

## Indice

3	CAPITOLO 1 – Storia dell’acustica architettonica
3	1.1 Definizione
3	1.2 Gli inizi
4	1.3 I Greci
9	1.4 I Romani
	1.4.1 La geometria, p. 10 – 1.4.2 L’orecchio, p. 11
12	1.5 Il Medioevo
15	1.6 Il Rinascimento
17	1.7 Il Barocco
32	1.8 L’Ottocento
35	1.9 Il Novecento
51	1.10 Sale da concerto recenti
	1.10.1 Walt Disney Concert Hall, p. 51 – 1.10.2 Auditorium di Roma, Parco della musica, p. 52
54	CAPITOLO 2 – L’udito
54	2.1 Premessa
55	2.2 Anatomia e fisiologia dell’udito
	2.2.1 Orecchio esterno, p. 56 – 2.2.2 Orecchio medio, p. 57 – 2.2.3 Orecchio interno, p. 59
63	2.3 Teorie dell’audizione
65	CAPITOLO 3 – Grandezze acustiche
65	3.1 Fisica e psicofisica
67	3.2 Natura del suono
69	3.3 Onde semplici e complesse
71	3.4 Ottave e armoniche
72	3.5 Rapporti armonici
	3.5.1 I primi 16 armonici, p. 74
76	3.6 La velocità del suono

## Indice

77	3.7	La propagazione di un'onda sonora
81	3.8	Grandezze energetiche fisiche
	3.8.1	Intensità sonora (I), p. 81 – 3.8.2 Potenza sonora (W), p. 82 – 3.8.3
		Densità sonora (D), p. 83 – 3.8.4 Impedenza acustica ( $Z_0$ ), p. 84 – 3.8.5 I lo-
		garitmi, p. 84 – 3.8.6 Relazione tra pressione, intensità e livello sonoro, p. 86
87	3.9	Grandezze energetiche psicofisiche
	3.9.1	Livello di potenza ( $L_w$ ), p. 87 – 3.9.2 Livello d'intensità acustica ( $L_I$ ), p.
		88 – 3.9.3 Livello di pressione acustica ( $L_p$ ), p. 88 – 3.9.4 Somma e differen-
		za di livelli, p. 89
91	3.10	Sensibilità dell'orecchio umano
98	CAPITOLO 4 – Propagazione del suono: il campo libero	
98	4.1	Sorgenti sonore
100	4.2	Comportamento del suono
	4.2.1	Riflessione, p. 101 – 4.2.2 Rifrazione, p. 101 – 4.2.3 Diffrazione, p. 102
		– 4.2.4 Diffusione, p. 103 – 4.2.5 Interferenza, battimenti, p. 104 – 4.2.6 Ri-
		sonanza, p. 105
105	4.3	Fattore ed indice di direttività
106	4.4	Propagazione del suono in campo libero
109	4.5	Attenuazioni dovute all'aria
111	4.6	Attenuazioni dovute alla natura del suolo
111	4.7	Effetto del vento e della temperatura
113	4.8	Barriere acustiche
115	4.9	Barriere vegetali
117	CAPITOLO 5 – Propagazione del suono: il campo confinato	
117	5.1	Introduzione
117	5.2	Campo sonoro diretto e riverberato
122	5.3	Acustica statistica: il tempo di riverbero
124	5.4	Tempo di riverbero consigliato (ottimo)
	5.4.1	Modifica del tempo di riverbero, p. 127 – 5.4.2 Il riverbero elettronico,
		p. 128
128	5.5	Comportamento del suono in campo confinato
130	5.6	Le prime riflessioni
130	5.7	Superfici curve
132	5.8	Musica ed architettura
134	5.9	Indici di qualità di una sala
	5.9.1	Indici di qualità, p. 135 – 5.9.2 Indice di definizione (D), p. 135 – 5.9.3
		Indice di chiarezza ( $C_{80}$ ), p. 135 – 5.9.4 Tempo centrale ( $t_s$ ), p. 136 – 5.9.5
		Frazione di prima energia laterale (Lf), p. 136 – 5.9.6 Efficienza laterale
		(LE), p. 137 – 5.9.7 Indice di intensità del suono (G), p. 137 – 5.9.8 Tempo di
		riverberazione convenzionale ( $T_{60}$ ), p. 137 – 5.9.9 Tempo di primo decadi-
		mento (Early Decay Time) ( $T_{10}$ ), p. 137 – 5.9.10 Tempo di riverbero iniziale
		(ANZ) ( $T_{20}$ ), p. 138 – 5.9.11 Equilibrio tonale (Tonal Balance) (Tb), p. 138 –
		5.9.12 Indici di intelligibilità, p. 138 – 5.9.13 Rumore di fondo, p. 139 –

## Indice

	5.9.14 Curve NC, p. 139 – 5.9.15 Curve NR, p. 140 – 5.9.16 Curve RC, p. 141 – 5.9.17 Curve NCB, p. 144
145	5.10 Acustica dei piccoli ambienti
	5.10.1 Il criterio di Bonello, p. 150 – 5.10.2 Sale non rettangolari, p. 150 – 5.10.3 Divisione dello spettro acustico, p. 150 – 5.10.4 <i>Reflection phase grating</i> (RPG), p. 152 – 5.10.5 Diffusori di resto quadratico (QRD), p. 153 – 5.10.6 Diffusori di radice prima, p. 155 – 5.10.7 Diffusori frattali, p. 156
156	5.11 Materiali fonoassorbenti
	5.11.1 Materiali porosi, p. 156 – 5.11.2 Pannelli vibranti, p. 158 – 5.11.3 Risuonatori acustici, p. 159 – 5.11.4 Pannelli risonanti forati, p. 160
162	5.12 Metodi grafici per la progettazione acustica
	5.12.1 Curva di visibilità, p. 163 – 5.12.2 Determinazione della superficie utile di un riflettore, p. 163
166	5.13 Progettazione acustica assistita dal computer
169	5.14 Esempi di progettazione acustica al computer
175	5.15 Progettazione acustica mediante modello in scala
176	5.16 Esempi di correzione acustica
	5.16.1 Progetto di correzione acustica dell'Aula Magna del Rettorato dell'Università degli Studi G. D'Annunzio – Chieti (F. Bianchi, R. Carratù), p. 176 – 5.16.2 Progetto della sala prove della Banda dell'Arma dei Carabinieri – Roma, p. 178
181	CAPITOLO 6 – L'attenuazione del rumore
181	6.1 L'attenuazione del rumore
181	6.2 Le sorgenti sonore
182	6.3 Il potere fonoisolante e l'isolamento acustico
	6.3.1 Il potere fonoisolante R, p. 182 – 6.3.2 Il potere fonoisolante apparente R', p. 184 – 6.3.3 L'isolamento acustico D, p. 185
186	6.4 Previsione del potere fonoisolante
	6.4.1 Pareti semplici, p. 186 – 6.4.2 Pareti doppie o multiple, p. 193 – 6.4.3 Serramenti, p. 196 – 6.4.4 Pareti composte da elementi con differente attenuazione, p. 198 – 6.4.5 Trasmissione del rumore di tipo impattivo attraverso pavimenti, p. 200 – 6.4.6 Scelta dell'isolante acustico sottopavimento, p. 202
204	6.5 Esempi di pareti isolanti
206	CAPITOLO 7 – Le vibrazioni
206	7.1 Isolamento dalle vibrazioni
206	7.2 Oscillazioni non smorzate
210	7.3 Oscillazioni smorzate
	7.3.1 Esempio, p. 213
215	7.4 Tipi di supporti antivibranti
216	7.5 Esempi di misura di vibrazioni
	7.5.1 Misura di vibrazioni trasmesse da una parete, p. 217 – 7.5.2 Misura di vibrazioni trasmesse da un pavimento, p. 218
219	CAPITOLO 8 – Classificazione acustica del territorio comunale

## Indice

219	8.1	Premessa
220	8.2	Principali riferimenti normativi
220	8.3	Definizioni e simbologia
		8.3.1 Definizioni delle classi, p. 221 – 8.3.2 Valori limite, p. 221
223	8.4	Criteri per la classificazione acustica del territorio
		8.4.1 Criteri generali, p. 223 – 8.4.2 Criteri particolari, p. 224
224	8.5	Metodologia operativa
		8.5.1 Metodo qualitativo, p. 225 – 8.5.2 Metodo quantitativo, p. 225
231	8.6	Classificazione della viabilità stradale e ferroviaria
		8.6.1 Progetto di risanamento, p. 237
240	8.7	Zonizzazione in prossimità degli aeroporti
241	8.8	Aree a carattere temporaneo
242	8.9	Rappresentazione della zonizzazione
		8.9.1 Sintesi della fase di predisposizione della bozza di zonizzazione, p. 244 – 8.9.2 Ottimizzazione e verifica dello schema di zonizzazione acustica – Analisi critica, p. 244 – 8.9.3 Procedura di approvazione del Piano di classificazione acustica, p. 245 – 8.9.4 Predisposizione della “bozza definitiva di zonizzazione”, p. 245 – 8.9.5 Approvazione e adozione del “progetto di zonizzazione acustica” - Tempi di approvazione, p. 247 – 8.9.6 Poteri sostituitivi, p. 248
249	CAPITOLO 9 – Inquinamento da rumore e misure acustiche	
249	9.1	L'inquinamento acustico
250	9.2	Effetti sulla salute
251	9.3	Parametri descrittivi
252	9.4	Relazione tra esposizione al rumore e disturbo
255	9.5	Relazione tra esposizione al rumore e disturbo
		9.5.1 Interventi attivi, p. 256 – 9.5.2 Interventi passivi, p. 257
258	9.6	La misura del suono
		9.6.1 Fonometri, p. 259 – 9.6.2 Microfoni, p. 260 – 9.6.3 Strumentazione, p. 262 – 9.6.4 Calibrazione del fonometro, p. 262 – 9.6.5 Rilevamento del livello di rumore, p. 262 – 9.6.6 Misure all'interno degli ambienti abitativi, p. 262 – 9.6.7 Misure in esterno, p. 264 – 9.6.8 Valori di attenzione o potenziale rischio, p. 265 – 9.6.9 Riconoscimento strumentale di componenti (evento sonoro) impulsive ripetitive nel rumore, p. 266 – 9.6.10 Componenti tonali nel rumore, p. 267 – 9.6.11 Componenti spettrali in bassa frequenza, p. 268 – 9.6.12 Presenza contemporanea di componenti impulsive e tonali nel rumore (ambientale), p. 269 – 9.6.13 Presenza di componenti impulsive e/o tonali nel rumore residuo, p. 269 – 9.6.14 Fattore correttivo (K <sub>i</sub> ), p. 269 – 9.6.15 Rumore a tempo parziale, p. 269 – 9.6.16 Metodi metrologici, p. 269
273	9.7	Misura del rumore delle infrastrutture di trasporto
281	9.8	Attività in luogo pubblico
285	9.9	Misure in acustica architettonica
		9.9.1 Misure in campo, p. 287 – 9.9.2 Isolamento acustico per via aerea, p. 287 – 9.9.3 Isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (D <sub>n</sub> ), p. 289 – 9.9.4 Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo

di riverberazione ( $D_{nT}$ ), p. 289 – 9.9.5 Potere fonoisolante apparente o perdita di trasmissione sonora ( $R'$ ), p. 290 – 9.9.6 Esempio di calcolo dell'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D'_{2m,nT,w}$ ) - UNI EN ISO 717-1 in un edificio di civile abitazione (F. Di Lauro), p. 295 – 9.9.7 Isolamento acustico di facciata, p. 298 – 9.9.8 Isolamento acustico del suono d'impatto, p. 301 – 9.9.9 Isolamento dal rumore prodotto dagli impianti tecnologici, p. 306 – 9.9.10 Tempo di riverberazione, p. 306

### 310 APPENDICE – Schede tecniche dei principali materiali acustici

#### 310 Premessa

Scheda 1. Assorbimento per porosità: lane minerali e lane di vetro, p. 311 – Scheda 2. Assorbimento per cavità: risonatori di Helmholtz, p. 318 – Scheda 3. Assorbimento per vibrazione: pannello in alluminio, p. 320 – Scheda 4. Assorbimento misto: baffles, p. 322 – Scheda 5. Assorbimento controsoffitti: pannelli forati in gesso, p. 324 – Scheda 6. Diffusione: gesso, p. 326 – Scheda 7. Diffusione: legno, p. 329 – Scheda 8. Isolamento trasmissione aerea: divisione muraria, controparete, p. 331 – Scheda 9. Isolamento trasmissione aerea: divisione muraria, gomma, p. 333 – Scheda 10. Isolamento trasmissione aerea: divisione muraria, lastra di gesso, p. 335 – Scheda 11. Isolamento trasmissione aerea: divisione muraria, parete in laterizio, p. 338 – Scheda 12. Isolamento trasmissione aerea: divisione muraria, laterizio (pareti stratificate metalliche), p. 341 – Scheda 13. Isolamento trasmissione aerea: divisione muraria, piombo, p. 342 – Scheda 14. Isolamento trasmissione strutturale: solaio omogeneo, p. 344 – Scheda 15. Isolamento trasmissione strutturale: soffitto sospeso, p. 346 – Scheda 16. Isolamento trasmissione strutturale: pavimento rivestito, p. 348 – Scheda 17. Isolamento trasmissione strutturale: pavimento galleggiante, cls su cls, p. 353

#### 365 *Bibliografia*