



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗ ΜΟΥΣΙΚΗ

ΜΟΥΣΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

Παναγιώτα Μυρτώ Γεωργοπούλου | Φυσική Ι | 14/1/21

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	3
Η φυσική της μουσικής	4
Ύψος.....	4
Ένταση	5
Καθαρότητα	6
Ηχόχρωμα	6
Χορδές.....	8
Στήλες αέρα.....	11
Τρόπος Παραγωγής ήχου	12
Μεμβρανόφωνα	14
Ιδιόφωνα	15
Ακουστική Θεάτρων	15
Συμπέρασμα.....	16
Βιβλιογραφία	17

Εισαγωγή

Η φυσική είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη της ύλης, της κίνησής της μέσα στον χώρο και στον χρόνο, μαζί με τις σχετικές ποσότητες, όπως η ενέργεια και η δύναμη. Σύμφωνα με ευρύτερο ορισμό, η Φυσική είναι η γενική ανάλυση της φύσης, που συνδέεται με τη προσπάθεια για κατανόηση της συμπεριφοράς του σύμπαντος.

Ως μουσική ορίζεται η τέχνη που βασίζεται στην οργάνωση ήχων με σκοπό τη σύνθεση, εκτέλεση και ακρόαση/λήψη ενός έργου. Με τον όρο μουσική εννοείται επίσης και το σύνολο ήχων από το οποίο απαρτίζεται ένα μουσικό κομμάτι. Μεταξύ άλλων, λεξικοί ορισμοί ορίζουν τη μουσική ως «τέχνη και επιστήμη των ήχων». Οι δύο όροι αυτοί συνδέονται μέσω της επιστήμης της Ακουστικής.

Η Ακουστική αποτελεί μία από τις κύριες υποδιαιρέσεις της κλασσικής Φυσικής όπως είναι η Μηχανική, η Θερμοδυναμική, 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 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 μουσική ακουστική αποτελεί τον κλάδο της ακουστικής που ασχολείται με τη φυσική της μουσικής, όπως τη μελέτη, λειτουργία και σχεδίαση των μουσικών οργάνων, την ανάλυση της μελωδίας, της ανθρώπινης φωνής και του τραγουδιού, καθώς και την κλινική θεραπευτική χρήση της μουσικής. Ειδικότερα, μελετά τον τρόπο παραγωγής και διάδοσης του ήχου από τα διάφορα μουσικά όργανα, εξετάζοντας την ακουστική τους συμπεριφορά ανά κατηγορία, όπως έγχορδα με δοξάρι, πληκτροφόρα έγχορδα, πνευστά, κρουστά, ενώ ιδιαίτερη κατηγορία αποτελεί η ανθρώπινη φωνή.

Η μουσική ακουστική ασχολείται ιδιαίτερα με τους μουσικούς ήχους, καθώς και με τις ταλαντώσεις των χορδών, των μεμβρανών και με τη διάδοση του ήχου μέσα σε ηχητικούς σωλήνες.

Η φυσική της μουσικής

Όλοι οι άνθρωποι ακούν μουσική, αλλά λίγοι είναι εκείνοι που γνωρίζουν πώς παράγονται οι μουσικές νότες στα διάφορα όργανα και σε τι διαφέρει ο ήχος μιας κιθάρας από αυτόν ενός φλάουτου ή ενός τυμπάνου.

Οι μουσικοί ήχοι είναι κύματα πίεσης που παράγονται από τα διάφορα μουσικά όργανα και διαδίδονται στον αέρα. Τα κύματα αυτά, παράγονται όταν κάποιο σώμα κινείται παλμικά και συμπιέζει ή αποσυμπιέζει τον αέρα στην περιοχή του. Στα έγχορδα όργανα, όπως για παράδειγμα η κιθάρα, το βιολί ή το πιάνο, το σώμα που κινείται παλμικά είναι μια χορδή. Στα πνευστά όργανα, όπως για παράδειγμα η τρομπέτα, το κλαρίνο ή το φλάουτο, το σώμα που κινείται παλμικά είναι μια στήλη αέρα. Τέλος, στα κρουστά το σώμα που κινείται παλμικά είναι μια μεμβράνη.

Η Φυσική έρχεται να εξηγήσει γιατί ο ήχος διαφέρει από όργανο σε όργανο, πώς επηρεάζεται αυτός ανάλογα με το πάχος των χορδών στα έγχορδα, από τις στήλες αέρα στα πνευστά, πώς «παίζεται» μία νότα κ.ά.

Τα μουσικά όργανα είναι τα μέσα με τα οποία ο άνθρωπος παράγει μουσικούς ήχους. Κάθε ήχος προκαλείται από ένα αντικείμενο που πάλλεται, το οποίο καλείται ηχογόνο σώμα. Οι παλμικές κινήσεις μεταδίδονται συνήθως μέσω του αέρα με τη μορφή ηχητικών κυμάτων και όταν ερεθίσουν το όργανο της ακοής δημιουργούν το χαρακτηριστικό ακουστικό αίσθημα.

Τα χαρακτηριστικά των ήχων είναι το ύψος, η ένταση, η καθαρότητα και το ηχόχρωμα (ή χροιά ή χρώμα).

ΎΨΟΣ

Το ύψος εξαρτάται από τη συχνότητα, δηλαδή τον αριθμό των παλμικών κινήσεων ανά δευτερόλεπτο. Όσο πιο μεγάλη είναι η συχνότητα τόσο πιο ψηλός είναι ο ήχος και όσο πιο μικρή είναι η συχνότητα τόσο πιο χαμηλός. Για παράδειγμα

για να ηχήσει ο φθόγγος (νότα) Ντο πρέπει η αντίστοιχη χορδή να ταλαντωθεί παλινδρομικά περίπου 260 φορές το δευτερόλεπτο. Ο λόγος των συχνοτήτων δύο Ντο που απέχουν μία Οκτάβα μεταξύ τους είναι 1:2. Έτσι αν η συχνότητα του Ντο είναι 260 παλινδρομικές κινήσεις το δευτερόλεπτο, η συχνότητα του Ντο μία Οκτάβα ψηλότερα θα είναι 520 και του Ντο μια Οκτάβα χαμηλότερα θα είναι 130.

Η σχέση μεταξύ της συχνότητας ενός φθόγγου και του μεγέθους (μάζας) του ηχογόνου σώματος που τον παράγει είναι αντιστρόφως ανάλογη. Για παράδειγμα η συχνότητα ενός φθόγγου που παράγεται από μια μακριά και παχιά χορδή είναι μικρότερη από τη συχνότητα μιας κοντής και λεπτής. Είναι γνωστό ότι η οξύτητα ενός φθόγγου είναι ανάλογη με τη συχνότητα, κατά συνέπεια και η οξύτητα των φθόγγων που παράγονται από ένα όργανο είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μέγεθος του οργάνου που τους παράγει: όσο πιο μεγάλο το όργανο, τόσο πιο χαμηλοί οι ήχοι και αντίστροφα. Μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το Hertz. Ένα Hertz αντιπροσωπεύει μια παλινδρομική παλμική κίνηση ανά δευτερόλεπτο. Το κατώτατο όριο της ακουστικής ικανότητας του ανθρώπου είναι 16-20Hz, συχνότητες που αντιστοιχούν στους πιο χαμηλούς φθόγγους ενός εκκλησιαστικού οργάνου. Το ανώτατο όριο είναι 20.000Hz, λίγο περισσότερο από το σύριγμα μίας νυχτερίδας. Στα ζώα τα όρια αυτά διαφέρουν.



Εικόνα 1

ΈΝΤΑΣΗ

Η ένταση του ήχου είναι ανάλογη προς το πλάτος των παλμικών κινήσεων. Μεγαλύτερη δύναμη στην κρούση προκαλεί πλατύτερες δονήσεις και κατ' επέκταση μεγαλύτερη ένταση στον ήχο.

Από τη στιγμή που θα παραχθεί ο ήχος, το πλάτος της ταλάντωσης του ηχογόνου σώματος, επομένως και η ένταση του ήχου, μειώνεται σταδιακά έως ότου να μηδενιστεί τελείως. Μονάδα μέτρησης της έντασης είναι το bel, όμως στην πράξη χρησιμοποιείται το υποπολλαπλάσιό του, το decibel. Ο ασθενέστερος ήχος που

μπορεί να συλλάβει το αυτί του ανθρώπου είναι 1dB. Η ένταση ενός βιολιού που παίζει σιγά αντιστοιχεί σε 25dB περίπου, ενώ μίας ορχήστρας που παίζει πολύ δυνατά γύρω στα 100dB. Ήχοι που ξεπερνούν τα 120dB σαν κι αυτούς ενός αεροπλάνου, είναι στα ανώτατα όρια που μπορεί να συλλάβει το ανθρώπινο αυτί.



Εικόνα 2

ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ

Η καθαρότητα του ήχου εξαρτάται από την κανονικότητα των παλμικών κινήσεων. Κανονικές, περιοδικές παλμικές κινήσεις παράγουν ήχους συγκεκριμένου τονικού πλάτους (νότες), ενώ οι ήχοι που παράγονται από ακανόνιστες άτακτες παλμικές κινήσεις έχουν ακαθόριστο τονικό ύψος και δίνουν το αίσθημα του «θορύβου».

Τα όργανα που παράγουν φθόγγους όπως το πιάνο, το βιολί, το φλάουτο κλπ. μπορούν να αποδώσουν και μελωδίες και ρυθμούς. Αντίθετα τα όργανα που παράγουν ήχους ακαθόριστου τονικού ύψους, όπως το ταμπούρλο, τα κύμβαλα, οι καστανιέτες κλπ. μπορούν να αποδώσουν μόνο ρυθμούς.



Εικόνα 3

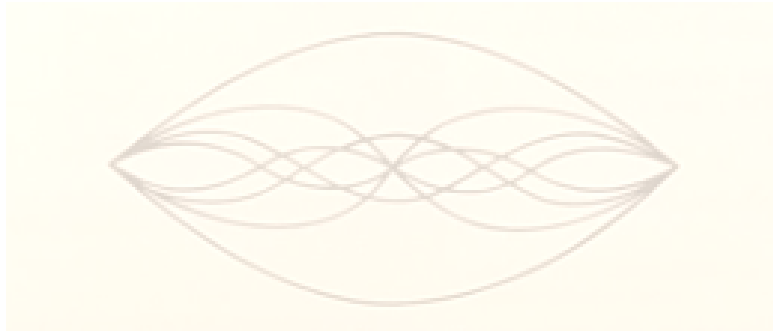
ΗΧΟΧΡΩΜΑ

Με τον όρο *ηχόχρωμα* χαρακτηρίζουμε την ποιότητα του ήχου ενός οργάνου ή της φωνής. Το ηχόχρωμα μας δίνει τη δυνατότητα να ξεχωρίζουμε τα διάφορα όργανα μεταξύ τους. Για παράδειγμα ο ήχος μία τρομπέτας και ενός φλάουτου δε θα είναι ποτέ ο ίδιος ακόμα κι αν παίζουν τον ίδιο φθόγγο στην ίδια ένταση.

Όπως προαναφέρθηκε, ο ήχος του κάθε οργάνου έχει διαφορετική χροιά ή όπως ονομάζεται στη μουσική χρώμα. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο ότι μια χορδή δεν πάλλεται μόνο με μια συχνότητα αλλά με αρκετές ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, αν χτυπήσουμε μια χορδή που είναι ρυθμισμένη στη νότα Λα, αυτή θα πάλλεται 440 φορές το δευτερόλεπτο. Όμως σύμφωνα με τη θεωρία των ταλαντώσεων, θα λαμβάνουν χώρα και μικρότερες παλμικές κινήσεις με συχνότητα $2 * 440 = 880$, $3 * 440 = 1.320$, ... παλμούς το δευτερόλεπτο.

Οι περισσότεροι ήχοι που ακούμε είναι σύνθετοι. Το ηχόχρωμα εξαρτάται από τη σύνθεση παλμικών κινήσεων. Όταν ένα βιολί παίζει τον φθόγγο (νότα) Ντο, στην πραγματικότητα το ανθρώπινο αυτί λαμβάνει ένα σύνολο ήχων. Η χορδή που τίθεται σε ταλάντωση δεν πάλλεται μόνο σε όλο το μήκος της, αλλά ταυτόχρονα στα δύο μισά της, στα τρία τρίτα της κ.ο.κ. Ο ήχος που αναγνωρίζεται σαν Ντο είναι ο ισχυρότερος και αυτός που προέρχεται από τις ταλαντώσεις ολόκληρου του μήκους της χορδής (θεμέλιος ή βασικός φθόγγος). Οι δευτερεύοντες ήχοι είναι οι *αρμονικοί*.

Όλα τα όργανα δεν παράγουν τον ίδιο αριθμό αρμονικών. Τα βιολιά για παράδειγμα είναι πολύ πιο πλούσια σε αρμονικούς από τα φλάουτα. Όμως αυτό που διαμορφώνει το ηχόχρωμα και ξεχωρίζει τα όργανα μεταξύ τους δεν είναι μόνο ο αριθμός των αρμονικών που παράγουν, αλλά και η ένταση με την οποία ακούγονται. Η αναλογία της έντασης των αρμονικών προς την ένταση της βασικής συχνότητας διαφέρει από όργανο σε όργανο, ανάλογα με το σχήμα του, και αυτός είναι ο λόγος που μπορούμε να αντιληφθούμε το είδος του οργάνου από το οποίο προέρχεται μια νότα. Στην οικογένεια των εγχόρδων, όπως η κιθάρα και το βιολί που έχουν καμπυλωτό σχήμα, η κοιλότητα του σώματος εξυπηρετεί την ενίσχυση της έντασης του ήχου.



Εικόνα 4: Παλλόμενη χορδή

Οι κυριότεροι λόγοι που καθορίζουν τη διαμόρφωση του ηχοχρώματος, δηλαδή πόσοι και ποιοι αρμονικοί θα προβληθούν είναι:

- ο τρόπος παραγωγής του ήχου, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο το ηχογόνο σώμα θα τεθεί σε παλμική κίνηση, όπως για παράδειγμα με κρούση, τριβή, με τη βοήθεια επιστομίων κλπ.
- το σχήμα του ηχογόνου σώματος, που μπορεί να είναι κωνικό, κυλινδρικό, στρογγυλό κλπ.
- το σχήμα του ηχείου, δηλαδή το μέρος του οργάνου που ενισχύει τον αρχικό ήχο. Για παράδειγμα σε μία κιθάρα οι ταλαντώσεις μεταφέρονται από τις χορδές στο κούφιο εσωτερικό σώμα και καθώς αντηχούν εμπλουτίζουν τον αρχικό ήχο. Όσον αφορά την ανθρώπινη φωνή, ο ήχος των φωνητικών χορδών ενισχύεται από τις κοιλότητες του λαιμού, του στόματος, της μύτης και του κρανίου.
- το υλικό του ηχογόνου σώματος του οργάνου. Διαφορετικό ηχόχρωμα παράγουν οι χορδές από μέταλλο σε σχέση με αυτό που παράγουν οι χορδές από συνθετικές ίνες.

Τα μουσικά όργανα, ανάλογα με το είδος του ηχογόνου σώματος (χορδή, αέρας, μεμβράνη, το ίδιο το σώμα του οργάνου) τα χορδόφωνα (έγχορδα), τα αερόφωνα (πνευστά), τα μεμβρανόφωνα και τα ιδιόφωνα (κρουστά).

Χορδές

Στα έγχορδα όπως η κιθάρα, το πιάνο και το γιουκαλίλι, κατά μήκος των χορδών διαδίδονται στάσιμα κύματα. Τα στάσιμα κύματα είναι διαταραχές που προχωρούν σε

ένα μέσον, φθάνουν σε ένα ακλόνητο άκρο όπου ανακλώνται, με την ανακλώμενη να βρίσκεται σε αντίθετη φάση σε σχέση με την προσπίπτουσα.

Όταν μια χορδή απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας της στην οποία είναι τεντωμένη και ίσια, αρχίζει να πάλλεται με έναν ρυθμό που εξαρτάται από το μήκος της, το πάχος της και από την τάση της, δηλαδή από το πόσο τεντωμένη είναι. Τον ρυθμό αυτόν, που καθορίζει το πόσες φορές η χορδή μετακινείται από τη θέση ισορροπίας τον ονομάζουμε συχνότητα. Η συχνότητα των ηχητικών κυμάτων περιγράφει το ίδιο φαινόμενο με αυτή των ηλεκτρομαγνητικών, με τη διαφορά ότι είναι πολύ μικρότερη. Κυμαίνεται από περίπου εκατό παλμούς το δευτερόλεπτο για τα μπάσα, έως περίπου δέκα χιλιάδες για τα πρίμα.

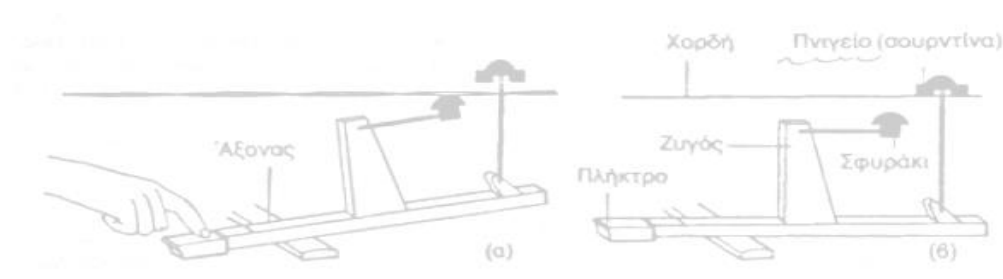
Τα έγχορδα διακρίνονται από τον τρόπο που προκαλείται η παλμική κίνηση των χορδών τους σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. Έγχορδα με τόξο: η παλμική κίνηση των χορδών προκαλείται από την τριβή τους με ένα δοξάρι όπως για παράδειγμα στο βιολί και το κοντραμπάσο.
2. Νυκτά ή νυσσόμενα έγχορδα: οι χορδές νύσσονται δηλαδή «τσιμπιούνται» απευθείας με τα δάχτυλα του εκτελεστή όπως η κιθάρα και η άρπα, ή με ένα πλήκτρο όπως το μαντολίνο.
3. Κρουόμενα έγχορδα: οι χορδές κρούονται με ειδικές μπαγκέτες, όπως στο σαντούρι ή με «σφυράκια» όπως το πιάνο.

Επειδή δεν είναι εύκολο να μεταβληθεί η τάση μιας χορδής ή το πάχος της σε ένα έγχορδο όργανο, μεταβάλλουμε το μήκος της. Στην κιθάρα αυτό γίνεται πιέζοντας με τα δάχτυλα στα μεταλλικά τάστα του μπράτσου και στο βιολί πιέζοντας με το δάχτυλο τη χορδή στο μπράτσο του οργάνου. Με τον τρόπο αυτό από τις τέσσερις χορδές του βιολιού ή τις έξι χορδές της κιθάρας μπορούν να παραχθούν δεκάδες διαφορετικές νότες και συγχορδίες.

Όσον αφορά το πιάνο εντοπίζονται κάποιες διαφορές, επειδή κάθε πλήκτρο του αντιστοιχεί σε μια ξεχωριστή χορδή, οπότε ο ήχος εναλλάσσεται τόσο με τη μεταβολή του μήκους, όσο και του πάχους των χορδών. Για το λόγο αυτό, το πιάνο μπορεί να αποδώσει πολύ βαθύτερες αλλά και πολύ ψηλότερες νότες από μια κιθάρα.

Οι χορδές του πιάνου στηρίζονται με τη βοήθεια του «πνιγείου», ώστε να εξασφαλιστεί η δημιουργία ενός στάσιμου κύματος. Το πιάνο ωστόσο διαθέτει δύο πεντάλ το ένα εκ των οποίων αναστηκώνει το πνιγείο που συγκρατεί τη χορδή με αποτέλεσμα το κύμα που δημιουργείται από το σφυράκι διαδίδεται και η χορδή να πάλλεται ελεύθερα διατηρώντας τον ήχο της για περισσότερο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 5: Μηχανισμός λειτουργίας πεντάλ

Η τάση των χορδών ενός έγχορδου μουσικού οργάνου μπορεί να ρυθμιστεί με τη βοήθεια περιστρεφόμενων κλειδιών, στα οποία τυλίγεται η μία άκρη της χορδής. Η ρύθμιση αυτή ονομάζεται χόρδισμα, ή πιο γνωστό στους περισσότερους κούρδισμα.

Οι Χορδές περνάνε πάνω από την ταστιέρα, όπου ο κιθαρίστας τις πιέζει σε διάφορα σημεία με τα δάκτυλα του ενός χεριού εκτός απ' τον αντίχειρα ώστε να αλλάζει το πώς πάλλονται. Το άλλο χέρι του κιθαρίστα κάνει τις χορδές να πάλλονται. Τα ηχητικά κύματα που παράγονται σπάνια έχουν μεγάλη ένταση, οπότε είναι αναγκαία η ενίσχυσή τους, είτε με φυσικό τρόπο στην περίπτωση των ακουστικών, όπου χρησιμοποιείται ένα αντηχείο για σώμα στην κιθάρα, είτε με ηλεκτρονικό τρόπο στις ηλεκτρικές κιθάρες όπου χρησιμοποιείται ένας ενισχυτής. Ο ενισχυτής λαμβάνει το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται καθώς οι χορδές πάλλονται πάνω από τους μαγνήτες της κιθάρας και το ενισχύει αναλογικά ή ψηφιακά.

Οι βασικές πληροφορίες που αφορούν τα έγχορδα συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Έγχορδα	
Ηχογόνο Σώμα	Χορδή

Οξύτητα	Εξαρτάται από το μήκος και το πάχος της χορδής, το οποίο αυξομειώνεται ανάλογα με το τέντωμα ή το χαλάρωμα της χορδής
Ηχόχρωμα	Εξαρτάται από τον τρόπο παραγωγής ήχου, το σχήμα του ηχείου και το υλικό της κατασκευής

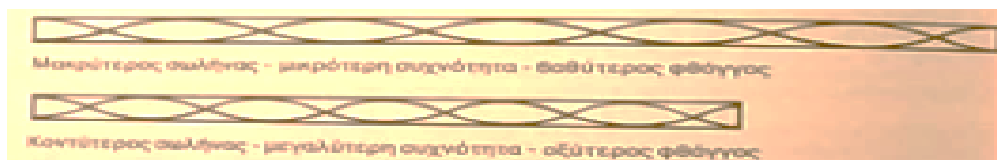
Πίνακας 1: Ιδιότητες έγχορδων οργάνων

Στήλες αέρα

Με τον όρο πνευστά περιγράφονται εκείνα τα μουσικά όργανα στα οποία η παραγωγή ήχου είναι συνέπεια της δόνησης ενός σώματος ή μιας στήλης αέρα. Τα όργανα αυτά διαφέρουν από τα έγχορδα, καθώς δεν διαθέτουν χορδές, αλλά μια στήλη αέρα, η οποία εξαναγκάζεται να πάλλεται και να παράγει ήχους. Αυτή η στήλη αρχίζει να πάλλεται, καθώς τη χτυπάει ένα άλλο ρεύμα αέρα που δημιουργείται συνήθως από το φύσημα του εκτελεστή. Δεν αρκεί όμως το φύσημα μέσα στο σωλήνα για να παραχθεί μουσικός ήχος. Πρέπει το ρεύμα αέρα που βγαίνει κατά την εκπνοή να ταλαντωθεί.

Ως πνευστό όργανο θεωρείται και η ανθρώπινη φωνή.

Στα πνευστά η οξύτητα επηρεάζεται από το μήκος της στήλης του αέρα που πάλλεται. Όσο μακρύτερος είναι ο σωλήνας, τόσο βαθύτερος είναι ο παραγόμενος ήχος και το αντίστροφο. Το ηχόχρωμα καθορίζεται από τον τρόπο παραγωγής του ήχου και από το σχήμα του σωλήνα.



Εικόνα 6: Σχέση μεγέθους και συχνότητας

Η συχνότητα των ήχων εξαρτάται από το μήκος της στήλης και από το αν η στήλη είναι κλειστή και στα δύο άκρα, ανοικτή και στα δύο άκρα ή κλειστή στο ένα και

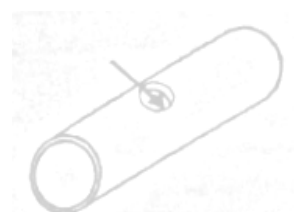
ανοικτή στο άλλο. Στην τελευταία περίπτωση ο ήχος που παράγεται έχει τη μισή συχνότητα από αυτήν των δύο πρώτων και άρα είναι πιο μπάσος. Η ποιότητα του ήχου, όμως, υποβαθμίζεται επειδή αλλάζει η αναλογία των αρμονικών. Το φαινόμενο αυτό βρίσκει εφαρμογή στο εκκλησιαστικό όργανο. Οι βαρύτεροι τόνοι του απαιτούν σωλήνες μήκους 10 μέτρων ανοικτούς και στα δύο άκρα. Αν ο χώρος δεν επαρκεί, τότε χρησιμοποιούνται σωλήνες κλειστοί στη μία πλευρά, οπότε το μήκος μειώνεται στα 5 μέτρα.

Στα πνευστά όργανα «παίζουμε» διάφορες νότες αλλάζοντας το μήκος της στήλης με το άνοιγμα ή κλείσιμο οπών στον κύλινδρο που περιβάλλει τη στήλη του αέρα (φλάουτο – κλαρίνο) ή με το άνοιγμα και κλείσιμο βαλβίδων που συνδέουν με διαφορετικό τρόπο κομμάτια σωλήνα (τρομπέτα). Το φαινόμενο των αρμονικών εμφανίζεται και εδώ με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή παράγονται ήχοι με συχνότητες ακέραια πολλαπλάσια της βασικής.

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΧΟΥ

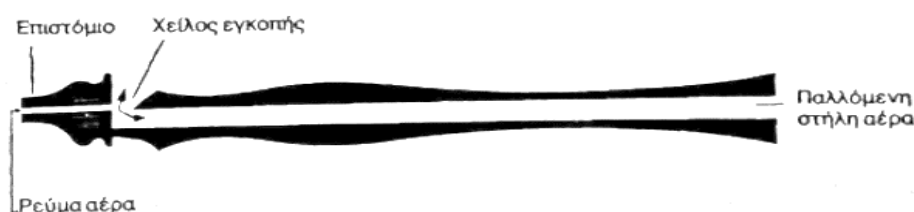
Η διοχέτευση του ρεύματος αέρα στο όργανο γίνεται με διαφορετικούς τρόπους απ' τους οποίους κατηγοριοποιούνται και τα αντίστοιχα όργανα.

- Μέσα από ειδική εγκοπή κατευθείαν από τα χείλη του εκτελεστή. Στην περίπτωση αυτή το ρεύμα πρέπει να κατευθυνθεί με συγκεκριμένη κλίση στο εσωτερικό περιφερειακό άκρο του χείλους της εγκοπής. Καθώς χτυπάει πάνω σε αυτό το σημείο αρχίζει να πάλλεται, μεταδίδει ταλαντώσεις στη στήλη του αέρα που περιέχει ο σωλήνας και την αναγκάζει να πάλλεται κι αυτή.



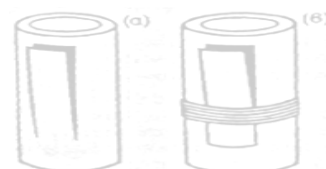
Εικόνα 7: Ειδική εγκοπή

- Με ένα ειδικό επιστόμιο που τοποθετείται στην «κεφαλή» του οργάνου.



Εικόνα 8: Τομή πνευστού με επιστόμιο

- Μέσω μιας απλής γλωττίδας. Η γλωττίδα είναι μια πλάκα από καλάμι, πλαστικό ή άλλο εύκαμπτο υλικό. Καθώς φυσάει ο εκτελεστής, η γλωττίδα πάλλεται και μεταδίδει τις ταλαντώσεις στον εγκλωβισμένο αέρα του σωλήνα.



Εικόνα 9: α) Γλωττίδα που σχίζεται πάνω στο σωλήνα, β) γλωττίδα προσαρμοσμένη στο σωλήνα

- Μέσω διπλής γλωττίδας που αποτελείται από δύο

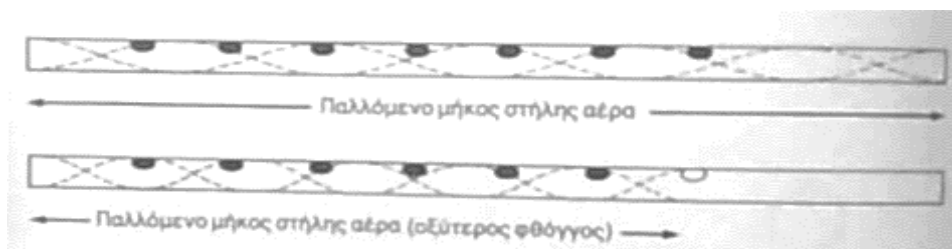


Εικόνα 10: Διπλή γλωττίδα

φλούδες καλαμιού ενωμένες μεταξύ του και προσαρμοσμένες σε ένα επιστόμιο. το ρεύμα του αέρα περνάει ανάμεσα στις δύο αυτές φλούδες και τις αναγκάζει να πάλλονται καθώς συγκρούονται η μία με την άλλη.

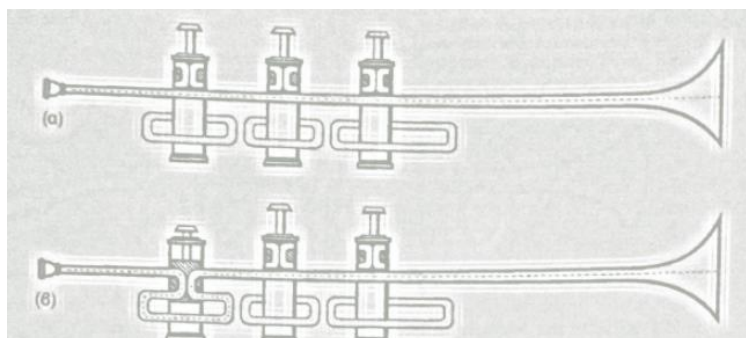
Για να παραχθούν ήχοι διαφορετικής οξύτητας πρέπει να αυξομειωθεί όπως αναφέρθηκε το μήκος της στήλης του αέρα που πάλλεται. Στα ξύλινα πνευστά οι φθόγγοι παράγονται με το άνοιγμα και κλείσιμο των οπών που βρίσκονται πάνω στο σωλήνα των οργάνων.

Όταν όλες οι οπές είναι κλειστές δονείται η αέρινη στήλη σε όλο το μήκος της και παράγεται ο βαθύτερος πιθανός φθόγγος. Καθώς ανοίγονται οι οπές μία – μία πάλλεται όλο και μικρότερο μήκος της αέρινης στήλης και έτσι ο ήχος οξύνεται.



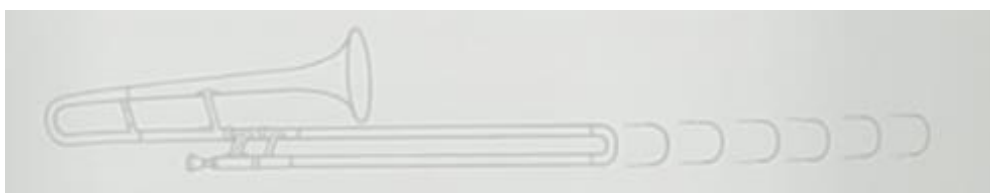
Εικόνα 11: Σχέση μήκους και οξύτητας

Στα πνευστά όπως η τρομπέτα εφαρμόζεται ένα σύστημα βαλβίδων μέσω των οποίων κλείνει ή απελευθερώνεται επιπλέον χώρος στον σωλήνα του οργάνου.



Εικόνα 12: Μηχανισμός λειτουργίας βαλβίδων

Στα χάλκινα αερόφωνα που δε διαθέτουν οπές, όπως το τρομπόνι, η παραγωγή του ήχου προκαλείται από την αυξομείωση του μήκους του σωλήνα και τη μεταβολή της πίεσης των χειλιών του εκτελεστή στο επιστόμιο. Αντί για βαλβίδες ένα τρομπόνι διαθέτει ένα ολισθαίνον τμήμα σε σχήμα U που μετατοπίζεται εμπρός και πίσω.



Εικόνα 13: Μηχανισμός λειτουργίας ολισθέντος τμήματος

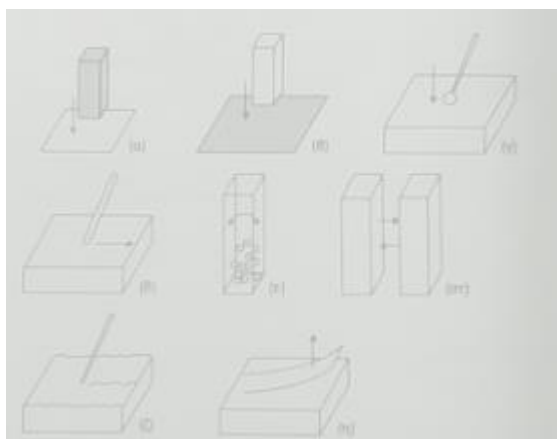
Μεμβρανόφωνα

Σε αυτήν την κατηγορία το ηχογόνο σώμα είναι μία τεντωμένη μεμβράνη πάνω σε ένα ηχείο. Η παλμική κίνησή της προκαλείται με κρούση ή πιο σπάνια με τριβή. Το πιο γνωστό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι τα τύμπανα. Ο ήχος που θα παράγει ένα τέτοιο όργανο εξαρτάται από το πόσο τεντωμένη είναι η μεμβράνη του. Χαλαρή μεμβράνη θα έχει μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης και συνεπώς ο ήχος θα είναι βαθύς και θα διαρκέσει περισσότερο. Πολύ σκληρή και τεντωμένη μεμβράνη συνεπάγεται οξύ και κοφτό ήχο.

Το ηχόχρωμα των μεμβρανόφωνων, που ανήκουν στην οικογένεια των κρουστών, εξαρτάται από τον τρόπο που θα προκληθεί η κίνηση της μεμβράνης (με το χέρι, με μπαγκέτα κλπ.) και από το σχήμα του ηχείου. Όσο μεγαλύτερο και στρογγυλεμένο είναι το σώμα του ηχείου, τόσο περισσότερο ενισχύεται η ένταση των ηχητικών κυμάτων που βρίσκονται στο εσωτερικό του.

Ιδιόφωνα

Τα ιδιόφωνα ανήκουν στην ίδια οικογένεια με τα μεμβρανόφωνα με τη διαφορά ότι το ηχογόνο σώμα δεν είναι κάποια μεμβράνη, αλλά το ίδιο το σώμα του οργάνου. Χωρίζονται σε κατηγορίες με βάση τον τρόπο που προκαλείται η παλμική κίνηση του σώματος, όπως η κρούση, η τριβή, το ξύσιμο, η δόνηση κ.ά.



Εικόνα 14: Τρόποι που μπορεί να παραχθεί ήχος από ιδιόφωνα όργανα

Ακουστική Θεάτρων

Από τα αρχαία χρόνια οι άνθρωποι είχαν κατανοήσει τη σημασία της ακουστικής του χώρου. Η δομή των αρχαίων θεάτρων διατηρήθηκε με μικρές αλλαγές μέχρι και σήμερα και βρίσκεται στα μεγαλύτερα θέατρα του κόσμου.

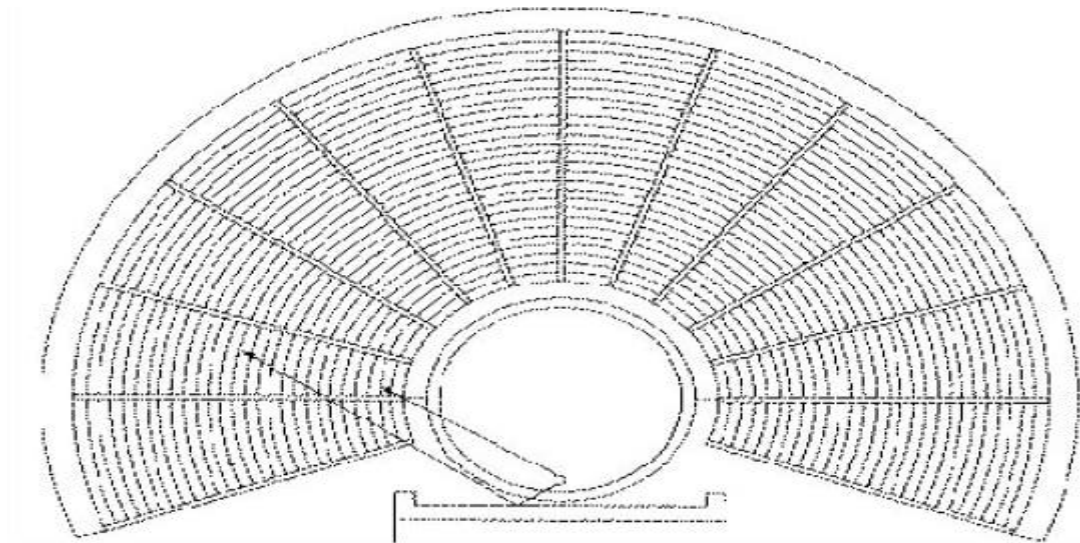
Τρία στοιχεία συνθέτουν το αρχαίο ελληνικό θέατρο, η ορχήστρα, το κοίλο και η σκηνή.

Ο κύκλος της ορχήστρας αποτελεί τον πυρήνα της μορφής του αρχαίου ελληνικού θεάτρου. Είτε πρόκειται για κύκλο χορευτών, είτε πρόκειται για κύκλο χορωδών, ο κύκλος αποτελεί το βέλτιστο σχήμα για να μπορεί να βλέπει και να ακούει άνετα ένας μεγαλύτερος αριθμός θεατών. Ακόμη περισσότερο ο κύκλος αποτελεί το φυσικό σχήμα που δημιουργείται και σήμερα γύρω από έναν ομιλητή.

Το κοίλον του θεάτρου, δηλαδή το ίδιο το θέατρο, αναπτύχθηκε αρχικά με τη βοήθεια ξύλινων κατασκευών. Η κυκλική διάταξη σε συνδυασμό με τη μεγάλη

υπερύψωση μεταξύ σειρών καθισμάτων δίνει τον ζητούμενο συνδυασμό απρόσκοπτης θέας και ακρόασης.

Αντίθετα με τον κύκλο της ορχήστρας και του κοίλου η ευθεία αποτελεί το βασικό σχήμα της σκηνής. Σημαντικό για τη σωστή κατανομή του ήχου στο χώρο είναι θέση ως προς την ορχήστρα και την απόσταση από αυτή. Διαμορφώθηκε ως ένα διώροφο κτίσμα στην εφαπτομένη του κύκλου της ορχήστρας, με το οποίο κλείνει η μία πλευρά του θεάτρου.



Εικόνα 15: Οι ανακλάσεις του ήχου της ορχήστρας και της σκηνής καλύπτουν την ακουστική όλου του θεάτρου

Συμπέρασμα

Τον πρώτο αιώνα της σύγχρονης ζωής της, τον 20^ο, η επιστήμη της ακουστικής απέσπασε πολλά στοιχεία από το αρχαίο ελληνικό θέατρο. Η κυματική φυσική, οι ταλαντώσεις και η τριβή βρίσκουν εφαρμογή στη λειτουργία όλων των μουσικών οργάνων και αποτελούν θεμέλιο αυτής. Η εξέλιξη της επιστήμης συνδέεται άρρηκτα με την εξέλιξη της τέχνης της μουσικής και της λειτουργίας των μουσικών οργάνων.

Βιβλιογραφία

1. «Εισαγωγή στην οργανογνωσία», Έφης Αβέρωφ, ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΝΑΚΑΣ
Μουσικός Οίκος, Όγδοη Έκδοση
2. <https://www.secnews.gr/113163/physics-of-music/>
3. https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=NWZ8CgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT20&dq=physics+in+music&ots=8u1gHenWV&sig=mzi8BCFj9_S2xNQzMp99jYAWH8s&redir_esc=y#v=onepage&q=physics%20in%20music&f=false The physics of music, Alexander Wood
4. http://mycourses.ntua.gr/courses/METAL1010/document/%C4%C9%C1%D6%C1%CD%C5%C9%C5%D3/%C5%C9%D3%C1%C3%D9%C3%C7%D3%D4%C7%CD_%CA%D5%CC%C1%D4%C9%CA%C7_%C1%CA%CF%D5%D3%D4%C9%CA%C7.pdf
5. <http://history-of-macedonia.com/2010/05/10/arxaia-theatra-eksairetiki-akoustiki/>
6. <http://users.uoa.gr/~hspyridis/prolegomenafma.pdf>
7. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE>
8. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE>
9. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE