

## INDICE

D. SETTE - Preface . . . . .	pag. XIII
Gruppo fotografico dei partecipanti al Corso	fuori testo
R. B. LINDSAY - Historical development of physical acoustics and future perspectives.	
1. Introduction . . . . .	pag. 1
2. What is physical acoustics? . . . . .	» 1
3. Historical origins . . . . .	» 2
4. The velocity of sound in air. . . . .	» 3
5. The attenuation of sound . . . . .	» 7
6. The development of molecular acoustics . . . . .	» 10
7. Experimental background of modern physical acoustics . . . . .	» 12
8. The development of ultrasonics . . . . .	» 12
9. Macroscopic physical acoustics . . . . .	» 13
10. Recent developments in molecular acoustics. . . . .	» 14
11. Research perspectives . . . . .	» 15
C. J. MONTROSE - Correlation functions in molecular acoustics.	
1. Introduction . . . . .	» 18
2. Time correlation functions . . . . .	» 19
2'1. General description . . . . .	» 19
2'2. Correlation functions in statistical mechanics . . . . .	» 22
3. Linear response theory; transport coefficients . . . . .	» 26
3'1. Response to external forces: the Kubo method . . . . .	» 26
3'2. Relaxation to equilibrium; generalized Langevin theory . . . . .	» 30
3'2.1. Elementary Langevin theory . . . . .	» 30
3'2.2. Generalized Langevin theory . . . . .	» 33
3'2.3. Mori-Zwanzig derivation of the generalized Langevin equation . . . . .	» 35

4. Sound propagation . . . . .	pag.	37
5. Collective-mode dynamics . . . . .	»	48
S. YIP - High-frequency short-wavelength fluctuations in fluids.		
List of symbols . . . . .	»	55
1. Introduction . . . . .	»	56
2. Sound propagation at low frequencies . . . . .	»	58
2'1. Hydrodynamic dispersion relations . . . . .	»	58
2'2. Kinetic-theory dispersion relations . . . . .	»	61
3. Sound propagation at high frequencies . . . . .	»	64
3'1. Dispersion relations of kinetic models . . . . .	»	64
3'2. Analysis of ultrasonic experiments . . . . .	»	70
3'3. Propagation in the collisionless regime—zero sound . . . . .	»	76
4. Propagation of density and current fluctuations at short wavelengths . . . . .	»	81
5. Concluding remarks . . . . .	»	91
C. J. MONTROSE - Light scattering and molecular acoustics.		
1. Introduction . . . . .	»	97
2. Light scattering . . . . .	»	98
3. The scattered-light spectrum and molecular acoustics . . . . .	»	101
I. RUDNICK - Physical acoustics at UCLA in the study of superfluid helium.		
1. Sound propagation in superfluid helium—theory . . . . .	»	112
1'1. Introduction . . . . .	»	112
1'2. First and second sound . . . . .	»	113
1'3. Fourth sound . . . . .	»	116
1'4. Third sound . . . . .	»	118
1'5. The thickness of a helium film . . . . .	»	118
1'6. Simple approximate derivation of the velocity of third sound . . . . .	»	119
1'7. Doppler shift of first, second, third and fourth sound . . . . .	»	120
2. Sound propagation in superfluid helium—experiments . . . . .	»	121
2'1. First sound . . . . .	»	121
2'1.1. First-sound transducers . . . . .	»	121
2'1.2. Cavitation in liquid helium . . . . .	»	122
2'1.3. Velocity of first sound at the lambda-transition . . . . .	»	124
2'2. Second sound . . . . .	»	131
2'2.1. Second-sound transducers . . . . .	»	131
2'2.2. Velocity of second sound at the lambda-transition . . . . .	»	131

2'3. Third sound . . . . .	pag.	133
2'3.1. Third-sound transducers . . . . .	»	133
2'3.2. The velocity of third sound. . . . .	»	134
2'3.3. The attenuation of third sound . . . . .	»	138
2'3.4. The critical velocity of superfluid films . . . . .	»	140
2'3.5. The thickness of a moving film . . . . .	»	144
2'4. Fourth sound . . . . .	»	144
2'4.1. Transducers for fourth sound . . . . .	»	144
2'4.2. The velocity of fourth sound . . . . .	»	145
2'4.3. Scattering of fourth sound by the superleak . . . . .	»	147
2'4.4. The reduction of $\rho_s/\rho$ , $T_\lambda$ and $u_4$ by healing-length effects. . . . .	»	148
2'4.5. The measurement of persistent current using fourth sound . . . . .	»	149
2'4.6. Application of superfluid acoustic wave guides to prove that persistent currents are caged in superleaks . . . . .	»	158
2'4.7. Superfluid Helmholtz resonators . . . . .	»	161

S. CANDAU et P. MARTINOTY – Absorption des ondes ultrasonores longitudinales et transversales dans les cristaux liquides.

Introduction. . . . .	»	165
1. Élasticité. . . . .	»	169
2. Hydrodynamique . . . . .	»	171
3. Atténuation d'ondes ultrasonores et théorie hydrodynamique des cristaux liquides nématiques . . . . .	»	174
3'1. Ondes ultrasonores transversales . . . . .	»	174
3'2. Ondes ultrasonores longitudinales . . . . .	»	181
4. Processus relaxationnels . . . . .	»	184
5. Conclusion et perspectives . . . . .	»	189

W. P. MASON – Acoustical properties of solids.

Glossary of symbols . . . . .	»	196
1. Introduction . . . . .	»	198
2. Attenuation of sound in a perfect crystal. . . . .	»	199
2'1. Effect of energy conversion to thermal phonons . . . . .	»	199
2'2. Effect of electrons on acoustic attenuation . . . . .	»	203
3. Effect of structure in a solid . . . . .	»	205
3'1. Effect of grain structure in a solid . . . . .	»	205
3'2. Domain wall motion in ferromagnetic material . . . . .	»	207

3'3. Phase transitions and critical points . . . . .	pag. 211
3'3.1. Ferroelectric crystal $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (potassium dihydrogen phosphate) . . . . .	» 211
3'3.2. Order-disorder transition in ammonium chloride	» 215
4. Effect of imperfections . . . . .	» 216
4'1. Introduction . . . . .	» 216
4'2. Effect of point defects . . . . .	» 217
4'3. Internal friction in fused silica . . . . .	» 220
4'4. Effect of dislocations on acoustic attenuation. . . . .	» 221
4'4.1. Introduction . . . . .	» 221
4'4.2. Granato-Lücke theory . . . . .	» 226
4'4.3. Low-frequency loss connected with kink motion	» 229
4'4.4. Internal friction in rocks . . . . .	» 233
4'4.5. Relaxations due to dislocations . . . . .	» 240
4'4.5.1. Bordoni peak . . . . .	» 240
4'4.5.2. Simpson-Sosin peak. . . . .	» 243
4'4.6. High-amplitude internal friction . . . . .	» 245
4'4.6.1. Internal friction due to the break-away of dislocations from pinning points. . . . .	» 245
4'4.6.2. Internal friction due to unstable Frank- Read loops . . . . .	» 249
5. Fatigue in metals at ultrasonic frequencies . . . . .	» 254
6. Acoustic emission . . . . .	» 258
 E. F. CAROME - Superconducting transducers for use in the 50 to 1000 GHz range.	
1. Introduction . . . . .	» 267
2. Tunnel junctions as electrical elements . . . . .	» 267
3. Tunnel junctions as acoustic transducers . . . . .	» 270
4. Superconducting fluorescent phonon generators . . . . .	» 273
5. Superconducting bolometer receivers . . . . .	» 274
6. Applications . . . . .	» 275
7. Conclusion . . . . .	» 276
 K. DRANSFELD - Production and detection of very-high-frequency sound waves.	
1. Introduction . . . . .	» 278
2. Coherent phonons. . . . .	» 279
2'1. Surface excitation . . . . .	» 280
2'2. Thin-film piezoelectric transducers . . . . .	» 280
2'3. Piezoelectric semiconducting transducers . . . . .	» 280

2'4. Piezoelectric high polymers . . . . .	pag. 281
2'5. Magnetostrictive transducers. . . . .	» 282
2'6. Electromagnetic generation of microwave sound. . . . .	» 282
3. Scattering of light and X-rays. . . . .	» 284
3'1. Spontaneous and stimulated Brillouin scattering . . . . .	» 284
3'2. Phonon detection by X-rays . . . . .	» 286
3'3. Raman scattering by acoustic phonons. . . . .	» 287
3'4. Microwave-induced Raman scattering . . . . .	» 287
4. Incoherent phonons . . . . .	» 288
4'1. Heat pulses . . . . .	» 288
4'2. Monochromatic detection . . . . .	» 289

**J. JOFFRIN et A. LEVELUT – Les échos de phonons.**

1. Introduction . . . . .	» 291
2. Une expérience d'échos de phonons: les échos à $2\tau$ . . . . .	» 292
3. Une expérience d'échos de phonons: les échos à $T + \tau$ . . . . .	» 299
4. Les expériences d'échos de phonons . . . . .	» 300
5. Aperçu physique due les mécanismes d'interaction . . . . .	» 303
5'1. Processus électroacoustique: coefficient $\beta$ . . . . .	» 303
5'1.1. Développement au troisième ordre de l'équation d'état. . . . .	» 303
5'1.2. Formation d'échos par mécanisme électroacoustique. . . . .	» 305
5'1.2.1. Échos dipolaires . . . . .	» 305
5'1.2.2. Échos quadrupolaires . . . . .	» 305
5'1.3. Mesure du coefficient $\beta$ . . . . .	» 306
5'1.3.1. Principe de la mesure . . . . .	» 306
5'1.3.2. Ordre de grandeur . . . . .	» 306
5'1.3.3. Résultats des mesures . . . . .	» 306
5'1.3.3.1. Quartz . . . . .	» 306
5'1.3.3.2. Niobate de lithium . . . . .	» 306
5'1.3.3.3. Molybdate de gadolinium . . . . .	» 307
5'1.3.3.4. Autres matériaux . . . . .	» 307
5'1.4. Conclusion. . . . .	» 307
5'2. Processus acoustoélectrique: $\beta'$ . . . . .	» 307
6. Applications des échos de phonons . . . . .	» 309
6'1. Applications pour physiciens . . . . .	» 309
6'1.1. Mesure de l'atténuation ultrasonore . . . . .	» 309
6'1.2. Les auto-échos. . . . .	» 312
6'1.3. Mesure du temps de relaxation $T_2$ . . . . .	» 313
6'1.3.1. Etude de $T_2$ en fonction de la température	» 313
6'1.3.2. Etude de $T_2$ dans les poudres . . . . .	» 314
6'1.3.3. Conclusion . . . . .	» 315

6'1.4. Mesures du temps de relaxation $T_1$ . . . . .	pag. 315
6'1.5. Etude des phénomènes de surface . . . . .	» 316
6'1.6. Résumé en forme de conclusion . . . . .	» 316
6'2. Applications pour ingénieurs . . . . .	» 316
6'2.1. Traitement de signaux . . . . .	» 316
6'2.2. Mémorisation . . . . .	» 317

J. J. McCoy – Wave propagation in random media.

1. Background discussions . . . . .	» 319
1'1. The medium and its description . . . . .	» 319
1'2. The acoustic field and its description . . . . .	» 323
2. Scattering of narrow-band acoustic signals in frozen random media . . . . .	» 325
2'1. Single-scatter solutions . . . . .	» 326
2'2. Multiscatter solutions . . . . .	» 331

R. R. GOODMAN – Propagation in fluctuating media.

Glossary of symbols . . . . .	» 337
1. Introduction . . . . .	» 338
2. Physical processes that produce fluctuations . . . . .	» 339
3. The derivation of the acoustic equations . . . . .	» 351
Appendix – Two limiting examples of internal waves . . . . .	» 365

H. O. BERKTAY – Finite-amplitude effects in acoustic propagation in fluids.

1. Introduction . . . . .	» 369
2. Waves in a lossless medium . . . . .	» 369
2'1. Basic equations . . . . .	» 369
2'2. Plane waves in a lossless fluid . . . . .	» 371
2'3. Cylindrical and spherical waves in lossless fluids . . . . .	» 374
3. Waves in lossy media . . . . .	» 376
3'1. Basic concepts and general remarks . . . . .	» 376
3'2. Plane waves . . . . .	» 377
3'3. Spherical and cylindrical waves . . . . .	» 381
3'4. Discussion and conclusion . . . . .	» 385
4. Parametric acoustic arrays . . . . .	» 386
4'1. The source function . . . . .	» 387
4'2. One-dimensional waves . . . . .	» 387
4'3. Westervelt's model . . . . .	» 390
4'4. Interactions in the far field of a transducer . . . . .	» 393
4'5. Discussion and conclusions . . . . .	» 406
List of symbols . . . . .	» 408

**R. W. B. STEPHENS - Finite-amplitude propagation in solids.**

1. Introduction . . . . .	pag. 409
2. Higher-order elasticity theory . . . . .	» 409
3. Nonlinear elastic waves . . . . .	» 411
4. Monitoring of finite-amplitude waves in solids . . . . .	» 412
5. Reflection of finite-amplitude ultrasonic waves . . . . .	» 414
6. Harmonic generation in crystals . . . . .	» 417
7. Acoustic second-harmonic generation in piezoelectric crystals . . . . .	» 419
8. Resonance interaction of elastic waves in isotropic solids . . . . .	» 420
9. Optical-acoustical interaction in photoconducting piezoelectrics . . . . .	» 421
10. Nonlinearity in surface waves . . . . .	» 421
11. Surface waves on a liquid . . . . .	» 424
12. Acoustic streaming etc. . . . .	» 428
13. Nonlinearities in cochlear hydrodynamics . . . . .	» 430
14. Scattering of sound by sound . . . . .	» 431
15. High-power ultrasonics (macrosonics) and nonlinear effects in crystalline solids . . . . .	» 431
16. Note on geometrical approach . . . . .	» 433
17. Shock waves in solids . . . . .	» 434

**J. DE KLERK - A physical approach to elastic surface waves.**

Introduction . . . . .	» 437
1. Rayleigh waves in isotropic media . . . . .	» 437
2. Rayleigh waves in anisotropic media . . . . .	» 445
2'1. General relations between acoustic velocities and elastic constants . . . . .	» 445
2'2. Relations between velocity and elastic constants for hexagonal materials . . . . .	» 446
2'3. Wave surfaces . . . . .	» 457
2'4. Surface waves in anisotropic media . . . . .	» 461
3. Generation and detection of Rayleigh waves . . . . .	» 466
4. Backcoupling and reflection effects . . . . .	» 484
5. Applications . . . . .	» 487
6. Conclusions . . . . .	» 496
Symbols . . . . .	» 497

**C. ATZENI and L. MASOTTI - Surface acoustic-wave devices.**

1. Introduction . . . . .	» 499
2. Interdigital transducers . . . . .	» 500
2'1. S.a.w. delay line performance . . . . .	» 504
2'1.1. Techniques for suppressing spurious signals in s.a.w. delay lines . . . . .	» 505
2'1.2. High-frequency delay lines . . . . .	» 505
2'1.3. Delay lines for recirculating storage . . . . .	» 505
2'1.4. Long delay lines . . . . .	» 506

3. Frequency filters . . . . .	pag.	507
3'1. Concept of transversal filter. . . . .	»	507
3'2. Phase-sampling procedure . . . . .	»	508
4. S.a.w. oscillators . . . . .	»	511
5. Multistrip couplers and their applications . . . . .	»	512
5'1. Bulk-wave suppression . . . . .	»	514
5'2. Coupling between separate substrates . . . . .	»	514
5'3. Surface wave reflector . . . . .	»	514
5'4. Unidirectional transducers. . . . .	»	515
5'5. Beam width compressor . . . . .	»	515
6. Convolution using parametric interactions of acoustic surface waves . . . . .	»	516
7. Interaction of light with surface acoustic waves . . . . .	»	518
7'1. Light diffraction by surface acoustic waves . . . . .	»	518
7'2. Interaction of surface acoustic waves and surface optical guided waves . . . . .	»	520
8. Display systems based on surface acoustic waves . . . . .	»	521
8'1. Cameras. . . . .	»	522
8'2. Image scanning by acousto-electro-optic interactions . . . . .	»	522
8'3. Touch-sensitive digitizers . . . . .	»	523

#### T. G. WANG - Acoustics in space.

1. Introduction . . . . .	»	525
2. Theory . . . . .	»	525
3. Experiments . . . . .	»	528
3'1. Superfluid helium . . . . .	»	528
3'2. Drop dynamics . . . . .	»	529
3'3. Space processing . . . . .	»	530
4. Conclusion . . . . .	»	530