

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Γνωριμία με την ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ	1
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΘΕΩΡΙΑ	5
1 ^{ος} ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ: ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ	7
Προσδοκώμενα αποτελέσματα	8
1.1. Περιοδική κίνηση – Περιοδικά φαινόμενα	9
1.2. Ταλάντωση - Ταλαντούμενα συστήματα	11
1.3. Απλή αρμονική ταλάντωση	13
1.3.1. Χαρακτηριστικά μεγέθη της απλής αρμονικής ταλάντωσης	16
1.3.2. Εφαρμογή απλής αρμονικής ταλάντωσης	19
1.3.3. Αμείωτη και φθίνουσα ταλάντωση	22
1.3.4. Παράμετροι απλής αρμονικής ταλάντωσης	25
1.3.5. Ανακεφαλαίωση για τις παραμέτρους και την ενεργειακή συμπεριφορά ταλαντούμενου συστήματος με απλή αρμονική ταλάντωση	27
1.4. Μελέτη εκκρεμούς (απλού ή μαθηματικού και φυσικού)	28
1.5. Ελεύθερες και εξαναγκασμένες ταλαντώσεις - Συντονισμός	32
1.6. Συζευγμένα εκκρεμή	35
1.7. Στρομβοσκοπική μέθοδος παρατήρησης	38
1.8. Σύνθεση ταλαντώσεων	39
1.8.1. Περίπτωση 1 ^η : Σύνθεση δύο αρμονικών ταλαντώσεων της ίδιας διεύθυνσης και της ίδιας συχνότητας	39
1.8.2. Περίπτωση 2 ^η : Διακροτήματα	40
1.8.3. Περίπτωση 3 ^η : Σύνθετες Κυματομορφές	42
1.8.4. Σύνθεση δύο καθέτων αρμονικών ταλαντώσεων	45
Σύνοψη	48
Ερωτήσεις - Ασκήσεις	49
Βιβλιογραφία	51

2 ^{ος} ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ: ΚΥΜΑΤΑ	53
Προσδοκώμενα αποτελέσματα	54
2.1. Κύματα	55
2.1.1. Είδη κυμάτων	55
2.2. Κύκλος κύματος και γραφική παράσταση	56
2.3. Παθήματα των κυμάτων	58
2.4. Η αρχή του Huygens	59
Σύνοψη	62
Ερωτήσεις - Ασκήσεις	63
Βιβλιογραφία	64
3 ^{ος} ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ: ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ	67
Προσδοκώμενα αποτελέσματα	68
3.1. Το όργανο της ακοής στον άνθρωπο	69
3.1.1. Ευσταχιανή σάλπιγγα	71
3.1.2. Τα αυτιά στα άλλα όντα	72
3.2. Υπόηχοι – Ήχοι - Υπέρηχοι	73
3.3. Παραγωγή των ηχητικών κυμάτων	74
3.4. Διάδοση του ήχου	75
3.5. Είδη ήχων	76
3.6. Χαρακτηριστικά του ήχου	76
3.6.1. Πλάτος	77
3.6.2. Ταχύτητα διάδοσης του ήχου	77
3.6.2.1. Πώς να μετρούμε απόσταση	79
3.6.2.2. Ορχήστρα πνευστών και ορχήστρα εγχόρδων	79
3.6.3. Μήκος κύματος	79
3.6.4. Συχνότητα ηχητικού κύματος	80
3.7. Θεμελιώδης σχέση	81
3.8. Ανίχνευση του ήχου	82
3.9. Μουσικό ύψος του ήχου	83

3.10. Χροιά των ήχων	84
3.11. Ένταση και Στάθμη έντασης του ήχου	85
3.11.1. Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου	87
3.12. Ηχώ και Αντήχηση	89
3.13. Στάσιμα ηχητικά κύματα	91
3.13.1. Μετατόπιση και Πίεση	93
3.14. Ο σωλήνας του Kundt	93
3.15. Το φαινόμενο του Doppler	95
3.16. Ηχορύπανση - Ηχοπροστασία	97
3.16.1. Ιστορικό παρελθόν και Ηχορύπανση	97
3.17. Πηγές ήχων	98
3.17.1. Οι οδοντωτοί τροχοί του Hooke	98
3.17.2. Η σειρήνα με οπές	99
3.17.3. Το διαπασών	100
3.18. Το πληκτρολόγιο του πιάνου	101
3.19. Χορδές – Η Φυσική των εγχόρδων μουσικών οργάνων	102
3.19.1. Πώς αλλάζει το μουσικό ύψος	102
3.19.2. Οι νόμοι των χορδών	103
3.19.3. Πώς λειτουργεί το βιολί	104
3.19.3.1. Η ψυχή του βιολιού	107
3.20. Ηχητικοί σωλήνες – Ξύλινα και μεταλλικά πνευστά μουσικά όργανα	109
3.20.1. Ξύλινα πνευστά	109
3.20.1.1. Παραγωγή των ήχων στα ξύλινα πνευστά	110
3.20.1.2. Πώς αλλάζει το μουσικό ύψος	110
3.20.2. Χάλκινα πνευστά	110
3.20.2.1. Παραγωγή των ήχων στα χάλκινα πνευστά	111
3.20.2.2. Πώς αλλάζει το μουσικό ύψος	111
3.20.3. Ηχητικοί σωλήνες	112
3.20.3.1. Κλειστοί-ανοικτοί ηχητικοί σωλήνες	113
3.20.3.2. Ανοικτοί-ανοικτοί ηχητικοί σωλήνες	116
3.21. Το φωνητικό όργανο του ανθρώπου	119

3.21.1. Παλμογραφήματα φωνημάτων (sound patterns)	122
3.21.2. Ταξινόμηση των φωνών	124
3.21.3. Φωνητικά αποτυπώματα	124
3.21.4. Ένα απλό πείραμα	124
3.22. Ράβδοι – Πλάκες – Μεμβράνες	125
3.22.1. Κρουστά μουσικά όργανα	125
3.22.2. Πώς παράγονται οι ήχοι	125
3.22.3. Πώς αλλάζει το μουσικό ύψος	126
3.23. Ψυχοφυσικός νόμος των Weber - Fechner	127
3.24. Η έννοια του μουσικού διαστήματος	128
3.24.1. Το A4 των 440 Hz ως πρότυπο μουσικών υψών	129
3.24.2. Μαθηματικές πράξεις με τα μουσικά διαστήματα	130
3.24.2.1. Πρόσθεση μουσικών διαστημάτων	130
3.24.2.2. Αφαίρεση μουσικών διαστημάτων	131
3.25. Μουσικές κλίμακες	132
3.25.1. Η Πυθαγόρεια μουσική κλίμακα	132
3.25.2. Η μουσική κλίμακα του Κλαύδιου Πτολεμαίου (just scale)	134
3.25.3. Η μουσική κλίμακα του ίσου συγκερασμού	135
3.26. Καταγραφή των ήχων	140
Σύνοψη	142
Ερωτήσεις - Ασκήσεις	147
Βιβλιογραφία	150
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ	
4.1. Σκοπός του Εργαστηρίου Φυσικής	156
4.3. Δεύτερο Εργαστήριο: Μελέτη ταλάντωσης	157
4.3.1. Εργαστηριακά όργανα	157
4.3.1.1. Ο παλμογράφος διπλού ίχνους	157
4.3.1.2. Η γεννήτρια συχνοτήτων	158
4.3.1.3. Το μικρόφωνο	159

4.3.1.4. Το megάφωνο	159
4.3.2.1. Πείραμα 1 ^ο : Γνωριμία με την οπτική απεικόνιση των ήχων	160
4.3.2.2. Πείραμα 2 ^ο : Γνωριμία με το πλάτος του ήχου	161
4.3.2.3. Πείραμα 3 ^ο : Συσχετισμός πλάτους και έντασης ήχου	161
4.3.2.4. Πείραμα 4 ^ο : Υπολογισμός της συχνότητας ενός σήματος με τη χρήση παλμογράφου	162
4.3.2.5. Πείραμα 5 ^ο : Συσχέτιση συχνότητας και μουσικού ύψους ενός ηχητικού σήματος.	162
4.3.2.6. Πείραμα 6 ^ο : Μέτρηση διαφοράς φάσης	163
4.3.2.7. Πείραμα 7 ^ο : Πειραματική εύρεση της ταχύτητας διάδοσης του ήχου	166
4.4. Τρίτο εργαστήριο: Μελέτη των ταλαντούμενων συστημάτων	168
4.4.1. Μαθηματικό εκκρεμές	168
4.4.1.1. Πείραμα πρώτο: Πειραματική επαλήθευση του νόμου του εκκρεμούς «οι ταλαντώσεις με μικρό πλάτος είναι ισόχρονες»	169
4.4.1.2. Πείραμα δεύτερο: Πειραματική επαλήθευση της ανεξαρτησίας της περιόδου του εκκρεμούς από τη μάζα του κρεμασμένου σώματος σ' αυτό	169
4.4.1.3. Πείραμα τρίτο: Πειραματική επαλήθευση του νόμου των μηκών	170
4.4.1.4. Πείραμα τέταρτο: Πειραματική επαλήθευση της σταθερότητας του επιπέδου ταλάντωσης	171
4.4.1.5. Πείραμα πέμπτο: Πειραματική επαλήθευση της εξάρτησης της περιόδου του εκκρεμούς από πεδία δυνάμεων	171
4.4.1.6. Πείραμα έκτο: Το φυσικό εκκρεμές	172
4.4.2. Σώμα εξαρτημένο από κατακόρυφο ελατήριο	174
4.4.2.1. Πείραμα έβδομο: Νόμος του Hooke	174
4.4.2.2. Πείραμα όγδοο: Περίοδος ταλαντώσεων σώματος εξαρτημένου από ελατήριο (α)	177
4.4.2.3. Πείραμα ένατο: Περίοδος ταλαντώσεων σώματος εξαρτημένου από ελατήριο (β)	178
4.4.2.4. Πείραμα δέκατο: Ανεξαρτησία πλάτους ταλαντώσεων και περιόδου ταλαντώσεων σώματος εξαρτημένου από ελατήριο	179
4.4.3. Συζευγμένες ταλαντώσεις.	180
4.4.3.1. Πείραμα ενδέκατο: Δύο ισομήκη συζευγμένα εκκρεμή	180

4.4.3.2. Πείραμα δωδέκατο: Τρία ισομήκη συζευγμένα εκκρεμή	181
4.4.3.3. Πείραμα δέκατο τρίτο: Εκκρεμή του Barton (Συντονισμός)	181
4.5. Τέταρτο εργαστήριο: Σύνθεση ταλαντώσεων	182
4.5.1.1. Πείραμα πρώτο: Σύνθεση δύο ταλαντώσεων της ίδιας διεύθυνσης και της ίδιας συχνότητας	182
4.5.1.2. Πείραμα δεύτερο: Διακροτήματα	183
4.5.1.3. Πείραμα τρίτο: Σύνθετες κυματομορφές	184
4.5.1.4. Πείραμα τέταρτο: Σύνθεση δύο καθέτων ημιτονοειδών σημάτων (διαγράμματα Lissajoux)	185
4.6. Πέμπτο Εργαστήριο: Ηχητικοί σωλήνες	186
4.6.1.1. Κλειστοί-ανοικτοί ηχητικοί σωλήνες	186
4.6.1.2. Ανοικτοί-ανοικτοί ηχητικοί σωλήνες	186
4.6.1.3. Διόρθωση ανοικτού άκρου ηχητικών σωλήνων (d)	187
4.6.1.4. Συχνότητες νοτών της συγκερασμένης ευρωπαϊκής κλίμακας	187
4.6.2.1. Πείραμα πρώτο: Παραγωγή ήχου στα ξύλινα πνευστά μουσικά όργανα	188
4.6.2.2. Πείραμα δεύτερο: Παραγωγή μουσικών διαστημάτων σε κλειστό-ανοικτό ηχητικό σωλήνα	189
4.6.2.3. Πείραμα τρίτο: Κατασκευή αυλού του Πανός	190
4.6.2.4. Πείραμα τέταρτο: Κατασκευή φλογέρας τύπου φλάουτου	192
4.7. Έκτο Εργαστήριο: Χορδές – Μουσικές κλίμακες	197
4.7.1.1. Συμφωνίες ή εύφωνα μουσικά διαστήματα	197
4.7.2.1. Πείραμα πρώτο: Μουσικά διαστήματα στο μονόχορδο	199
4.7.2.2. Πείραμα δεύτερο: Τοποθέτηση τάσεων στο μάνικο εγχόρδου μουσικού οργάνου	201
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	205
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: 4.2. Πρώτο Εργαστήριο: Μέτρηση φυσικού μεγέθους – Σφάλματα μετρήσεων	207
4.2.1. Μετρήσεις	216
4.2.1.1. Μετρήσεις σε μια κιθάρα	216

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI)	219
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Μετατροπή μονάδων	220
Για τον συγγραφέα	223

Χ. Χ. ΣΠΥΡΙΔΗΣ,
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ»,
Α ΤΑΞΗ, 1ου ΚΥΚΛΟΥ, ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ,
ΤΟΜΕΑΣ: ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ, ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΩΝ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΩΝ,
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ,
Αθήνα, 2004

