

**ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΜΟΥΣΙΚΗ
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ**



Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού νόμου (Ν. 2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής αδειάς του συγγραφέως καθ' οποιονδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.

Επιμέλεια έκδοσης: Χαράλαμπος Χ. Σπυρίδης
Πάρου 33, 153 43 Αγία Παρασκευή, Τηλέφωνο και Τηλεομοιότυπο
210-6003066
e-mail hspyridis@music.uoa.gr

Όλα τα γραφικά του βιβλίου φιλοτεχνήθηκαν από την Ελένη Χ. Σπυρίδου PhD, BSc (Hons).

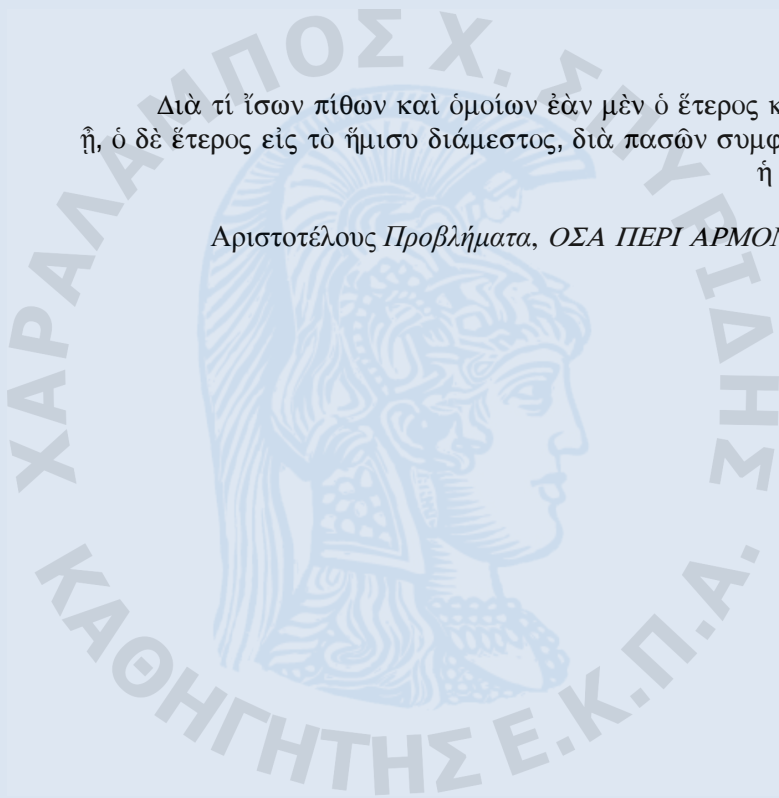
Α' Έκδοση 2005
Copyright © Χαράλαμπος Χ. Σπυρίδης

I.S.B.N. 960-8143-33-0

ΕΚΔΟΣΕΙΣ: GRAPHOLINE

Διὰ τί ἴσων πίθων καὶ ὁμοίων ἐὰν μὲν ὁ ἕτερος κενὸς
ἦ, ὁ δὲ ἕτερος εἰς τὸ ἥμισυ διάμεστος, διὰ πασῶν συμφωνεῖ
ἡ ἡχώ;

Αριστοτέλους *Προβλήματα*, ΟΣΑ ΠΕΡΙ ΑΡΜΟΝΙΑΝ





Στη σύζυγό μου
Ά ν ν α ,
σεμνή ομόζυγο και ομόκοιτι,
αθόρυβο δε βοηθό και συμπαραστάτη
ευλαβώς
ανατίθημι





Προλεγόμενα

Η Ακουστική αποτελεί μια από τις κύριες υποδιαίρεσεις της κλασικής Φυσικής, όπως είναι η Μηχανική, η Θερμοδυναμική, η Οπτική, ο Ηλεκτρισμός, ο Μαγνητισμός, η Ατομική και η Πυρηνική Φυσική.

Η Ακουστική, ως επιστήμη των ήχων, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, διότι οι ήχοι, τους οποίους μελετά, συνοδεύουν όλες σχεδόν τις δραστηριότητες των ανθρώπων. Εκτός από τη μετάδοση πληροφοριών, την ευεργετική ή ενοχλητική ψυχολογική επίδραση στον άνθρωπο, ο ήχος έχει πολλές και ενδιαφέρουσες εφαρμογές στην έρευνα και την τεχνολογία.

Η Ακουστική ασχολείται επίσης με τη μελέτη:

των υπερήχων. Πρόκειται για διαμήκη κύματα πολύ υψηλής συχνότητας, τα οποία δεν ακούει το ανθρώπινο αυτί, αλλά πολύ χρήσιμα για να καλούμε το σκύλο μας με ειδική σφουρίκτρα, να αντισταθμίσουμε ληστές με ειδικά συστήματα συναγερμού, να αφαιρούμε σκουριές από εξαρτήματα μηχανών, να ελέγχουμε τη λειτουργία οργάνων του σώματός μας με τα λεγόμενα υπερηχογραφήματα, να ελέγχουμε τη δομή των κρυστάλλων.

των υποήχων, οι οποίοι είναι χαμηλής συχνότητας διαμήκη κύματα μη ακουστά από τα ανθρώπινα αυτιά, με εφαρμογές ιδιαίτερα στη Φυσική της Ατμόσφαιρας για τη μελέτη των καιρικών συστημάτων.

των υποθαλασσιών ήχων, οι οποίοι εκπέμπονται από ειδικά υποθαλάσσια ραντάρ, τα σόναρς, για τον εντοπισμό βυθισμένων αντικειμένων, καταδυμένων υποβρυχίων, κοπαδιών ψαριών κτλ.

των δονήσεων, δηλαδή των ταλαντωτικών κινήσεων που εκτελούν τα κτήρια εξ αιτίας ανέμου, σεισμού, κρούσεων ή από τη λειτουργία μηχανημάτων.

του ανθρώπινου αισθητηρίου οργάνου της ακοής, του αυτιού, όσον αφορά στην κατασκευή του και το μηχανισμό με τον οποίο γίνονται αντιληπτοί οι ήχοι, καθώς επίσης του ανθρώπινου φωνητικού οργάνου και των μηχανισμών της άρθρωσης της ομιλίας, του τραγουδιού κτλ. Αυτό το τμήμα της Ακουστικής ονομάζεται Φυσιολογική Ακουστική.

των τρόπων με τους οποίους ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τους διαφόρους ήχους, τους κατανοεί, τους συγκρίνει και αντιδρά σε αυτούς. Αυτό το τμήμα της Ακουστικής ονομάζεται Ψυχοακουστική.

της ομιλίας και των ακουσμάτων. Πρόκειται για την οργάνωση των ήχων για την επικοινωνία των ανθρώπων μεταξύ τους, με έμφαση στη θεραπεία διαφόρων ειδών προβλημάτων, όπως είναι το ψεύδισμα, η αφασία, η κώφωση κ.α.

του θορύβου, για την εύρεση τρόπων καταπολέμησής του. Ο θόρυβος μπορεί να προέρχεται από την κίνηση των οχημάτων στους δρόμους, την πτήση των αεροσκαφών, την κίνηση των συρμών του μετρό, διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις και από συναυλίες λ.χ. συγκροτημάτων rock μουσικής.

των ήχων σε κτηριακές εγκαταστάσεις. Πρόκειται για το τμήμα της Ακουστικής που λέγεται Κτηριακή Ακουστική. Σχεδιάζονται διατάξεις και κατασκευάζονται υλικά κατάλληλα για την ηχομόνωση και την ακουστική διαμόρφωση των χώρων, ώστε αυτοί να καθίστανται κατάλληλοι για συγκεκριμένες χρήσεις, δηλαδή εκδηλώσεις ή δραστηριότητες λ.χ. ομιλίες, συναυλίες, θεατρικές παραστάσεις, studios κτλ.

των μηχανισμών παραγωγής των ήχων από τα μουσικά όργανα, των τρόπων με τους οποίους ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τους ήχους σαν μουσική κτλ. Αυτό το τμήμα της Ακουστικής ονομάζεται Μουσική Ακουστική.

Η Ακουστική επικουρεί πολλούς τομείς του επιστητού.

Οι Φυσικοί, λόγου χάριν, ερευνούν τις ιδιότητες της ύλης χρησιμοποιώντας έννοιες της διάδοσης του κύματος μέσα σε ένα ελαστικό μέσο.

Οι Ακουστικοί Μηχανικοί ενδιαφέρονται για την πιστή αναπαραγωγή του ήχου, τη μετατροπή της μηχανικής και ηλεκτρικής ενέργειας σε ακουστική ενέργεια και στο σχεδιασμό των ακουστικών διατάξεων.

Οι Αρχιτέκτονες ενδιαφέρονται περισσότερο για την ηχοαπορρόφηση και την ηχομόνωση των κτηρίων, καθώς επίσης για τον έλεγχο της αντήχησης σε κλειστούς χώρους διαφόρων χρήσεων.

Οι Μουσικοί θέλουν να γνωρίζουν πώς να λαμβάνουν ρυθμικούς συνδυασμούς των ήχων από τις δονήσεις των χορδών

των εγχόρδων οργάνων, των αερίων σπηλών των πνευστών οργάνων και των μεμβρανών των κρουστών οργάνων.

Οι Φυσιολόγοι και οι Ψυχολόγοι μελετούν τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες του ανθρώπινου ακουστικού οργάνου και του φωνητικού οργάνου, τα ακουστικά φαινόμενα και τις αντιδράσεις του κόσμου στους ήχους και τη μουσική, τα ψυχοακουστικά κριτήρια για τα όρια της έντασης του ήχου, ώστε να ανακουφίζει το άκουσμά του και, τέλος, τις συνθήκες της ευχάριστης ακρόασης.

Οι Γλωσσολόγοι ενδιαφέρονται για την αντικειμενική αντίληψη σύνθετων ήχων και για την ανάλυση, τη σύνθεση και την αναγνώριση της ομιλίας.

Οι Ιατροί, οι Ωκεανολόγοι και οι Βιομήχανοι ενδιαφέρονται για τις εφαρμογές των υπερήχων.

Οι Οικολόγοι και οι Περιβαλλοντολόγοι, τέλος, ανησυχούν και ενδιαφέρονται για την ηχορρύπανση, που, όταν είναι σε υψηλά επίπεδα, επιφέρει δυσάρεστα φυσικά και ψυχολογικά αποτελέσματα.

Παλαιότερα -πριν από 30 χρόνια περίπου- στα Λύκεια της χώρας μας εδιδάσκοντο ικανοποιητικότερα όλες οι κύριες υποδιαρέσεις της κλασικής Φυσικής έτσι, ώστε ο απόφοιτος να γνωρίζει καλά έννοιες και θεωρίες τους.

Μετά ήλθε η αλλαγή στα αναλυτικά προγράμματα διδασκαλίας στα Λύκεια... Μια αλλαγή που κατήργησε μεταξύ άλλων και τη διδασκαλία της Ακουστικής στα Λύκεια. Οι συνέπειες αυτής της αλλαγής ήσαν και εξακολουθούν να είναι οδυνηρές, όσον αφορά στις εγκύκλιες σπουδές των ελληνοπαίδων και ως Πρόεδρος της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών τις είχα πολλάκις επισημάνει στον κ. Γεράσιμο Αρσένη, Υπουργό, τότε, του Υπουργείου της Εθνικής παιδείας και των Θρησκευμάτων.

Το 1985 ιδρύθηκε το Τμήμα Μουσικών Σπουδών της Σχολής Καλών Τεχνών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης¹ και ακολούθησαν τα ομόλογα Τμήματα του Πανεπιστημίου Αθηνών, του Ιονίου Πανεπιστημίου στην Κέρκυρα και το Τμήμα Μουσικής Επι-

¹ Πρυτανεύοντος του καθηγητή της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ. κ. Δ. Φατούρου, ορίσθηκε πενταμελής Οργανωτική Επιτροπή και συγχρόνως προσωρινή Γενική Συνέλευση του Τμήματος με Πρόεδρο τον καθηγητή κ. Ι. Χασιώτη και μέλη τους Γ. Λαυρεντιάδη, Ε. Παναγόπουλο, Γ. Παπανικολάου και Χ. Χ. Σπυρίδη.

στήμης και Τέχνης του Πανεπιστημίου Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη.

Οι εισερχόμενοι φοιτητές στα Τμήματα αυτά -από τότε μέχρι σήμερα- δεν γνωρίζουν τα στοιχειώδη περί τον ήχο, το «υλικό» που θα σπουδάσουν, θα δαμάσουν, θα πλάσουν και θα δημιουργήσουν -είτε ως μουσικολόγοι, είτε ως μουσικοί συνθέτες ή εκτελεστές-, αφού δεν έχουν διδαχθεί την Ακουστική στο μάθημα της Φυσικής στο Λύκειο! Έτσι εχόντων των πραγμάτων, στο Τμήμα Μουσικών Σπουδών του Πανεπιστημίου Αθηνών οφείλω μέσα στα πλαίσια ενός εξαμηνιαίου υποχρεωτικού μαθήματος με τίτλο «Φυσική και Μουσική Ακουστική», δηλαδή με 13 τριώρες εισηγήσεις μου -αυτός είναι ο μέγιστος αριθμός μαθημάτων μέσα σε ένα εξάμηνο- να γνωρίσω στους φοιτητές μου τον ήχο σε όλες του τις εκφάνσεις!

Εικ. Πρ.1: Τα πεδία του επιστητού, στα οποία βρίσκει εφαρμογή η Ακουστική, αλλά, παρ' όλα αυτά, δεν διδάσκεται στο Λύκειο.



Το μετά χείρας βιβλίο με τίτλο «Φυσική και Μουσική Ακουστική» είναι δόκιμος επιστημονική πραγματεία, η οποία αναφέρεται στο γνωστικό αντικείμενο της ειδικότητός μου *Μουσική Ακουστική, Πληροφορική* και είναι το τεσσαρακοστό πέμπτο σύγγραμμά μου, στα τριάντα χρόνια της Πανεπιστημιακής μου καριέρας.

Τη «Φυσική και Μουσική Ακουστική» συνέγραψα για να καλύψω τις διδακτικές ανάγκες του προαναφερθέντος ομώνυμου υποχρεωτικού εξαμηνιαίου μαθήματος -που διδάσκω- και, έτσι, απευθύνεται κυρίως στους φοιτητές μου στο Τμήμα Μουσικών Σπουδών του Πανεπιστημίου Αθηνών. Απευθύνεται, βεβαίως, και σε όλους τους φοιτητές των άλλων τριών «αδελφών» -μέχρι στιγμής- Πανεπιστημιακών Τμημάτων, σε όλους τους σπουδαστές των Τ.Ε.Ι. και των άλλων Σχολών Ήχου, όπως είναι οι Σχολές Ηχοληψίας κ.λπ.

Το βιβλίο, που κρατείτε, γράφτηκε από έναν Φυσικό, Πανεπιστημιακό διδάσκαλο της Ακουστικής, και συγχρόνως μουσικό με τρόπο απλό και γλαφυρό, ώστε να κάνει τους φοιτητές να δουν την επιστήμη και την τέχνη να συνεργάζονται αρμονικά μεταξύ τους και να «προσφέρει» η μία στην άλλη.

Η ύλη του βιβλίου κατανέμεται -κατά μίμηση των «Στοιχείων» του Ευκλείδη και της «Μαθηματικής Σύνταξης (Almagest)» του Κλαυδίου Πτολεμαίου- στα εξής δέκα τρία Κεφάλαια: Ταλαντούμενα συστήματα, Κύματα, Ήχος, Αντικειμενικά μεγέθη ήχου, Υποκειμενικά μεγέθη ήχου, Ηχογόνες πηγές, Θεωρήματα για τα πυθαγόρεια μουσικά διαστήματα, Ανατομία και φυσιολογία του αυτιού, Ηχορρόπανση, Μουσικές κλίμακες, Το φωνητικό όργανο στον άνθρωπο, Ψυχοακουστική και Μουσική, Η μουσική σημειογραφία.

Το βιβλίο «Φυσική και Μουσική Ακουστική» γράφτηκε με πολλή σαφήνεια, με έναν απλό, λιτό, ευρηματικό και εποπτικό τρόπο, ώστε να τονίζει τα θέματα και τα σημεία, τα οποία συχνά παρανοούνται.

Γράφτηκε έτσι, ώστε να είναι εύχρηστο και ελκυστικό, ώστε να κάνει τον αναγνώστη να απολαμβάνει όλο και περισσότερο τη μουσική καθώς θα κατανοεί καλύτερα την Ακουστική, την επιστήμη που την κυβερνά.

Γράφτηκε πολύχρωμο, πλαισιωμένα από 257 σχήματα και διαγράμματα, 46 πίνακες, 53 εικόνες, φωτογραφίες και σκίτσα, που όλα μαζί διευκολύνουν τη μετάδοση της απαραίτητης γνώσης.

Γράφτηκε πλαισιωμένο από 99 αντιπροσωπευτικά παραδείγματα, λυμένα υποδειγματικά και με 215 προτεινόμενες για λύση ασκήσεις, που καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα της ύλης και που είναι ταξινομημένες με αυξανόμενο βαθμό δυσκολίας.

Γράφτηκε με γνώμονα το γεγονός ότι εσχάτως στο Τμήμα μας θεοπίσθησε η πτυχιακή εργασία. Πιθανώς, κάποιοι φοιτητές να επιθυμούν να εκπονήσουν πτυχιακή εργασία σε κάποιο θέμα Εφαρμοσμένης ή/και Πειραματικής Ακουστικής, συνδυάζοντάς το με την

Πληροφορική, τη Μουσικοπαιδαγωγική, την οργανοκατασκευή κ.λπ. Προς αρωγήν αυτών των φοιτητών, σε Παράρτημα -συγκεκριμένα στο Παράρτημα 1- συμπεριελήφθη η θεωρία σφαλμάτων και η χάραξη της καλύτερης ευθείας με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Επίσης, στο Παράρτημα 2 παρουσιάζεται το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI). Οι φοιτητές θα πρέπει να γνωρίζουν καλά ότι κατά τη λύση των ασκήσεων πρέπει να μετατρέπουν τις μονάδες των διαφόρων μεγεθών, που εμπλέκονται σε μία άσκηση, στο σύστημα αυτό. Για τη διευκόλυνσή τους, λοιπόν, στο Παράρτημα 2 εκτίθενται οι αλληλομετατροπές μονάδων των διαφόρων μεγεθών, που θα έχουν συναντήσει στην ύλη αυτού του διδακτικού βιβλίου.

Τα σχήματα και τα διαγράμματα, καθώς επίσης η διαμόρφωση σελίδας, η μορφοποίηση των χαρακτήρων και η μακέτα του εξωφύλλου, έγιναν από τη θυγατέρα μου Ελένη Χ. Σπυρίδου PhD, BSc (Hons), την οποία ευχαριστώ και τις εύχομαι επίτευξη των επιστημονικών της στόχων.

Αθήνα 2005

Χαράλαμπος Χ. Σπυρίδης,
Καθηγητής
Μουσικής Ακουστικής, Πληροφορικής,
Διευθυντής
Εργαστηρίου Μουσικής Ακουστικής Τεχνολογίας,
Τμήματος Μουσικών Σπουδών,
Φιλοσοφικής Σχολής,
Πανεπιστημίου Αθηνών