



Dott. Antonio Metrangolo
Direttore U.O. Medicina Interna
P.O. "F. Ferrari" - Casarano

Fisica e Principi degli Ultrasuoni

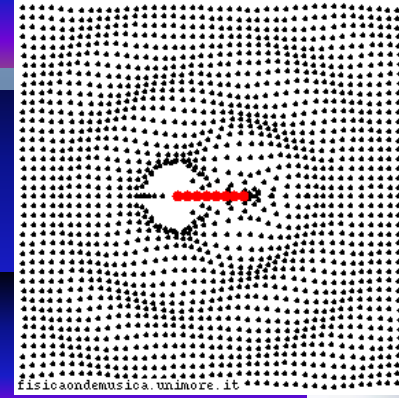
Cos'è il Doppler?

Fisica e Principi degli Ultrasuoni

1. Principi Fisici



2. Cenni Storici



3. Metodologia

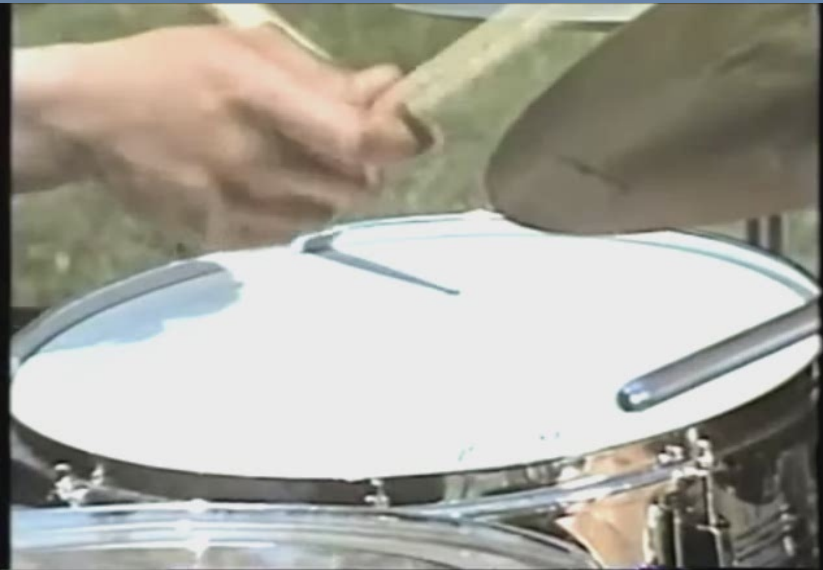


4. Cos'è il Doppler

5. Conclusioni



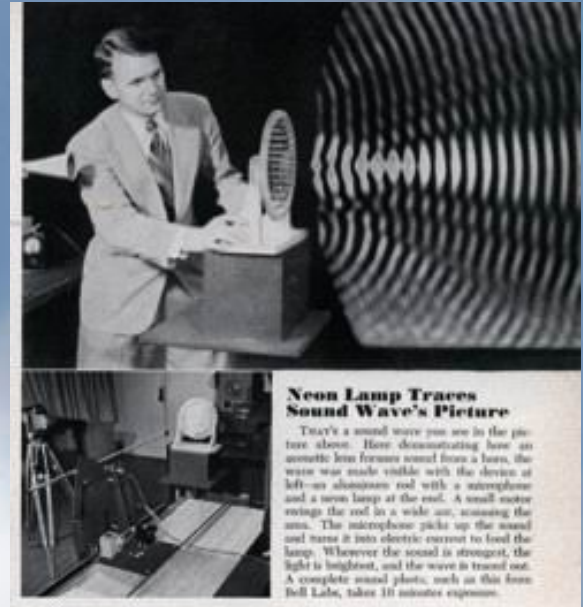
1. Principi Fisici Il Suono



Energia



Mezzo di trasmissione

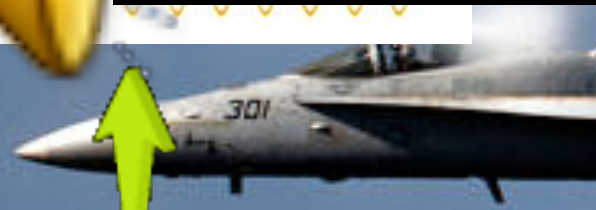
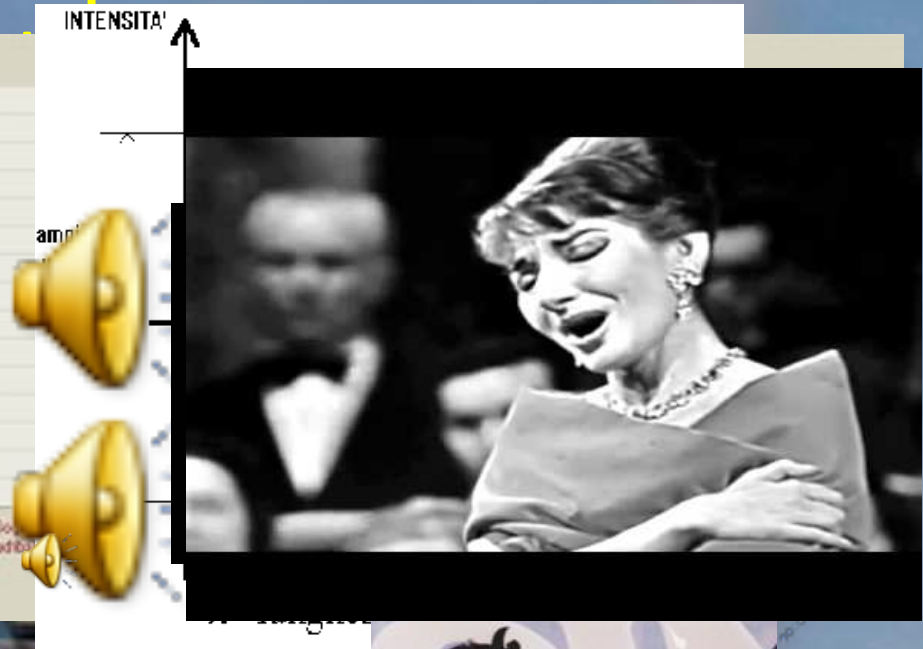
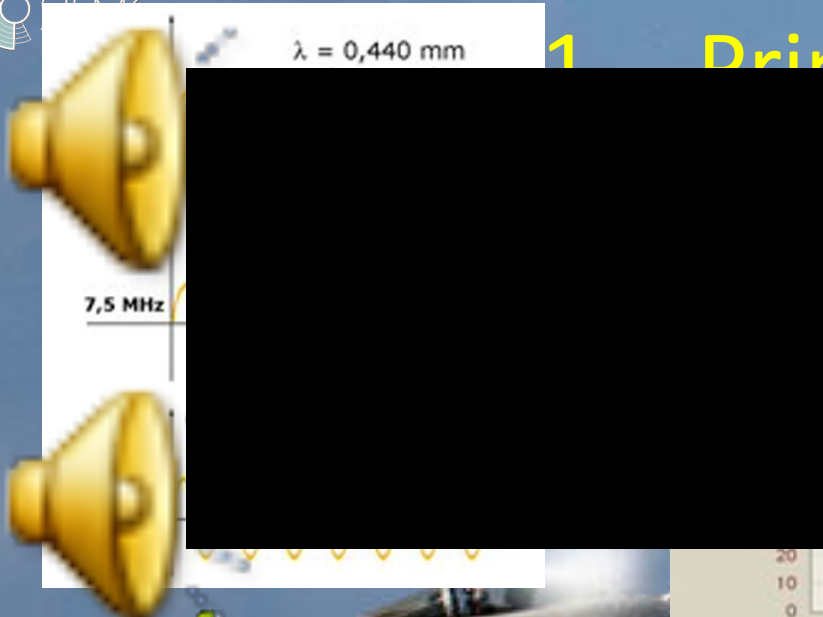


Onde di
Compressione e di
Decompressione

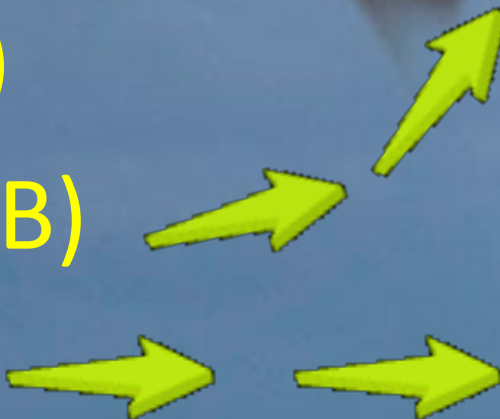




1 Principi Fisici



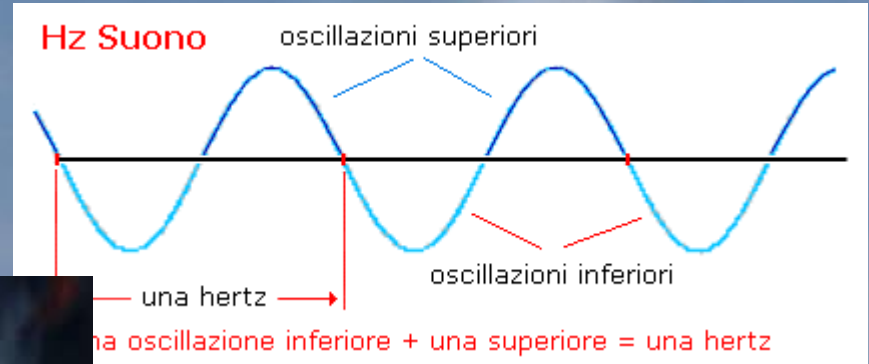
- Altezza (Hz)
- Intensità (dB)
- Timbro



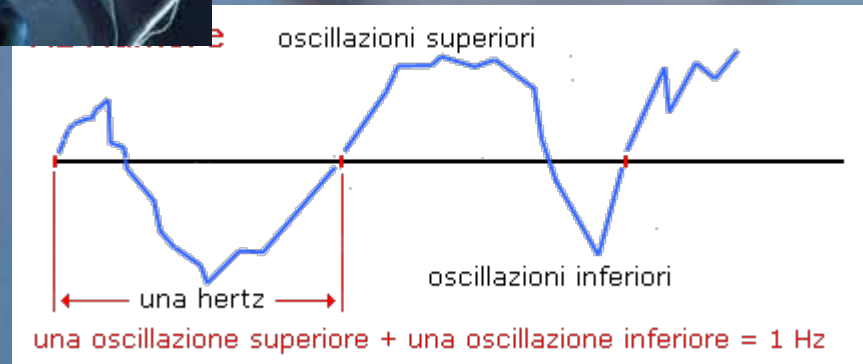
1. Principi Fisici

Il Suono ed il Rumore

Suono

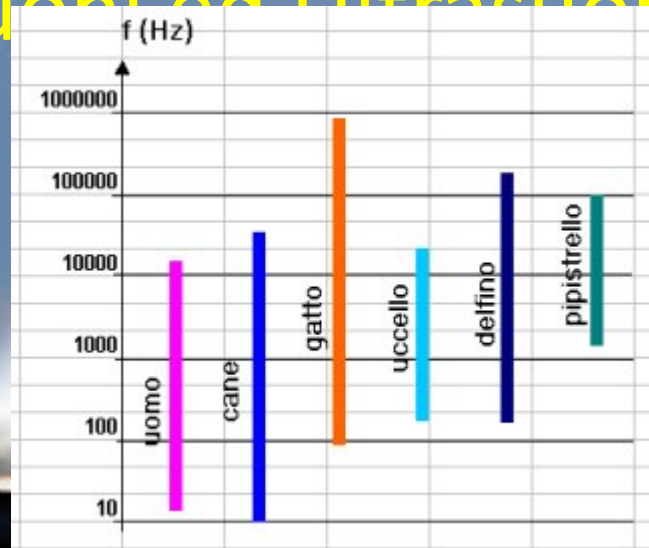


Rumore

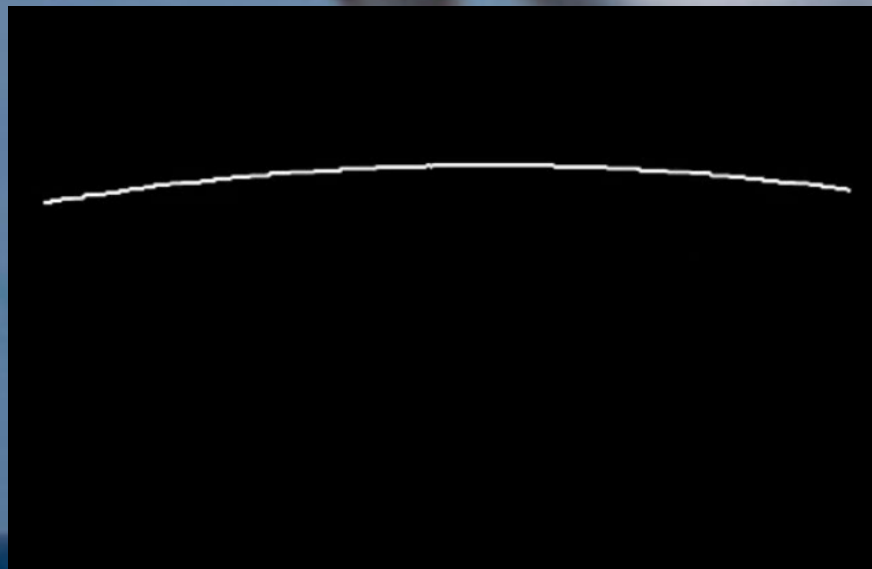


1. Principi Fisici Suono ed Ultrasuoni

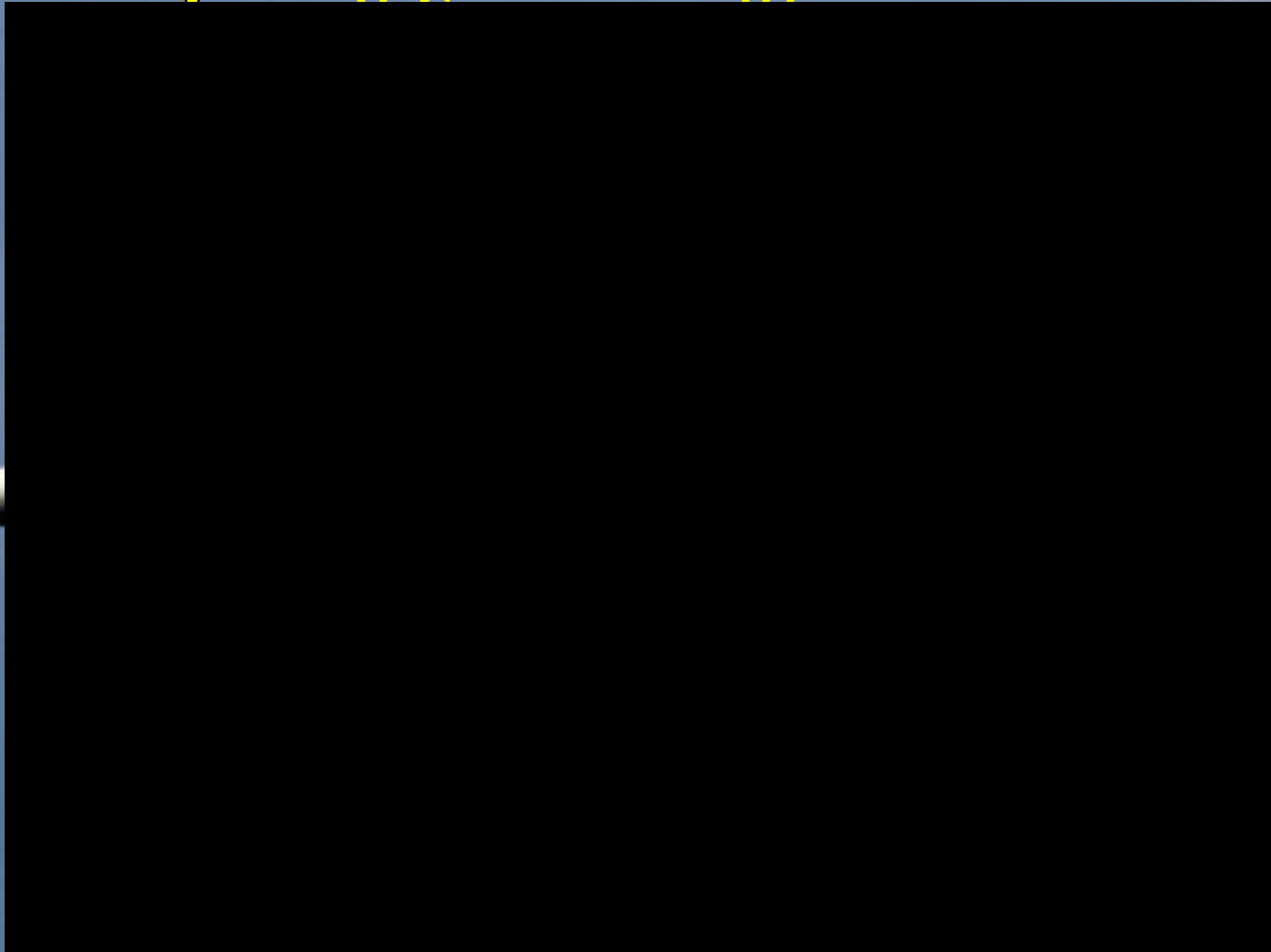
Suono



Ultrasuono



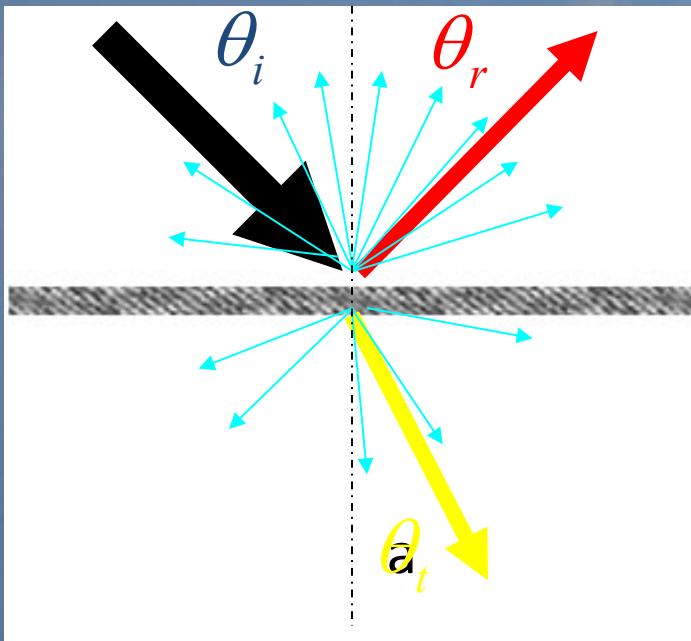
1. Principi Fisici



Nei mezzi caratterizzati da densità uniforme, le onde sonore si propagano in linea retta. Esattamente come avviene per la luce, però, quando incidono sulla superficie di separazione tra due mezzi distinti, subiscono i fenomeni della rifrazione e della riflessione, che le portano a deviare dalla traiettoria originaria.

La riflessione del suono spiega il fenomeno dell'eco: le onde sonore, incidendo su una superficie riflettente, vengono in parte rimbalzate indietro e percepite due volte. Si trova sfruttata in natura, da animali come il pipistrello e i mammiferi odontoceti, che se ne servono come sistema di localizzazione, e dall'uomo, per il funzionamento di strumenti come il sonar.....

1. Principi Fisici Il Suono e l'Eco



- **Onda Incidente**
- **Onda Diffusa o Scattering**
- **Onda Trasmessa o Rifratta**
- **Onda Riflessa**

1. Principi Fisici

II

ne



1. Principi Fisici

Il Suono e l'Eco – Velocità di Propagazione

Mezzo	Velocità (m/s)
Acciaio	5900
Acciaio Inox	5800
Acqua	1480
Alluminio	6320
Aria	330
Berillio	12900



Mezzo	Velocità (m/s)
Ass	2700
	5800
	4700
	6100
eno	5200
	4200

1360 m/sec



1. Principi Fisici

TM

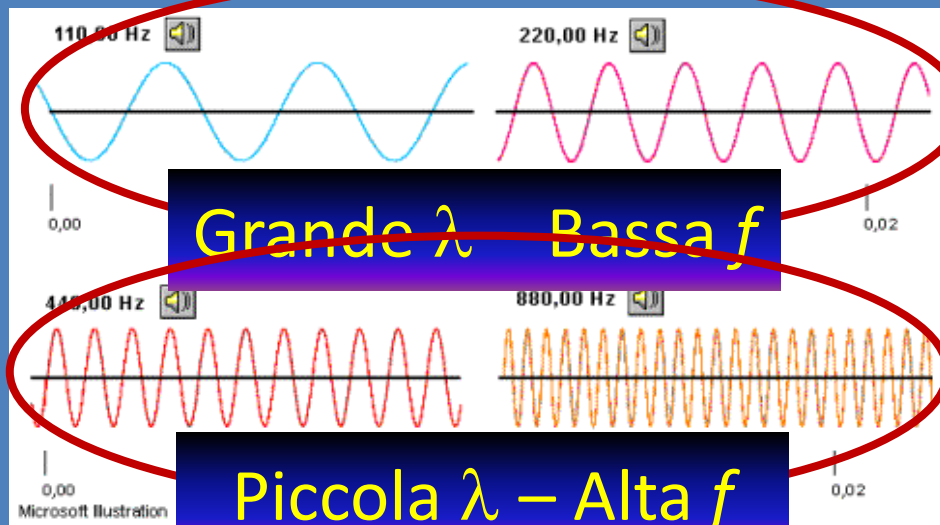


Maggiore d
Peggior Risoluzione

TM



Minore d
Migliore Risoluzione



1

Risoluzione (mm)



1. Principi Fisici

Assorbimento ed Attenuazione

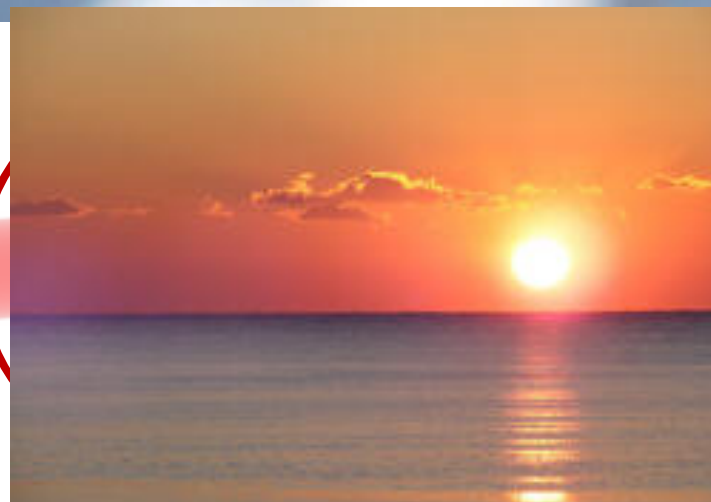
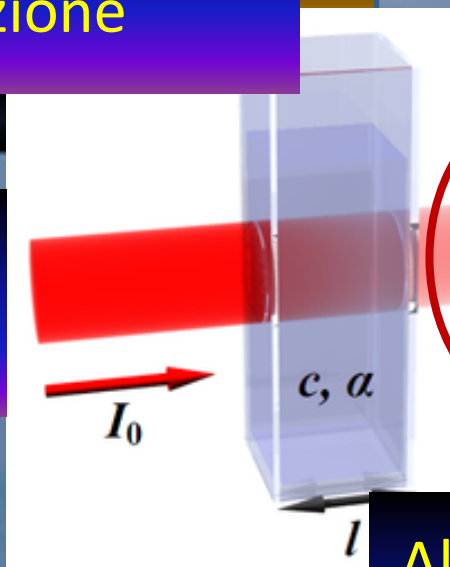


Calore

Bassa frequenza – Grandi onde
Alta penetrazione
Peggior risoluzione

Assorbimento

Attenuazione



Alta frequenza – Piccole onde
Bassa penetrazione
Migliore risoluzione

Hz
(er)

1. Principi Fisici

Il Suono e l'Eco – Impedenza ed Interfaccia

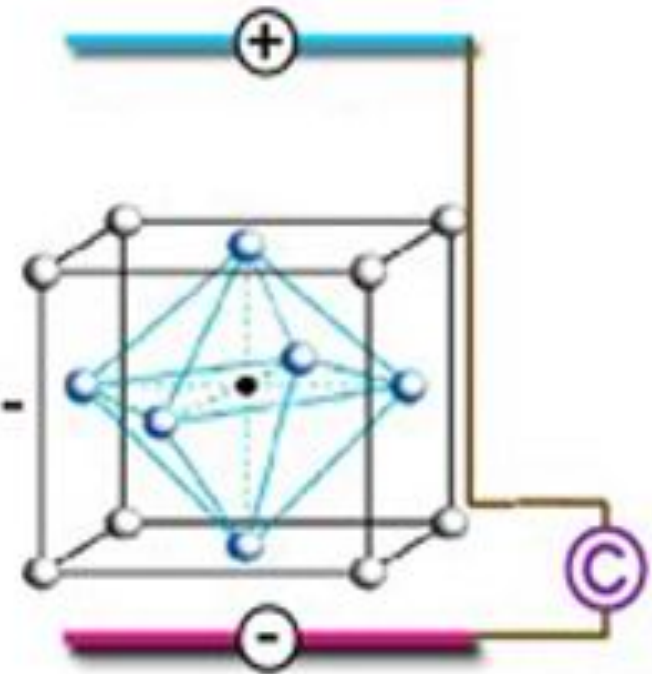
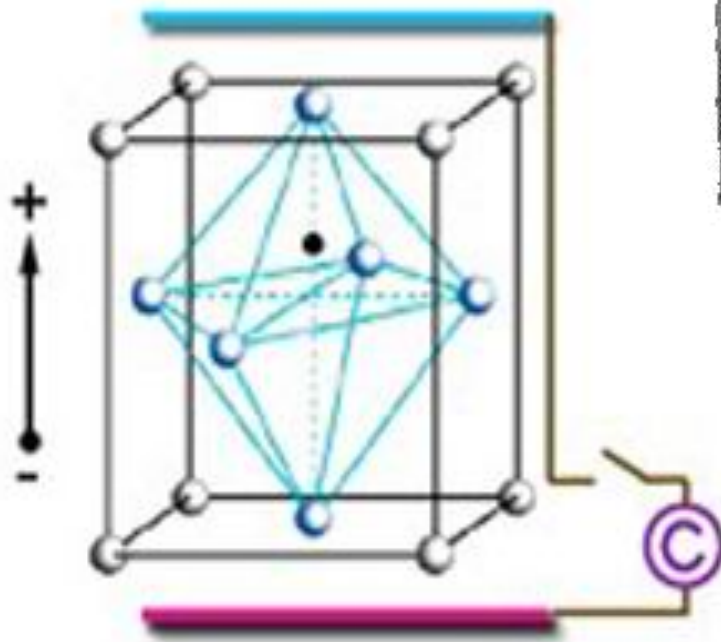
<i>INTERFACCIA</i>	<i>COEFF. DI RIFLESSIONE</i>
Tessuto molle - aria	99,9%
Tessuto molle – polmone	52,0%
Tessuto molle – osso	43,0%
Umore acquoso – lenti	1,1%
Grasso - fegato	0,79%
Tessuto molle – grasso	0,69%
Tessuto molle – muscolo	0,04%
Acqua - lucite	13,0%
Olio - tessuto molle	0,43%



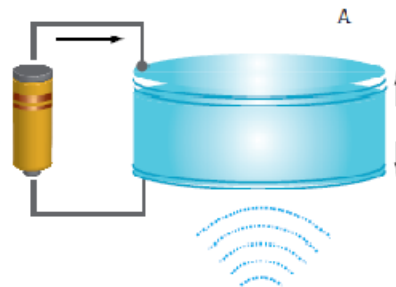
2. Cenni Storici



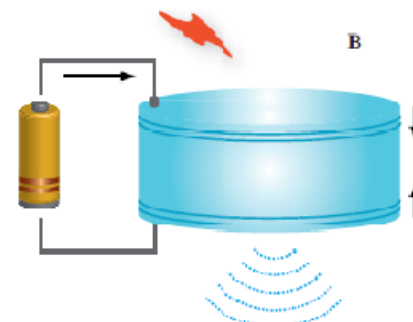
Pierre Curie
1859 - 1906



Colpito da uno stimolo meccanico
(es. ultrasuoni) genera una
tensione elettrica

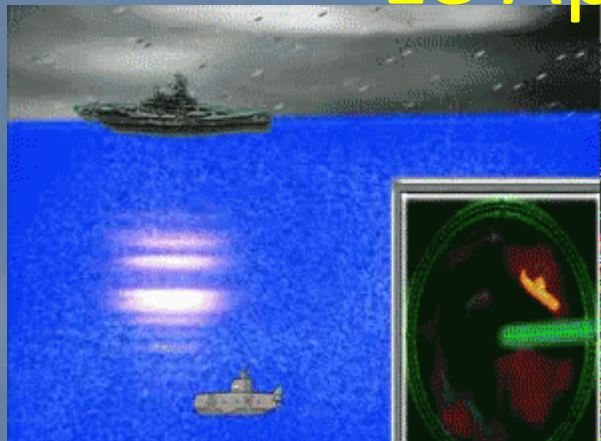


Colpito da uno stimolo elettrico
risponde con un'espansione-contrazione
che genera ultrasuoni



ne

2. Cenni Storici Le Applicazioni Militari



SoNaR
I Guerra Mondiale

Sound
Navigation
and
Ranging

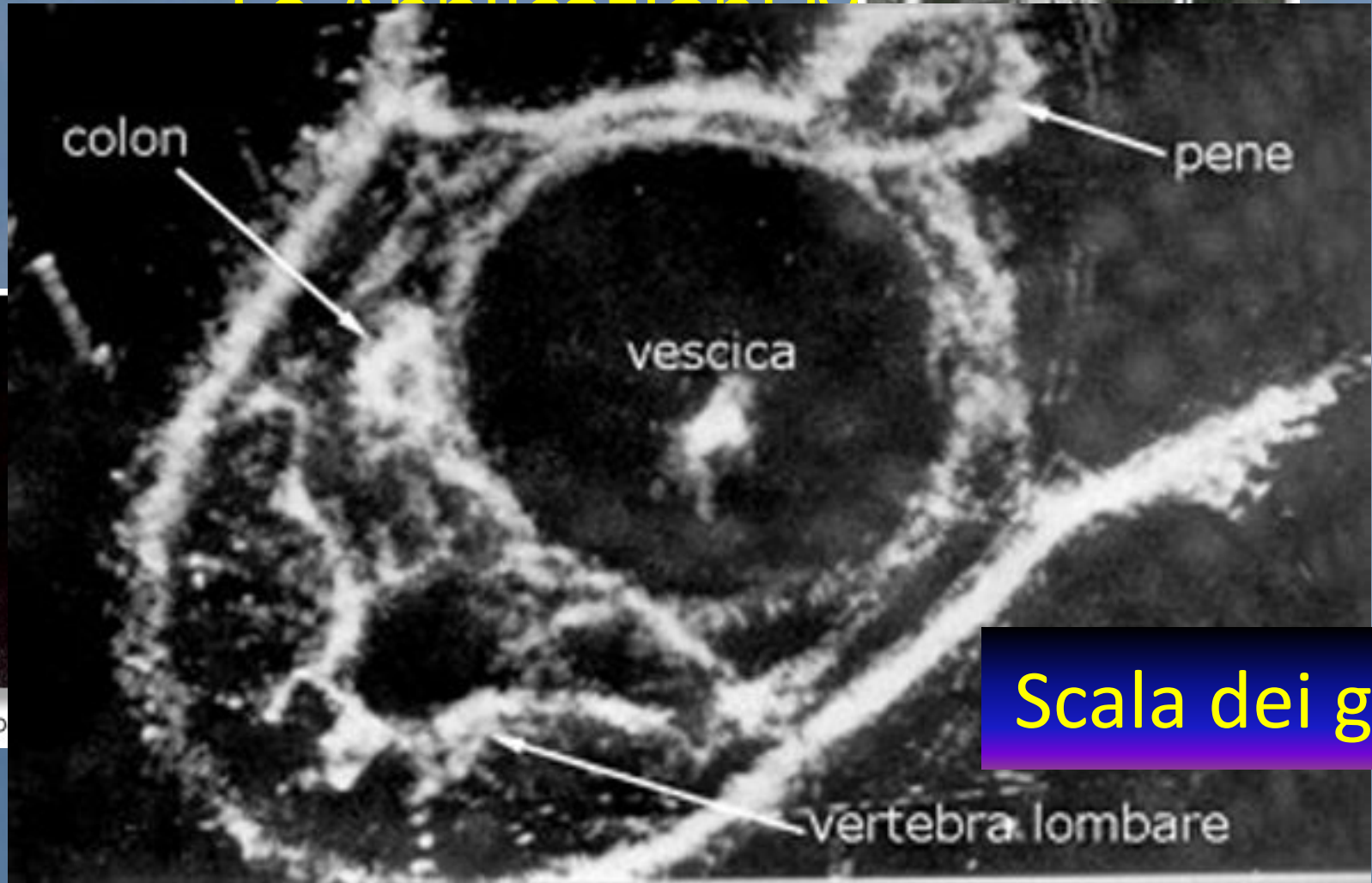


II Guerra Mondiale



III Millennio
Accoppiati a GPS

2. Cenni Storici Le Applicazioni Mediche



Scala dei grigi

The prototype compound contact scanner
Donald and Brown built in 1957

2. Cenni Storici Applicazioni Mediche

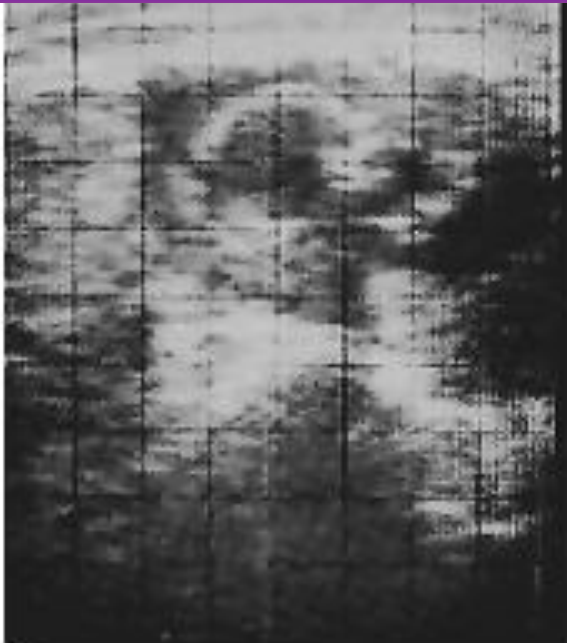


Siemens Vidoson
“real-time”

Aloka
“real time”

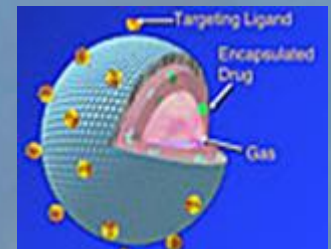


Anni '60



Kreutz
Braccio meccanico snodabile

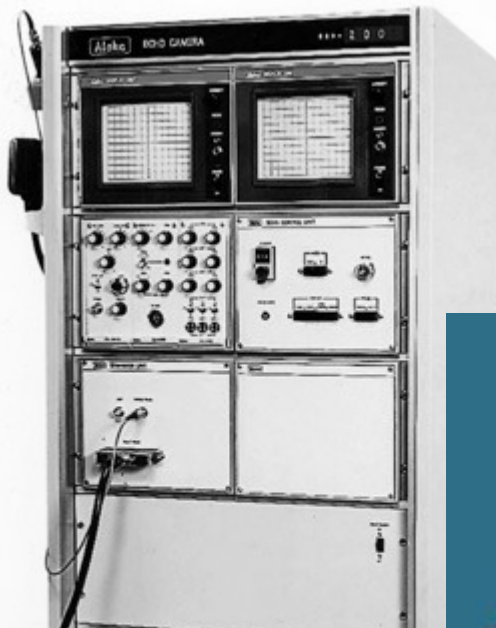
2. Cellular Le Applicazioni Cliniche



Levovist



Portatili



Più piccoli

Anni '70 – '80



Color-Power-Doppler

Anni '90

2. Cenni Storici Le Applicazioni Mediche



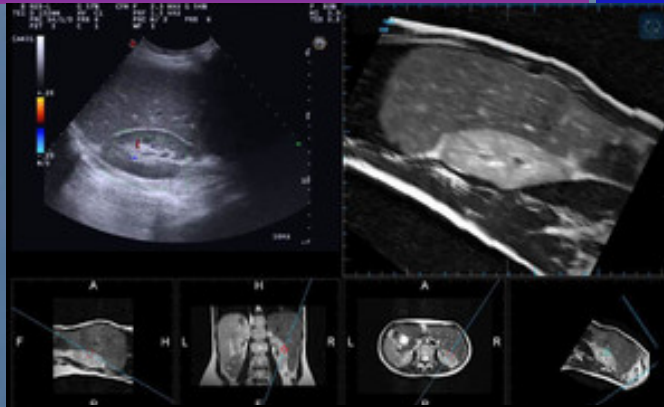
Digitalizzazione
Immagine



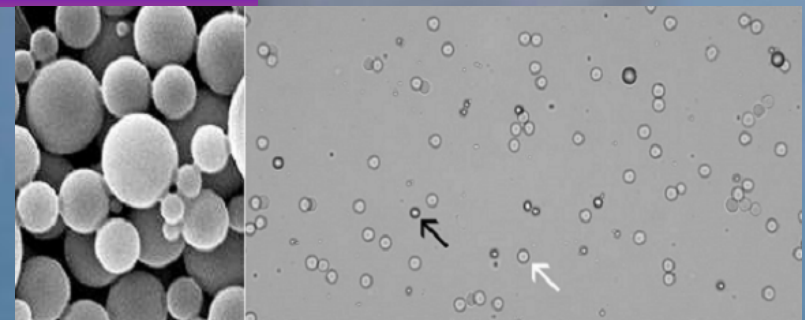
Miniaturizzazione
Apparecchiature

Anni 2000

Ecografia 3D
“real time”

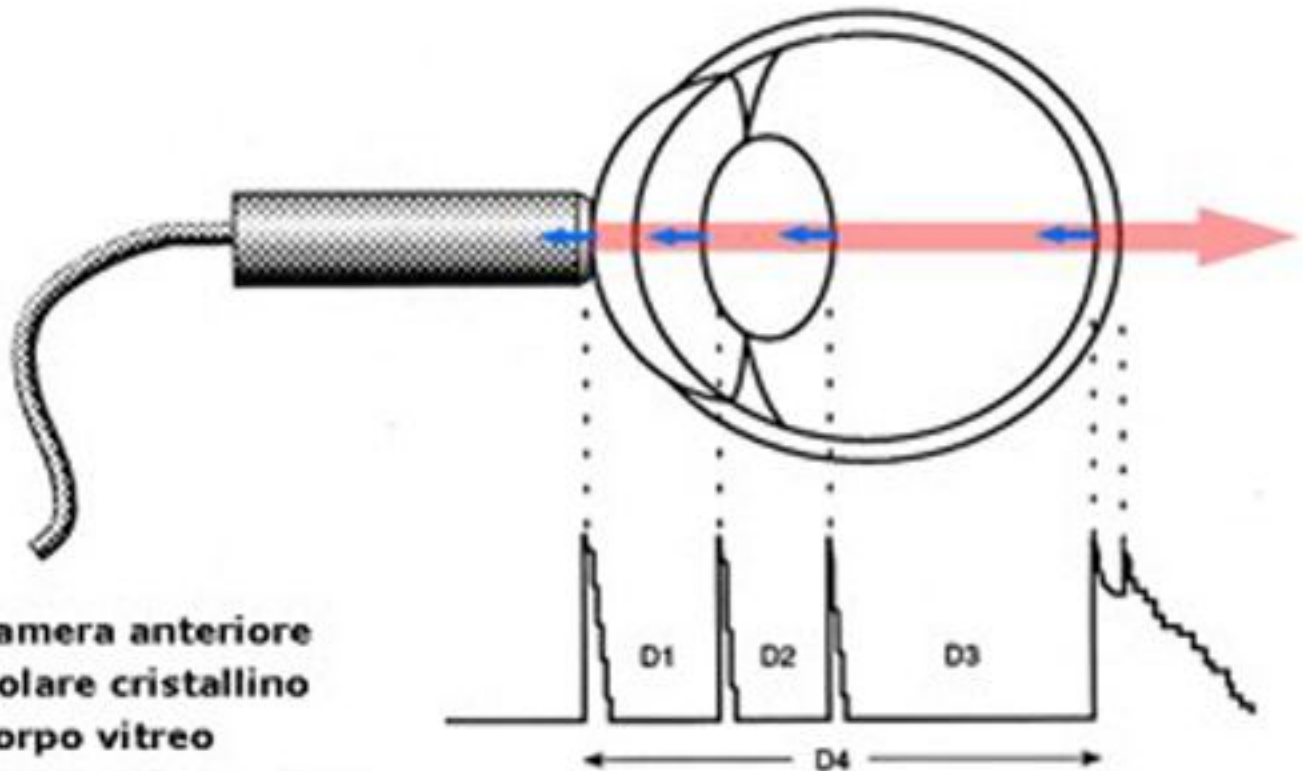


Sistemi
Integrati



Mezzi di Ecoamplificazione
II generazione

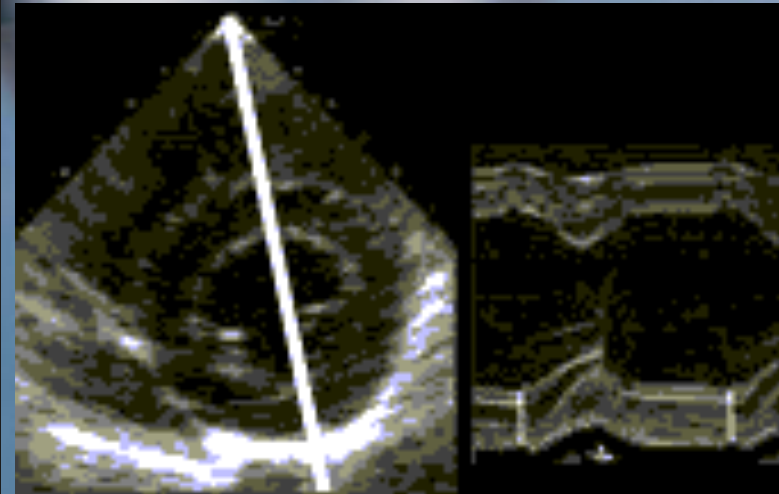
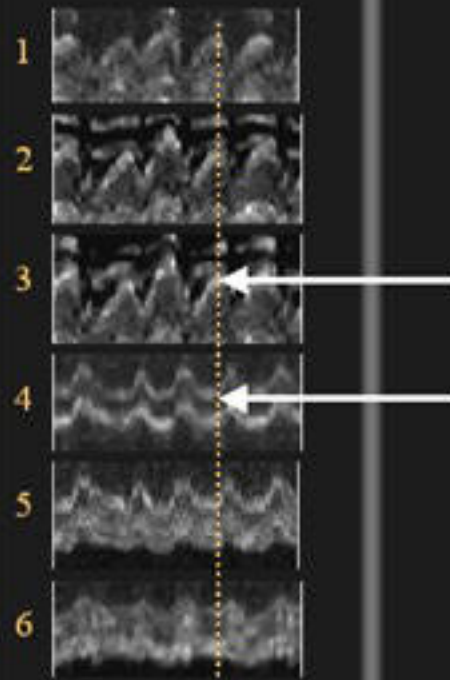
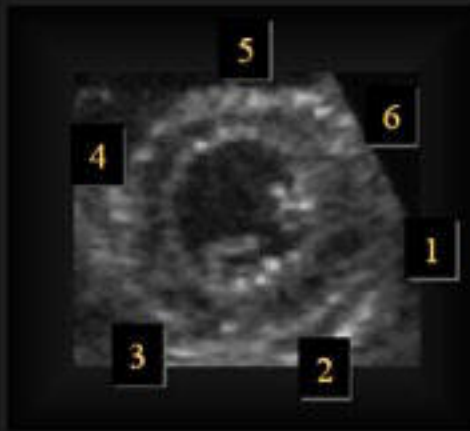
A-Mode (Amplitude) o



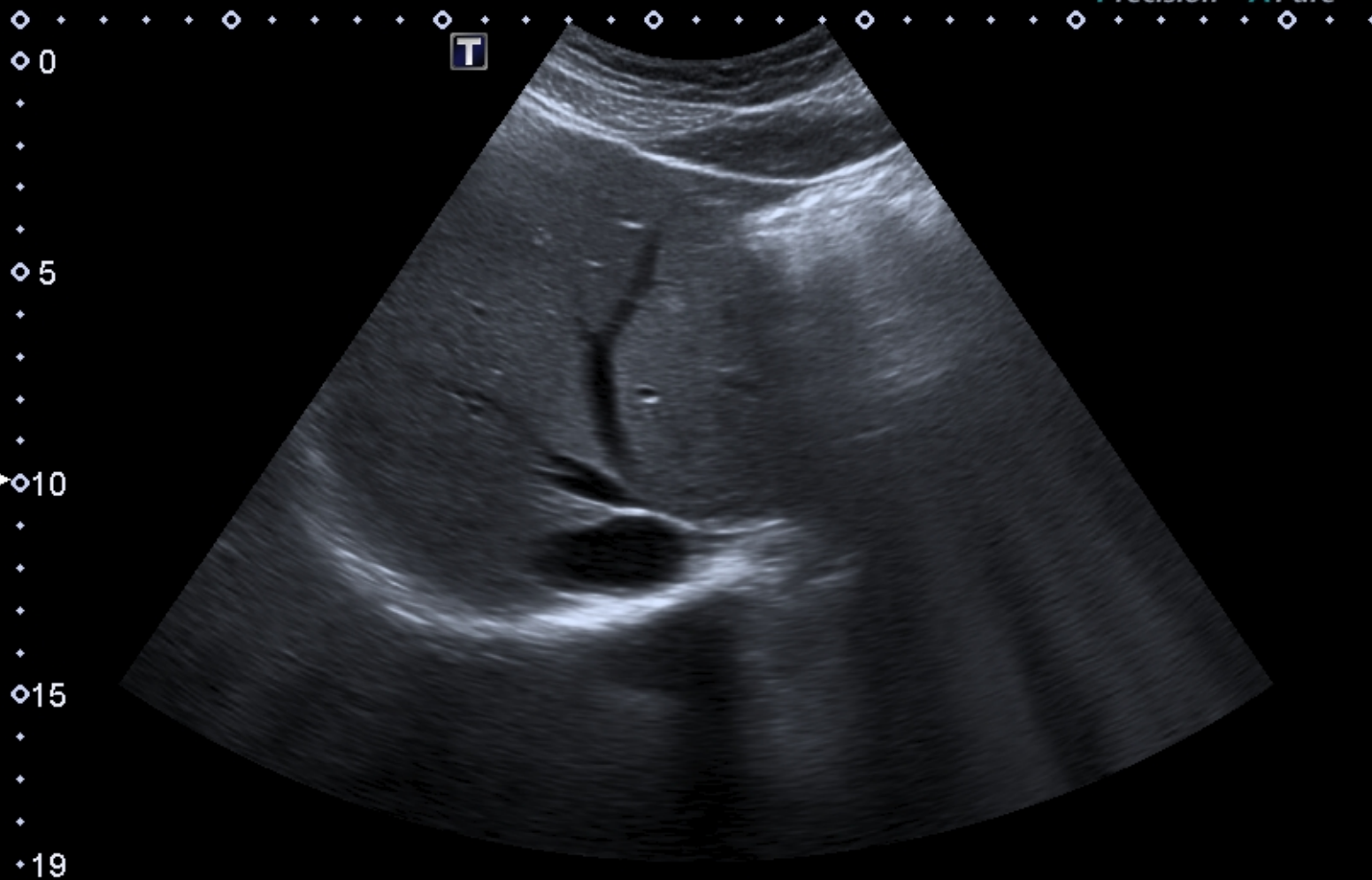
rumore

M (Motion) mode

Il formato M-mode non è altro che un B-mode ripetuto ad intervalli di tempo sufficientemente brevi per riprodurre il movimento dell'interfaccia



Precision A Pure+



6C1
diffT5.0
18 fps
Qscan
G:78
DR:65

Trasduttore

Definizione generale:

- Ogni strumento che converte energia da una forma ad un'altra.

Anche zio Fester, a suo modo,
è un trasduttore



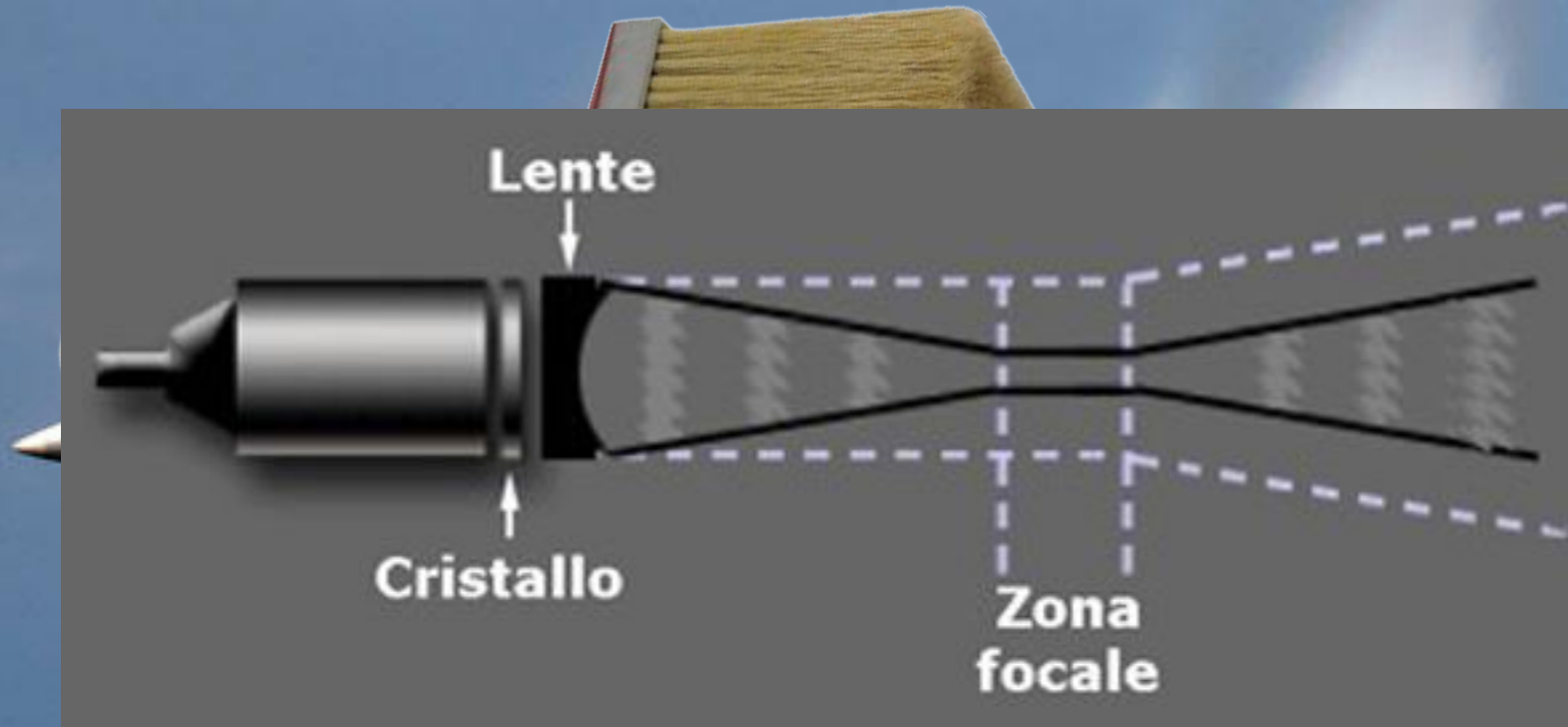
Energia elettrica

→ Lampadina

→ energia luminosa
+ energia termica

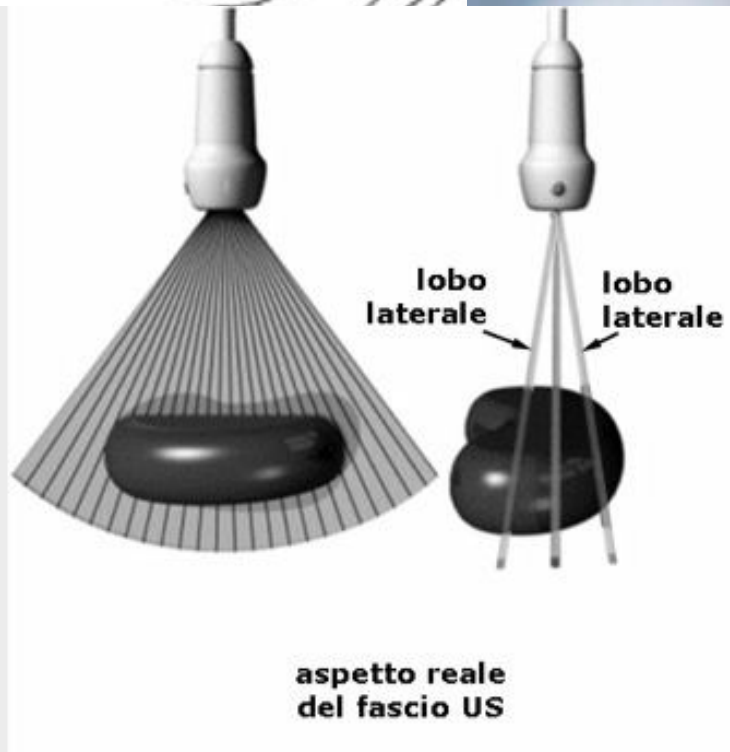
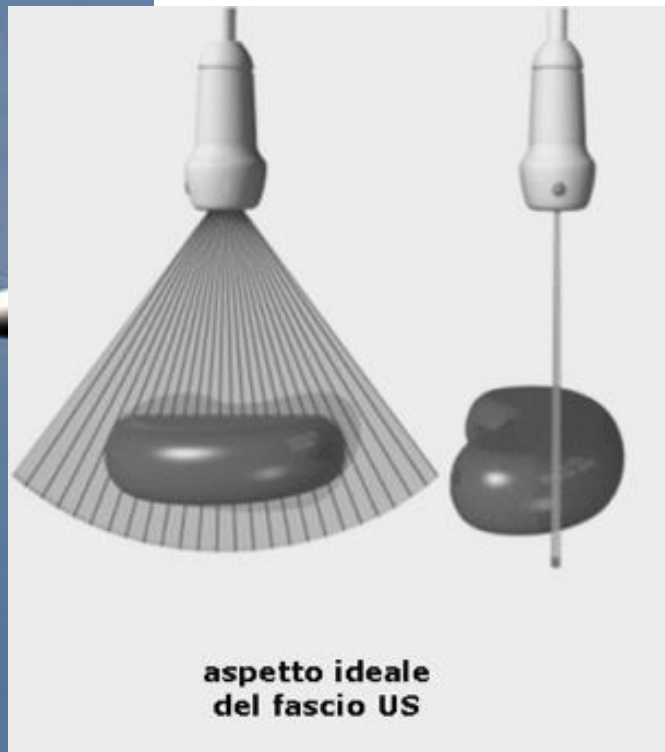
3. Metodologia

La Formazione dell'Immagine

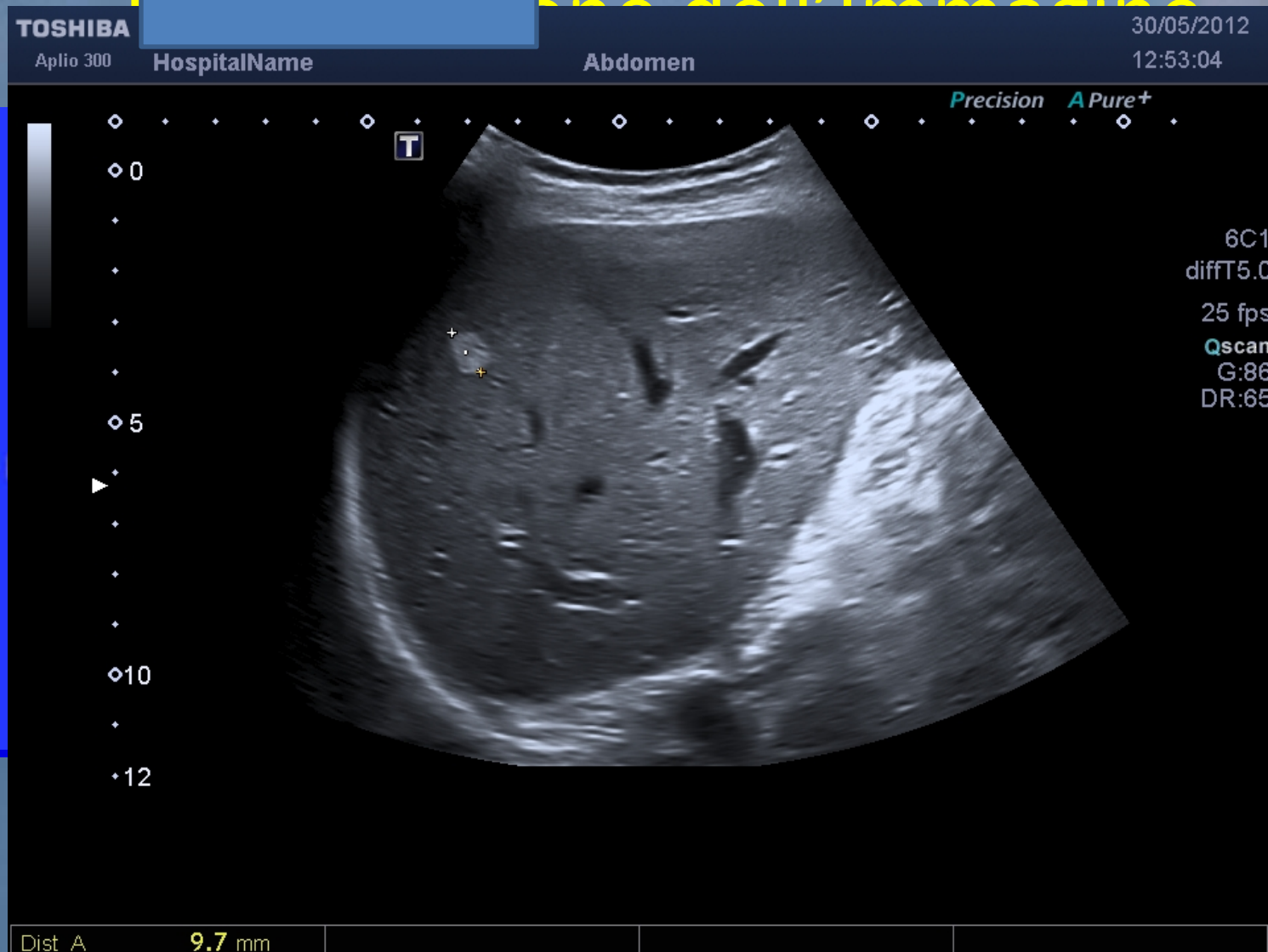


3. Metodologia

Il Fascio Ultrasonoro



3. Metodologia



3. Metodologia L'Immagine sullo Schermo

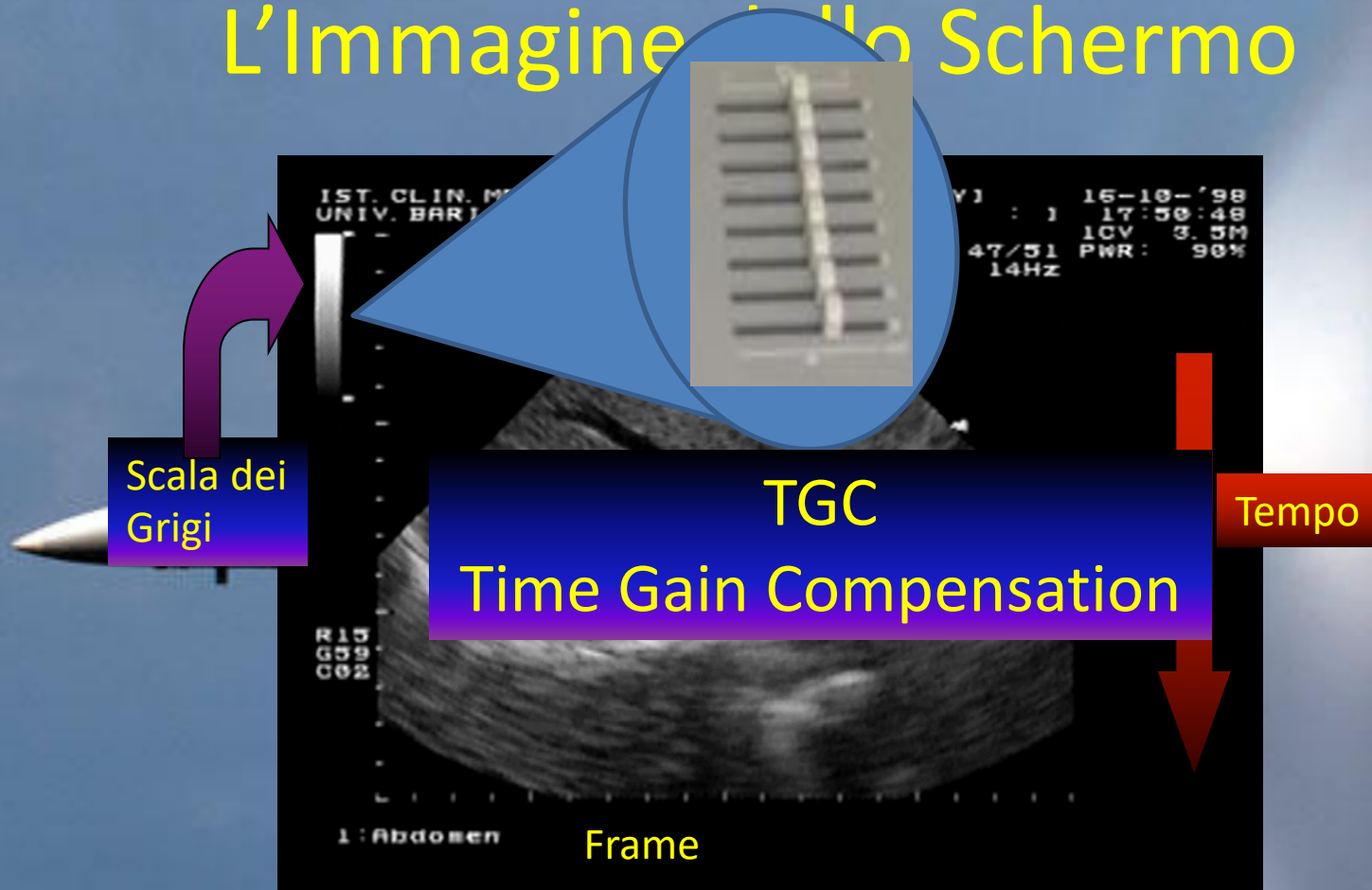


Immagine B-dimensionale o B-mode
 Immagine “real time” ossia in movimento
 Tanto più rapida quanto maggiore è il “frame rate”

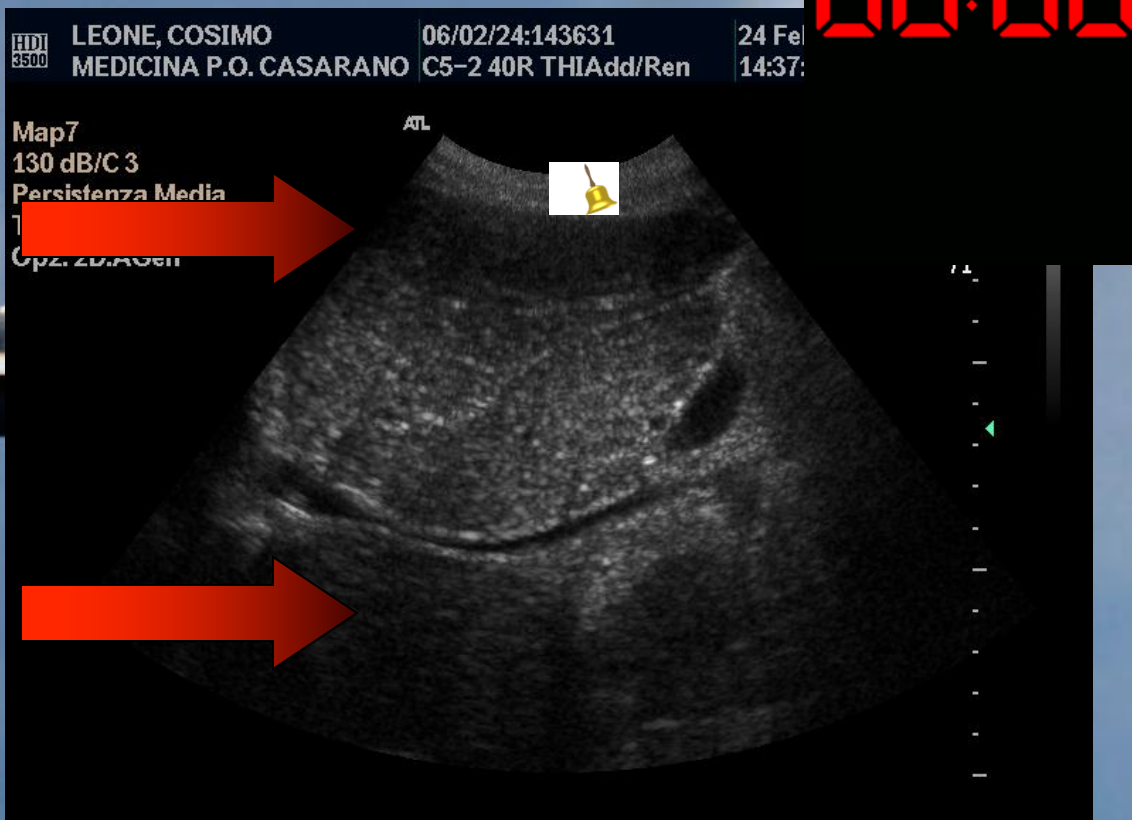
3. Metodologia L'Orientamento della Sond

00:00

Vicino - Superficiale



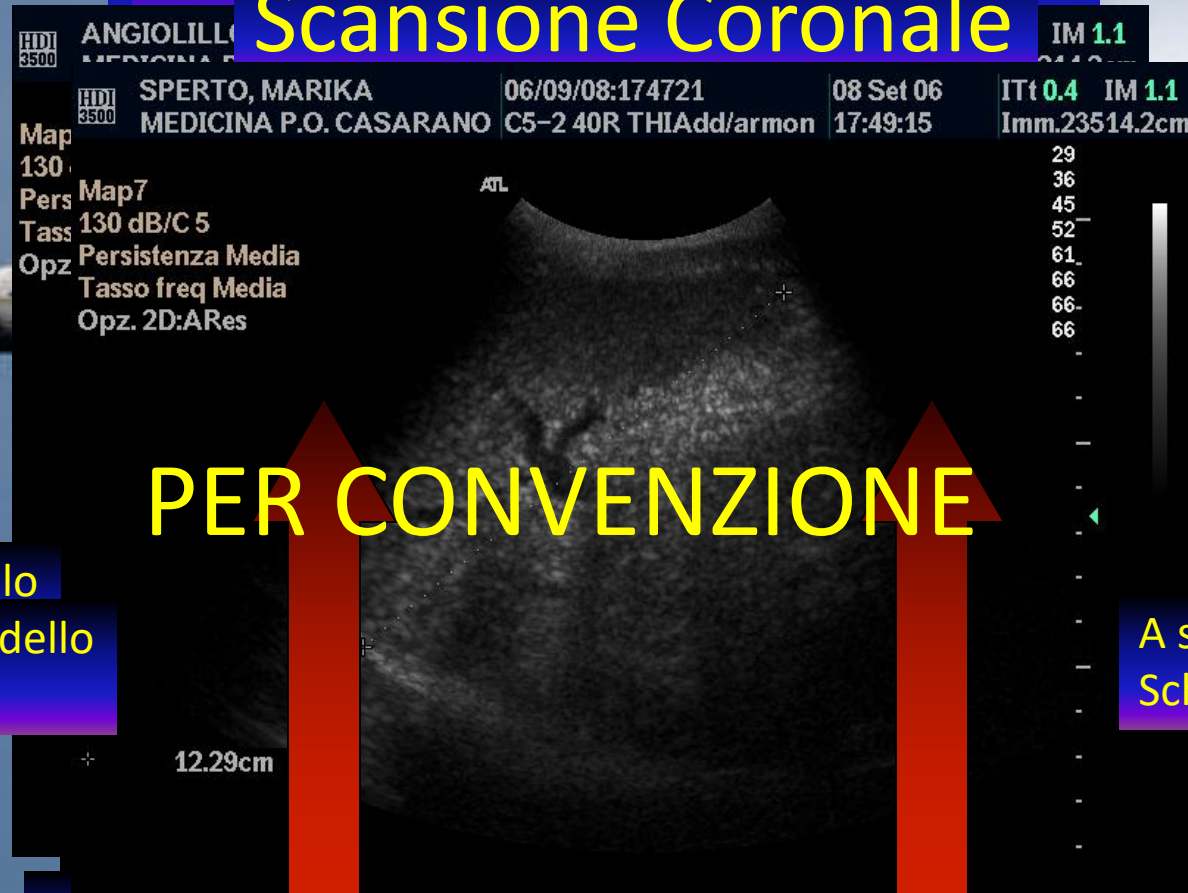
Lontano - Profondo



PER PRINCIPIO
FISICO

3. Metodologia L'Orientamento della Sonda

Scansione Transversale Scansione Coronale



PER CONVENZIONE

A destra dello
Sc A destra dello
Schermo

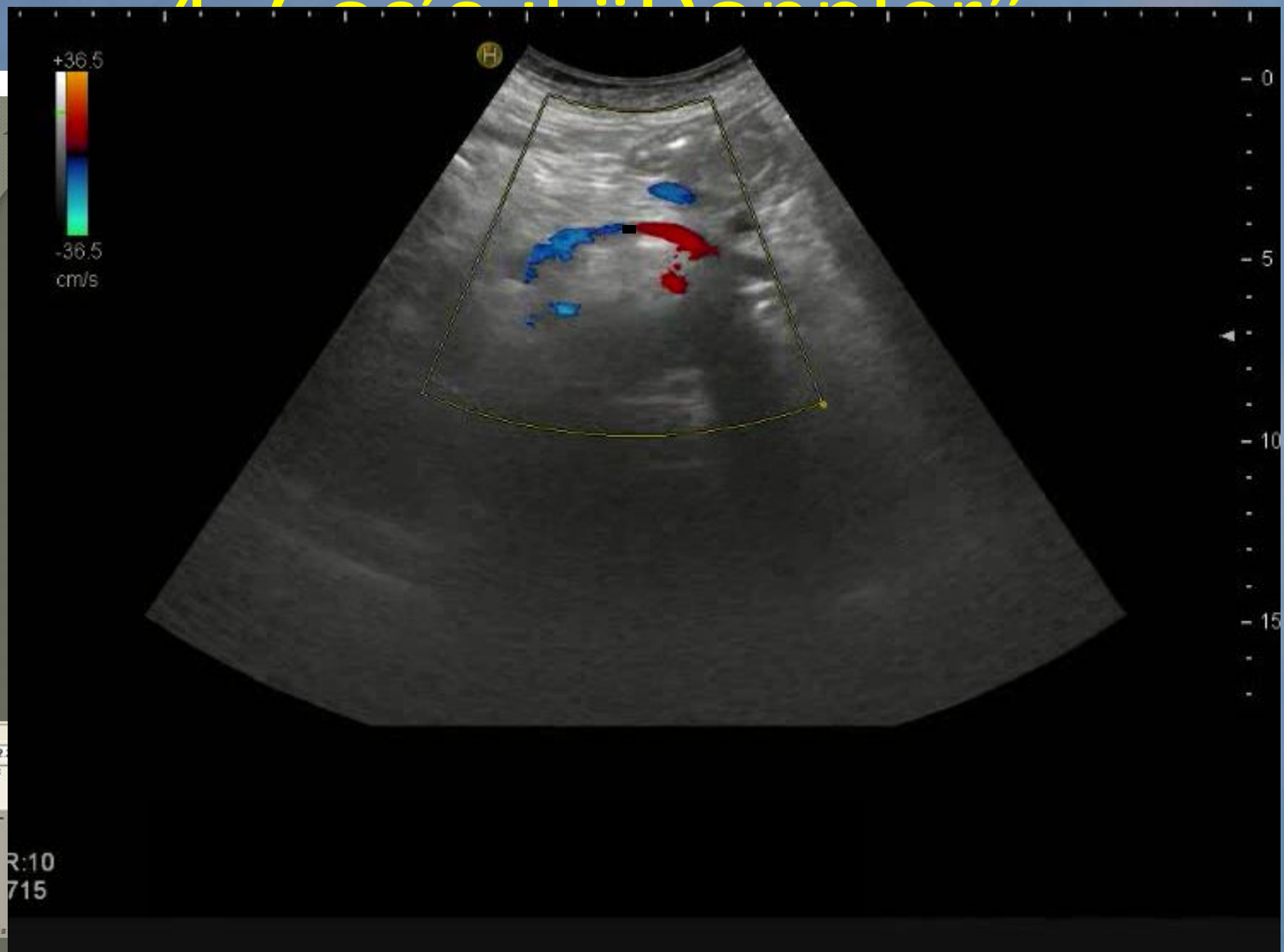
A sinistra dello
Schermo

Craniale - Sopra

Caudale - Sotto

Hip
Parigi,

4. Color Doppler



Doppler CW ad onda continua

Trasmittitore e ricevitore sono due trasduttori fisicamente separati ed entrambi lavorano con continuità.

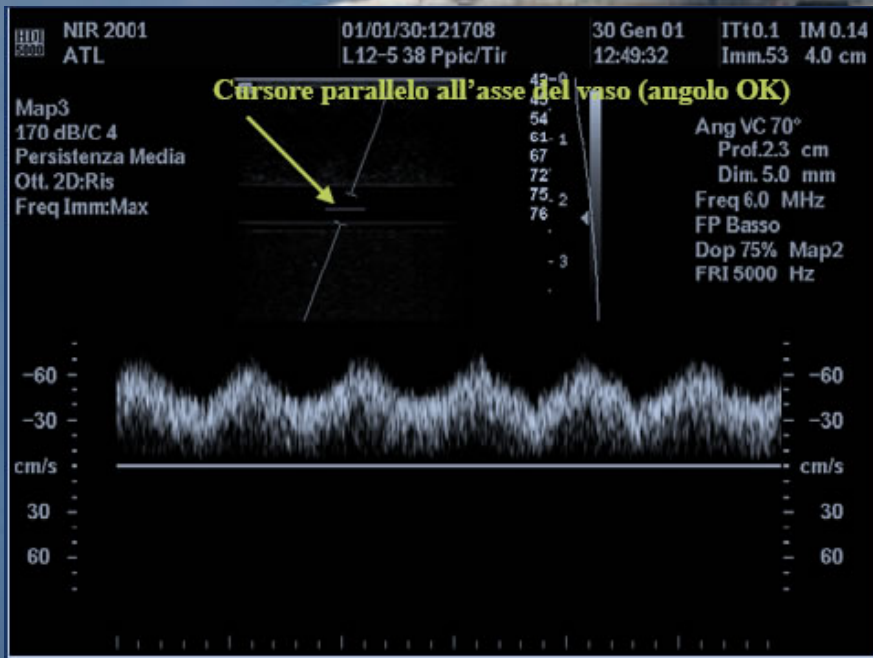
- Se l'oggetto riflettente è fermo la $f_r = f_e$;
- se l'oggetto è in movimento verso il trasduttore la $f_r > f_e$;
- se l'oggetto è in allontanamento dal trasduttore la $f_r < f_e$



- Distingue le velocità delle particelle;
- Non si distingue la localizzazione delle particelle nello spazio.

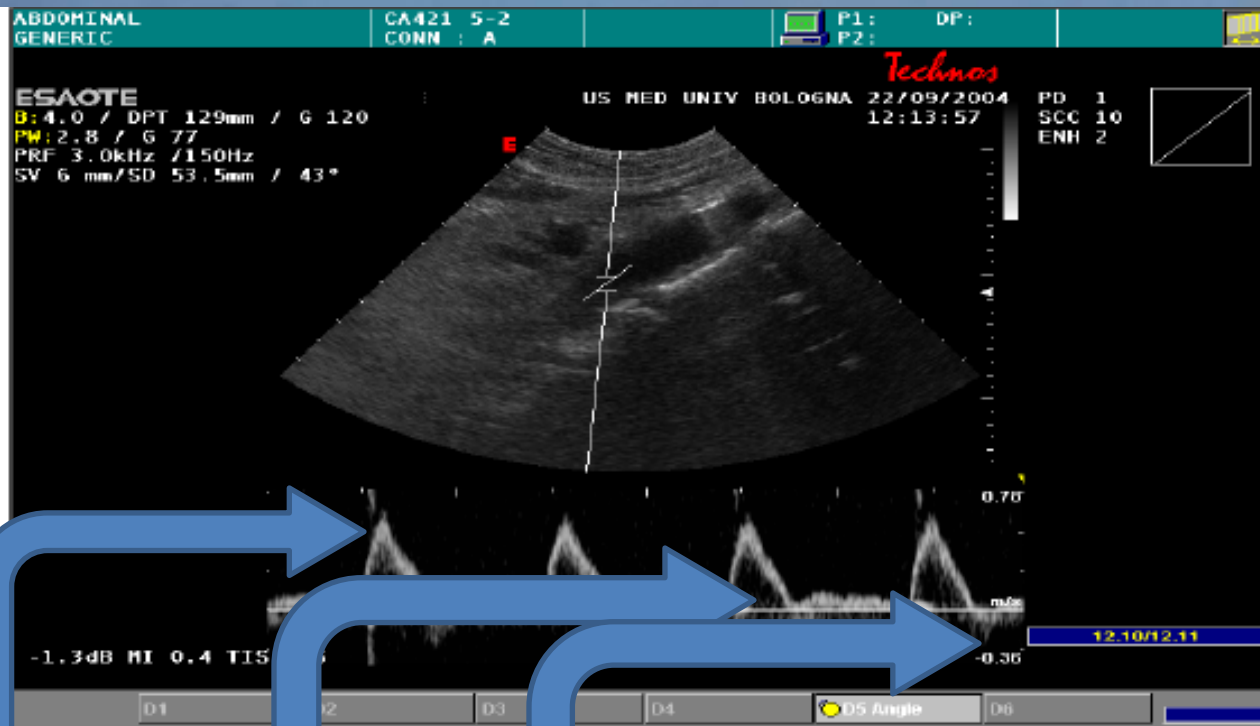
Doppler PW ad onda pulsata

Unico trasduttore che emette un burst ultrasonoro di breve durata e si pone in attesa dell'eco. Dopo un certo intervallo di tempo il trasduttore emette un nuovo burst, e così via.



Il segnale di ritorno contiene tre informazioni:

- ~ Localizzazione dell'oggetto riflettente
- ~ Velocità dell'oggetto riflettente



METODICHE DOPPLER: ANALISI SPETTRALE

Il profilo superiore della curva indica le massime frequenze, in rapporto alle velocità massime. L'area libera sottostante lo spettro viene definita "finestra" e la sua ampiezza è correlata alla omogeneità del flusso (**flusso piatto, finestra vuota; flusso parabolico, finestra piena**). Lo spettro di frequenza appare positivo o negativo a seconda che il flusso si diriga verso la sonda o se ne allontani.

4. Cos'è il “Doppler”

Doppler, PRF, Aliasing
e Limite di Nyquist



Ovvero

Perché le ruote della
macchine sembra che
girino al contrario,
quando vanno veloci?

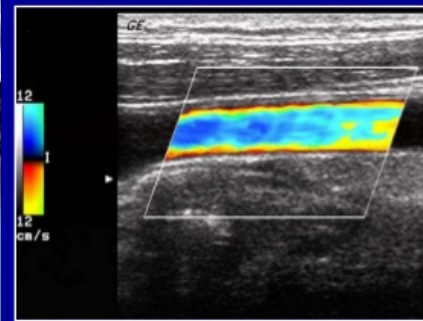




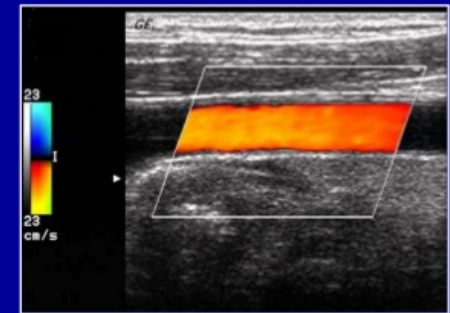
PRF = Pulse Repetition
Frequency = Frequenza di
campionamento

Aliasing =
Equivocazione

Color Doppler aliasing



Velocity scale range 12 cm/sec



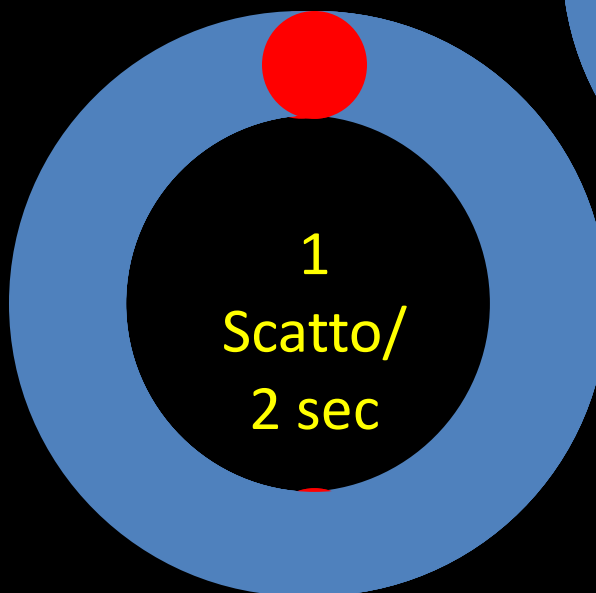
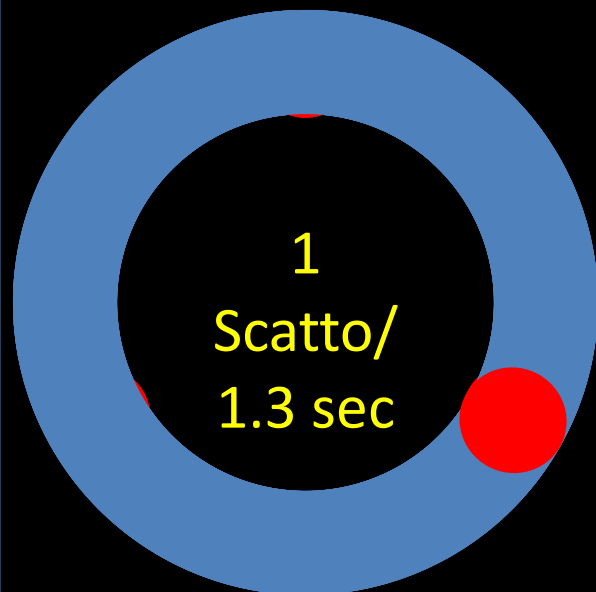
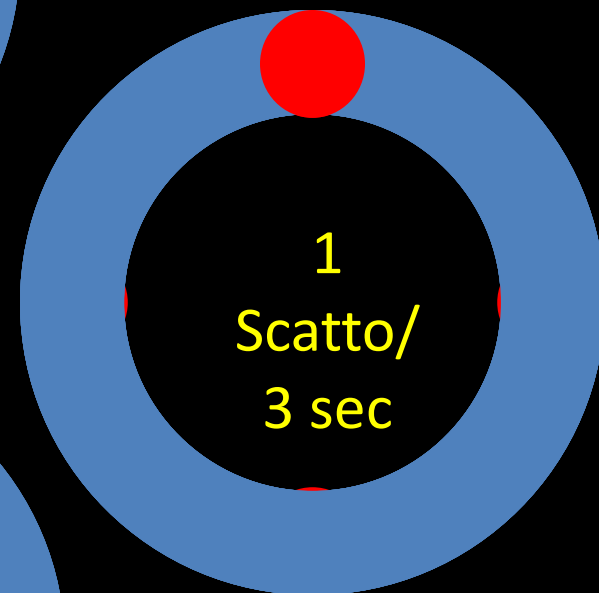
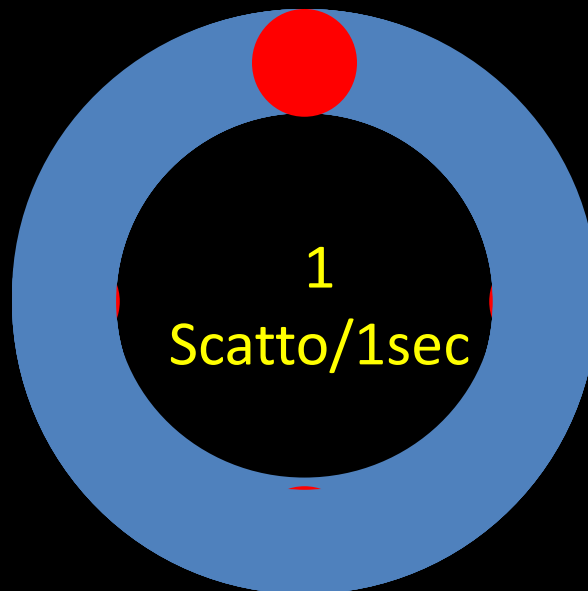
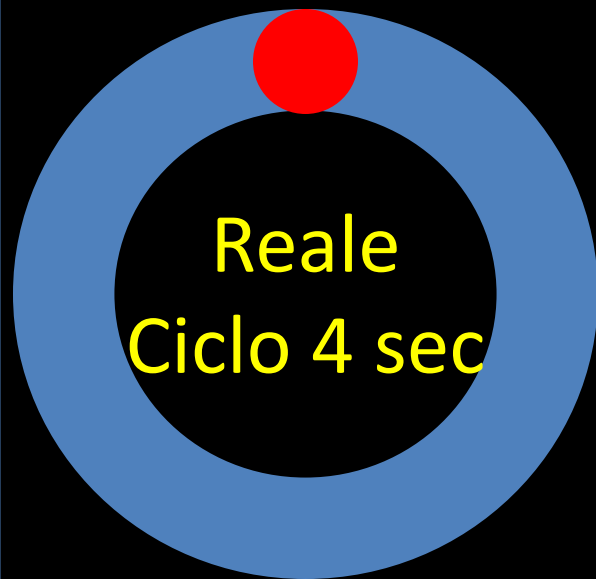
Velocity scale range 23 cm/sec

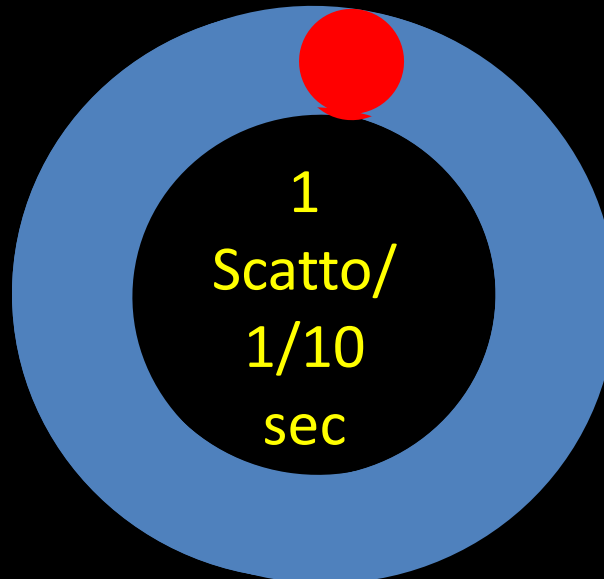
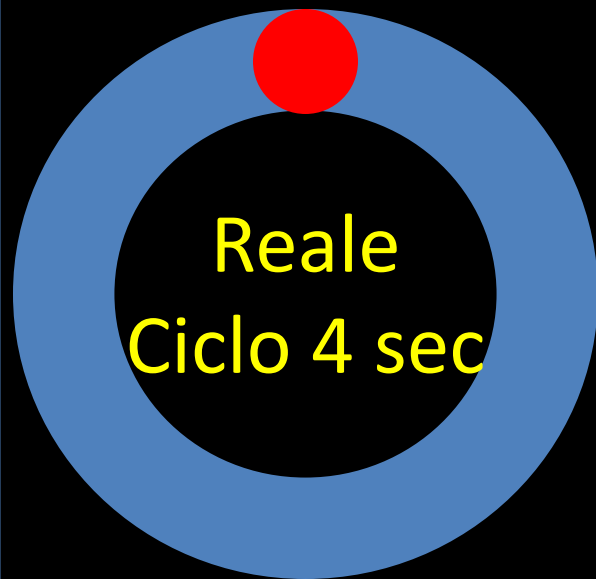
Rubens DJ et al. Doppler artifacts & pitfalls.
Ultrasound Clin 2006; 1: 79 - 109

- **Teorema Nyquist - Shannon** : *Il segnale può essere ricostruito completamente se è stato campionato ad una frequenza F_c maggiore del doppio della frequenza della componente del segnale di frequenza più alta f_M*
($F_c \geq 2 f_M$)

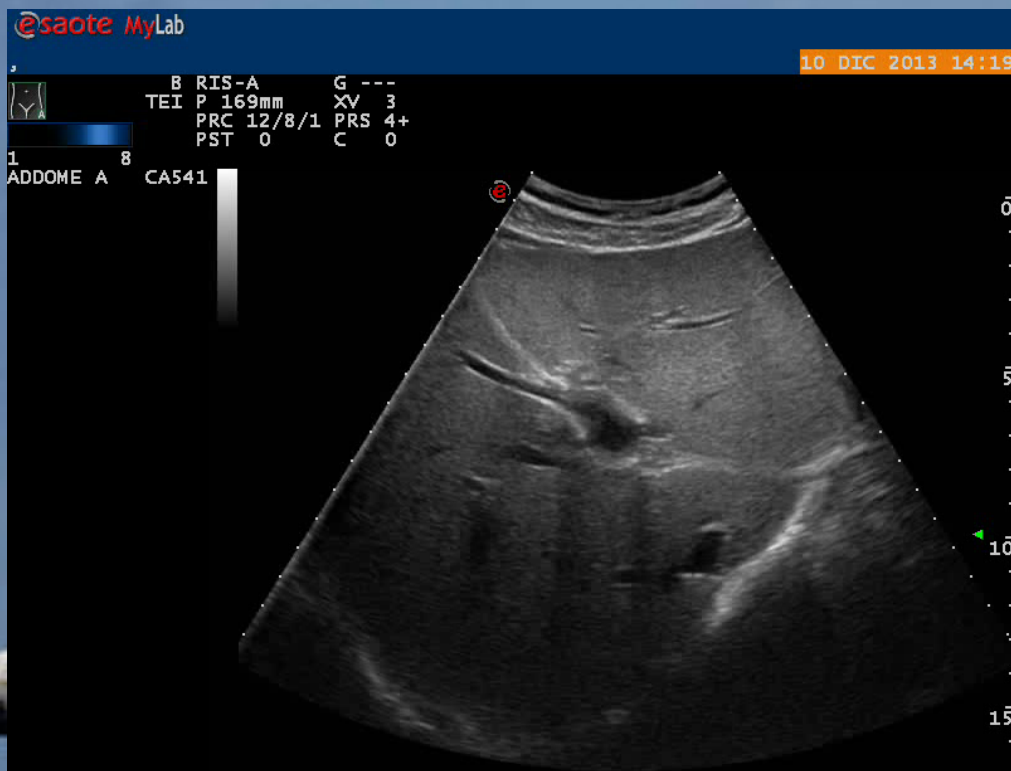
=

Limite di Nyquist





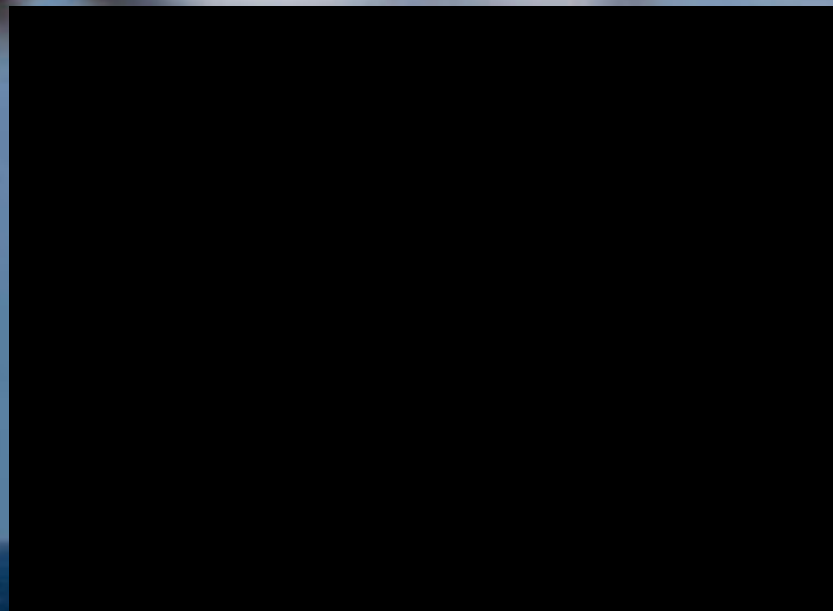
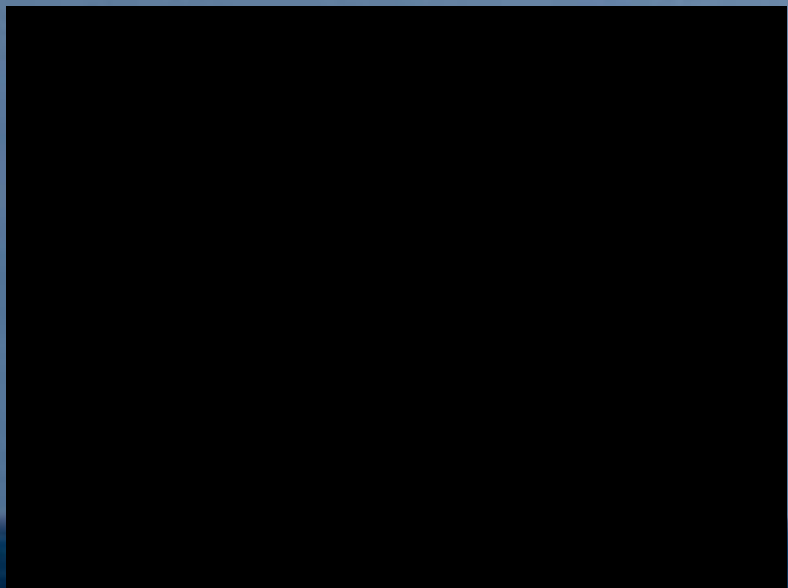
Occorre adeguare la PRF alla velocità
del flusso in esame per evitare
immagini confondenti ("Aliasing") o di
assenza di flusso (falsamente).



$\theta = 90^\circ$

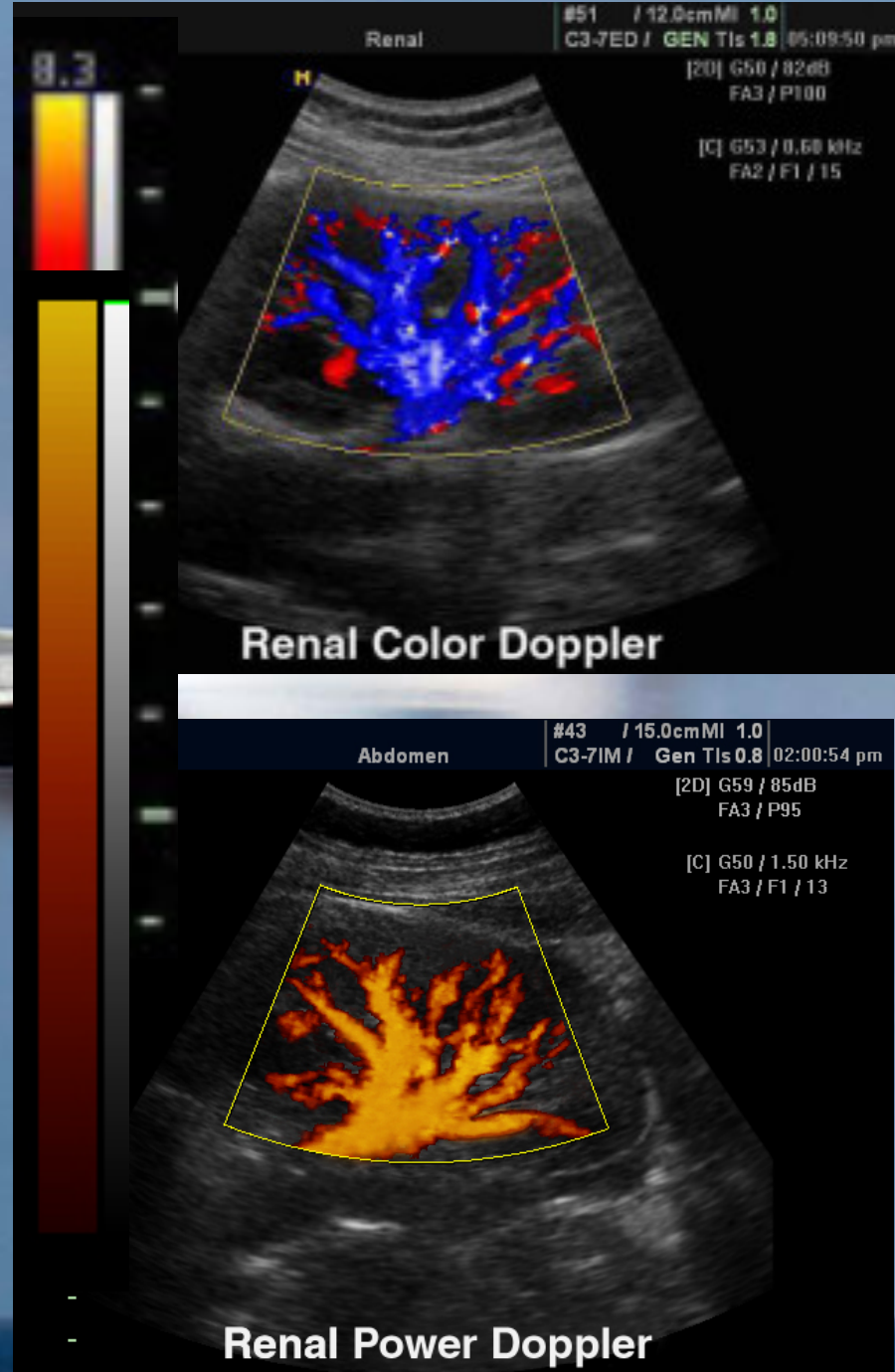
$\theta = 0^\circ$

$\theta = 60^\circ$

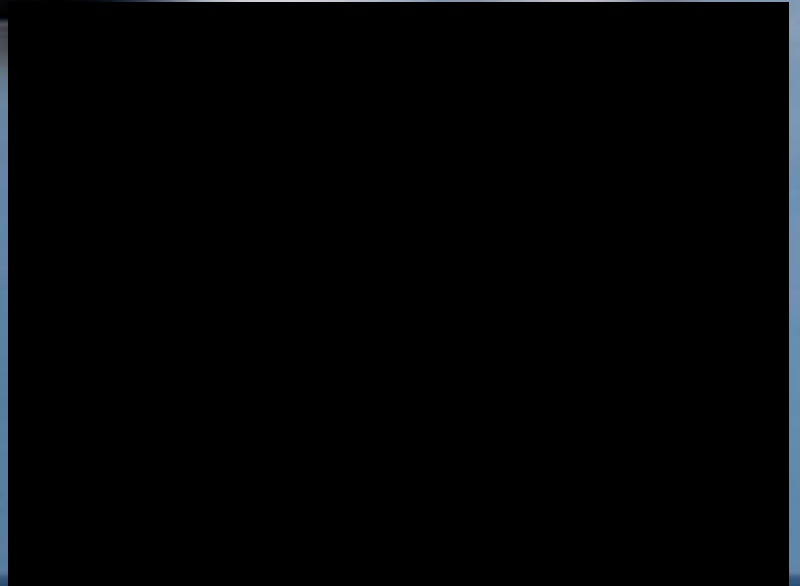
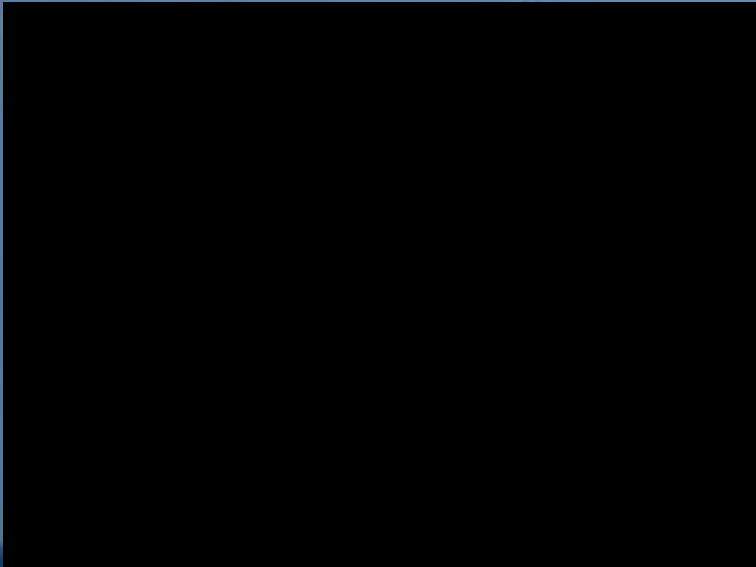
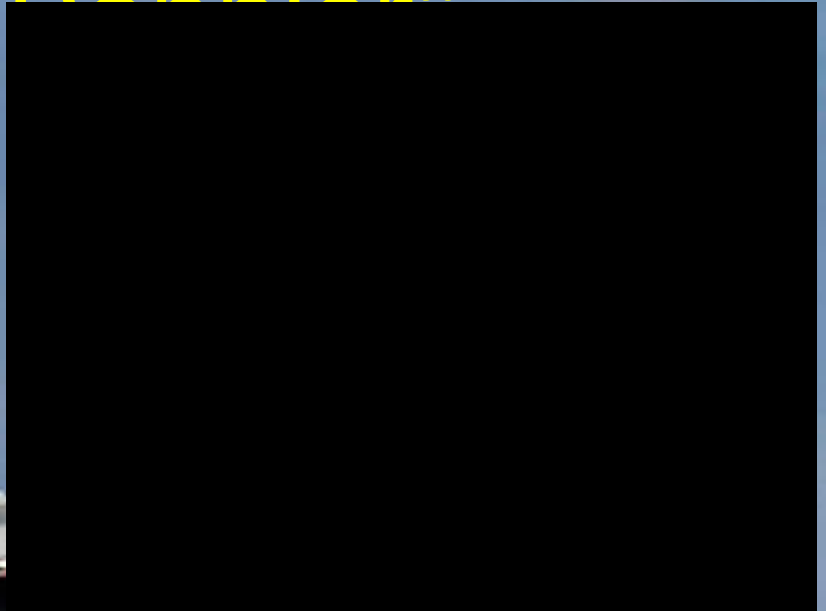
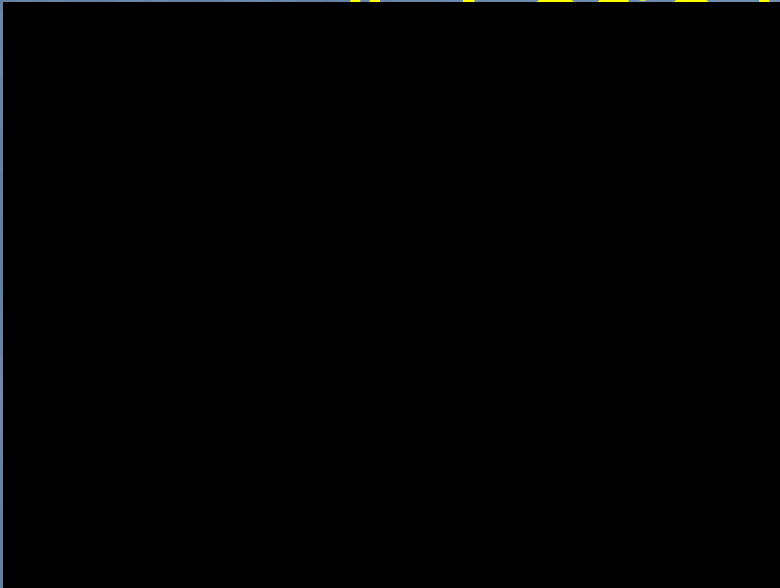


La velocità massima positiva e negativa sono espresse ai limiti della colonna e le variazioni di colore corrispondono a variazioni di velocità. Al centro non c'è colore perché corrisponde allo "zero shift" ovvero ad assenza di velocità per angolo di incidenza 90°

Nel Power-Doppler le variazioni di colore corrispondono a variazioni di intensità da massima in cima a minima in fondo. Molti apparecchi utilizzano un "Power" direzionale, matchando le due metodiche.



4. Come il "Doppelgänger"

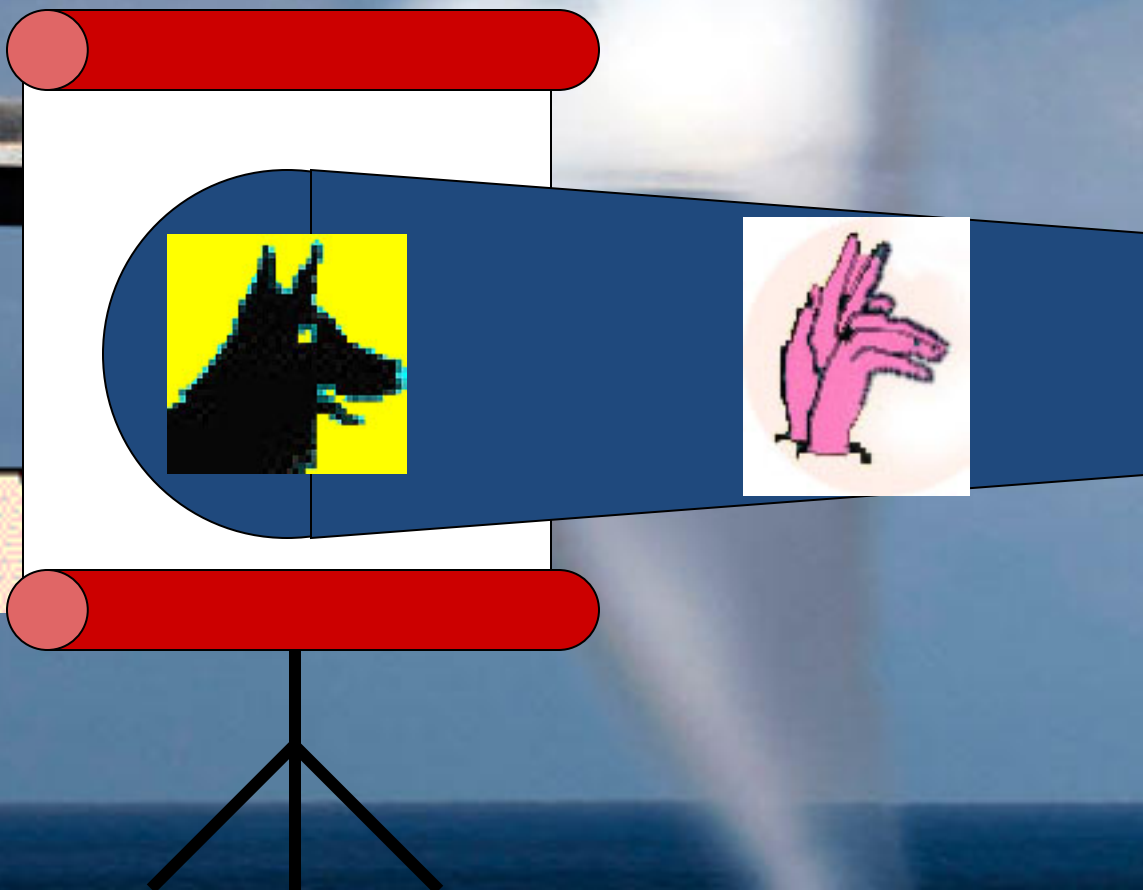
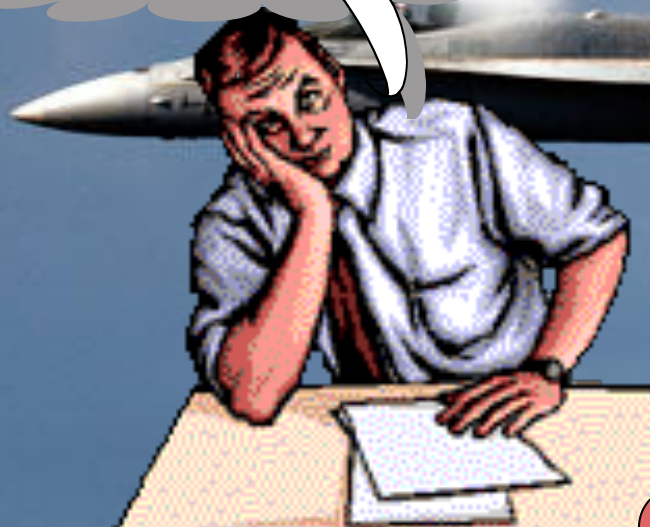


5. Conclusioni

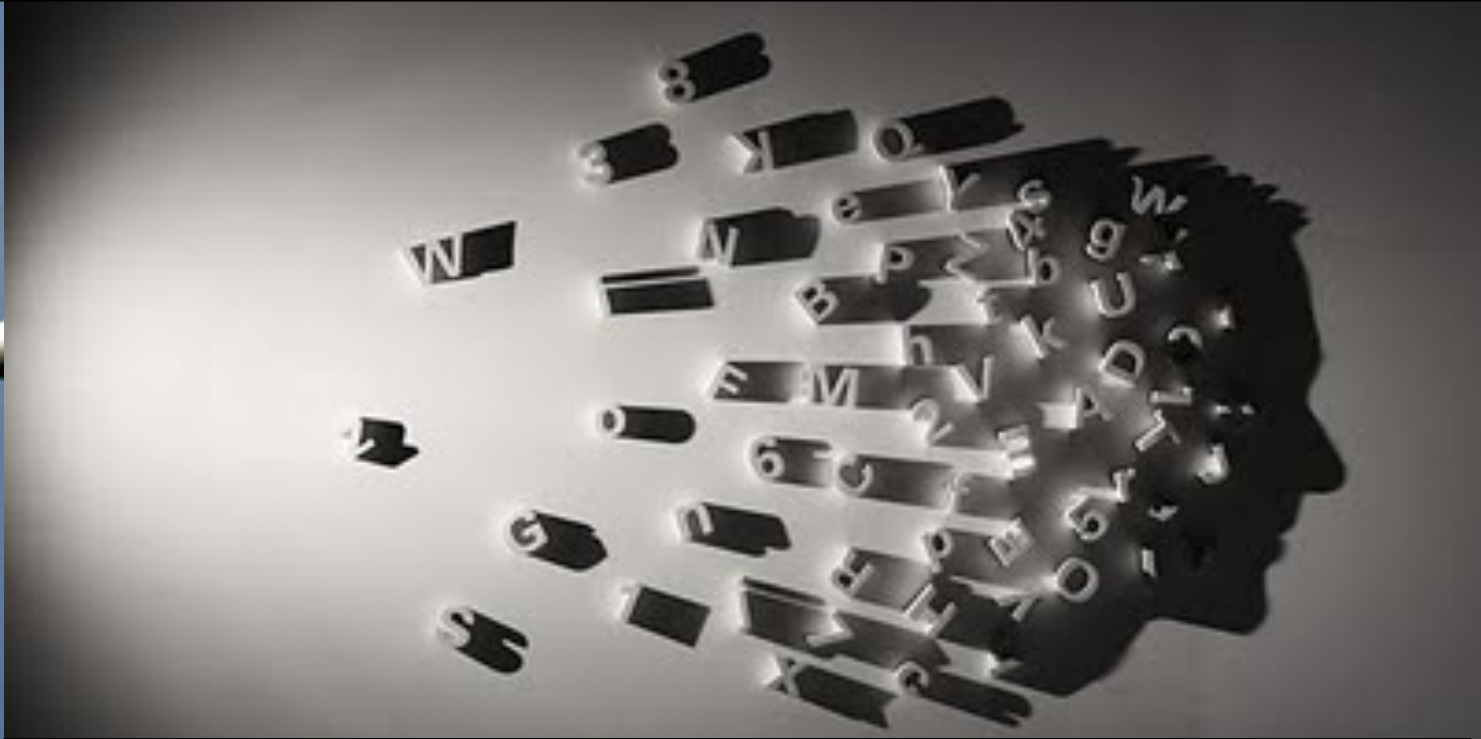
L'Elaborazione delle



5. Conclusioni Ecografia Clinica



Shadow Art



Kumi Yamashita

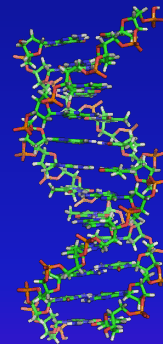
....echi densi....

$$\text{densità } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \quad d = \frac{m}{V} \quad \begin{array}{l} \text{massa (kg)} \\ \text{volume (m}^3\text{)} \end{array}$$

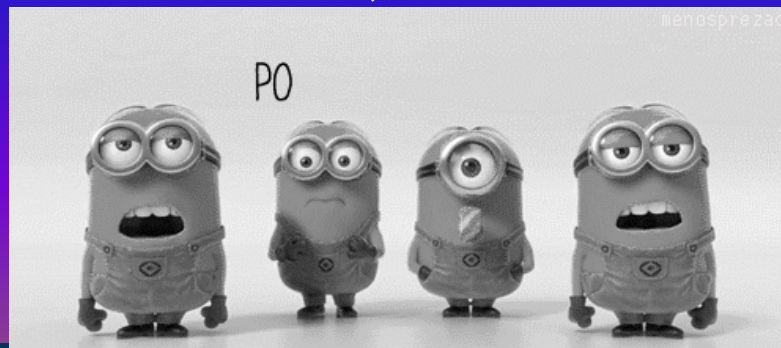
Quadro ecografico di
epatite cronica persistente....



.... lesione discariocinetica....



Oggi mi sembra.....



5. Conclusioni

AAARGH!

È utile conoscere
i Principi Fisici
degli ultrasuoni?



Grazie per
l'attenzione al
nostro papà

