

D. E. RAVALICO

L' AUDIO LIBRO

**AMPLIFICATORI - ALTOPARLANTI - MICROFONI
DISCHI FONOGRAFICI - REGISTRATORI MAGNETICI**

IL SUONO-IL MICROFONO E L'ALTOPARLANTE-IL DISCO FONOGRAFICO
LE FONOVALIGIE - L'AMPLIFICATORE AD AUDIOFREQUENZA - DATI
PRATICI E SCHEMI PER LA COSTRUZIONE DI COMPLESSI SONORI - IM-
PIANTI SONORI AD ALTA FEDELTA' (Hi-Fi) - IMPIANTI STEREOFONICI
DATI PRATICI E SCHEMI DI IMPIANTI DI DIFFUSIONE SONORA PER SALE
DA BALLO, SCUOLE, CHIESE, CAMPI SPORTIVI, ECC. - APPARECCHI
INTERFONICI AD ALTA VOCE - DATI PRATICI E SCHEMI DI REGI-
STRATORI MAGNETICI

SESTA EDIZIONE AMPLIATA E AGGIORNATA

Con 362 figure di cui 6 tavole fuori testo

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

1965

INDICE DEI CAPITOLI

CAPITOLO PRIMO

IL SUONO

1. - L'INTENSITÀ SONORA

La sensazione auditiva	1
Gamma delle intensità sonore	2
Unità di misura teorica: il bar	3
Il watt acustico	3
Unità pratica di misura: il decibel	3
La gamma dei suoni, in decibel	3
Dinamica dei suoni	5
Livello sonoro	7
Il livello di sensazione auditiva	7
Variazioni dell'intensità sonora e sensazione auditiva	7
Il controllo di volume	7
La variazione logaritmica	9
Incremento dell'intensità sonora	10
Misura di rapporto della potenza sonora	11
a) Formula per indicare in decibel la potenza sonora misurata	12
b) Valori di tensione e di corrente corrispondenti ai livelli sonori	14

2. - LA GAMMA DELLE FREQUENZE SONORE

La frequenza, la nota e l'ottava	14
L'onda sonora	15
Frequenza, sensazione auditiva e potenza sonora	16
Frequenza a zero decibel	16
Il tempo della riverberazione	17
Intensità sonora e distanza	17
Gamma di frequenza e ottave del pianoforte	17
La frequenza fondamentale e le frequenze armoniche	19
Infrasuoni, suoni e ultrasuoni	21
a) Lo spettro sonoro	21
b) Lo spettro udibile	22
La zona dell'udito e l'audiogramma	22

3. - L'ORECCHIO

Caratteristiche basilari dell'orecchio	24
--	----

INDICE DEI CAPITOLI

CAPITOLO SECONDO

LA RIPRODUZIONE SONORA

Elementi basilari	29
La modulazione audio	29
La registrazione audio	30
La sorgente di segnale	30
La catena audio	30
Il segnale audio	30
Potenza d'uscita	31
Potenza nominale	31
Potenza di sovraccarico	31
Potenza di picco	31
Esempi di potenze	32
Parti dell'amplificazione audio	32
Il complesso di amplificazione	34
Il preamplificatore	34
L'unità di potenza	35
La qualità della riproduzione sonora	36
Qualità di riproduzione e potenza sonora	36
La riproduzione stereofonica	37
I canali stereo	38
Il complesso sonoro da stanza da soggiorno	39

CAPITOLO TERZO

L'ALTOPARLANTE

Principio di funzionamento e parti componenti	43
Il magnete	44
La bobina mobile	45
Il cono diffusore	46
I centratori ed il cestello	49
Caratteristiche di funzionamento dell'altoparlante	51
Responso dell'altoparlante e curve di fedeltà	51
Efficienza dell'altoparlante	52
Distorsione	52
Curva di direzionalità o responso polare	53
Responso transiente	54
Principio dell'altoparlante a tromba	55
Altoparlanti a membrana e cono	57
Coppie di altoparlanti	58
L'altoparlante coassiale bifonico	59
L'altoparlante coassiale a cono e tromba	60
Lente acustica per altoparlanti	62
L'altoparlante biassiale	63
L'altoparlante triassiale o tritonico	63

INDICE DEI CAPITOLI

L'altoparlante elettrostatico	64
L'altoparlante ionofonico	66

CAPITOLO QUARTO

IL COLLEGAMENTO DELL'ALTOPARLANTE

1. - IL COLLEGAMENTO DELL'ALTOPARLANTE SINGOLO

Il trasformatore d'uscita	67
Formule per la valvola finale	68
Formule per la bobina mobile dell'altoparlante	69
Il rapporto delle impedenze	69
Rapporto del trasformatore d'uscita	70
Resistenza di carico delle principali valvole	70
Valvole di tipo americano	70
Valvole di tipo europee	71
Determinazione del rapporto spire	71
Esempi di trasformatore d'uscita	73
Esempi pratici	74
Calcolo della potenza d'uscita	74
Trasformatori d'uscita in serie	75
Potenza trasferita all'altoparlante	75
Fattori determinanti la qualità del trasformatore d'uscita	76
Calcolo del trasformatore d'uscita	77
Esempio di calcolo numerico del trasformatore d'uscita	79
Induttanza dell'avvolgimento primario	80
Spessore del traferro	81
Esempi di trasformatore d'uscita	81
Per una sola finale EL41 o EL84	82
Per due finali EL41 o EL84 con resa d'uscita di 8 watt	82
Per due finali EL84 con resa d'uscita di 15 watt	82
Per transistor	84

2. - IL COLLEGAMENTO DI PIÙ ALTOPARLANTI

Linea d'altoparlanti e trasformatore d'entrata	84
Il trasformatore d'entrata	85
Altoparlanti in parallelo	86
Collegamento in serie parallelo	87
Autotrasformatore d'entrata	88
Diametro di ciascuno dei due conduttori di linea	88
Resistenza conduttori di rame nudo	88
Valori di tensione e di corrente all'uscita dell'amplificatore	89
Linea di bobine mobili	89
Linea complessa di altoparlanti	91
Calcolo dell'impedenza primaria dei trasformatori d'entrata	92
Impianti con più amplificatori	93

INDICE DEI CAPITOLI

Linea ad impedenza costante	93
Adattamento altoparlanti di potenza diversa	94

CAPITOLO QUINTO

LA SISTEMAZIONE DELL'ALTOPARLANTE

1. - SCHERMI E CASSE ACUSTICHE PER ALTOPARLANTI

Lo schermo acustico	97
Casse acustiche aperte	98
Casse acustiche chiuse	98
Casse acustiche Bass Reflex	100
Esempi di casse Bass Reflex	102
Come va accordata la cassa	103
Casse acustiche per stanze di soggiorno	104
Bass Reflex particolari	105

2. - LA RIPRODUZIONE ACUSTICA AD ALTA FEDELTA'

L'alta fedeltà (Hi-Fi)	107
Principio del separatore di frequenza	109
Il divisore LC	111
Esempio di installazione ad alta fedeltà, con cinque altoparlanti	111

CAPITOLO SESTO

DISCHI, FONORIVELATORI E FONOVALIGIE

1. - IL DISCO NORMALE ED IL DISCO A MICROSOLCO

L'incisione fonografica	119
Ampiezza dell'incisione e frequenza	121
Caratteristiche basilari dell'incisione	123
Ampiezza costante	124
Attenuazione dei toni bassi, rinforzo dei toni alti	125
La curva di equalizzazione	126
Curve standard d'incisione fonografica	128
Dischi a microscolco	130
Dischi a 45 giri al minuto	131
Dischi a 16 giri al minuto	133
Velocità solco e durata	133
Durata della riproduzione sonora in minuti	134
Giradischi per microscolco	134
L'incisione fonografica su nastro	137
Puntine e stili	140
Pressione della puntina e fruscio	141
L'errore di tangenzialità	143

INDICE DEI CAPITOLI

2. - IL RIVELATORE FONOGRAFICO

Definizioni	145
Il rivelatore a cristallo piezoelettrico	146
Caratteristiche generali	146
Principio del funzionamento del pickup a cristallo	146
Pickup a cristallo del tipo a flessione	146
Pickup a cristallo del tipo a torsione	148
Pickup a cristallo del tipo a diagonale	151
Sostituzione della cartuccia di cristallo	152
Il rivelatore magnetico	152
Il rivelatore magnetico a ferro mobile	153
Il rivelatore magnetico a riluttanza variabile	154
Il rivelatore ceramico	156
Pickup speciali	157
Il pickup radionico	157
Il pickup a bobina mobile	158
Il pickup a resistenza variabile	159
Il pickup a fotocella	159
Il fonorivelatore stereofonico	159
Cartucce stereo a cristallo	161
Equalizzatori per pickup a cristallo	162
Equalizzatori per pickup magnetici	163
Calcolo numerico degli elementi dell'equalizzatore	164

3. - IL CAMBIADISCHI AUTOMATICO

Categorie di cambiadischi	167
Il dispositivo per il cambio dei dischi	168
Dispositivo a pulsante per il cambio dei dischi	169
Dispositivi di cambio a perno azionato	171
Caratteristiche comuni dei cambiadischi	173
Velocità di cambio	173
Sosta	173
Rifiuto	173
Ripetizione	173
Fine ultimo disco	174
Disco unico	174
Cambiadischi a una o più velocità	175
Cambiadischi a 45 giri al minuto	177

CAPITOLO SETTIMO

IL MICROFONO

Il microfono a carbone	183
Cautele per l'uso dei microfoni a carbone	183
Il microfono a cristallo piezoelettrico	184

INDICE DEI CAPITOLI

Microfono a cristallo del tipo a membrana	185
Microfono a cristallo a cellula sonora	185
Cautele per l'uso del microfono a cristallo	186
Il microfono a bobina mobile	187
Il microfono a nastro	189
Cautele per l'uso del microfono a nastro	190
Il microfono a cardioide	191
Il microfono a condensatore	193

CAPITOLO OTTAVO

L'AMPLIFICATORE

1. - CARATTERISTICHE GENERALI

Principio dell'amplificatore	197
Parti essenziali dell'amplificatore	197
Il circuito d'entrata	200
Il circuito d'uscita	200
L'amplificatore a due canali	201

2. - L'AMPLIFICATORE IN CONTROFASE

Lo stadio finale in controfase	202
Minor distensione	203
Riduzione di ronzo	204
Riduzione della saturazione del nucleo	204
Migliore responso delle frequenze basse	204
Invertitore di fase	204
La valvola invertitrice di fase	205
Principio di funzionamento	206
L'accoppiamento diretto	206
Il circuito parafase	208

3. - LA REAZIONE INVERSA

Caratteristiche della reazione inversa	209
Principio della reazione inversa	210
La reazione negativa per migliorare il responso dell'amplificatore	212
Esempio di reazione negativa applicata al controllo di volume	213
Semplice amplificatore audio con due valvole in controtase e reazione inversa	214

4. - L'AMPLIFICATORE STEREO

Caratteristiche dell'amplificatore stereo	216
Esempio di amplificatore stereo a due canali	217

INDICE DEI CAPITOLI

5. - L'AMPLIFICATORE AD ALTA FEDELTA'À

Gli amplificatori ultralinearari	220
Principio degli amplificatori ultralinearari	220
Esempi di amplificatori ultralinearari	222

6. - I CONTROLLI DI RESPONSO

I controlli di responso di tipo passivo	222
Esempio di controlli bassi e alti, di tipo passivo	223
Principio di funzionamento del controllo toni alti	224
Principio di funzionamento del controllo toni bassi	224
Il controllo di volume	225
Curva di responso dei controlli toni bassi e alti.	225
Controlli di responso a controeazione	226
Principio generale	226
Retrocessione di frequenze	227
Esempio di controllo dei toni bassi, a controeazione	227
Controlli di responso a controeazione positiva e negativa	228

CAPITOLO NONO

ESEMPI DI AMPLIFICATORI A VALVOLE

Guadagno e potenza.	231
Segnale.	231
Guadagno e potenza dell'amplificatore	231
Potenza necessaria dell'amplificatore	232
La riverberazione	233
Rendimento degli altoparlanti.	233
Potenza acustica necessaria	233
Potenza elettrica dell'amplificatore	234
Caratteristiche importanti dell'amplificatore	236
Distorsione	236
Ronzio	236
Gamma delle frequenze	237
Avvertenze per la costruzione di amplificatori ad audio frequenza	237
Ritorno a massa	238
Collegamenti schermati	238
Disturbi	238

2. - AMPLIFICATORI CON VALVOLA FINALE

Piccolo amplificatore per fonovaligia	239
Piccoli amplificatori per fonovaligia.	240
Esempio di amplificatore da 3 watt, a bassa distorsione	243

INDICE DEI CAPITOLI

Esempio di amplificazione da 4 watt, con una EL84 finale di potenza . . .	245
Amplificatore ad alta classe, ad una valvola finale	246

3. - AMPLIFICATORI CON DUE VALVOLE FINALI IN CONTROFASE

Esempio di amplificatore da 5 watt, per fonovaligia	248
Esempio di amplificatore con quattro pentodi EF91	250
Esempio di amplificatore da 8 watt, con due valvole ECL86	251
Altoparlante	255
Alimentazione	255
Resistenze	255
Telaio	255
Esempio di amplificatore di media potenza, di tipo molto economico . . .	256
Amplificatore ad alta fedeltà con due valvole finali EL84	259
Lo stadio finale	259
Stadio di amplificazione di tensione e inversione di fase	261
Lo stadio preamplificatore	261
Il circuito di controreazione	261
I controlli di tono e di volume	262
Il trasformatore d'uscita	263
Lo stadio di alimentazione	265
Il trasformatore di alimentazione	265
Considerazioni generali	265
Amplificatore ad alta fedeltà con due pentodi EL84	267
Preamplificatore per complesso di alta fedeltà	269
Amplificatore ibrido ad alta fedeltà, a carico distribuito	270
Esempio di amplificatore ad alta fedeltà, con stadio finale a carico distribuito	272
Lo stadio d'entrata	272
Lo stadio pilota e invertitore di fase	274
Lo stadio finale	274
Il trasformatore d'uscita	275
L'alimentatore	275
Componenti	275
Amplificatori di tipo sperimentale	275

4. - AMPLIFICATORI STEREOFONICI

I complessi stereo	278
Fonovaligie stereo Philips mod. NG 3504 S	279
Fonovaligia stereo Philips mod. AG 4116	282
Esempio di complesso stereofonico con doppi pentodi finali ELL80	283
Esempio di complesso stereofonico con quattro pentodi finali EL84	285
Amplificatore stereo con due valvole ECLL800	288
Trasformatori d'uscita	289
Potenza d'uscita	289
Altoparlanti	289
Alimentazione	289

CAPITOLO DECIMO

L'AMPLIFICATORE A TRANSISTOR

Principio di funzionamento	295
Amplificatore a transistor stabilizzati	297
Lo stadio finale con due transistor e con due batterie	302
Lo stadio finale « single ended »	303
Lo stadio finale a simmetria complementare	303
I quattro tipi di stadio finale a due transistor	306
Amplificatori a transistor per fonovalgie	307
Fonovalgia a transistor Philips	310
Amplificatore a transistor da 800 watt, con due AC128	313
Esempio di amplificatore a transistor, con due OC74, per sincronizzatore FM	315
Esempio di amplificatore con stadio finale del tipo « single ended »	317
Esempio di amplificatore con due AC128 in stadio finale « single ended »	318
Esempio di amplificatore senza trasformatori d'entrata e d'uscita	319
Amplificatori con transistor finale di potenza	321
Amplificatore a due transistor con un OC26 finale	322
Amplificatore a tre transistor con OC26 finale da 1 watt	322
Amplificatore a quattro transistor con OC26 finale da 2 watt	324
Alimentatori alla rete-luce	325
Schemi di alimentatori per amplificatori a transistor	328
Alimentatore con transistor livellatore	329
Alimentatore Grundig per Ocean-Boy 202	329

CAPITOLO UNDICESIMO

L'IMPIANTO INTERFONICO

Principio di funzionamento degli impianti interfonici	331
L'inversore « parla-ascolta »	332
Esempio di semplice interfonico	333
Gli impianti intercomunicatori	334
Esempio di impianto interfonico semplice, a valvole	334
Impianti interfonici con remoti che possono chiamare	337
Esempio di impianto interfonico a transistor	340
Transistor	341
Trasformatori	341
Altoparlanti	341
Polarizzazione	341
Alimentazione	341
Commutatori	341
Avvisatore di chiamata	342
Amplificatore	342
Apparecchio principale	342
Collegamenti	342

INDICE DEI CAPITOLI

CAPITOLO DODICESIMO

LA REGISTRAZIONE MAGNETICA

PRINCIPI BASILARI E CENNI STORICI

Il registratore magnetico	345
Categorie di registratori magnetici	347
Le tre parti del registratore magnetico	350
Principio della registrazione magnetica	350
Caratteristiche della registrazione magnetica.	351
La polarizzazione magnetica	354
La frequenza supersonica	354
Vantaggi della polarizzazione con frequenza supersonica	356
La cancellazione delle impressioni magnetiche dal nastro	356
Il nastro magnetico	358
Velocità di corsa del nastro magnetico	359
Caratteristiche del nastro magnetico	361
Le tracce o piste magnetiche	362
Durata della registrazione magnetica o ascolto	362
Riparazione del nastro	363

CAPITOLO TREDICESIMO

COMANDI E RUOTISMI DEL REGISTRATORE MAGNETICO

Il complesso meccanico del magnetofono	366
Il plettello portabobina.	366
Comandi e controlli del magnetofono	367
Comandi meccanici e comandi elettrici	367
Comandi a tasti.	368
Comandi separati e comandi uniti	368
Il commutatore di registrazione-ascolto e il commutatore di movimento	369
I tasti di comando	371
L'asta di comando	377
Esempio di ruotismi di trazione, avvolgimento e riavvolgimento.	374
Ruotismi di trazione.	375
Ruotismi di avvolgimento	376
Ruotismi di riavvolgimento.	377
Esempio di complesso meccanico di magnetofono	378
Il comando a tastiera	378
Componenti sopra il pannello	380
Componenti dei ruotismi.	380
Motore e ruota libera	383
Magnetofoni a inversione manuale e magnetofoni a inversione automatica	384
Due coppie di testine	386
Due ruotismi di avvolgimento e di trazione	387
Magnetofoni a due motori	387

INDICE DEI CAPITOLI

Il commutatore di registrazione	387
Inversione automatica e riavvolgimento	388
Il motore elettrico ad induzione dei magnetofoni	389
Parti componenti e velocità del motore ad induzione	389
Il rotore del motore a induzione	390
Autoavviamento del motore ad induzione	392
Le variazioni di velocità	393
Vibrazione ritmica del nastro.	394

CAPITOLO QUATTORDICESIMO

IL COMPLESSO ELETTRONICO DEL REGISTRATORE MAGNETICO

I componenti del complesso elettronico	395
Schema di principio	396
L'amplificazione BF nei magnetofoni di tipo medio	397
La testina di registrazione e riproduzione	390
Impedenza della testa magnetica	399
La cancellazione del nastro	399
I circuiti di pre- e post-compensazione dei magnetofoni	401
Compensazione delle alte e compensazione delle basse frequenze	402
Compensazione delle frequenze alte (pre-compensazione).	403
Compensazione alle frequenze basse (post-compensazione)	403
La precompensazione nei piccoli magnetofoni	404
Compensazione per cambio velocità	405
Esempio di circuiti di compensazione in magnetofono a due velocità	406
L'oscillatore BF supersonico	407
Scelta della frequenza dell'oscillatore supersonico	409
Scelta dell'intensità di corrente di premagnetizzazione	410
Corrente di premagnetizzazione e frequenze basse	410
Corrente di premagnetizzazione e rapporto segnale/disturbo	411
Corrente di premagnetizzazione di picco	411
Corrente di premagnetizzazione e velocità del nastro.	411
Regolatore della corrente di premagnetizzazione	412
L'indicatrice di profondità di modulazione.	412
Esempio di complesso elettronico	414
Altro esempio di complesso elettronico	416
Complesso elettronico a transistor	418

CAPITOLO QUINDICESIMO

ESEMPI DI REGISTRATORI MAGNETICI

Categorie di registratori magnetici	421
Bobine di nastro e durata della registrazione	422
Registratore a nastro Allocchio Bacchini mod. 3001	423

INDICE DEI CAPITOLI

Caratteristiche principali	423
Collegamenti esterni	425
Magnetofono CGE mod. 081	427
Dati tecnici	427
Comandi	427
Controlli	428
Attacchi esterni	429
Schema elettrico	430
Riproduzione	433
Circuito di reazione	434
Alimentazione	434
Registratore magnetico a nastro Geloso mod. G. 250 N	434
Controlli	434
Valvole e circuito	434
Responso	439
Consumo	439
Piccoli magnetofoni Geloso mod. 254 e 255	439
Registratore magnetico Geloso G. 258	441
Magnetofono da ufficio Grunding Stenorette	443
Parte elettronica del magnetofono Stenorette	447
Registratore magnetico a nastro mod. TK 819	447
Registratore LESA mod. Renas A/2	451
Magnetofono Philips mod. EL 3511-02	454
Controllo della corrente di premagnetizzazione di A.F.	454
Tensioni elettriche	455
Componenti elettrici	455
Magnetofono Philips mod. EL 3516	455
Dati tecnici	455
Regolazione della tensione di premagnetizzazione	456
Componenti elettrici	457
Magnetofono Philips mod. EL 3520	457
Dati tecnici	457
Regolazione della corrente di premagnetizzazione	457
Regolazione della testina di registrazione-riproduzione	458
Regolazione dell'indicatore di modulazione	458
Tensioni e correnti	460
Componenti elettrici	460
Registratore magnetico Philips mod. EL 3527	461
Registratore magnetico Philips a quattro piste mod. EL 3542	461

IL SUONO

1. — L'INTENSITA' SONORA

La sensazione auditiva.

Il suono è una sensazione; è la sensazione auditiva che percepiscono tutti gli esseri viventi provvisti dell'organo dell'udito: l'orecchio.

La sensazione auditiva è dovuta alle onde sonore. Ciascun'onda sonora consiste in una compressione seguita dalla corrispondente rarefazione dell'aria, ossia dalla semionda positiva seguita dalla semionda negativa, eguale e contraria, come avviene per le onde che si propagano sull'acqua. Le onde sonore si diffondono sfericamente tutto all'intorno della sorgente sonora, a velocità costante, compresa tra 333 e 334 metri al secondo.

Esse destano nell'orecchio vibrazioni simili a quelle che le hanno prodotte; ad esempio, le vibrazioni delle corde di un violino o di un pianoforte si trasferiscono nell'aria sotto forma di onde sonore, le quali mettono a loro volta in vibrazione la membrana posta all'entrata dell'orecchio. Tramite un complicato procedimento, l'orecchio converte le vibrazioni in altre onde, simili a quelle della corrente elettrica, le quali si propagano lungo appositi conduttori filiformi, e raggiungono il cervello, dove ha luogo la sensazione vera e propria.

Vi sono da considerare tre fenomeni distinti. Vi è anzitutto il *fenomeno fisico* della produzione delle onde sonore e della loro propagazione; vi è quindi il *fenomeno fisiologico* per cui l'orecchio produce gli stimoli auditivi e li trasmette al cervello; ed infine vi è il *fenomeno psichico* della sensazione auditiva, ossia della percezione delle voci, dei suoni, della musica e dei rumori.

Il fenomeno fisico è stato ampiamente studiato dalla scienza, la quale ne ha scoperto quasi tutte le leggi; il fenomeno fisiologico relativo al meccanismo dell'orecchio è invece ancora poco noto, se ne intravede appena qualche parte. Il fenomeno psichico è del tutto incomprensibile e costituisce un mistero impenetrabile.

Con il termine SUONO si dovrebbe intendere soltanto la sensazione auditiva, così come con il termine LUCE si dovrebbe intendere solo la sensazione visiva, ciò per il fatto che il suono e la luce esistono solo come percezioni del cervello, ossia esistono soltanto nell'interno degli esseri viventi provvisti di orecchi e di occhi, e non già al di fuori di essi. Nello spazio che li circonda esistono onde sonore e onde luminose.

È il cervello che fa vivere ciascuno di noi nel mondo di suoni e di luci che ci circonda, il quale è in realtà un mondo assolutamente silenzioso e buio. Ma poichè è molto facile vivere all'esterno di noi, ed è invece molto difficile vivere nell'interno di noi, in pratica i due termini *suono* e *onda sonora* diventano sinonimi, benchè uno esprima l'effetto e l'altro la causa, appunto come diventano sinonimi i due termini *luce* e *onde luminose*.

Gamma delle intensità sonore,

I suoni si distinguono anzitutto per l'*intensità* e la *frequenza*. La gamma delle *intensità sonore* è estremamente vasta, i suoni fortissimi sono miliardi di volte più intensi dei suoni debolissimi. L'orecchio non percepisce tutti i suoni; percepisce suoni debolissimi purchè possiedano una certa intensità, detta *intensità di soglia*; esiste tutta una vasta gamma di suoni debolissimi, ed estremamente deboli, che l'orecchio non può percepire, la cui esistenza viene messa in evidenza mediante l'amplificazione, appunto come esistono oggetti tanto piccoli da non poter essere visti ad occhio nudo.

Esistono anche suoni estremamente forti, d'intensità enorme, e di durata brevissima, come ad es. lo scoppio di una grossa bomba. Anche essi non possono venir percepiti dall'orecchio se non sotto forma di dolore. Il punto della gamma delle intensità sonore in cui la sensazione auditiva diventa dolore vien detto *soglia dolore*.

I due estremi sono anche detti *limite inferiore* e *limite superiore di audibilità*. Essi variano sensibilmente da una persona all'altra.

All'*intensità* sonora corrisponde l'*ampiezza* dell'onda sonora; un suono è tanto più intenso quanto più ampia è l'onda, un po' come avviene per le onde del mare.

Poichè le onde sonore sono invisibili, non è possibile misurare la loro ampiezza; inoltre non esiste una qualche sostanza che si comporti rispetto al suono come il mercurio rispetto al calore. È perciò che manca un semplice dispositivo per la misura dell'intensità sonora, paragonabile al termometro per la misura della temperatura. Un « *termometro* » per i suoni sarebbe utilissimo ma non esiste.

Esistono due diversi modi per misurare l'intensità del suono, ossia la sua « *forza* », la sua potenza, un po' come esistono due diversi modi per effettuare misure di tempo. Gli astronomi possono determinare l'ora precisa dalla posizione della Terra rispetto agli altri pianeti e rispetto al Sole; è questa l'ora astronomica. Se si tratta di misurare il tempo in cui ha luogo un avvenimento qualsiasi, ad es. il giro del circuito da parte di una macchina da corsa, non ha nessuna importanza conoscere quale sia l'ora precisa astronomica, basta far scattare il cronometro all'atto della partenza e fermarlo all'atto dell'arrivo, per leggere sul quadrante il tempo in minuti, secondi e decimi di secondo.

Occorre far attenzione a non confondere queste due diverse misure; una è la misura diretta, l'altra è la misura di rapporto. Nei laboratori di fisica acustica vengono fatte misure dirette, mediante complesse e delicate apparecchiature; per gli usi pratici vengono fatte soltanto misure di rapporto. Con le misure di rapporto non si

sa quale sia l'ora astronomica, in cui ha luogo un dato avvenimento, ma si misura l'intervallo di tempo in cui l'avvenimento ha luogo.

UNITA' DI MISURA TEORICA: IL BAR.

Le misure d'intensità sonora paragonabili a quelle del tempo astronomico, vengono effettuate tenendo conto della pressione acustica esercitata dalle onde sonore sopra una superficie, e si adopera quale unità di misura il bar (B) ed il suo sottomultiplo il microbar (μB). Quest'ultimo corrisponde ad una dina per cm^2 . Un suono forte può esercitare la pressione di 200 bar, uno debole quella di 200 microbar.

IL WATT ACUSTICO.

Una volta conosciuta la pressione esercitata da un dato suono, si calcola l'energia sonora del suono stesso, utilizzando un'apposita formula. Si adopera quale unità di misura il watt (W) ed il sottomultiplo microwatt (μW). L'energia sonora non si può misurare direttamente, poichè non esistono wattmetri acustici; come detto, la si può determinare solo in base a misure di pressione. Tutte queste misure in bar ed in watt hanno scarsissima importanza pratica, e si possono trascurare. È necessario tenerle presenti solo per evitare confusione con le misure pratiche, le quali vengono anch'esse effettuate utilizzando quale unità di misura il watt, appunto come per le misure dell'ora astronomica, quella segnata dagli orologi, e le misure di intervallo di tempo, quelle misurate dai cronometri, vengono utilizzate le stesse ore e gli stessi minuti, secondi, ecc.

UNITA' PRATICA DI MISURA: IL DECIBEL.

Noi diciamo che un suono è ad intensità zero quando è appena percettibile nel silenzio di una stanza, di un suono fortissimo diciamo che è ad intensità 100, poi con questi due estremi prepariamo una scala a graduazione centigrada. È ciò che è stato fatto per il termometro; si è detto che la temperatura è di zero gradi quando l'acqua gela e che è di 100 gradi quando l'acqua bolle. Con la scala centigrada possiamo indicare quale sia l'intensità sonora.

Quando, non molti anni or sono, venne approntata la scala centigrada dell'intensità sonora, si trattò di dare un nome all'unità di misura, il grado centigrado sonoro. Gli americani proposero il decibel (dB) decima parte del bel, in onore di Graham Bell; i tedeschi proposero il phon, noi avremmo potuto proporre il meucci. Per qualche tempo il decibel ed il phon vennero usati senza distinzione, poi con una certa distinzione, infine il phon venne abbandonato. La scala dell'intensità sonora è oggi graduata solo in decibel, in tutto il mondo.

LA GAMMA DEI SUONI, IN DECIBEL.

Sono debolissimi i suoni compresi fra zero e 20 decibel, sono deboli quelli compresi fra 20 e 40 decibel; la maggior parte dei suoni che percepiamo si trovano

tra 40 e 60 decibel e sono suoni d'intensità media; i suoni forti si trovano tra 60 e 80 decibel, ed i fortissimi tra 80 e 100 decibel. Come detto, vi è tutta una vasta gamma di suoni d'intensità tanto ridotta da non poter essere intesi dall'orecchio, senza am-

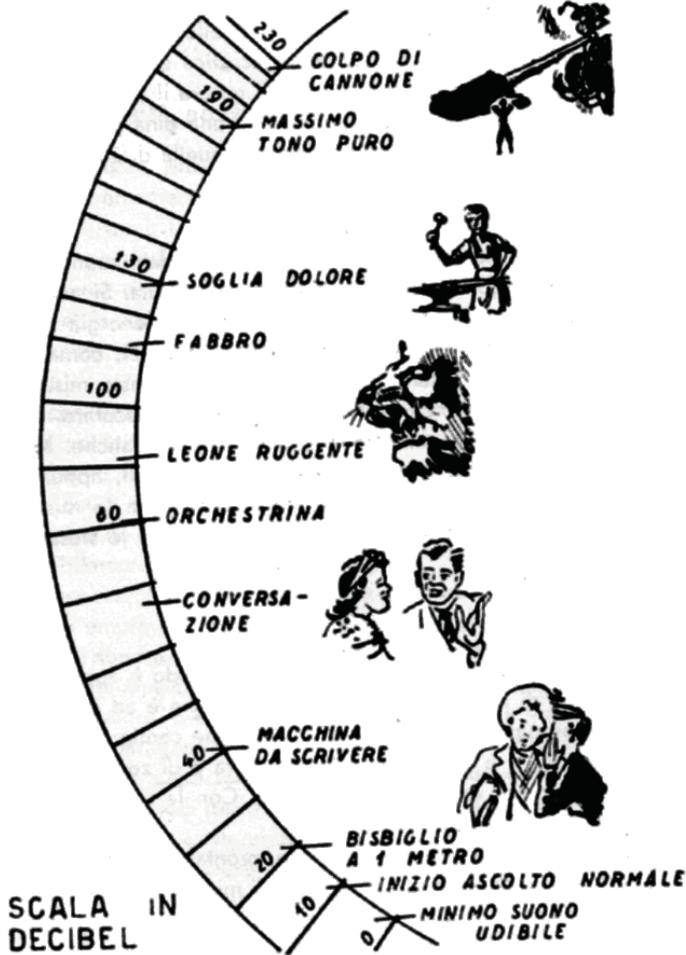


Fig. 1.1. - Scala delle sensazioni auditive in decibel (V. anche la fig. 1.4 a pag. 10).

plificazione. Sono i suoni « sotto zero ». Ve ne sono a -10 decibel, e ve ne sono a -20 dB, a -30 dB e più sotto ancora. Uno zero assoluto del suono non è stato ancora sicuramente accertato; come invece lo è stato per la temperatura, il cui zero assoluto è a -273 °C.

Esistono suoni estremamente forti, oltre i 100 decibel: il motore d'aeroplano inteso ad un metro di distanza determina una entità di sensazione auditiva di circa 122 decibel; la grande orchestra della Scala, con 250 coristi, può dare un « fortissimo » di 118 decibel; la sirena di uno stabilimento, intesa vicinissimo, raggiunge i 110 decibel; un potente colpo di grancassa i 102 decibel.

All'estremo opposto, è difficile sentire suoni d'intensità compresa tra 0 e 10 decibel, poichè essi sono soverchiati dalla rumorosità dell'ambiente. Durante il giorno, il livello di rumorosità di una stanza tranquilla può essere di 20 decibel, quello di una stanza su strada a grande traffico può essere di 40 decibel. Il tic tac di un orologio da polso si può sentire a distanza solo durante la notte, quando il livello di rumorosità scende notevolmente; l'intensità sonora prodotta dall'orologio da polso a 30 cm di distanza è di circa 10 decibel; il tic tac di un pendolo raggiunge i 30 ed anche i 40 decibel.

Una parola sussurrata all'orecchio, intesa da terza persona ad un metro di distanza, è a circa 22 decibel; un grido acuto può raggiungere i 74 decibel. I grandi tenori arrivano ai 90 decibel durante i fortissimi; è questo il limite estremo a cui può giungere il canto. Il ruggito del leone giunge a 92 decibel. Colpi vigorosi di martello sull'incudine raggiungono e superano i 100 decibel. Un colpo di cannone o lo scoppio di una bomba, intesi a breve distanza, non si possono sentire nel vero senso del termine, si sentono come dolore, non come sensazione, poichè raggiungono e superano, in alcuni casi, i 200 decibel, mentre la soglia dolore si trova a 127 decibel.

I due estremi sono a zero ed a 127 decibel, sotto lo zero decibel non si sente nulla, sopra i 127 decibel si sente soltanto dolore.

Dinamica dei suoni.

La graduazione in decibel serve molto bene per indicare la dinamica delle varie sorgenti sonore, ossia il rapporto tra l'intensità sonora minima e l'intensità sonora massima che sono in grado di produrre.

Una delle dinamiche più basse è quella del disco di sassofono. Un a solo di sassofono, nell'esecuzione originale, può avere una dinamica di 30 decibel, da un'intensità sonora minima di 20 dB ad una massima di 50 dB, per cui $50 - 20 = 30$ decibel. La stessa parte eseguita da un disco, può avere una dinamica di appena 15 decibel, da 25 a 40 dB.

All'estremo opposto, una delle dinamiche maggiori è quella di una grande orchestra con coro, la quale da un minimo di 40 dB può arrivare, come detto, a 118 dB. In tal caso la dinamica è di $118 - 40 = 78$ dB. Potrebbe essere maggiore se alla grande orchestra fosse possibile far ascoltare suoni deboli, sotto i 40 dB; la rumorosità di un grande teatro affollato, e lo stesso complesso orchestrale, non consentono di sentire suoni debolissimi, neppure a coloro che si trovano nelle prime file.

Un quartetto d'archi, in ambiente molto silenzioso, da 15 dB può arrivare sino a 65 dB, con una dinamica di 50 dB. Un suonatore di mandolino deve accontentarsi di 20 o 25 dB di dinamica, mentre un suonatore di contrabbasso può sviluppare una dinamica di 35 dB, da 10 a 45 dB. In pratica però, i suoni debolissimi del contra-

CAPITOLO PRIMO

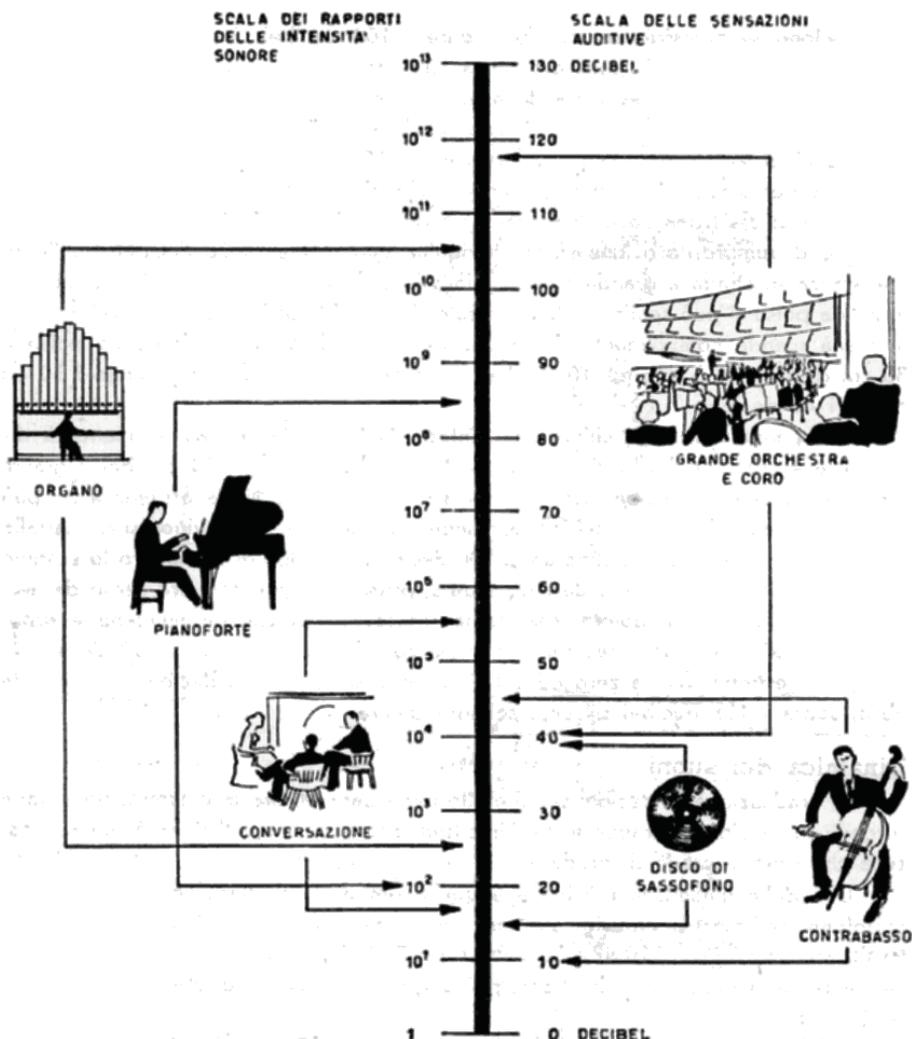


Fig. 1.2. - Scala delle sensazioni auditive in decibel e scala delle corrispondenti variazioni d'intensità sonora, necessarie per provocare le sensazioni. La figura indica anche la dinamica di alcune sorgenti sonore.

basso sono udibili solo in ambiente silenziosissimo. In una sala da concerto la dinamica del contrabbasso si riduce a 15 decibel, poiché va da 30 a 45 dB, data la rumorosità dell'ambiente.

I cantanti celebri hanno dinamiche vastissime; i soprano vanno da 20 a 85 dB, i tenori da 25 a 90 dB.

La fig. 1.2 illustra esempi di *dinamica sonora*.

Livello sonoro.

Per *livello sonoro* o *livello d'intensità* — i due termini, si equivalgono — s'intende l'intensità sonora media che una data sorgente produce in un dato ambiente. Ad es., un violinista determina un livello sonoro alto in una piccola sala da concerto, e basso in un grande teatro. Nella sala di lettura di una biblioteca il *livello di rumorosità* è basso, compreso tra 20 e 30 dB, mentre in una fabbrica di caldaie può essere elevatissimo, tra i 90 ed i 110 dB.

Con un amplificatore da 10 watt è possibile produrre un buon livello sonoro in una sala di piccole dimensioni, così come con una stufa elettrica di 3 chilowatt è possibile ottenere una temperatura confortevole. Il livello di rumorosità corrisponde un po' alla temperatura ambiente; altro è portare la temperatura di una stanza da 10 a 24 gradi ed altro è portarla da — 20 a 24 gradi. Così, altro è produrre un certo livello sonoro in una stanza quieta, lontana da strade rumorose, ed altro è ottenerlo in una rumorosa sala da ballo. Si tratta di due diversi livelli di rumorosità da superare.

IL LIVELLO DI SENSAZIONE AUDITIVA.

I suoni acuti determinano alti livelli sonori più facilmente dei suoni bassi, perciò alcuni anni or sono era in uso esprimere in decibel il *livello d'intensità sonora*, ed in phon il *livello di sensazione auditiva*. Attualmente questa distinzione è sorpassata.

Si adopera soltanto il decibel.

Variazione dell'intensità sonora e sensazione auditiva.

L'orecchio, sensibilissimo ai suoni deboli, a mano a mano che l'intensità sonora aumenta, diventa meno sensibile, per cui è poco sensibile ai suoni fortissimi.

In questo modo l'orecchio risulta automaticamente protetto dal danno che potrebbe venirgli arrecato dai suoni eccessivamente forti; essi potrebbero rovinarlo completamente. Appositi muscoli presenti nella parte interna dell'orecchio entrano in funzione quando vi sono suoni o rumori molto forti, e provvedono a renderlo meno sensibile, più sordo. In presenza di suoni o rumori molto deboli, i muscoli non intervengono, e la percezione auditiva è massima.

L'orecchio è, infatti, provvisto di un controllo automatico di sensibilità, il cui funzionamento è simile a quello del CAV degli apparecchi radio e del CAG dei televisori.

IL CONTROLLO DI VOLUME.

Tutti gli amplificatori, gli apparecchi radio e i televisori sono provvisti di un controllo di volume, comandato da una manopola. Girando la manopola, il volume sonoro passa da zero ad un massimo. A metà della rotazione della manopola, corrisponde la metà del volume.

Affinchè ciò avvenga, ossia affinchè alla metà della corsa della manopola corrisponda la metà del volume ottenibile, è necessario che durante la prima metà

la variazione sia molto lenta, e nella seconda metà sia invece molto rapida. Se non avviene così, ossia se la variazione è uniforme, ossia *lineare*, allora il controllo di volume funziona male, in quanto con esso non è possibile ottenere audizioni deboli. Non appena si ruota la manopola, l'intensità è subito molto forte.

La fig. 1.3 illustra due controlli di volume, ciascuno costituito da una resistenza

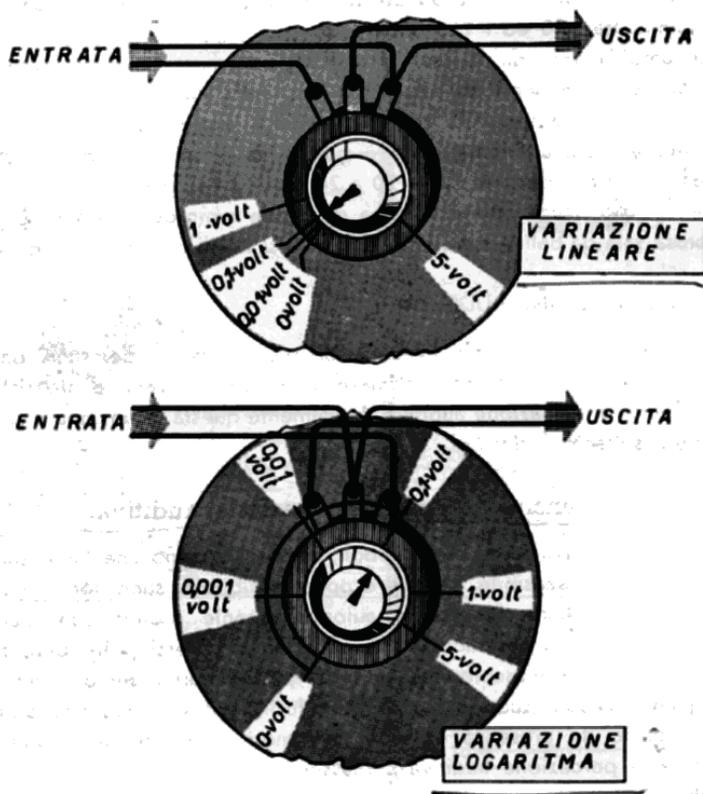


Fig. 1.3. - Controlli di volume di tipo lineare (in alto) e di tipo logaritmico (in basso).

variabile. Quello in alto è a variazione lineare. La tensione da regolare è, nell'esempio, da 0 a 5 volt. Con questa resistenza la tensione di 1 volt si ottiene dopo breve rotazione della manopola; tra 1 volt e 5 volt c'è un ampio tratto di rotazione. Questo controllo non è adatto.

In basso è indicata una resistenza variabile adatta per il controllo di volume. Esso consente una lenta variazione all'inizio, e una variazione molto rapida verso la fine. Si osservi la posizione dell'indice in corrispondenza dello stesso valore di 0,1 volt. Questo tipo di controllo è detto a *variazione logaritmica*.

LA VARIAZIONE LOGARITMICA.

Nei laboratori di fisica acustica si è cercato di sapere quante volte un dato suono sia più « forte » di quello che si trova alla soglia dell'udibile, corrispondente allo zero decibel. Le misure fatte con appositi strumenti, basandosi sulla pressione acustica, hanno portato alla scoperta della legge di Weber-Fechner, la cui prima parte è la seguente: *L'entità della sensazione auditiva non cresce in proporzione dell'aumento dell'intensità sonora, cresce bensì con il logaritmo a base 10 che tale intensità sonora rappresenta.*

Il logaritmo a base 10 di un numero è l'esponente della potenza alla quale deve essere elevato 10 affinché sia eguale al numero dato. Ad esempio, invece di scrivere 1000 si può scrivere 10^3 , invece di scrivere 10 000 si può scrivere 10^4 , ecc. Gli esponenti 3 e 4 sono rispettivamente i logaritmi di 1000 e di 10 000. Il logaritmo di un milione è 6.

Ciò significa che per raddoppiare, triplicare, quadruplicare un dato livello sonoro, è necessario aumentare l'intensità sonora addirittura di cento volte per raddoppiarlo (poiché 10^2 è eguale a 100), di mille volte per triplicarlo (poiché 10^3 è eguale a 1000) e di diecimila volte per quadruplicarlo (poiché 10^4 è eguale a 10 000).

Ad es., per elevare un livello sonoro da 30 decibel a 70 decibel occorre aumentare l'intensità energetica del suono di 10 000 volte.

La fig. 1.4 raffronta la scala delle sensazioni auditive con quella dei rapporti di variazione dell'energia sonora. A zero decibel corrisponde l'unità, ossia il punto di partenza della scala dei rapporti. Per passare da 0 dB a 10 dB occorre aumentare l'energia sonora di dieci volte. Va tenuto presente che il suono a 10 dB è debolissimo, poco più che appena percettibile, e che l'orecchio è molto sensibile in questa zona. A 20 dB, ossia a $10 + 10$ dB, l'energia sonora è 100 volte maggiore di quella a 0 dB, cioè in rapporto a quella a 0 dB, ossia è di 10×10 .

A 50 dB della scala, il rapporto di variazione dell'energia sonora è di 10^5 , ossia è di 100 000. Per i decibel vale l'addizione ($10 + 10 + 10 + 10 + 10 = 50$) per i rapporti di variazione d'energia sonora vale invece la moltiplicazione

$$(10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100\ 000).$$

Enormi potenze sonore sono in gioco per i suoni fortissimi e più ancora per gli estremamente forti. L'orchestra ed il coro della Scala formano un complesso sonoro più « grande » del Monte Bianco. Infatti, accostando al limite di audibilità, ossia a 0 decibel, il limite di visibilità ad occhio nudo, 1 micron, si nota che il Monte Bianco è 4,8 miliardi di volte più grande, mentre l'orchestra ed il coro della Scala sono 800 miliardi di volte più grandi del più debole suono percettibile.

La graduazione della scala in decibel non corrisponde al logaritmo del numero che indica la variazione dell'energia sonora, solo per il fatto che l'unità di misura è il bel. Alla variazione di 10 000 corrisponde il logaritmo 4, ossia 4 bel; dato l'uso del sottomultiplo corrispondente ad un decimo di bel, a 10 000 corrispondono 40 decibel.

Incremento dell'intensità sonora.

La seconda parte della legge di Weber-Fechner afferma che: *l'incremento minimo della sensazione auditiva è proporzionale alla sensazione che l'ha preceduta.*

A teatro si distingue facilmente quando le voci sono due e quando ve n'è una sola, se si tratta di un duetto, mentre se è presente un grande coro è impossibile dire quando le voci sono 249 e quando sono 250. L'orecchio non avverte una differenza tra 100 e 110 voci, avverte la differenza solo se il passaggio è da 100 ad almeno 125 voci, ciò per il fatto che l'incremento minimo dell'intensità sonora che si rende udibile è del 25 %. Nell'esempio fatto s'intende che le voci devono essere tutte eguali, ed unite nello stesso canto.

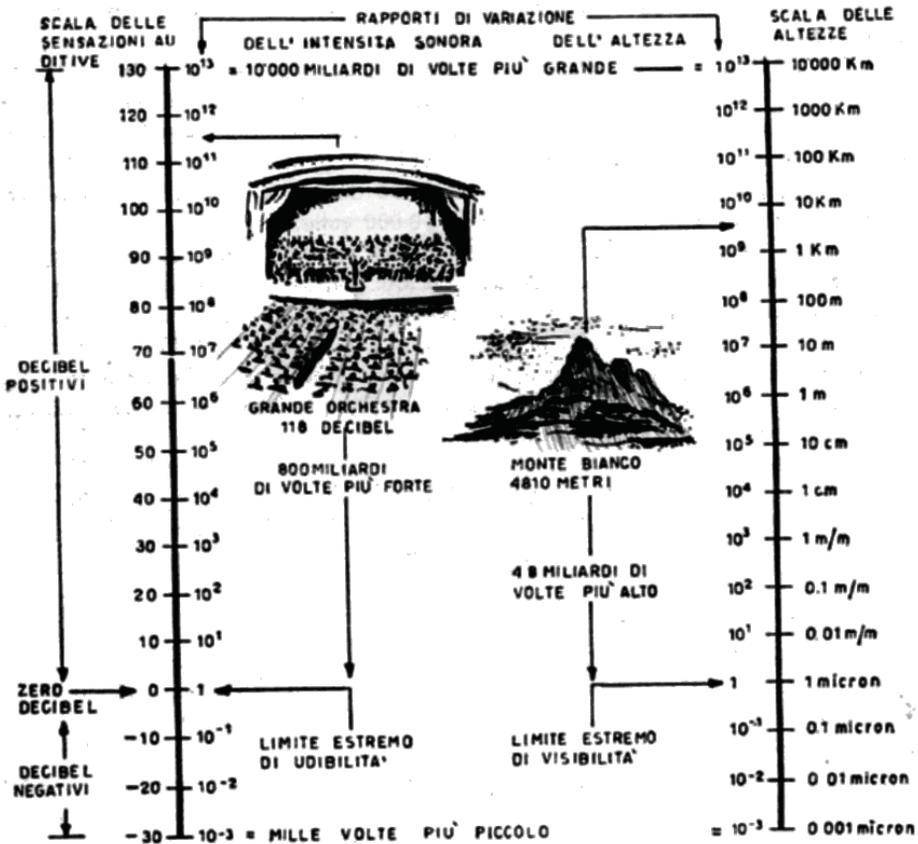


Fig. 1.4. - Confronto tra i rapporti di variazione d'intensità sonora e quelli di dimensione. Il livello sonoro di 130 decibel corrisponde ad un aumento d'intensità sonora di 10.000 miliardi di volte quella del suono appena percettibile, a zero decibel.

Misura di rapporto della potenza sonora.

Il fatto di aver aggiunto alla scala graduata in decibel quella dei rapporti di variazione dell'intensità sonora o dell'energia sonora che dir si voglia, di cui la fig. 1.2, è molto importante poichè consente di effettuare delle misure. L'apparecchio di misura può essere costituito da un microfono, da un amplificatore a due o tre stadi, e da un misuratore d'uscita. Si tratta di regolare una volta tanto il guadagno dell'amplificatore, in modo da ottenere una data misura corrispondente a zero decibel.

Si può regolare il guadagno dell'amplificatore, in modo che lo strumento indicatore della potenza d'uscita indichi 1 watt, in corrispondenza del minimo suono udibile, quello a zero decibel. In tal modo lo strumento segnerebbe 0,1 watt in corrispondenza a -10 decibel, e 10 watt in corrispondenza a 10 decibel.

In pratica però assegnare la potenza d'uscita di un watt in corrispondenza a zero decibel andrebbe bene solo per la misura dei suoni estremamente deboli e dei debolissimi, ma non andrebbe bene per i suoni medi e forti, ciò per il fatto che a 20 decibel corrisponderebbero 100 watt, a 30 decibel 1000 watt, a 40 decibel 10 000 watt ed a 50 decibel nientemeno che 100 000 watt. A livelli superiori corrisponderebbero milioni e persino miliardi di watt.

È necessario assegnare una potenza d'uscita più piccola a zero decibel, per es. 1 millesimo di watt, un milliwatt. In tal modo la potenza d'uscita in corrispondenza dei suoni forti e fortissimi non risulta enorme, pur essendo molto grande. In seguito a varie considerazioni, venne deciso di assegnare a zero decibel la potenza d'uscita di 6 milliwatt, ed in base ad essa vennero graduate le scale degli strumenti indicatori. È questa la potenza d'uscita *standard*.

In tal modo, poichè a zero decibel venne scelta la potenza di 6 milliwatt, a 10 decibel corrisponde quella di 60 milliwatt, a 20 decibel quella di 600 milliwatt, a 30 decibel quella di 6000 milliwatt, ossia di 6 watt, e così via, come illustra la figura 1.5. Anche in tal modo si ottengono potenze enormi in corrispondenza ad alti livelli sonori. A 100 decibel corrisponde un rapporto di variazione dell'intensità sonora elevatissima, di 10^{10} , ossia di 10 miliardi. Sicchè la tensione all'uscita del microfono dovrebbe determinare all'uscita dell'amplificatore usato per la misura, nientemeno che una potenza corrispondente a quella di 6 milliwatt moltiplicata per 10 miliardi, ossia 60 milioni di watt, pari a 60 000 chilowatt.

L'ostacolo viene girato prelevando soltanto una minima parte della tensione all'uscita del microfono, ossia all'entrata dell'amplificatore di misura, per es. la centomillesima parte, per cui a 100 dB corrisponde la potenza di 0,6 watt. La lettura va quindi moltiplicata per 100 milioni di volte. È ciò che avviene quando con un voltmetro con portata massima di 1 volt, si misura una tensione vicina a 1000 volt; il divisore di tensione applica all'entrata dello strumento solo la millesima parte della tensione da misurare, la quale va letta sulla scala moltiplicata per 1000.

La scala dello strumento per la misura del livello sonoro viene graduata direttamente in decibel; non risulta quindi necessario nessun calcolo con grandi numeri.

cui, ad es., un'intensità sonora di 600 watt può venir espressa in decibel nel modo seguente:

$$\text{Sensazione auditiva in decibel} = 10 \times \left(\log_{10} \frac{600}{0,006} \right) =$$

$$10 \times (\log_{10} 100\,000) = 10 \times 5 = 50 \text{ decibel.}$$

È ciò che risulta dalla fig. 1.5.

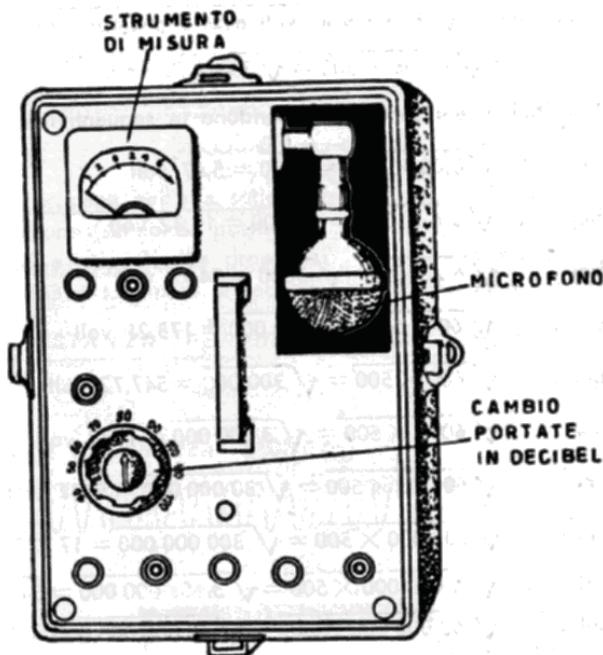


Fig. 1.6. - Un amplificatore, un microfono e uno strumento indicatore d'uscita consentono di leggere sulla scala graduata in decibel, il valore del livello sonoro

In termini generali, quanto sopra si può esprimere con la formula:

$$\text{Sensazione auditiva in decibel} = 10 \times \left(\log_{10} \frac{\text{Intensità sonora misurata in watt}}{\text{Intensità di soglia in watt}} \right)$$

nella quale per « intensità di soglia » s'intende quella corrispondente a zero decibel, ossia 0,006 watt.

Come già detto all'inizio, in pratica i termini *sensazione auditiva* e *livello sonoro* vengono usati come se fossero equivalenti, per cui quanto sopra detto vale anche per indicare il *livello sonoro in decibel*.

b) Valori di tensione e di corrente corrispondenti a livelli sonori.

Alla scala della potenza sonora in watt è possibile aggiungere quella della tensione in volt, utilizzando la formula $P = E^2/R$ dalla quale $E = \sqrt{P \times R}$.

Al posto delle misure in watt si possono fare misure in volt, purchè venga scelto un valore standard della resistenza di carico. Tale valore standard della resistenza è di 500 ohm. In tal modo a zero decibel corrisponde un valore standard di tensione, il seguente:

$$\begin{aligned} \text{Tensione a zero decibel} &= \sqrt{\text{Potenza in watt a zero decibel} \times \text{Resistenza standard}} \\ &= \sqrt{0,006 \times 500} = \sqrt{3} = 1,73 \text{ volt.} \end{aligned}$$

Agli altri principali livelli sonori corrispondono le seguenti tensioni:

a 10 decibel . . $\sqrt{0,06 \times 500} = \sqrt{30} = 5,47 \text{ volt}$

a 20 decibel . . $\sqrt{0,6 \times 500} = \sqrt{300} = 17,32 \text{ volt}$

a 30 decibel . . $\sqrt{6 \times 500} = \sqrt{3000} = 54,77 \text{ volt}$

a 40 decibel . . $\sqrt{60 \times 500} = \sqrt{30\,000} = 173,21 \text{ volt}$

a 50 decibel . . $\sqrt{600 \times 500} = \sqrt{300\,000} = 547,72 \text{ volt}$

a 60 decibel . . $\sqrt{6000 \times 500} = \sqrt{3\,000\,000} = 1732 \text{ volt}$

a 70 decibel . . $\sqrt{60\,000 \times 500} = \sqrt{30\,000\,000} = 5477 \text{ volt}$

a 80 decibel . . $\sqrt{600\,000 \times 500} = \sqrt{300\,000\,000} = 17\,320 \text{ volt}$

a 90 decibel . . $\sqrt{6\,000\,000 \times 500} = \sqrt{3\,000\,000\,000} = 54\,770 \text{ volt}$

a 100 decibel . . $\sqrt{60\,000\,000 \times 500} = \sqrt{30\,000\,000\,000} = 173\,200 \text{ volt}$

Le misure si possono fare anche in ampere, seguendo lo stesso procedimento, tenendo conto che $P = I^2 \times R$, per cui $I = \sqrt{P/R}$.

2. — LA GAMMA DELLE FREQUENZE SONORE

La frequenza, la nota e l'ottava.

Il suono è frequenza, è ritmo; per *frequenza* s'intende sia la velocità della vibrazione di ciò che suona, sia il numero d'onde diffuse nell'aria durante ciascun secondo. Si suole indicarla in *cicli per secondo* (abb. *c/s* o *c.p.s.*) oppure in *hertz* (abb. *Hz*). Per *ciclo* s'intende l'evolversi di ciascuna onda sonora, dal suo inizio alla sua fine. *Periodo* è l'intervallo di tempo in cui un ciclo ha luogo. Tante onde, tanti cicli, tanti periodi.

La frequenza determina l'altezza, la nota di ciascun suono. Minore è la frequenza,

minore è l'altezza, più bassa è la nota; maggiore è la frequenza, maggiore è l'altezza più acuta la nota. Si vuol dire che l'altezza di un suono è aumentata di un'ottava quando la sua frequenza è raddoppiata, di due ottave quando è triplicata, ecc.

Il suono è *musicale* quando è costituito da una successione regolare, ritmica, di frequenze, e quando queste frequenze si trovano tra di loro in rapporti tali da poter essere espressi con numeri semplici; il suono è *rumore* quando il ritmo ed il rapporto semplice tra le frequenze non esiste, ed è costituito da varie frequenze senza rapporto tra di loro, susseguentisi in modo più o meno irregolare, tale da formare delle combinazioni dissonanti; il suono è *voce* quando è prodotto dalle corde vocali umane, ed è costituito in parte da successioni regolari di frequenze, ed in parte da altre di carattere transitorio.

L'onda sonora.

Il suono si propaga nell'aria sotto forma di onde. L'onda sonora è costituita da una compressione (semionda positiva) e da una rarefazione dell'aria (semionda negativa), eguali e opposte. La propagazione dell'onda sonora nell'aria avviene alla velocità di 333 o 334 metri al secondo, a seconda delle condizioni ambientali.

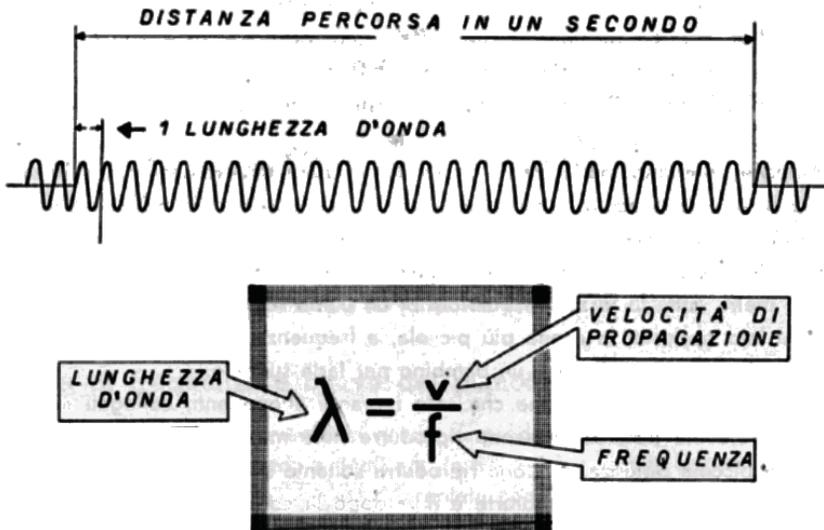


Fig. 1.7. - Relazione tra la lunghezza e la frequenza dell'onda sonora.

La lunghezza d'onda sonora può essere compresa tra alcuni metri e alcuni centimetri. Le onde sonore dei suoni molto bassi sono tra le più lunghe, possono raggiungere le decine di metri; le onde sonore dei suoni più alti sono tra le più corte, possono scendere al millimetro.

La fig. 1.7 riporta la relazione tra la velocità di propagazione, 334 metri al

secondo, e la frequenza della vibrazione sonora in cicli. Alla frequenza molto bassa di 100 cicli al secondo, corrisponde la lunghezza d'onda di 3,34 metri, in quanto la velocità di propagazione è di 334 metri.

Alla frequenza molto alta di 10 mila cicli al secondo, corrisponde la frequenza di 0,0033 metri, ossia di 3,3 millimetri.

Va notato che in pratica non si tiene mai conto della lunghezza d'onda dei vari suoni, ma sempre ed esclusivamente della loro frequenza. L'orecchio normale è in grado di percepire suoni dalla frequenza più bassa tra 16 e 24 cicli al secondo, alla frequenza più alta, dai 10 mila sino ai 24 mila cicli al secondo. Le persone anziane non sentono i suoni molto alti, a frequenze superiori ai 10 mila cicli circa; i bambini sentono bene, generalmente, suoni elevatissimi, sino a 24 mila cicli. gatti sentono fruscii sino a 50 mila cicli.

Frequenza, sensazione auditiva e potenza sonora.

La sensibilità dell'orecchio varia molto al variare della frequenza; è molto sensibile ai suoni la cui frequenza è compresa nel tratto tra 2000 e 5000 cicli/secondo. Riesce a percepire alcuni di tali suoni anche se d'intensità estremamente ridotta, a — 10 decibel. È poco sensibile ai suoni bassi, compresi tra 20 e 100 c/s. Affinchè l'orecchio possa appena percepire un suono bassissimo, a 40 c/s, è necessario che esso sia molto forte, a 55 decibel. Tra i due estremi di sensibilità vi è uno scarto di circa 60 decibel, pari al rapporto da 1 ad 1 milione.

Affinchè un suono molto basso possa determinare una sensazione auditiva pari a quella di un suono acuto, è necessario che la sua potenza sia molto maggiore. È per questa ragione che le canne dell'organo sono tanto diverse. La canna corrispondente al do dopo la controttava, a frequenza bassissima, ai limiti dell'udibilità, è alta 9,60 metri. Tutta la forza dei polmoni di un uomo robusto non basta a farne un suono. Al lato opposto, la canna più piccola, a frequenza altissima, è lunga appena 7,5 centimetri, e basta il fiato di un bambino per farla suonare.

È ancora per questa ragione che solo i grandi altoparlanti, collegati ad amplificatori di notevole potenza, possono riprodurre note musicali basse; i piccoli altoparlanti, di piccola potenza, possono riprodurre soltanto suoni di nota media e acuta.

La nota più bassa del pianoforte è il la dopo la controttava, a frequenza di 27 c/s; affinchè tale nota desti la stessa sensazione auditiva del fa di terza ottava, a frequenza di 2734 c/s, occorre che la potenza sonora sia 150 milioni di volte maggiore.

Frequenza a zero decibel.

Poichè la sensazione auditiva varia molto al variare della frequenza, lo zero decibel della scala delle intensità sonore è stato fissato per il suono appena percettibile alla frequenza di 1000 c/s.

Il tempo di riverberazione.

Il suono richiede un certo tempo per estinguersi, in quanto le oscillazioni dell'aria si attenuano gradatamente. Un colpo di grancassa si sente anche dopo che il timpano dello strumento è stato colpito. Il suono di una campana si sente ancora per qualche tempo, dopo l'ultimo colpo di batacchio. Il tempo che il suono richiede per estinguersi dipende dalle condizioni acustiche dell'ambiente. È detto tempo di riverberazione. Si misura in secondi.

Intensità sonora e distanza.

L'intensità sonora varia inversamente al quadrato della distanza, come indica la fig. 1.8. Maggiore è la distanza dalla sorgente sonora, maggiore è l'area della superficie interessata. Raddoppiando la distanza l'area è quadruplicata, quindi l'intensità sonora risulta « diluita » in proporzione, risulta cioè quattro volte minore.

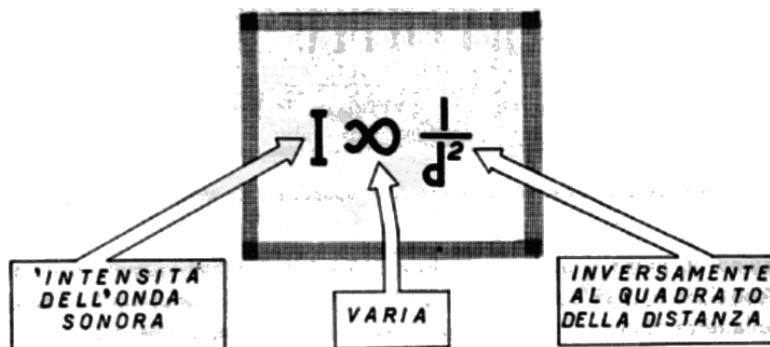


Fig. 1.8. - Relazione tra l'intensità sonora e la distanza.

Gamma di frequenza e ottave del pianoforte.

Il pianoforte è lo strumento in grado di produrre la gamma di frequenze più ampia, da 27 cicli per secondo a 3480 c/s. In fig. 1.9 è riportata la gamma delle frequenze udibili dall'orecchio umano, confrontata con quella del pianoforte. In figura, le note del pianoforte sono indicate con le rispettive frequenze. L'ottava iniziale, detta controttava, è quella che comprende le frequenze più basse, va dal do a 32 c/s, al la a 54 c/s ed al si a 60 c/s. È preceduta da due note ancora più basse, il la a 27 c/s ed il si a 30 c/s.

Alla controttava segue l'ottava grande, con il do a 65 c/s, il la a 108 c/s ed il si a 122 c/s; è seguita a sua volta dall'ottava piccola, con il do a 129 c/s, il la a 217 c/s ed il si a 244 c/s.

L'ottava centrale del pianoforte ha inizio con il do a 259 e fine con il si a 488.

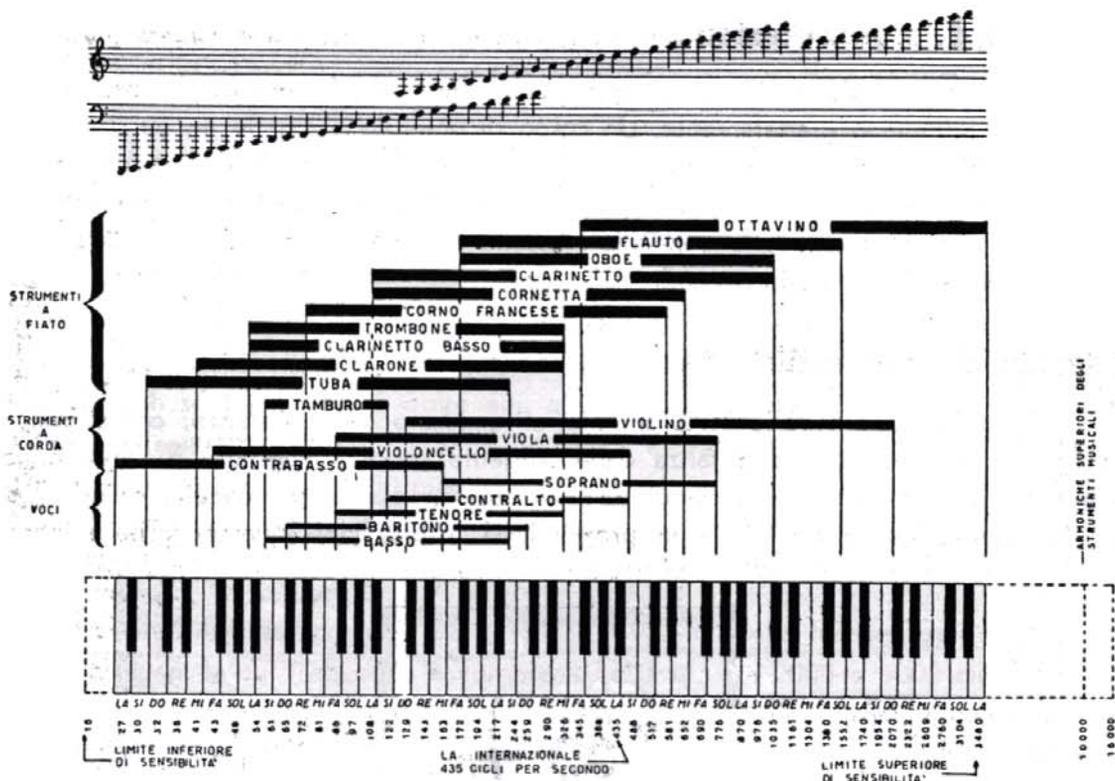


Fig. 1.9. - Spettro udibile delle varie frequenze corrispondenti alle voci ed ai principali strumenti.

Viene quindi la prima ottava, con il do a 515 ed il si a 966, seguita dalla seconda ottava, con il do a 1035 c/s ed il si a 1954. La gamma del pianoforte ha fine con una parte della terza ottava, dal do a 2070 c/s al la, ultima nota, a 3480 c/s.

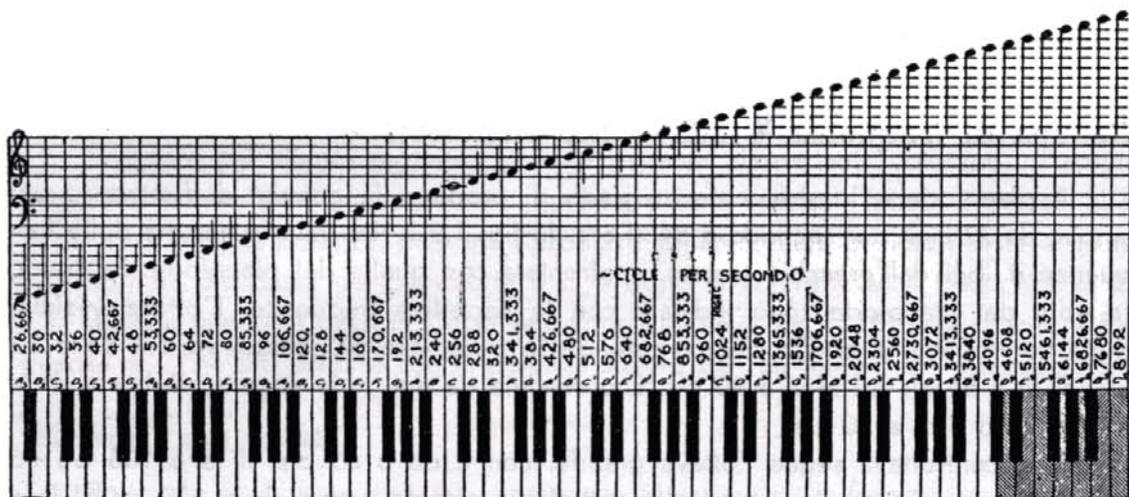


Fig. 1.10. - Gamma del pianoforte con le varie frequenze accordate sul LA fisico, a 426,667 c/s. La parte tratteggiata corrisponde ad armoniche superiori.

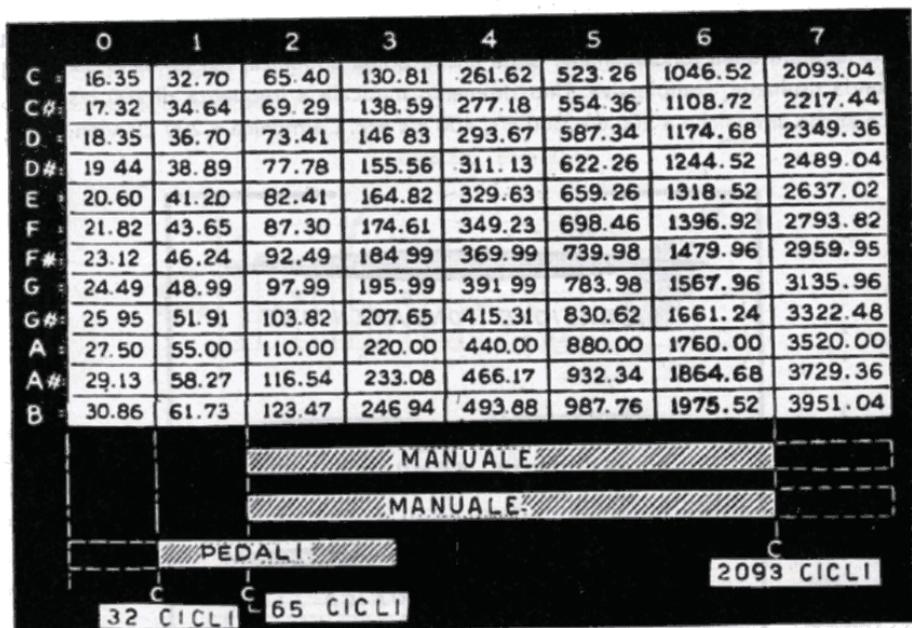


Fig. 1.11. - Gamma del pianoforte con le varie frequenze accordate sul la sinfonico, a 440 c/s.

La fig. 1.10 indica un'altra gamma del pianoforte, con altri valori di frequenza in corrispondenza alle varie note del pianoforte, e la fig. 1.11 riporta una tabella con altri valori ancora per le stesse note. Questi tre differenti dati sono dovuti al fatto che vi sono tre la dell'ottava centrale, ufficialmente stabiliti:

- « la » fisico a 426,667 cicli al secondo
- « la » internazionale a 435 cicli al secondo
- « la » sinfonico a 440 cicli al secondo

Ai tre la corrispondono i seguenti tre do, quello fisico a 512 c/s, usato per i computi, quello internazionale a 517 c/s, e quello sinfonico a 523,26 c/s.

La frequenza fondamentale e le frequenze armoniche.

Un suono è semplice, o puro, quando la sua onda sonora ha forma perfettamente sinusoidale; allora è paragonabile all'acqua distillata. I suoni che costituiscono la voce e quelli prodotti dagli strumenti musicali sono complessi; tale complessità è dovuta al fatto che la frequenza fondamentale è accompagnata da altre frequenze, più alte, delle quali costituiscono un multiplo integrale. Sono generalmente d'intensità minore della fondamentale. Sono dette *frequenze armoniche* o solo *armoniche*.

Le armoniche determinano la qualità, il timbro, il « colore » del suono. Non sono separate dalla fondamentale, detta anche *prima armonica*, ma formano con essa un'onda risultante, complessiva. Uno strumento musicale a frequenza di 100 c/s, produce anche armoniche a 200 c/s, 300 c/s, 400 c/s ecc. L'armonica a 200 c/s vien detta,



Fig. 1.12. - Frequenza fondamentale e armoniche.

in tal caso, *seconda armonica*, ed è seguita dalla *terza armonica*, dalla *quarta armonica*, ecc.

La potenza sonora è distribuita variamente tra la fondamentale e le sue armoniche. La seconda armonica non è necessariamente più intensa della terza, e la terza della quarta. L'intensità sonora delle varie armoniche può essere molto diversa. Il numero delle armoniche ed i loro rapporti d'intensità determinano la caratteristica del suono, la sua ricchezza. Il do dell'ottava centrale, a 261 cicli al secondo, può venir emesso sia da un violino che dalla sirena di uno stabilimento; la presenza delle armoniche ed i rapporti delle loro intensità, consentono però di distinguere nettamente il suono proveniente dal violino da quello proveniente dalla sirena.

* Le armoniche possono raggiungere frequenze molto elevate, sino a 10 000 cicli al secondo, ed oltre. Se la potenza sonora è distribuita in modo quasi uniforme sino alle armoniche più alte, il suono risulta metallico, come nel caso della tromba. Nel

corno da caccia, invece, l'intensità sonora decresce rapidamente all'elevarsi delle armoniche. In genere i suoni bassi sono ricchi di armoniche, mentre i suoni acuti sono poveri di armoniche.

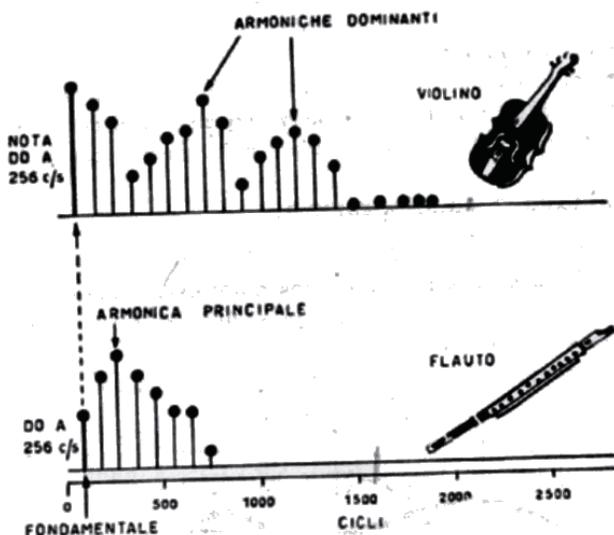


Fig. 1.13. - Distribuzione della potenza sonora tra la nota fondamentale e le varie armoniche prodotte dal violino e dal flauto.

Infrasuoni, suoni e ultrasuoni.

a) Lo spettro sonoro.

L'orecchio umano sente una gamma vastissima di frequenze sonore, ma essa è soltanto una parte dell'intera gamma sonora, detta spettro sonoro.

Tra 0 e 16 c/s vi è la breve gamma degli infrasuoni, tra 20 000 e 16 000 000 c/s vi è la gamma degli ultrasuoni; gli uni e gli altri appartengono ai « suoni silenziosi ». Lo stormire di una foglia, il cigolio di una chiave nella toppa, il fruscio di una veste, determinano suoni molto elevati, con frequenze armoniche che possono raggiungere i 20 000 cicli al secondo, ed anche superarli. Sino a 32 000 c/s si estende la sensibilità di alcuni insetti, i quali sentono principalmente suoni inaudibili all'orecchio umano.

Gli ultrasuoni intorno alla frequenza di 100 000 c/s sono utilizzati per la pastorizzazione del latte a bassa temperatura, per la raffinazione degli zuccheri, per effetti di polimerizzazione, ecc. Quelli ad un milione di cicli sono usati per segnalazioni subacquee. Il limite estremo degli ultrasuoni prodotti con apparecchi è a 16 milioni di c/s.

b) Lo spettro udibile.

Lo spettro udibile è costituito dalla gamma delle frequenze udibili. La fig. 1.9 illustra il tratto occupato dalle varie voci e dai principali strumenti. La voce maschile ha una frequenza fondamentale intorno agli 80 c/s, quella femminile intorno ai 120 c/s; le esperienze telefoniche hanno però dimostrato che si possono eliminare le frequenze sotto i 300 c/s della voce senza alterare sensibilmente la intelligibilità.

Per spettro di una voce o di uno strumento s'intende la curva esprimente la variazione dell'intensità sonora al variare della frequenza. Nel caso del pianoforte, lo spettro relativo ad una data nota può variare notevolmente con la forza del tocco.

La zona dell'udito e l'audiogramma.

È possibile tracciare una figura che indichi quale sia la zona dell'udito, visto che esistono suoni tanto bassi o tanto alti da non poter essere intesi, e visto che ve ne sono altri tanto deboli o tanto forti da non poter neppure essere intesi, o da causare non una sensazione ma un dolore.

Segnando le sensazioni auditive minime e massime in corrispondenza delle va-

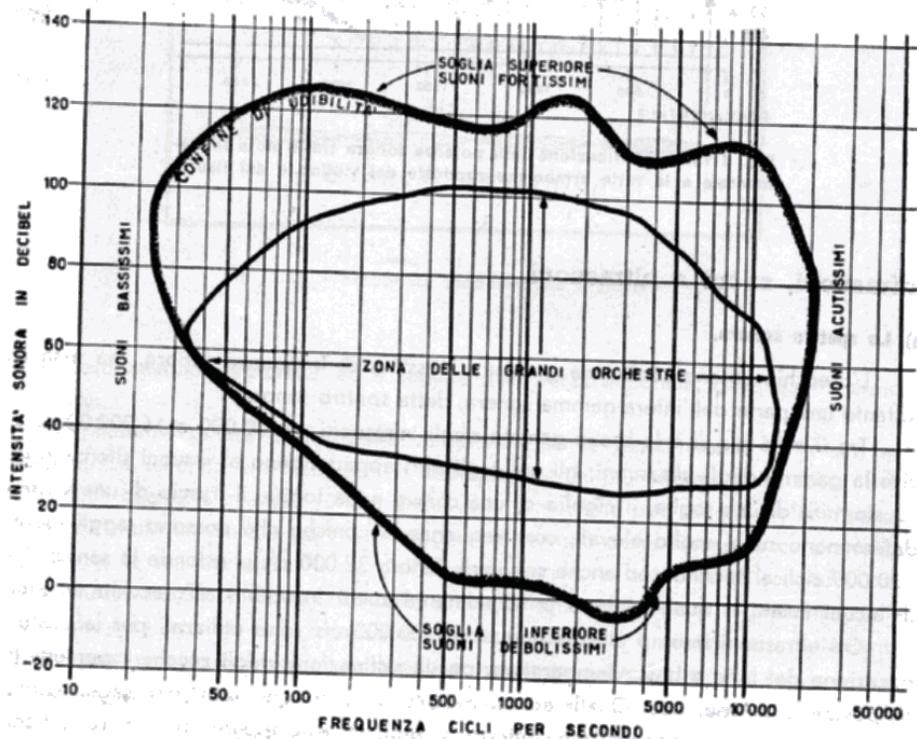


Fig. 1.14. - Zona d'udibilità dei vari suoni al variare della loro frequenza e della loro potenza.

rie frequenze, si ottiene appunto la fig. 1.14; essa indica quale conformazione abbiano i confini d'udibilità. A sinistra sono indicati i livelli sonori relativi alle frequenze più basse. Le note più basse del pianoforte, a 27 ed a 32 c/s, non si possono sentire se non ad un livello sonoro assai alto, di circa 80 decibel; però se il livello è oltre i 100 decibel, la sensazione si trasforma in malessere; sicchè il campo d'udibilità di queste note è molto limitato, essendo compreso tra 80 e 100 decibel.

Note musicali a 50 c/s si sentono già a circa 50 decibel, e danno dolore solo a 120 decibel. La zona d'udibilità più estesa è quella relativa a frequenze da 500 a

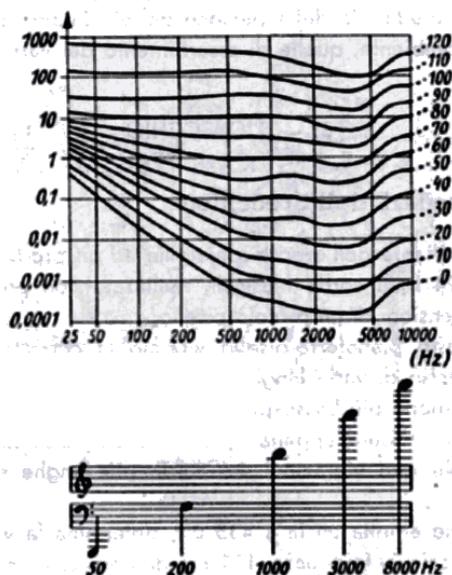


Fig. 1.15. - Audiogrammi indicanti come deve variare l'intensità sonora alle diverse frequenze affinché rimanga costante la sensazione auditiva espressa in decibel.

5000 c/s. Anche i suoni molto acuti non si sentono se non quando sono già molto forti. Una nota a 20 mila cicli si sente solo se è molto intensa, a circa 45 decibel.

Nella figura è indicata la zona sonora « occupata » dalle grandi orchestre; essa può dare un'idea della vastità della gamma di frequenze musicali e della gamma delle intensità sonore che le grandi orchestre sono in grado di sviluppare.

Si traccia un audiogramma quando si esprime con una curva la variazione d'intensità sonora necessaria per conservare inalterata una data sensazione sonora al variare della frequenza. La fig. 1.15 illustra varie curve di questo tipo. Ciascuna curva corrisponde ad un dato livello sonoro in decibel; si riferisce alle variazioni di rapporto d'intensità sonora al variare della frequenza. Nella figura, la scala dei rapporti,

a sinistra, non ha inizio con 1 poichè essa si riferisce a misure di pressione sonora espresse in dine per centimetro quadrato. Il significato però non varia. A destra è indicato il livello in decibel corrispondente alle varie curve. Un suono a 25 c/s deve essere quasi 5000 volte più intenso di un altro a 2500 cicli, per determinare la stessa sensazione a zero decibel, ossia per essere appena percettibile. Non avviene la stessa cosa quando si tratta di livello sonoro molto alto; in questo caso bastano piccole variazioni d'intensità sonora per conservare inalterata l'entità della sensazione al variare della frequenza.

Gli audiogrammi, detti anche *curve isofoniche*, sono frequentemente usati per stabilire le condizioni d'udibilità delle persone deboli d'udito, per stabilire le condizioni acustiche di un ambiente, quelle di assorbimento dei vari materiali isolanti, ecc.

3. — L'ORECCHIO

Caratteristiche basilari dell'orecchio.

La parte più importante dell'orecchio è simile ad un prodigioso, complicatissimo pianoforte, con ben 24 mila corde musicali, realizzato con precisione così estrema da poter avere le dimensioni di un piccolo pisello.

Le corde di questo pianoforte-pisello vibrano in corrispondenza alle note di varia altezza. Sono perciò di varie lunghezze; la più lunga, quella che vibra quando all'orecchio giunge il suono più basso percettibile, misura 1,6 millimetri; la più corta, posta all'altra estremità, misura appena 0,14 millimetri. Dall'intensità del suono dipende l'ampiezza delle loro vibrazioni. Le corde più lunghe sono spaziate, le più corte sono fitte.

Uno strumento che emetta un *la* a 435 c/s, determina la vibrazione della corrispondente corda musicale a frequenza 435 c/s dell'orecchio, nonché quella di altre corde a frequenze armoniche, a 870 c/s, a 1305 c/s, ecc. L'orecchio costituisce uno « specchio sonoro » estremamente fedele. Non è però ben chiaro come esso funzioni, anche soltanto dal punto di vista acustico, poichè non s'intende come una corda lunga appena 1,6 mm possa vibrare a frequenza tale da richiedere in un pianoforte una corda lunga ben 1 metro ed 80 centimetri. L'esperienza dimostra che se le corde più lunghe si deteriorano o si spezzano, l'orecchio non può più percepire i corrispondenti suoni bassi. Con l'avanzare dell'età le corde più corte, quelle che vibrano alle note più alte, si atrofizzano, specie nel tratto tra 14 000 e 20 000 cicli.

Non sono le onde sonore dell'aria a mettere in vibrazione le 24 mila corde del pianoforte-pisello, poichè basterebbe il pulviscolo sospeso in essa per rendere rapidamente inutilizzabile un organo di così alta delicatezza. Le 24 mila corde, dette *fibrille*, sono tese lungo un tubetto di natura ossea, piegato a spirale, a forma di chiocciola, pieno di un liquido speciale, detto *endolinfa*. Il pianoforte è dunque a forma di chiocciola, e vien detto *coclea*.

Le onde sonore dell'aria, raccolte dal padiglione dell'orecchio si propagano

lungo il canale uditivo, lungo circa 25 mm, e vanno ad esaurire la loro forza su una membrana che chiude completamente il canale. È la *membrana del timpano*, tesa come la pelle di un tamburo e fissata ad una cornice ossea. Le pressioni propagantisi nell'aria sotto forma di onde sonore determinano vibrazioni della membrana; ma poichè le pressioni corrispondenti ai suoni debolissimi sono estremamente lievi, la sensibilità della membrana del timpano è prodigiosa. Uno spostamento d'aria di appena due miliardesimi di mm, paragonabile alla variazione di pressione atmosferica determinata dal sollevare la testa di 7,5 centimetri, è già sufficiente per mettere in vibrazione la membrana del timpano.



Fig. 1.16. - Tutte le voci, tutti i suoni e tutti i rumori sono presenti nella coclea, l'auditorio-pisello esistente nell'orecchio interno.

La membrana possiede anche la straordinaria facoltà di variare automaticamente la propria elasticità; diventa più elastica in presenza di suoni bassi, ai quali corrispondono vibrazioni più ampie, data la maggior energia posseduta, e più rigida in presenza di suoni acuti. I suoni di una grande orchestra sono rappresentati da un susseguirsi di onde multiformi, le quali determinano complesse ed armoniche vi-

brazioni della membrana del timpano. Essa si rinnova nel tempo, ed in caso di lesione si ripara.

Al lato opposto della membrana del timpano è necessario vi sia la stessa pressione d'aria esistente nel canale auditivo. Se dietro la membrana vi fosse il vuoto, o aria molto rarefatta, la membrana verrebbe immediatamente sfondata dalla pres-

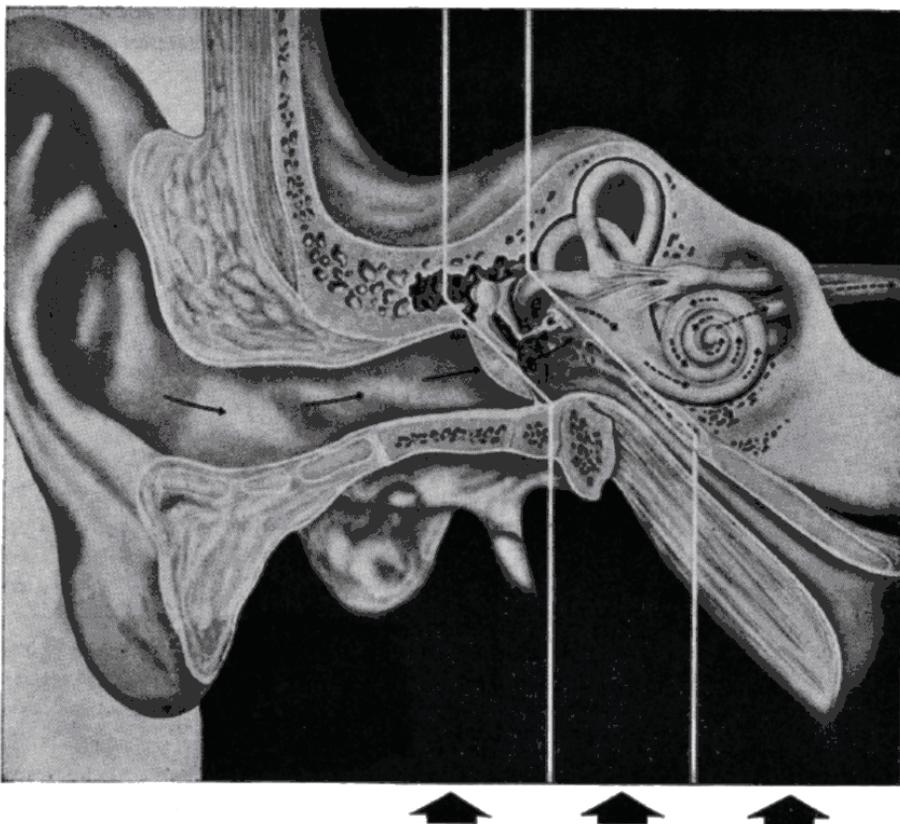


Fig. 1.17. - Le varie parti costituenti l'orecchio esterno, medio e interno. La conformazione della coclea e le sue due finestre sono illustrate anche dalla fig. 1.18.

sione dell'aria antistante. Avverrebbe la stessa cosa se posteriormente la pressione fosse più alta. Affinchè la pressione sia eguale ai due lati, un apposito canale comunica con la bocca; è detto *canale d'Eustachio*, ed è ben visibile in fig. 1.17. Le parti dell'orecchio sono dunque tre: quella anteriore alla membrana, quella posteriore e, infine, la coclea. Le vibrazioni della membrana del timpano vengono trasmesse al liquido presente nell'interno della coclea. All'entrata del tubetto con le

24 mila corde vi è una seconda membrana, la quale costituisce l'ingresso dell'orecchio interno, v. fig. 1.18. Le vibrazioni della prima membrana vengono trasmesse a questa seconda membrana, dalla quale si propagano nella endolinfa, e quindi alle corde.

La seconda membrana ha forma ovale e la sua superficie è circa la ventesima parte di quella del timpano; essa chiude una «finestra» non più grande della cruna di un ago. Senza qualche particolare accorgimento, le vibrazioni sonore impresse all'endolinfa si propagherebbero sino in fondo alla chiocciola, e poi, riflesse dalle pareti, ritornerebbero indietro, mettendo due volte in vibrazione le fibrille, ciò che non deve avvenire. È necessario che l'energia delle vibrazioni si esaurisca in qualche modo, e non ritorni indietro.

A tale scopo, le 24 mila fibrille sono intessute in una sottilissima membrana, di qualche millesimo di millimetro, la quale divide in due parti il tubetto avvolto a spirale; lo divide insieme con un particolare sostegno osseo, il quale fa anch'esso da parete divisoria. La finestra ovale è presente su una sola metà del tubetto, la metà

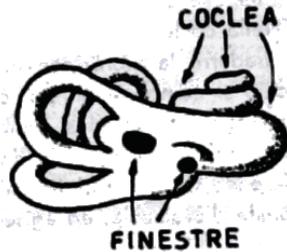


Fig. 1.18. - Il labirinto, ossia i canali semicircolari orientati a 90 gradi tra di loro, e la coclea con le sue due finestre.

superiore, detta *galleria superiore* o *canale semicircolare superiore* o anche *rampa vestibolare* oppure *scala vestibulae*. Le vibrazioni della piccola membrana si propagano nella endolinfa presente in questa galleria superiore, e poi a quella presente nella galleria inferiore, detta anche *rampa timpanica* o *scala tympani*. Questa seconda galleria finisce anch'essa con una «finestra», di forma rotonda, chiusa da una membrana, la quale ha il solo scopo di assorbire l'energia vibratoria rimasta.

La lunghezza di ciascuna delle gallerie è di 32 millimetri; il punto in cui esse comunicano è detto *elicotrema*. L'avvolgimento comprende due spirali e tre quarti.

La membrana del timpano non potrebbe comunicare le sue vibrazioni direttamente all'endolinfa, data la diversa *impedenza acustica*, un po' come la valvola finale di potenza non può comunicare direttamente con la bobina mobile dell'altoparlante, appunto per la diversa impedenza. Come è necessario un trasformatore adattatore, così è necessario un adattatore delle due impedenze, costituito da un dispositivo di tre ossicini, tra le due membrane, presente nell'orecchio medio. La membrana del timpano ha la stessa impedenza caratteristica dell'aria, di 42 ohm acustici; la parte in-

terna dell'orecchio, ossia la coclea, ha un'impedenza molto maggiore, intorno ai 150 000 ohm acustici.

Le vibrazioni della membrana del timpano vengono trasmesse alla catena degli ossicini, prima al martello, quindi all'incudine e infine alla staffa, la quale poggia sulla membrana ovale, ingresso dell'orecchio interno. In fig. 1.17 i tre ossicini si vedono abbastanza nitidamente.

Le vibrazioni della staffa risultano ridotte, rispetto a quelle della membrana del timpano, nella proporzione di 1,5 a 1; dato che la superficie della membrana ovale è circa la ventesima parte di quella del timpano, la pressione sull'endolinfa è circa 60 volte maggiore di quella delle onde sonore sulla membrana del timpano; il principio è un po' quello della leva idraulica.

La coclea è collegata a tre canali semicircolari, orientati ad angoli di 90° tra di loro, nei quali ha sede il senso dell'equilibrio, che non partecipano al fenomeno uditivo. L'insieme della coclea e dei tre canali vien detto *labirinto*.

Ciascuna delle 24 mila fibrille della coclea è collegata per cavo diretto con una zona del cervello; ne risulta che dall'orecchio parte un cavo uditivo composto di 24 mila conduttori isolati. Nella coclea c'è « qualche cosa », in corrispondenza di ciascuna fibrilla, in grado di tradurre la vibrazione meccanica in onda elettrica di forma corrispondente. L'orecchio si comporta un po' come una centrale telefonica, dalla quale partono continui messaggi a misteriosi abbonati in grado di interpretarli.

Ciascuno di noi sente la propria voce in modo diverso da come la sentono gli altri, per il fatto che parte delle onde sonore prodotte dalle corde vocali giungono nell'orecchio medio, tramite il canale d'Eustachio, ed agiscono direttamente sulla catena degli ossicini.

LA RIPRODUZIONE SONORA

Elementi basilari.

Il suono può venir convertito in tensione elettrica alternativa, una tensione elettrica che riproduce esattamente tutta la modulazione sonora, costituita da onde esattamente come il suono è formato da onde. Le onde di tensione elettrica si propagano lungo fili conduttori, mentre le onde sonore si propagano nell'aria.

Questo fenomeno è alla base di tutta l'audiotecnica.

La tensione elettrica alternativa che riproduce il suono vien detta *tensione audio* o *tensione ad audiofrequenza* o *segnale audio*.

Il suono viene convertito in tensione audio mediante il *microfono*. Il microfono capta le onde sonore, entra in vibrazione e genera la tensione audio.

La tensione audio può venir, a sua volta, riconvertita in suono. Questo è il secondo fenomeno alla base dell'audiotecnica. La riconversione è ottenuta mediante l'*altoparlante*.

A seconda del modo con cui la tensione audio passa dal microfono all'altoparlante, si determinano tre distinte tecniche:

- a) l'amplificazione audio,
- b) la modulazione audio,
- c) la registrazione audio.

L'AMPLIFICAZIONE AUDIO. — La tensione audio così come viene fornita dal microfono è sempre debole, non adatta per far funzionare l'altoparlante; essa può però venir notevolmente amplificata, sino a raggiungere ampiezze tali da far funzionare uno o più altoparlanti, ed essere riconvertita in voci e suoni adatti per una piccola stanza di soggiorno oppure per una vasta piazza.

Il dispositivo a valvole elettroniche o a transistor utilizzato per elevare la tensione audio all'ampiezza necessaria, è l'*amplificatore audio*.

La possibilità di amplificare convenientemente la tensione audio, costituisce il terzo fenomeno alla base dell'audiotecnica.

Esistono numerose versioni dell'amplificatore audio. Esso è sempre provvisto di un'entrata, alla quale è collegato il microfono, mediante un apposito cavo, e di un'uscita, alla quale è collegato l'altoparlante. L'entrata è a sinistra, l'uscita a destra.

La potenza dell'amplificatore è indicata in watt. Un piccolo amplificatore può avere la potenza di 1 watt; un grande amplificatore può avere quella di 50 watt.

LA MODULAZIONE AUDIO. — La tensione audio può venir utilizzata per modulare una tensione oscillante, ad alta frequenza. La tensione oscillante inviata all'antenna determina onde radio nello spazio. In tal modo la tensione audio può venir trasferita da una stazione trasmittente a molti apparecchi riceventi « via radio ».

Nelle stazioni radiotrasmittenti, la tensione audio fornita dal microfono viene anzitutto amplificata, quindi sovrapposta alla tensione oscillante. La tensione AF modulata viene quindi amplificata e poi inviata all'antenna trasmittente.

Negli apparecchi radio vi sono due parti distinte: il sintonizzatore radio e l'amplificatore audio; il primo provvede all'amplificazione della tensione AF modulata e alla sua rivelazione; il secondo provvede ad amplificare la debole tensione audio conseguente alla rivelazione del segnale radio.

LA REGISTRAZIONE AUDIO. — La tensione audio può venir utilizzata per tre diverse forme di registrazione:

- a) l'incisione su dischi fonografici,
- b) la registrazione su nastri magnetici,
- c) la formazione della colonna sonora dei film.

La tensione audio può venir ricavata dai dischi mediante il *fonorivelatore* del quale sono provvisti i giradischi; dai nastri magnetici mediante la *testina magnetica*, di cui sono provvisti i registratori; dai film mediante la *fotocella* di cui sono provvisti gli apparecchi di proiezione cinematografica.

Il fonorivelatore, la testina magnetica e la fotocella sono sempre seguiti da un *amplificatore*, la cui uscita è collegata all'altoparlante, o al gruppo di altoparlanti, per la riproduzione delle voci e dei suoni.

LA SORGENTE DI SEGNALE. — Il microfono capta ciò che gli perviene dalla sorgente sonora; un'orchestra è, ad es., una sorgente sonora. I dischi fonografici, i nastri magnetici e le colonne sonore dei film sono invece *sorgenti di segnale*. Il microfono è anch'esso una sorgente di segnale.

LA CATENA AUDIO. — L'insieme dei dispositivi necessari per ottenere una registrazione o una riproduzione sonora formano una *catena*. In una fonovaligia, ad es., il disco, il fonorivelatore, l'amplificatore e l'altoparlante formano una *catena audio*. Ciascun dispositivo è un *elemento della catena*.

IL SEGNALE AUDIO. — Il segnale si misura in millivolt. A ciascuna sorgente di segnale corrisponde un certo segnale, ossia una certa tensione audio. In genere,

la tensione audio in millivolt, corrispondente alle varie sorgenti di segnale, è la seguente:

- a) microfono 5 millivolt,
- b) fonorivelatore magnetico 3,5 millivolt,
- c) fonorivelatore a cristallo 300 millivolt,
- d) sintonizzatore radio 150 millivolt,
- e) registratore magnetico 100 millivolt.

La tensione audio fornita dai microfoni e dai fonorivelatori magnetici è molto debole, di alcuni millesimi di volt; la tensione audio fornita dai fonorivelatori a cristallo, dai sintonizzatori radio e dai registratori magnetici è elevata.

Le fonovaligie sono provviste di fonorivelatore a cristallo; esso è collegato ad un amplificatore, il quale a sua volta è collegato all'altoparlante. Gli amplificatori audio di classe elevata, adatti per funzionare con qualsiasi sorgente di segnale, sono provvisti di diversi ingressi, uno per ciascuna sorgente di segnale.

Vi è l'ingresso per il microfono, quello per il fonorivelatore magnetico, quello per il fonorivelatore a cristallo, ecc.

I due primi ingressi a) e b) vengono detti *ingressi a basso livello*; ad essi corrisponde una valvola amplificatrice in più, nel complesso di amplificazione. Gli altri tre ingressi vengono detti *ad alto livello*; essi sono effettuati all'entrata della seconda valvola amplificatrice, in quanto necessitano di minor amplificazione.

POTENZA D'USCITA. — È la potenza dell'amplificatore, espressa in watt, e relativa alla tensione e alla corrente audio alla sua uscita, praticamente utilizzabile. Non è la massima potenza d'uscita; è la potenza d'uscita ottenibile senza eccessiva distorsione, in genere non superiore al 2 per cento.

POTENZA NOMINALE. — È la massima potenza utilizzabile che può venir fornita dall'amplificatore, in base alla tensione e alla corrente audio d'uscita; è la potenza ottenuta con il calcolo; è una potenza teorica. Alla potenza nominale corrisponde una percentuale di distorsione relativamente alta, ma non superiore al 5 per cento.

POTENZA DI SOVRACCARICO. — È una potenza superiore alla nominale, ottenibile con tensioni e correnti al limite delle condizioni di lavoro delle valvole finali. Le finali risultano, in queste condizioni, sovraccaricate. La distorsione è notevole.

POTENZA DI PICCO. — È l'estrema potenza ottenibile dall'amplificatore in qualche breve istante; è da considerarsi una potenza istantanea, corrispondente ai picchi di modulazione della tensione audio e alla capacità dei condensatori elettrolitici in funzione di condensatori-serbatoio.

ESEMPI DI POTENZE. — Un amplificatore di alta potenza e con buona fedeltà di riproduzione dell'intera gamma audio, può consentire le seguenti potenze:

- a) potenza d'uscita normale: 20 watt,
- b) potenza nominale: 22 watt,
- c) potenza di sovraccarico: 30 watt,
- d) potenza di picco: 60 watt.

LA RISPOSTA DI FREQUENZA. — Nessun impianto audio, per quanto perfetto, riproduce uniformemente tutte le frequenze corrispondenti alle voci e ai suoni. Varie limitazioni tecniche determinano una attenuazione di certe frequenze e una esaltazione di altre, e per di più introducono distorsioni. La riproduzione elettro-acustica delle voci e dei suoni può risultare più o meno simile alla loro generazione originaria, ma mai eguale.

Una data catena audio, ad es. una fonovaligia, ha una data risposta di frequenza, ossia un dato modo di rispondere alle varie frequenze audio, diverso da quello di altri complessi, ad es. da quello di una sala cinematografica di prima visione. In genere la risposta di frequenza di una fonovaligia è molto modesta, in quanto non « risponde » per nulla alle frequenze basse, ed esclude anche tutte le armoniche elevate dei suoni, limitandosi a riprodurre abbastanza uniformemente le frequenze centrali della gamma audio. La risposta di un impianto cinematografico di alta classe è invece tale da consentire la uniforme riproduzione di un tratto estesissimo della gamma audio.

Parti dell'amplificazione audio.

L'amplificatore audio si distingue in tre parti:

- a) l'amplificatore di tensione audio,
- b) l'amplificatore finale di potenza,
- c) l'alimentatore.

L'amplificatore di tensione audio provvede ad elevare la tensione del segnale audio di quanto necessario per far funzionare la valvola, o le valvole finali. Se, ad es., la sorgente di segnale (fonorivelatore, testina magnetica, ecc.) fornisce la tensione di 0,2 volt, e se alla valvola, o alle valvole finali è necessaria una tensione d'entrata di 20 volt, per poter funzionare normalmente, l'amplificatore di tensione provvede ad elevare la tensione audio da 0,2 volt a 20 volt. L'amplificatore audio è sempre presente, in tutti gli amplificatori.

L'amplificatore finale di potenza provvede a fornire potenza al segnale audio, affinché possa mettere in azione la bobina mobile dell'altoparlante. Mentre le

valvole amplificatrici funzionano con sola tensione, l'altoparlante richiede invece potenza, ossia corrente audio oltre che tensione audio. Se, ad es., la corrente anodica assorbita dall'amplificatore di tensione è di 5 milliampere, e se sono necessari 50 milliampere per far funzionare l'altoparlante, l'amplificatore di potenza provvede ad elevare la corrente audio da 5 a 50 milliampere, elevando anche la tensione audio, in modo da ottenere la potenza desiderata.

L'alimentatore provvede a fornire le tensioni continue di lavoro alle valvole dell'amplificatore, e la tensione alternata di accensione ai filamenti delle valvole

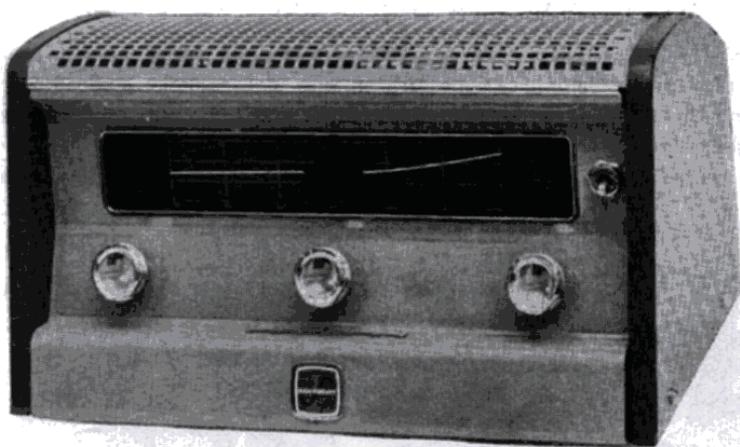


Fig. 2.1. - Esempio di amplificatore audio. È a uscita catodica, ingresso equalizzato per i dischi a microsolco e per quelli a 78 giri, con controllo separato e visualizzato delle alte e delle basse frequenze della gamma audio, e con controllo elettronico della potenza d'uscita.

stesse. È una parte ausiliaria, funzionante con una valvola raddrizzatrice o rettificatrice, oppure con un rettificatore metallico o anche con batteria di pile o di accumulatori.

L'amplificatore audio può funzionare con una sola valvola, e consentire la resa d'uscita di un watt, sufficiente per una fonovaligia. In tal caso la valvola è costituita da due sezioni, un triodo e un pentodo. Il triodo provvede all'amplificazione di tensione, il pentodo all'amplificazione di potenza. Essendovi una sola valvola, l'alimentatore è a rettificatore metallico, a meno che si tratti di amplificatore portatile funzionante a pile.

L'amplificatore di tensione è sempre disegnato per primo, da sinistra verso destra; l'amplificatore di potenza è disegnato di seguito, dal centro a destra. L'alimentatore va disegnato sotto l'amplificatore.

Il complesso di amplificazione.

Gli amplificatori di piccola potenza e quelli di media potenza sono generalmente costruiti in un unico complesso. Gli amplificatori ad alta fedeltà e di notevole potenza, e in genere tutti gli amplificatori di alta classe, sono invece costruiti in due o tre unità distinte, riunite insieme in modo da formare il complesso di amplificazione. Le due unità principali sono:

- a) il preamplificatore,
- b) l'unità di potenza con l'alimentatore.

IL PREAMPLIFICATORE. — Il preamplificatore, detto anche *unità di preamplificazione*, provvede all'amplificazione di tensione del segnale audio nonchè alla regolazione di volume e di tonalità. Consiste di due o tre valvole, ciascuna delle quali è generalmente un doppio triodo.

Il preamplificatore comprende tutti i controlli di regolazione di volume e di



Fig. 2.2. - Esempio di preamplificatore di complesso audio. Funziona con quattro valvole doppie, ed è provvisto dei vari controlli di volume, di tonalità e di equalizzazione.

tonalità, nonchè quelli di equalizzazione. È provvisto di alcuni ingressi, generalmente cinque, i seguenti: a) microfono, b) fonorivelatore magnetico, c) fonorivelatore piezoelettrico, d) sintonizzatore radio ed e) registratore magnetico.

L'equalizzatore è costituito da un commutatore, comandabile con manopola, e da un certo numero di circuiti, da tre a cinque. Esso provvede alla compensazione della curva di responso relativa alla incisione fonografica, alla trasmissione radio o alla registrazione magnetica. Incisione, trasmissione e registrazione avvengono in modo particolare, a seconda delle corrispondenti necessità tecniche; i segnali audio differiscono notevolmente a seconda che si tratti di incisione, di trasmissione o di registrazione magnetica. Tale diversità non ha importanza per i

piccoli amplificatori, a bassa fedeltà di riproduzione; ha invece notevole importanza per quelli ad alta fedeltà.

Il preamplificatore comprende anche il miscelatore, detto anche mixer. Esso consente di unire insieme due sorgenti diverse di segnale, per es. di determinare un sottofondo musicale durante un discorso, oppure di fornire indicazioni a voce durante una esecuzione musicale. Gli ingressi del preamplificatore sono distinti; il miscelatore consente di riunirli insieme. La fig. 2.2 illustra un esempio di preamplificatore.

L'UNITA' DI POTENZA. — L'unità di potenza consiste dell'amplificatore finale di potenza e dello stadio pilota, che lo precede, nonché dell'alimentatore anodico. Generalmente è costituito da quattro o da cinque valvole e relativi componenti. È sempre provvisto di due valvole finali, di potenza, in circuito controfase.



Fig. 2.3. - Esempio di amplificatore di potenza, di complesso audio. È del tipo ad alta fedeltà, con 20 watt d'uscita.

È a guadagno fisso, ossia non consente regolazioni di intensità sonora, in quanto tutti i controlli sono riuniti nel preamplificatore.

Lo stadio finale può essere in controfase normale, oppure in controfase ultralinea.

La fig. 2.3 mostra una unità di potenza, con potenza d'uscita da 20 watt, di tipo ultralinea, ad alta fedeltà. Le due valvole a sinistra provvedono all'amplificazione di tensione e all'inversione di fase. Seguono due valvole di dimensioni maggiori, quelle che provvedono all'amplificazione di potenza. Infine, a destra, è ben visibile la valvola raddrizzatrice dell'alimentatore anodico e la custodia tubolare dei due condensatori elettrolitici di livellamento.

La qualità della riproduzione sonora.

A seconda dell'ampiezza della gamma audio riprodotta, e a seconda della distorsione presente, la riproduzione sonora può essere: a) a bassissima fedeltà, b) a bassa fedeltà, c) a media fedeltà e, infine, d) ad alta fedeltà.

È a bassissima fedeltà la riproduzione sonora ottenibile con gli apparecchi tascabili a transistor; è a bassa fedeltà quella ottenibile con la maggior parte degli apparecchi radio di piccole dimensioni e con le piccole fonovaligie; è a media fedeltà quella dei radiofonografi, degli apparecchi radio di classe elevata e delle fonovaligie di dimensioni normali, nonché quella degli amplificatori di tipo usuale. Sono ad alta fedeltà soltanto i complessi di amplificazione di alta classe, di potenza elevata e di costruzione particolare, come ad es. quelli di alcuni cinema di prima visione.

Gli apparecchi radio, i radiofonografi e le fonovaligie con una sola valvola finale sono tutti a bassa o a media fedeltà, compresi quelli che per necessità d'ordine commerciale vengono definiti ad alta fedeltà, o Hi-Fi (dall'inglese *High Fidelity*).

Sono ad alta fedeltà solo quei complessi di amplificazione che sono provvisti di due valvole finali in circuito controfase, e dei controlli di tonalità di tipo passivo, nonché del controllo di volume fisiologico. Anche tra questi complessi però vi sono alcuni effettivamente ad alta fedeltà, appositamente progettati e costruiti, ed altri solo parzialmente ad alta fedeltà.

Le sorgenti sonore ad alta fedeltà sono: le trasmissioni radio a modulazione di frequenza, i dischi a microsolco e i nastri magnetici registrati a velocità elevata.

Qualità di riproduzione e potenza sonora.

Maggiore è la qualità della riproduzione, maggiore è anche la riserva di potenza del complesso di amplificazione audio. La riserva di potenza è utilizzata per l'esaltazione delle frequenze basse (toni bassi) e delle frequenze alte (toni alti). Senza tale esaltazione, i toni bassi e i toni alti vengono amplificati insufficientemente, rispetto i toni della gamma centrale (da 300 a 3000 cicli/secondo). In tal caso, ossia con insufficiente amplificazione dei toni bassi e di quelli alti, non vi è alta fedeltà di riproduzione, ma solo bassa qualità audio.

Un piccolo amplificatore a due valvole consente una resa di uscita di 2 watt, a bassa qualità, amplificando solo le frequenze della gamma centrale. Un amplificatore ad alta fedeltà deve avere non 2 watt di uscita, ma 20 watt di uscita; deve amplificare la gamma centrale (da 300 a 3000 cicli/secondo) con la resa di uscita di 2 watt, e lasciare gli altri 18 watt quale riserva per i toni bassi e quelli alti.

L'amplificatore ad alta fedeltà è provvisto di due controlli di responso, uno per i toni bassi e l'altro per i toni alti, appunto per regolare la riserva di potenza a ciascuno dei lati della intera gamma audio. Uno dei controlli consente la regolazione dell'amplificazione dei toni bassi, da un minimo sino alla massima esaltazione, quella di 20 watt; l'altro controllo consente la stessa regolazione per i toni alti.

È questa grande riserva di potenza che determina la qualità dell'amplificatore ad alta fedeltà. Mentre il piccolo amplificatore esaurisce tutte le sue possibilità con i due watt di uscita, l'amplificatore ad alta fedeltà pur funzionando con la resa normale di due watt, ne dispone di altri diciotto per riuscire ad elevare le frequenze estreme allo stesso livello, o superiore, di quelle centrali. L'orecchio richiede molta potenza nei suoni bassi, per poterli percepire; senza tale potenza, i suoni bassi, e le armoniche dei suoni alti, sono assenti, e non vi è alta fedeltà.

La riproduzione stereofonica.

LA STEREOFONIA. — Quando la riproduzione sonora è tale da consentire l'ascolto di voci e suoni provenienti da due punti diversi, in modo da completarsi, si suol dire che vi è stereofonia. All'opposto si suol dire che la riproduzione è *monofonica*, ossia che vi è monofonia, quando le voci e i suoni riprodotti vengono diffusi

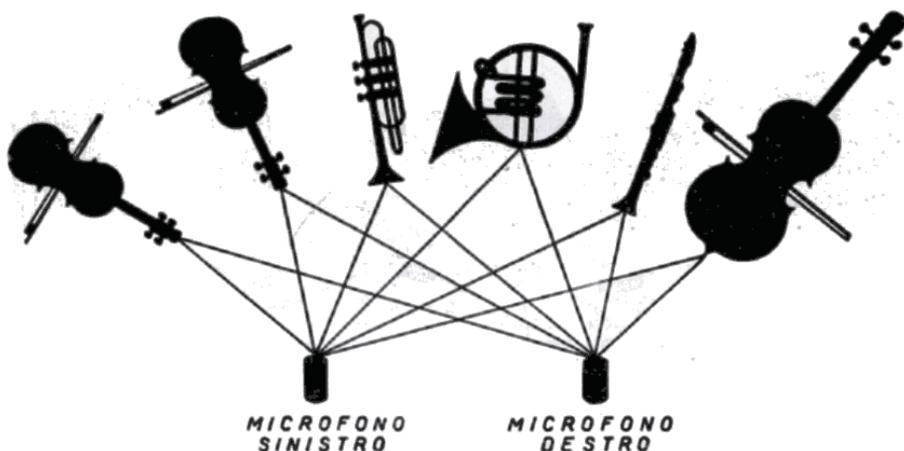


Fig. 2.4. - Per la registrazione stereofonica, due diversi microfoni captano i suoni prodotti dagli strumenti musicali.

da un punto solo, da un solo altoparlante, oppure da più altoparlanti insieme, come se fossero uno solo.

La riproduzione stereofonica è più vicina alla reale, poichè consente ai due orecchi di percepire ciascuno una diversa gamma di suoni, in modo da distinguere, ad es. gli strumenti che in un'orchestra si trovano a destra, da quelli che si trovano a sinistra.

Il senso della stereofonicità è però limitato, non essendo possibile suddividere in più di due punti la sorgente sonora, date le difficoltà tecniche conseguenti.

L'effetto risulta gradevole, anche se solo parzialmente simile a quello dell'ascolto di suoni reali, provenienti dall'orchestra e non dal disco.

La registrazione stereofonica è attualmente possibile con dischi fonografici e con registratori magnetici. I dischi fonografici con incisione stereofonica sono simili a quelli a microsolco; vengono riprodotti con una sola puntina; il loro solco porta due incisioni, una per ciascun lato del solco. La qualità della riproduzione sonora è notevolmente elevata, ma non raggiunge quella dei dischi a microsolco di tipo monofonico, con una sola incisione per solco.

I registratori magnetici di tipo stereofonico sono provvisti dello stesso nastro magnetico in uso per la registrazione monofonica, con la differenza che mentre questi ultimi sono provvisti di due piste magnetiche, i nastri stereofonici sono provvisti di quattro piste, dato che la registrazione stereo richiede due piste.

I CANALI STEREO. — La registrazione stereofonica richiede la presenza di almeno due microfoni, quello di destra e quello di sinistra, disposti ad una certa distanza l'uno dall'altro, da 2 a 6 metri, a seconda dell'ampiezza della sorgente

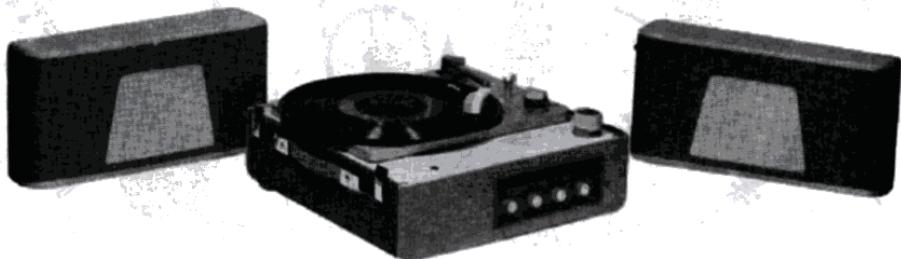


Fig. 2.5. - Esempio di fonovaligia stereofonica. Contiene un amplificatore a due canali, ed è provvista dei controlli di volume e di tonalità. I due altoparlanti formano il coperchio della fonovaligia.

sonora, ossia a seconda del numero degli strumenti costituenti l'orchestra. In pratica sono necessari due gruppi di microfoni, uno per gli strumenti situati a destra del direttore d'orchestra, e l'altro per quelli situati alla sua sinistra.

A ciascun gruppo di microfoni, di destra e di sinistra, corrisponde un complesso di amplificazione. Vi sono quindi due complessi, ossia due *canali audio*, uno per ciascuna delle due incisioni presenti nel solco del disco, oppure uno per ciascuna delle due piste magnetiche del nastro.

Per la riproduzione sonora sono pure necessari due *canali audio*; sono in uso cioè amplificatori stereo provvisti di due canali, a ciascuno dei quali corrisponde un amplificatore. Il complesso è perciò costituito da due amplificatori eguali, contenuti entro un'unica custodia, provvisti di un unico alimentatore anodico, ma distinti e separati, ciascuno con la propria entrata e con la propria uscita.

Gli amplificatori stereo possono venir utilizzati anche per funzionare da mono-

fonici; è possibile utilizzare uno solo dei due canali, oppure ambedue i canali collegati insieme, come se fossero uno solo; anche le loro uscite risultano riunite; i due altoparlanti funzionano come se fossero uno solo.

In genere vi è distinzione tra *alta fedeltà* e *stereofonia*. L'alta fedeltà consente l'ascolto di riproduzioni sonore particolarmente accurate, prive di distorsioni, relative ad estesissime gamme audio. La stereofonia consente di ottenere il senso della localizzazione spaziale degli strumenti; ma poiché il complesso sonoro necessario risulta doppio, le sue due singole parti non raggiungono l'accuratezza della singola parte del complesso ad alta fedeltà.

Anche l'incisione fonografica di tipo stereofonico non è all'altezza di quella monofonica ad alta fedeltà, in quanto il solco è utilizzato per due distinte incisioni anziché per una sola.

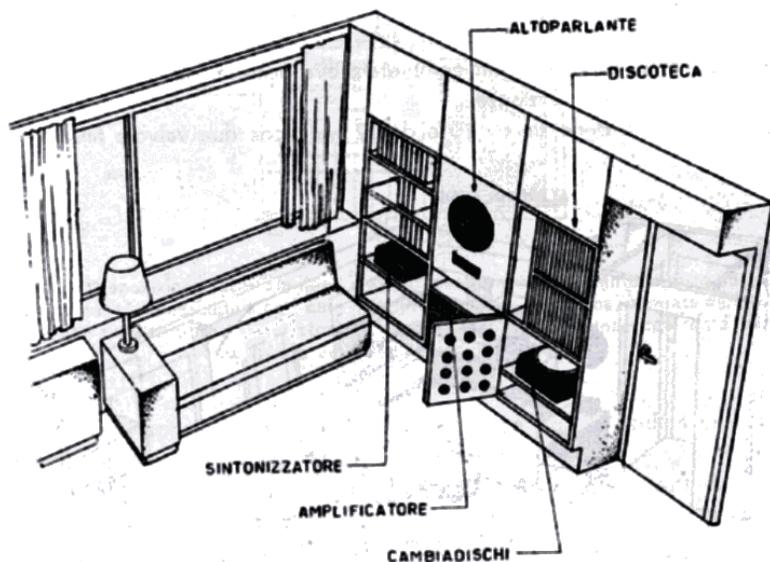


Fig. 2.6. - Disposizione razionale di impianto sonoro in stanza di soggiorno.

Il complesso sonoro da stanza di soggiorno.

L'apparecchio radiofonografico non è razionale; il suo mobile non è adatto per funzionare da cassa armonica dell'altoparlante; la cassa armonica è realizzata secondo precisi dettami tecnici, i quali non hanno nulla a che vedere con le dimensioni e le caratteristiche del mobile da radiofonografo.

L'ottima riproduzione dei programmi radiofonici e dei dischi fonografici, particolarmente dei dischi a microsolco, può essere ottenuta soltanto con la dispo-

sizione razionale dei vari elementi del complesso sonoro. Tale complesso differisce dall'apparecchio radiofonografo per il fatto che il suo elemento principale non è costituito dal mobile variamente decorato e provvisto di bar e giochi, ma da un ottimo amplificatore ad audiofrequenza, separato dal resto del complesso.

Gli altri elementi del complesso sonoro sono:

a) il sintonizzatore-radio per la ricezione delle principali emittenti radiofoniche a modulazione d'ampiezza e di frequenza, particolarmente progettato e realizzato, in modo da limitare al minimo ogni forma di distorsione e di disturbo;

b) il giradischi, provvisto di rivelatore a stilo, per dischi a 78,26 giri e per quelli a 45 a 33,3 e a 16,6 giri;

c) l'altoparlante, o gli altoparlanti, sistemati nella apposita cassa acustica o su « schermo infinito ».

Questi elementi possono venir completati, ove occorra, dal microfono, e da altri altoparlanti sistemati in altre stanze.

L'amplificatore è bene sia da 10 o da 12 watt, con due valvole finali in contro-

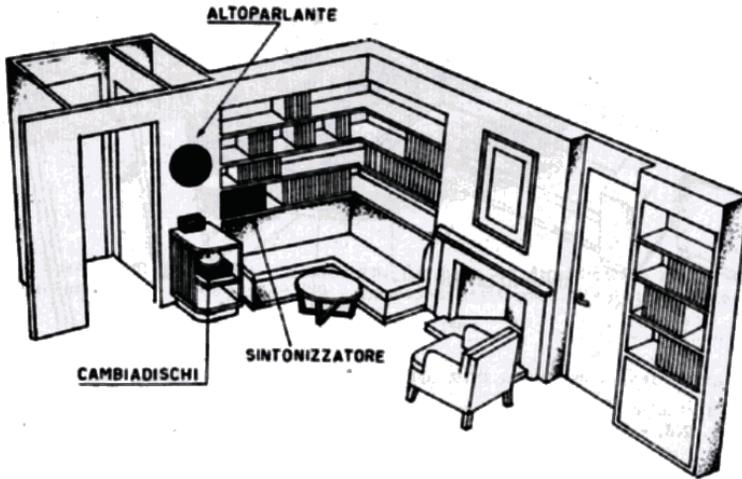


Fig. 2.7. - Disposizione opportuna dell'impianto solo quando l'altoparlante può venir fissato ad una delle pareti. In figura è fissato ad una delle pareti di un armadio a muro. Anche l'amplificatore è sistemato nell'armadio.

fase, essendo praticamente impossibile ottenere perfette riproduzioni sonore con una sola valvola finale. Può essere a quattro valvole, per esempio due finali 6BQ5 in controfase precedute da una 12AX7 e completate da una raddrizzatrice 5Y3; qualora sia previsto l'uso del microfono è necessaria una valvola in più, preamplificatrice, per

esempio una 6SJ7. Le valvole possono essere del tipo europeo, ed in tal caso le finali possono essere due EL84 precedute da una ECC83 a sua volta preceduta, ove occorra, da una EF 86; raddrizzatrice una GZ34. È necessario che l'amplificatore sia provvisto oltre che del controllo di volume anche di due controlli di responso, uno per i toni bassi e l'altro per i toni alti, da regolare a seconda del programma e delle condizioni acustiche dell'ambiente; l'accordo tra il complesso sonoro e l'ambiente è di grande importanza.

La fig. 2.6 illustra un esempio tipico di disposizione degli elementi del complesso sonoro in una stanza di soggiorno; l'altoparlante è sistemato nell'apposita cassa armonica del tipo Bass Reflex, della quale è detto ampiamente nel capitolo quinto.

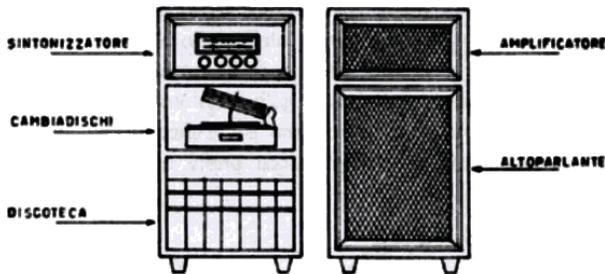


Fig. 2.8. - Disposizione razionale degli elementi componenti l'impianto sonoro per stanze di soggiorno. L'altoparlante è collocato nella propria cassa armonica, ospitata nello stesso mobile dell'amplificatore. Una sistemazione di questo tipo è senza confronto migliore di quella del comune radiofonografo.

Gli altri elementi sono distribuiti intorno ad esso. La fig. 2.7 indica un esempio di altoparlante sistemato su una parete della stanza.

La fig. 2.8 illustra la riunione dei quattro elementi in due custodie; in questo caso s'intende che l'altoparlante non è sistemato nella custodia, ma in cassa armonica posta nella custodia, sotto l'amplificatore anzichè altrove. Va tenuto presente che l'altoparlante può riprodurre una vastissima gamma di audiofrequenze solo se sistemato in apposita cassa armonica, progettata in base alla sua potenza ed al diametro del suo cono. Diversamente riproduce solo una frazione di tale gamma, oltre a determinare varie distorsioni.

Un complesso sonoro del tipo indicato costa un terzo meno del corrispondente apparecchio radiofonografo, e consente audizioni senza confronti migliori.

