

Indice

3	<i>Nota introduttiva</i>
5	CAPITOLO PRIMO – Introduzione alla fisica degli ultrasuoni
5	1.1 Natura fisica delle onde acustiche
7	1.2 Propagazione delle onde nei fluidi
	1.2.1 Equazione di Eulero – 1.2.2 Equazione di continuità – 1.2.3 Equazione di stato – 1.2.4 Equazione dell'onda
14	1.3 Velocità di propagazione delle onde
	1.3.1 Velocità delle onde nei fluidi – 1.3.2 Velocità delle onde nei solidi
19	1.4 Propagazione per onde piane, sferiche e cilindriche
24	1.5 Impedenza acustica caratteristica e impedenza acustica specifica
26	1.6 Grandezze fondamentali e loro unità di misura
	1.6.1 Intensità e densità di energia – 1.6.2 Potenza acustica
29	1.7 Riflessione, trasmissione e diffrazione delle onde
	1.7.1 Riflessione e trasmissione – 1.7.2 Trasmissione attraverso uno strato omogeneo di dimensioni finite – 1.7.3 Diffrazione delle onde
40	1.8 Onde stazionarie
43	1.9 L'effetto Doppler
45	1.10 Composizione in frequenza
	1.10.1 Serie di Fourier – 1.10.2 Trasformata di Fourier
52	<i>Richiami utili</i>
55	CAPITOLO SECONDO – Assorbimento, scattering, attenuazione
55	2.1 Il problema dell'attenuazione
57	2.2 Effetti dissipativi e assorbimento
	2.2.1 Assorbimento in mezzi non omogenei – 2.2.2 Generazione di calore per assorbimento
65	2.3 Scattering
72	2.4 Contributo di assorbimento e scattering all'attenuazione

		2.4.1 Attenuazione in funzione della frequenza – 2.4.2 Attenuazione in funzione della temperatura
79		<i>Richiami utili</i>
81		CAPITOLO TERZO – Struttura del campo acustico a ultrasuoni
81	3.1	Prime considerazioni
82	3.2	Sorgenti piane circolari
		3.2.1 Pressione acustica lungo l'asse del trasduttore – 3.2.2 Pressione acustica in direzione radiale
90	3.3	Regime impulsivo
94	3.4	Campi focalizzati
99	3.5	Sorgenti rettangolari
102	3.6	Apodizzazione di un fascio di ultrasuoni
105		CAPITOLO QUARTO – Fenomeni di propagazione non-lineare
105	4.1	Dalla propagazione lineare a quella non-lineare
		4.1.1 Propagazione non-lineare – 4.1.2 Distorsione di seconda e terza armonica – 4.1.3 Intensità e assorbimento di onde di ampiezza finita
118	4.2	Pressione di radiazione e streaming acustico
		4.2.1 Forza di radiazione – 4.2.2 <i>Streaming</i> e <i>microstreaming</i>
122	4.3	Cavitazione acustica
127		<i>Richiami utili</i>
129		CAPITOLO QUINTO – Trasduttori
129	5.1	Meccanismi di trasduzione
133	5.2	Effetto piezoelettrico e materiali piezoelettrici
		5.2.1 Proprietà meccaniche ed elettriche dei piezoelettrici – 5.2.2 Materiali piezoelettrici compositi – 5.2.3 Polimeri piezoelettrici – 5.2.4 Piezoelettrici multistrato
141	5.3	Modello di trasduttore piezoelettrico
		5.3.1 Circuito equivalente di un semplice trasduttore – 5.3.2 Efficienza del trasduttore – 5.3.3 Efficienza di trasferimento della potenza tra la sorgente di segnale e il trasduttore – 5.3.4 Fattore di qualità – 5.3.5 Adattamento di impedenza a un quarto d'onda e <i>backing</i> – 5.3.6 Esempio di trasduttore reale a singolo elemento
151	5.4	Trasduttori a schiera
		5.4.1 <i>Linear phased array</i> – 5.4.2 <i>Vector</i> e <i>anular array</i> – 5.4.3 Lobi secondari nei trasduttori a schiera
159		CAPITOLO SESTO – Metrologia e tecniche di misura
159	6.1	Le grandezze chiave da misurare
		6.1.1 Misura della potenza acustica – 6.1.2 Misura della pressione acustica e calcolo dell'intensità
171	6.2	Determinazione dell'Indice termico e dell'Indice meccanico

173	6.3	Scansione del campo acustico con idrofono 6.3.1 Idrofoni ad ago e a membrana – 6.3.2 Idrofoni a fibra ottica
179	6.4	Procedure di calibrazione
181	6.5	Considerazioni statistiche
185	CAPITOLO SETTIMO – Effetti biologici degli ultrasuoni <i>con il contributo di Pietro Gaglioti</i>	
185	7.1	Esiste una «dosimetria» degli ultrasuoni?
186	7.2	Cenni storici e dati sperimentali in vitro e su animali
188	7.3	Effetti termici
193	7.4	Effetti non-termici
195	7.5	Uso dei mezzi di contrasto
196	7.6	Effetti nell'uso del 3D/4D ed ecografia non diagnostica
197	7.7	Studi epidemiologici sul feto umano
198	7.8	Consapevolezza degli operatori
201	CAPITOLO OTTAVO – L'immagine ecografica	
201	8.1	Considerazioni preliminari
202	8.2	Principi operativi 8.2.1 L'impulso emesso – 8.2.2 La funzione di attenuazione – 8.2.3 La riflettività – 8.2.4 La funzione di modulazione – 8.2.5 Il segnale di uscita
211	8.3	Le tecniche di rappresentazione del segnale 8.3.1 Monitor e sistemi di visualizzazione – 8.3.2 Modalità di visualizzazione
214	8.4	B-mode. La formazione dell'immagine 2D statica
218	8.5	B-mode. La formazione dell'immagine 2D dinamica 8.5.1 La formazione del fascio – 8.5.2 La formazione del segnale ecografico – 8.5.3 La rappresentazione del segnale ecografico
227	8.6	Vantaggi e limiti della tecnologia beamforming
229	CAPITOLO NONO – Limitazioni e artefatti dell'immagine ecografica. Controlli di qualità	
229	9.1	Premessa
229	9.2	Le limitazioni delle immagini ecografiche: origini fisiche e loro valutazione quantitativa 9.2.1 Caratteristiche di frequenza e proprietà di penetrazione – 9.2.2 Larghezza finita dei fasci ultrasonori – 9.2.3 Estensione temporale finita degli impulsi ultrasonori – 9.2.4 Limitazioni connesse all'implementazione dei sistemi di guadagno e degli algoritmi di misura
232	9.3	Gli artefatti: origini fisiche 9.3.1 Artefatti dovuti all'assunzione che la velocità di propagazione nei tessuti sia costante – 9.3.2 Artefatti dovuti all'assunzione che l'eco rivelata abbia percorso la linea di minima distanza tra sorgente e riflettore e artefatti da rifrazione – 9.3.3 Artefatti da riflessione: riverberazione e specchio –

	9.3.4 Artefatti dovuti all'assunzione che l'attenuazione nei tessuti sia costante – 9.3.5 Artefatti di diffusione – 9.3.6 Artefatti da focalizzazione e <i>grating-lobe</i>
240	9.4 Controlli di qualità delle immagini ecografiche
	9.4.1 I fantocci utilizzati per il CQ dell'immagine B-mode – 9.4.2 I principali parametri valutati nei CQ e le metodiche utilizzate
247	CAPITOLO DECIMO – I principi della doppler-flussimetria
247	10.1 L'effetto Doppler vascolare
249	10.2 Generalità sui flussimetri doppler
249	10.3 La produzione del segnale di doppler shift
252	10.4 La composizione spettrale del segnale di doppler shift
255	10.5 L'analisi spettrale in tempo reale e la rappresentazione del sonogramma
	10.5.1 L'acquisizione e il <i>processing</i> del segnale spettrale – 10.5.2 Le procedure per evitare l' <i>aliasing</i> e il <i>leakage</i> – 10.5.3 La determinazione dei parametri del <i>doppler shift</i> – 10.5.4 La rappresentazione grafica del sonogramma
262	10.6 Generalità sui flussimetri Doppler a onda pulsata (PW)
	10.6.1 La modalità pulsata sfrutta davvero l'effetto Doppler? – 10.6.2 L'ambiguità profondità vs. velocità
266	10.7 L'uso clinico del segnale Doppler
268	10.8 Le limitazioni e gli artefatti della metodica Doppler
	10.8.1 Valutazione degli errori – 10.8.2 Problematiche legate alla metodica – 10.8.3 Problematiche legate alle errate assunzioni: gli artefatti
273	10.9 I controlli di qualità in doppler-flussimetria
275	CAPITOLO UNDICESIMO – Ecodoppler, tecniche Color e Power
275	11.1 Le tecniche multi-campione e l'ecodoppler
276	11.2 Generalità sull'ecodoppler
278	11.3 L'imaging del flusso e la tecnica dell'autocorrelazione
281	11.4 La procedura di campionamento e l'elaborazione del segnale di flusso
284	11.5 Similitudini e differenze tra tecniche color (CD) e power (PD) doppler
287	11.6 Limitazioni e artefatti delle tecniche color (CD) e power (PD) doppler
290	11.7 I controlli di qualità in color (CD) e power (PD) doppler
293	CAPITOLO DODICESIMO – Le tecniche diagnostiche più recenti
293	12.1 Imaging 3D
294	12.2 Limitazioni, artefatti e controllo di qualità nell'imaging 3D
295	12.3 Color e Power Doppler in 3D
297	12.4 Agenti di contrasto e loro uso in ecodoppler
	12.4.1 Metodiche con agenti di contrasto a valori intermedi di Indice

	meccanico – 12.4.2 Metodiche con agenti di contrasto a valori elevati di Indice meccanico – 12.4.3 Problematiche di tossicità e sicurezza nell'uso dei mezzi di contrasto
302	12.5 Elastografia: principi di funzionamento 12.5.1 Modalità di <i>imaging</i>
305	CAPITOLO TREDICESIMO – Applicazioni terapeutiche
305	13.1 Ultrasuoni in terapia
306	13.2 Ipertermia 13.2.1 Trasduttori per ipertermia
313	13.3 Applicazioni chirurgiche 13.3.1 Ultrasuoni ad alta intensità focalizzati (HIFU) – 13.3.2 Altre appli- cazioni chirurgiche
320	13.4 Litotrissia
324	13.5 Trasporto e rilascio di agenti terapeutici
327	APPENDICI
327	A.1 Unità di misura del Sistema Internazionale (SI)
330	A.2 Alcune proprietà fisiche della materia
333	A.3 Principali norme nazionali e internazionali
336	A.4 Fenomeni di interferenza tra più sorgenti
339	A.5 Valore medio, valore efficace e altre definizioni
341	A.6 Notazione complessa
344	A.7 Richiami di calcolo vettoriale
347	<i>Bibliografia</i>
367	<i>Indice analitico</i>