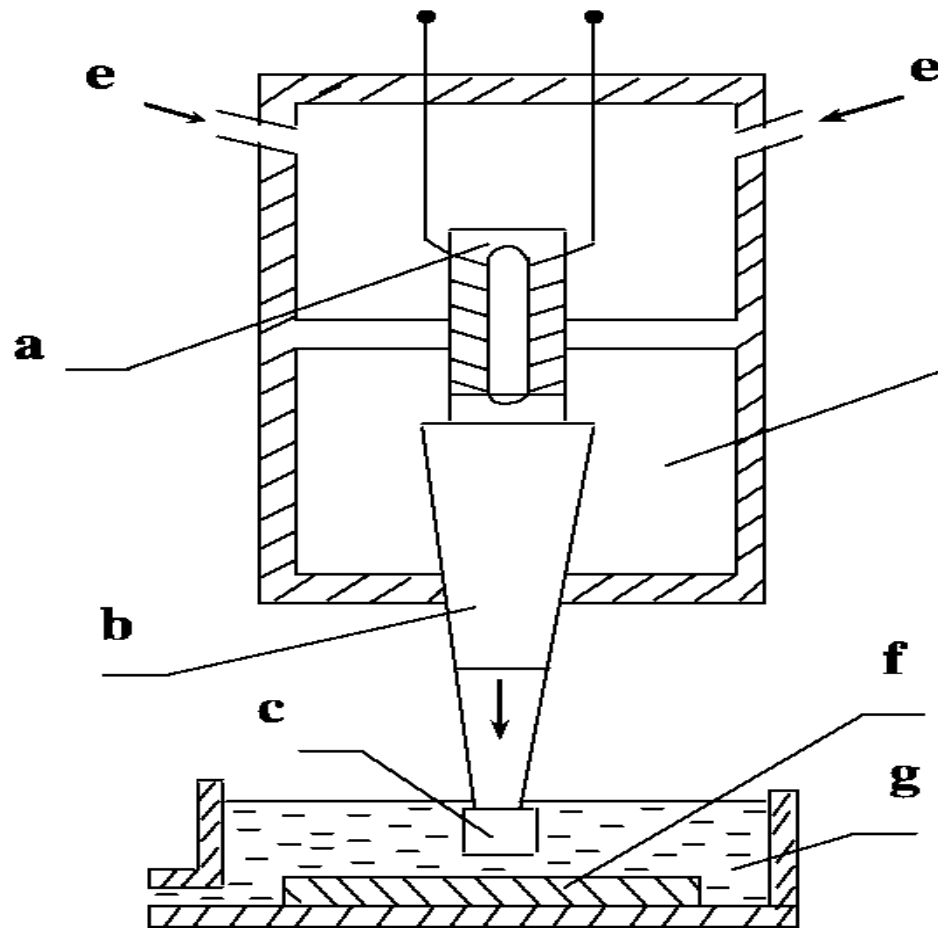


Elizabeth Morales

Kiểm định bằng siêu âm



Khoan, mài bằng siêu âm

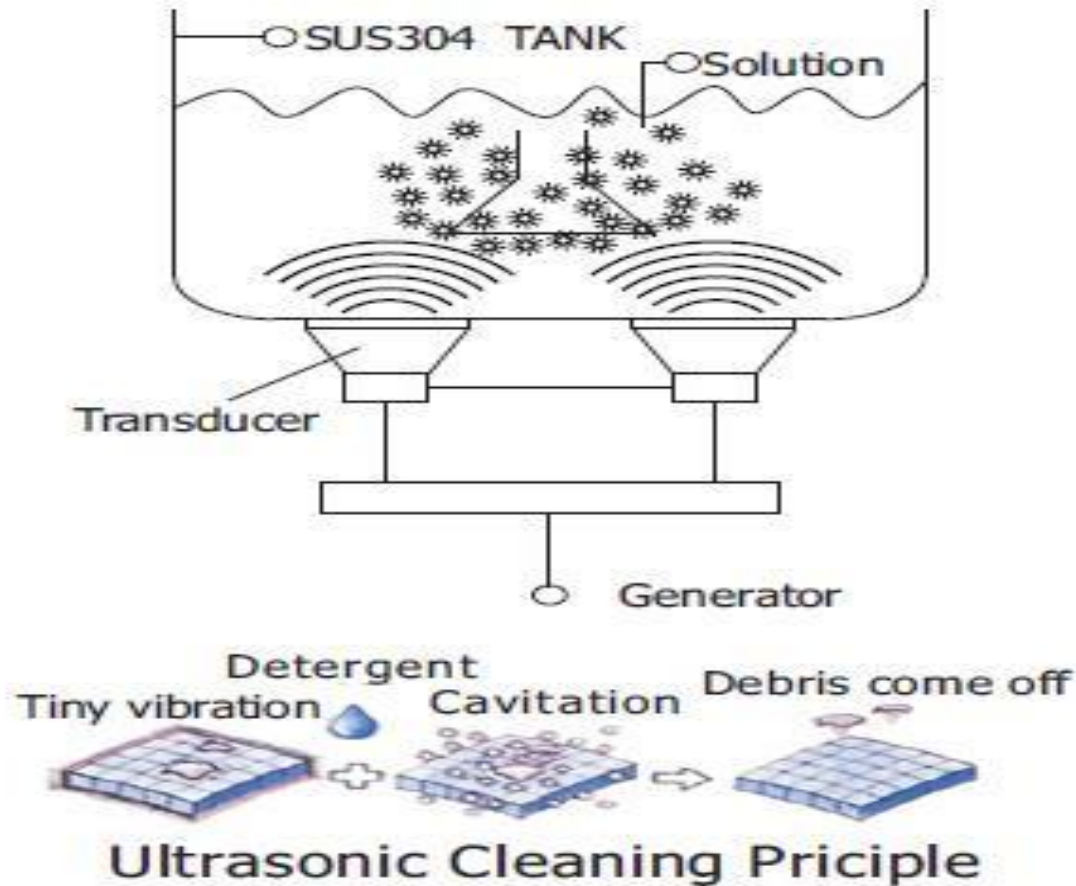


Hình 2.9 :

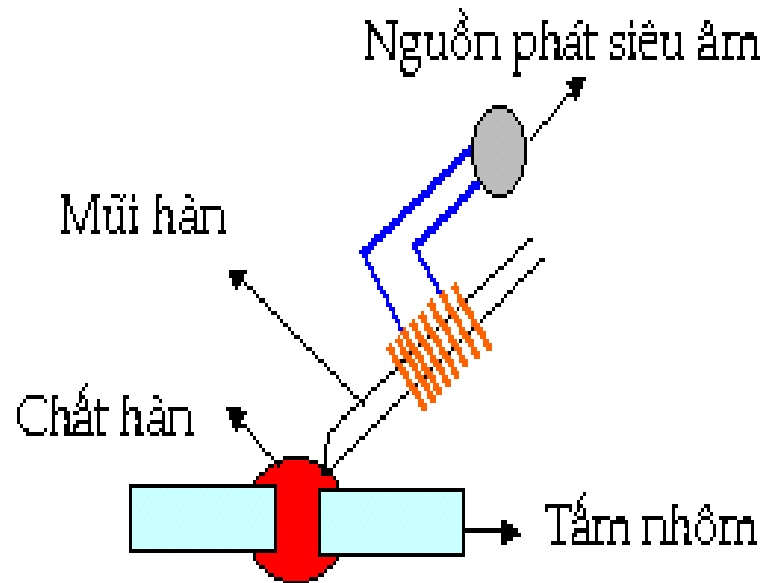
Nguyên lý khoan bằng siêu âm

- a) Đầu từ giảo dao động
- b) Cầu nối
- c) Dụng cụ
- d) Bộ làm mát
- e) Chất lỏng làm mát
- f) Vật gia công
- g) Nhũ tương có hạt mài đánh bóng.

Rửa bằng siêu âm



Hàn nhôm bằng siêu âm



Hình 7.21. Hàn nhôm bằng siêu âm

Hàn nhôm bằng siêu âm: Dưới tác dụng của oxy trong không khí, trên mặt của nhôm bao giờ cũng có phủ một lớp oxyt nhôm (Al_2O_3) làm cho chất hàn không bám chắc được, mối hàn dễ bị hư hỏng. Muốn hàn được nhôm, phải rắc thêm vào mũi hàn một nguồn phát siêu âm có năng lượng lớn (Hình 7.21). Dưới tác dụng của siêu âm, lớp oxyt nhôm bị bong ra, chất hàn bám được vào nhôm.

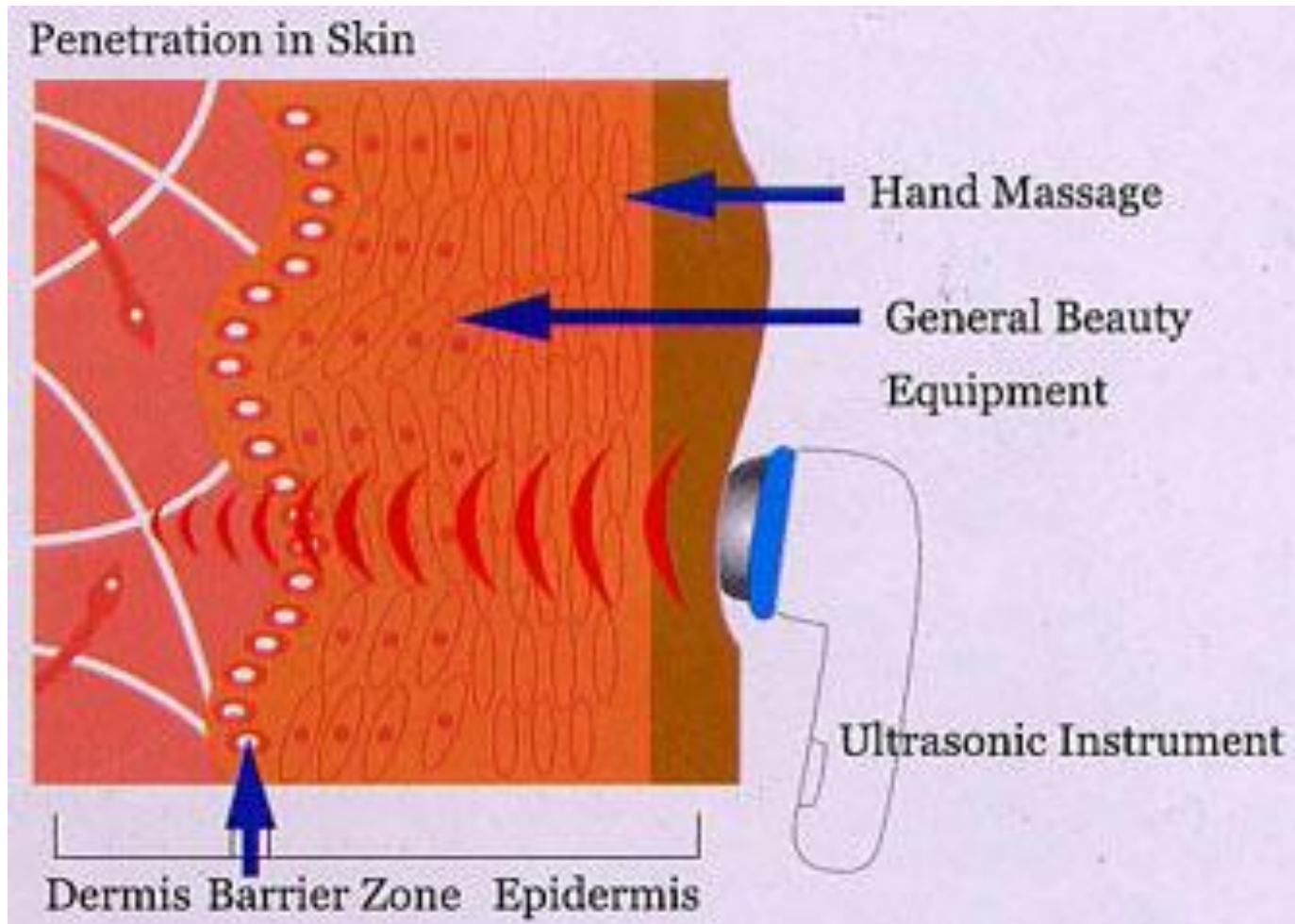
IV. SIÊU ÂM

ỨNG DỤNG TRONG ĐIỀU TRỊ

1. Tăng nhiệt độ tại chỗ làm giãn mạch máu ngoại biên để tăng tính thẩm thấu tế bào biểu bì do đó có tác dụng chống viêm
2. Xoa bóp tế vi điều trị chứng viêm tế bào
3. Làm đứt gãy các liên kết, tạo lỗ vi mô để chống đông máu, diệt tế bào và vi sinh vật gây bệnh
4. Phá huỷ các tổ chức trong sâu như sỏi thận, u tuyến v.v...

IV. SIÊU ÂM

ỨNG DỤNG TRONG ĐIỀU TRỊ



IV. SIÊU ÂM

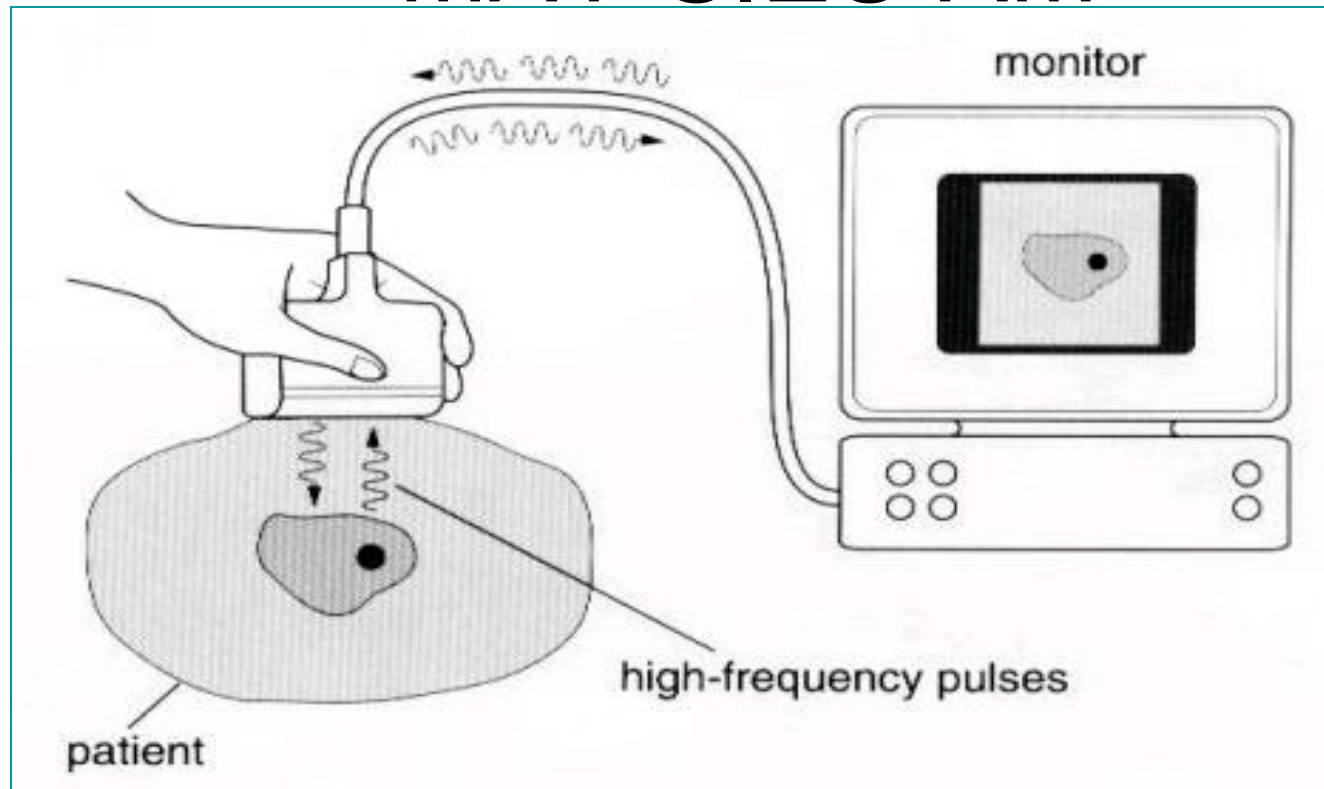
ỨNG DỤNG TRONG CHUẨN ĐOÁN

- Phương pháp truyền qua: đo chùm siêu âm ló ra qua mô, cơ thể. Căn cứ vào mức hấp thu của vật chất biết được mật độ, kích thước, tính chất của mô, tạng...
- Phương pháp phản xạ: Dựa vào hiệu ứng áp điện tạo ra đầu phát xung siêu âm và thu xung phản xạ tạo hình ảnh
- Phương pháp Doppler: đo vận tốc dòng máu
- Dùng máy siêu âm để: đo độ dày van tim, tìm dị vật và ổ áp xe, máu tụ, soi ổ bụng, sản phụ khoa....

MÁY SIÊU ÂM

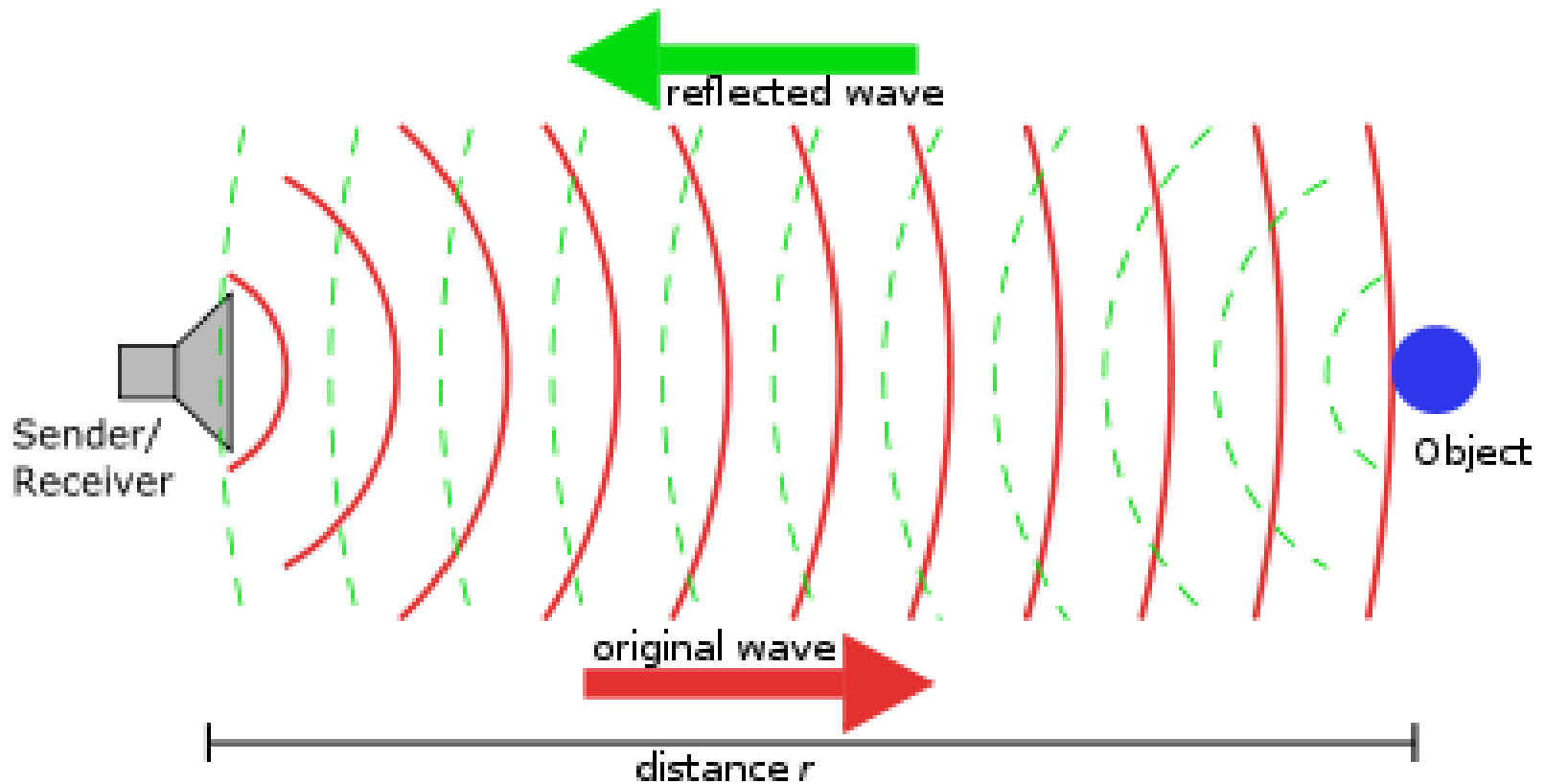


MÁY SIÊU ÂM



1. Bộ phận phát và tiếp nhận tín hiệu.
2. Đầu dò chính danh.
3. Bộ phận xử lý và lưu trữ tín hiệu.
4. Bộ phận hiển thị hình ảnh.

NGUYÊN LÝ GHI HÌNH SIÊU ÂM

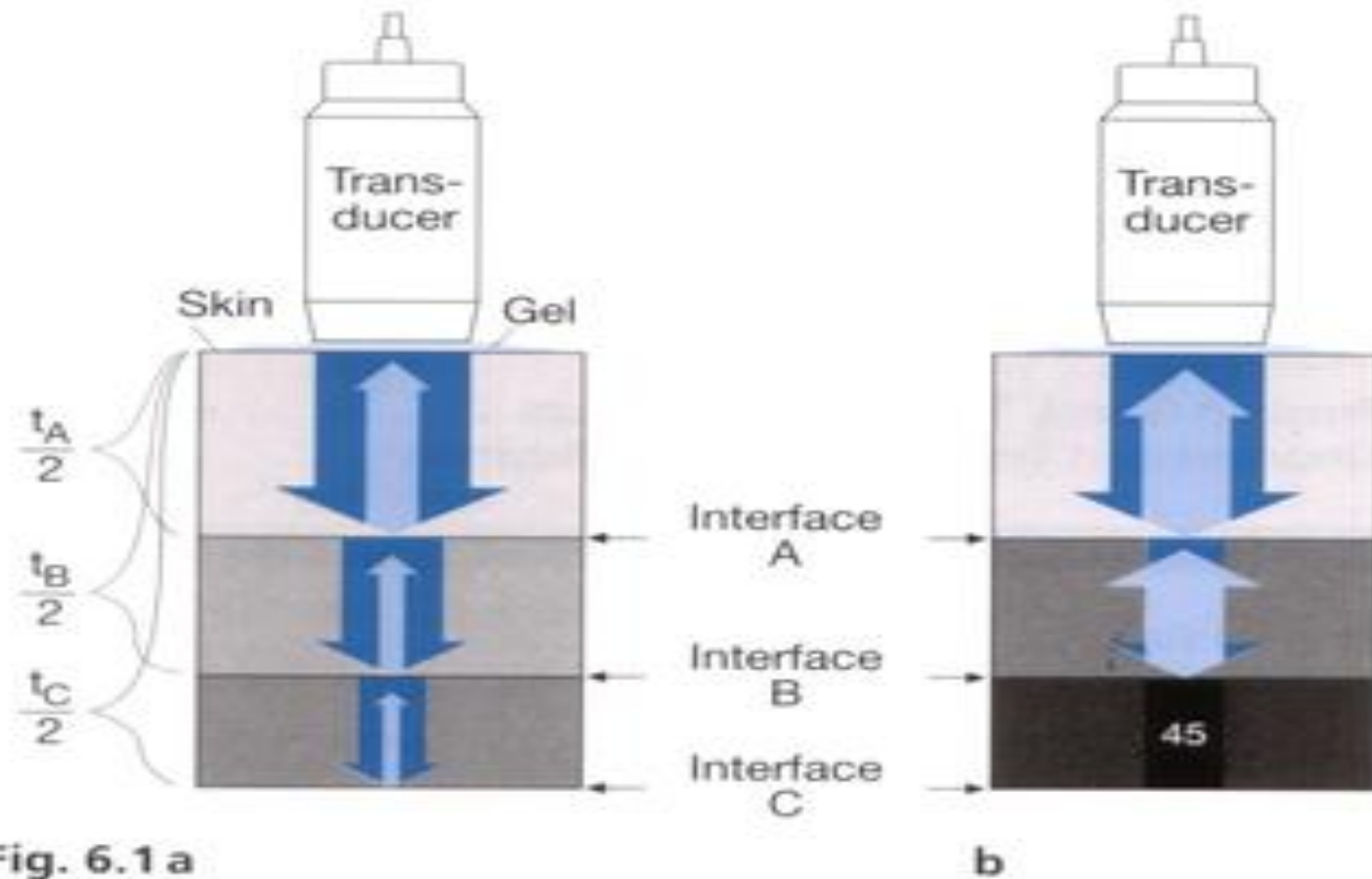


NGUYÊN LÝ GHI HÌNH SIÊU ÂM

Cơ sở kỹ thuật ghi hình siêu âm chính là sự tương tác của chùm siêu âm với các tổ chức trong cơ thể, phụ thuộc vào:

1. Tốc độ truyền sóng âm trong cơ thể
2. Sự phản xạ và hấp thu của các tổ chức
3. Cấu trúc hình học của các tổ chức
4. Các thông số cường độ, tần số, bước sóng... của sóng siêu âm.

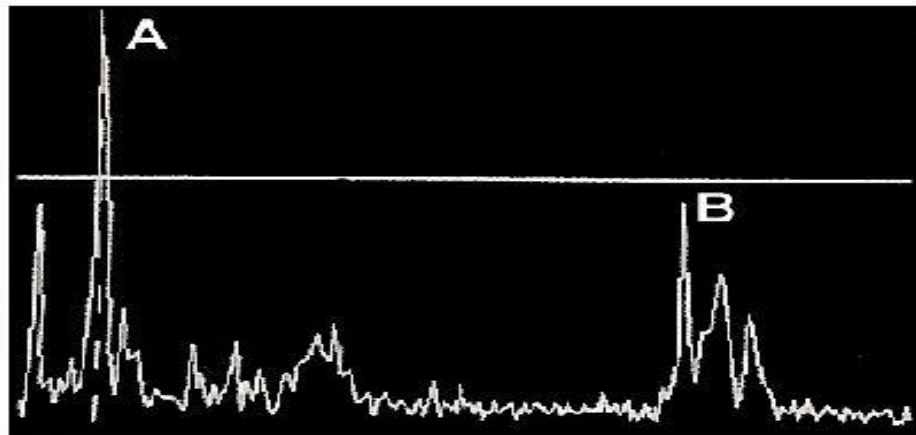
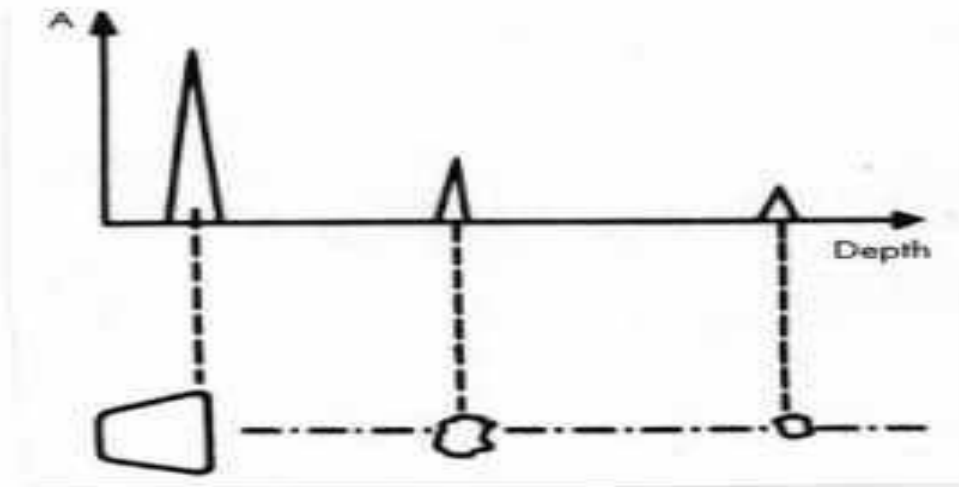
NGUYÊN LÝ GHI HÌNH SIÊU ÂM



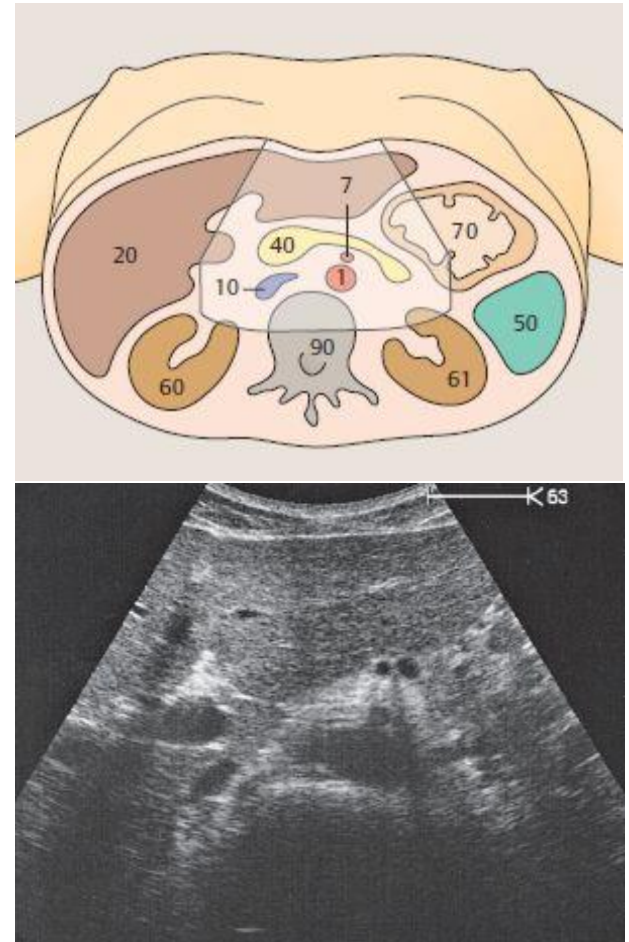
NGUYÊN LÝ GHI HÌNH SIÊU ÂM

- Đầu dò phóng ra một chùm sóng siêu âm vào cơ thể. Trên đường đi sóng sẽ chạm vào các đường ranh giới giữa các loại mô, tạng khác nhau.
- Một số sóng sẽ dội ngược lại đầu dò, số còn lại đi vào tiếp cho đến khi gặp các đường ranh giới khác nằm sâu hơn và lại bị dội ngược lại đầu dò...
- Dựa vào vận tốc của sóng và thời gian mà mỗi sóng dội lại về đầu dò, máy tính sẽ tính ra khoảng cách giữa đầu dò đến mô hoặc tạng mà từ đó sóng bị dội lại.
- Máy sẽ hiển thị những thông tin này lên màn hình tùy theo từng chế độ: chế độ một chiều như A-mode, B-mode, M-mode hoặc chế độ 2 chiều với thời gian thực.

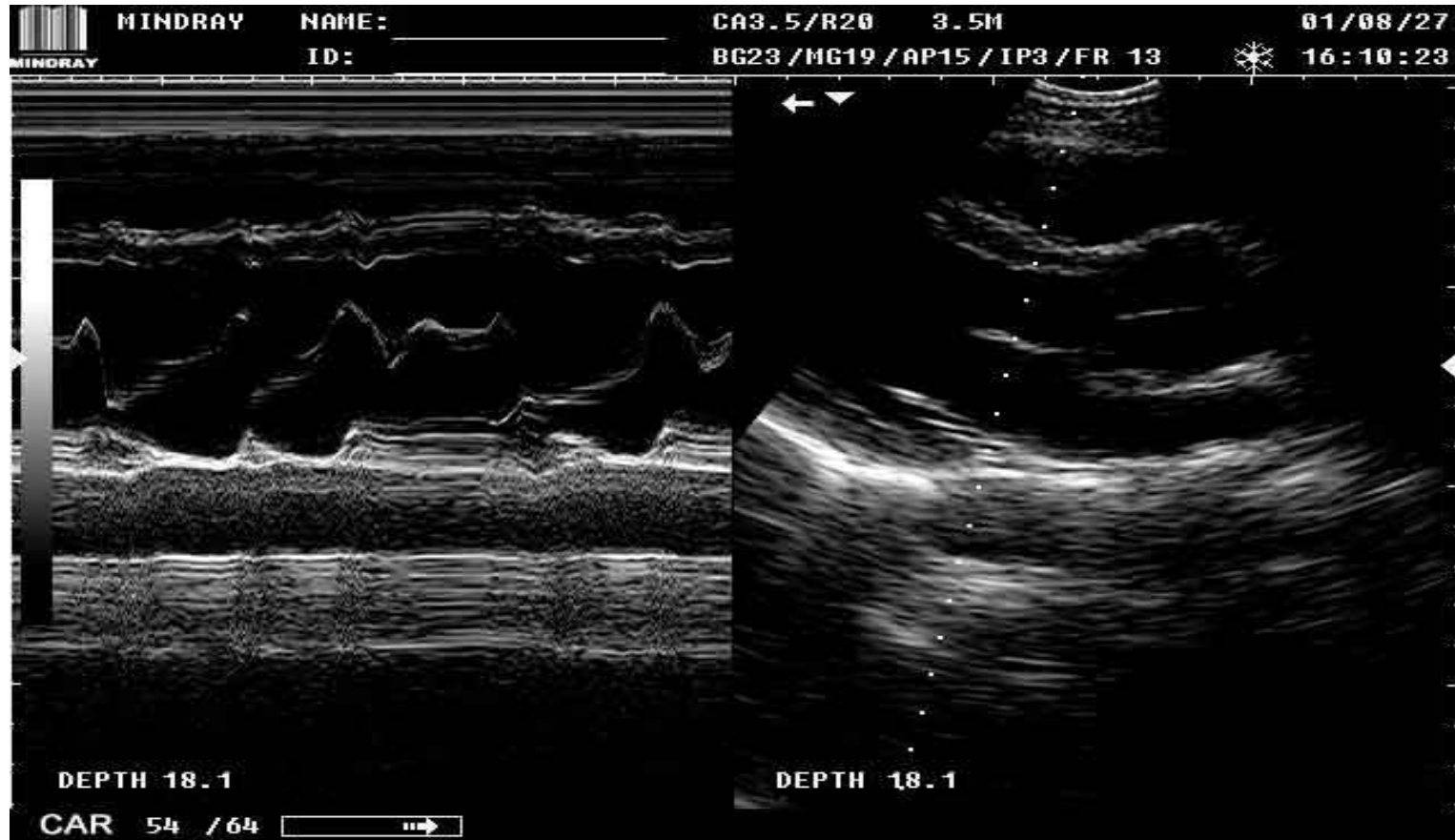
A mode



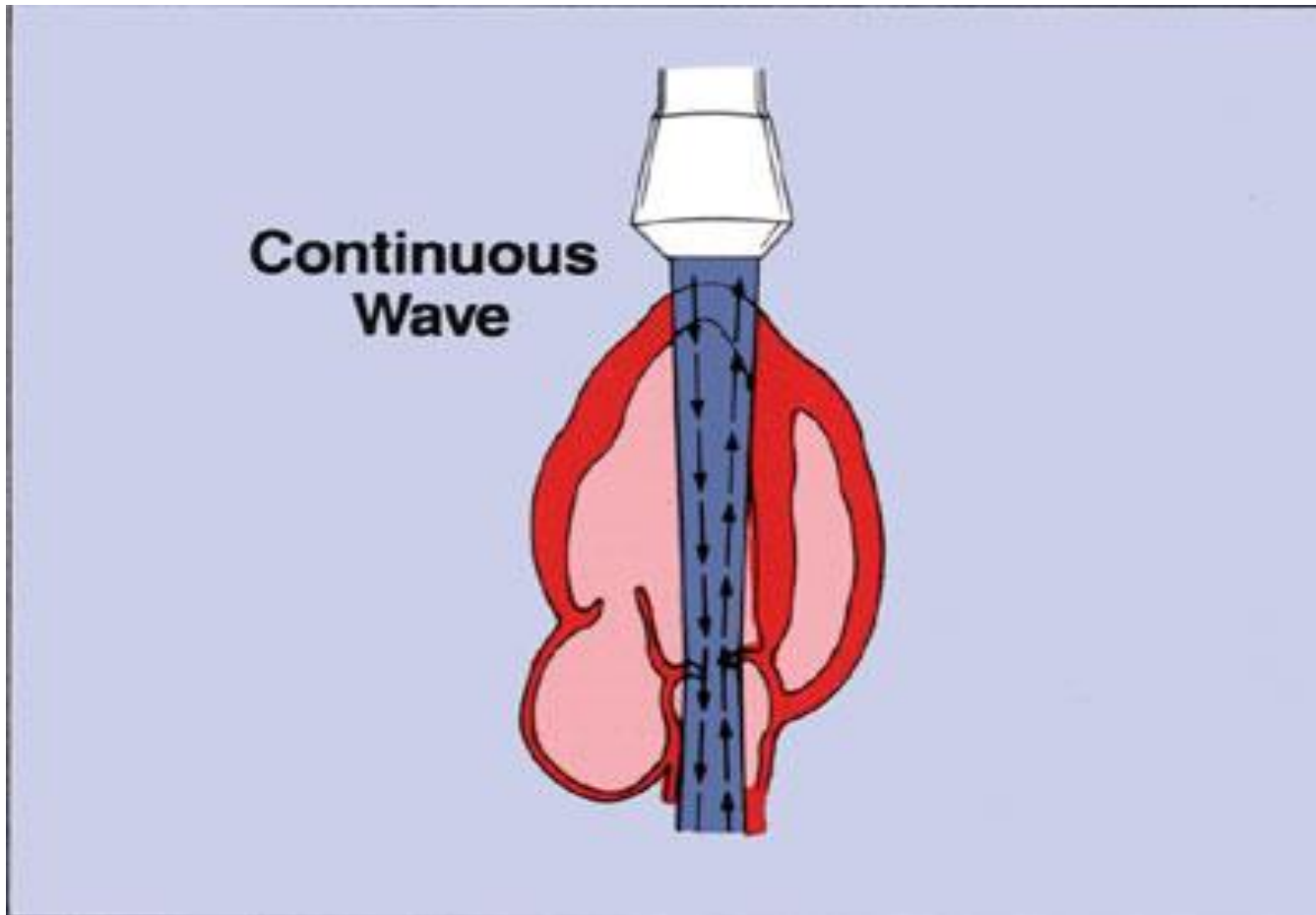
B-mode



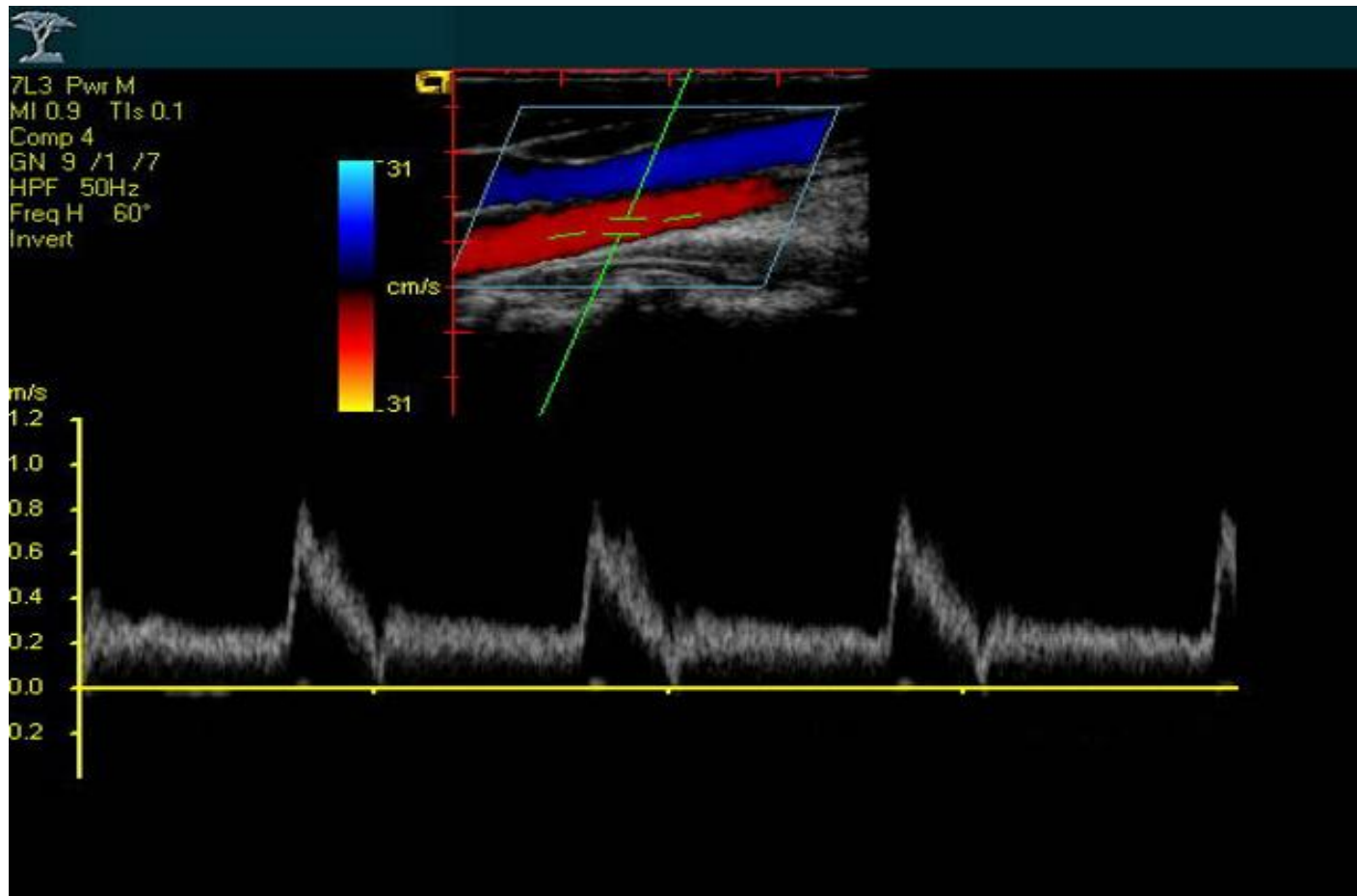
M mode



CW Doppler – Doppler liên tục



PW Doppler – Doppler xung



Hình ảnh siêu âm 3 chiều



KẾT LUẬN

1. Hình ảnh được tạo ra dựa vào cường độ, tần số, và thời gian tín hiệu siêu âm quay trở về đầu dò từ cơ thể
2. Hầu hết các phương pháp siêu âm đều không xâm lấn và thường không gây đau
3. Sóng siêu âm khó đi qua được không khí, do đó khảo sát dạ dày, ruột non, ruột già và đặc biệt là phổi có thể bị giới hạn
4. Sóng âm khó xuyên thấu được xương và do đó chỉ có thể nhìn thấy được mặt ngoài của các cấu trúc xương chứ không nhìn được những gì nằm bên trong

Câu hỏi thảo luận

1. Hãy tiên đoán bằng lập luận định tính, chu kỳ của con lắc tăng, hay giảm khi biên độ của nó tăng?
2. Sóng âm có thể được sử dụng để đo tốc độ của máu chảy trong động mạch và tĩnh mạch. Giải thích làm thế nào?
3. Các sóng siêu âm có thể được sử dụng để soi nội tạng của con người. Chúng có thể, chẳng hạn, phân biệt được nước và các mô mềm của người tốt hơn nhiều so với tia X. Tại sao?

GIÁO TRÌNH & TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bài giảng Vật lý-Lý sinh; Bộ môn Vật lý-Lý sinh; ĐHYD TP.HCM 2015
2. Cơ sở vật lý; David Halliday-Robert Resnick-Jearl Walker; NXB GD 2007
3. Vật lý đại cương; Lương Duyên Bình chủ biên; NXB GD 2000
4. Giáo trình vật lý đại cương; I.V Xaveliev; NXB ĐH-THCN 1998
5. Lý sinh y học; Bộ môn Vật lý-Lý sinh trường ĐH Y Hà Nội; NXB Y học 1998