

# ΔΙΥ-ΦΤΙΑΧΝΟΥΜΕ ΤΑ ΔΙΚΑ ΜΑΣ ΜΟΥΣΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Εκπαιδευτικό υλικό σε  
ηλεκτρονική μορφή, για  
εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας  
και Δευτεροβάθμιας  
Εκπαίδευσης

## Συγγραφείς

Άρης Δρουκόπουλος, Θάλεια Ιωαννίδου,  
Γιάννης Κοτσώνης, Τζελίνα Πάλλα

Αθήνα, 2020

1<sup>η</sup> έκδοση

ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΜΕ ΤΗ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

**ONASSIS  
STEGI**

inter<sup>faces</sup>



Με συγχρηματοδότηση από το  
πρόγραμμα «Δημιουργική Ευρώπη»  
της Ευρωπαϊκής Ένωσης

#### ΣΤΕΓΗ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΩΝΑΣΗ

Η Στέγη του Ιδρύματος Ωνάση ([www.onassis.org](http://www.onassis.org)) είναι ένας χώρος πολιτισμού στην Αθήνα, που φιλοξενεί εκδηλώσεις και δράσεις σε όλο το φάσμα των τεχνών, τεχνών, από το θέατρο, τον χορό, τη μουσική, τον κινηματογράφο και τα εικαστικά έως τα γράμματα, με μια έμφαση στη σύγχρονη καλλιτεχνική έκφραση, στην υποστήριξη Ελλήνων καλλιτεχνών, στην καλλιέργεια διεθνών συνεργασιών και στην εκπαίδευση ανθρώπων κάθε ηλικίας, μέσω της διά βίου μάθησης. Επιπλέον, σε ετήσια βάση, προγραμματίζει και συντονίζει διεθνείς περιοδείες και ανταλλαγές για τις παραγωγές της Στέγης και προάγει την ευαισθητοποίηση και την αλληλεπίδραση μεταξύ των επιστημών, της καινοτομίας και των τεχνών. Η Στέγη είναι τμήμα του Ιδρύματος Ωνάση και εγκαινιάστηκε επίσημα τον Δεκέμβριο του 2010.

#### ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Τα Εκπαιδευτικά Προγράμματα της Στέγης του Ιδρύματος Ωνάση απευθύνονται σε σχολεία, οικογένειες, εφήβους, ενήλικες, εκπαιδευτικούς, καλλιτέχνες, άτομα με αναπηρία, ανθρώπους άνω των 65 ετών. Ο βασικός τους στόχος είναι να φέρουν τη σύγχρονη τέχνη πιο κοντά στις καθημερινές ζωές των ανθρώπων. Κάθε χρόνο, τα εκπαιδευτικά προγράμματα έχουν διαφορετικές θεματικές. Καλύπτουν όλες τις τέχνες που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα της Στέγης, όπως θέατρο, χορό, μουσική, εικαστικά και νέα μέσα. Μάλιστα, πολλά από αυτά τα προγράμματα είναι διαθεματικά. Τα προγράμματα συνδέονται με τον καλλιτεχνικό προγραμματισμό της Στέγης και δημιουργούν συνδέσεις με τους άλλους τομείς του Πυλώνα Παιδείας του Ιδρύματος Ωνάση (Ωνάσειος Βιβλιοθήκη, Ειδική Αγωγή, Αρχείο Καβάφη).

#### INTERFACES

Το Interfaces ([www.interfacesnetwork.eu](http://www.interfacesnetwork.eu)) είναι ένα διεθνές, διαθεματικό πρόγραμμα που αποσκοπεί να φέρει τη σύγχρονη μουσική σε ένα ευρύ φάσμα νέων ακροατών. Το Interfaces είναι μια πρωτοβουλία της Στέγης του Ιδρύματος Ωνάση, με τη στήριξη του προγράμματος «Δημιουργική Ευρώπη» της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο οποίο συμμετέχουν εννέα συνεργαζόμενοι φορείς από οκτώ ευρωπαϊκές χώρες, με στόχο να καταστήσουν δημοφιλή τη σύγχρονη μουσική στην Ευρώπη. Πρόκειται για μια συνεργασία οργανισμών από ένα μεγάλο φάσμα ευρωπαϊκών χωρών, οι οποίοι διαθέτουν ευρύτατη εμπειρία σε πεδία όπως η μουσική ερμηνεία, οι πολυμεσικές εκθέσεις, τα νέα μέσα, η ακουστική και ηλεκτροακουστική έρευνα και η εκπαίδευση. Αυτή η διατομεακή προσέγγιση έχει θεμελιώδη σημασία για το άνοιγμα νέων προοπτικών τόσο στη δημιουργική διάσταση του προγράμματος όσο και στον αντικειμενικό στόχο του, που είναι η σύνδεση νέων κοινών από κάθε ηλικία και εκείνων των δυνητικών τμημάτων του κοινού που, για διάφορους δημογραφικούς ή πολιτιστικούς λόγους, δεν είχαν μέχρι σήμερα την ευκαιρία να γνωρίσουν τη μουσική της εποχής μας.

ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΟΥΝΙΟ ΤΟΥ 2016 ΕΩΣ  
ΤΟΝ ΑΥΓΟΥΣΤΟ ΤΟΥ 2020 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ  
INTERFACES ΥΛΟΠΟΙΗΣΕ ΕΝΑ ΠΟΛΥ  
ΕΥΡΥ ΦΑΣΜΑ ΔΡΑΣΕΩΝ, ΟΠΩΣ:

- Καινούρια ερμηνευτικά σχήματα, σε νέους, πρωτοποριακούς χώρους και με διαθεματικές καλλιτεχνικές προσεγγίσεις, με τη χρήση νέων μέσων για τη δημιουργία και τη διάδοση.
- Εκπαιδευτικές δραστηριότητες, μεταξύ άλλων με σωματικές προσεγγίσεις και πρωτοποριακές onlάν εφαρμογές.
- Έρευνα & συνέδρια.
- Καλλιτεχνικές φιλοξενίες (residencies).

Τον συντονισμό του δικτύου Interfaces έχει η Στέγη του Ιδρύματος Ωνάση, σε συνεργασία με τους οργανισμούς De Montfort University (Ηνωμένο Βασίλειο), European University Cyprus | EUC (Κύπρος), IRCAM (Γαλλία), ZKM | Centre for Art & Media (Γερμανία), CREMAC (Ρουμανία), Q-02 (Βέλγιο), Ictus (Βέλγιο), Klangforum Wien (Αυστρία).

Συγχρηματοδοτείται από το πρόγραμμα «Δημιουργική Ευρώπη» της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

## DIY-ΦΤΙΑΧΝΟΥΜΕ ΤΑ ΔΙΚΑ ΜΑΣ ΜΟΥΣΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Εκπαιδευτικό υλικό σε ηλεκτρονική μορφή,  
για εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας  
και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Όταν οι άλλοι βλέπουν μόνο καλώδια, τσιπάκια και αλουμινόχαρτο, εσείς δείτε την ευκαιρία για πειραματική μουσική μέσα στην τάξη σας.

Το εκπαιδευτικό υλικό «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα» αποτελεί έναν πρακτικό οδηγό, με αναλυτικές οδηγίες, παραδείγματα και ασκήσεις για εκπαιδευτικούς που επιθυμούν να πειραματιστούν με DIY κατασκευές και διαφορετικούς τρόπους μουσικής δημιουργίας στη σχολική τάξη.

Έχοντας ως πυξίδα το παρεχόμενο οπτικοακουστικό υλικό, εκπαιδευτικοί και μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν μαζί παράδοξα μουσικά όργανα χρησιμοποιώντας υλικά όπως μπαλόνια και αλουμινόχαρτο, μαζί με τσιπάκια, καλώδια και αντιστάσεις. Στο εγχειρίδιο, εκτός από τις σαφείς οδηγίες για την κατασκευή των μουσικών οργάνων, συμπεριλαμβάνονται γενικές αρχές φυσικής για τον ήχο και τον ηλεκτρισμό, που σχετίζονται με τη λειτουργία των οργάνων, οδηγίες για παιχνίδια και αυτοσχεδιασμούς, αλλά και προτάσεις για μικρές ηχητικές συνθέσεις. Ετοιμαστείτε για ένα ασυνήθιστο ταξίδι στον συναρπαστικό κόσμο των ήχων και της μουσικής, μέσα από την τέχνη και την επιστήμη.

### **ΑΠΕΥΘΥΝΕΤΑΙ ΣΕ**

Εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας  
και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Το εκπαιδευτικό υλικό θα αναρτηθεί στο [onassis.org](http://onassis.org) τον Δεκέμβριο του 2020. Εκπαιδευτικοί και μαθητές δεν είναι απαραίτητο να έχουν προηγούμενες γνώσεις μουσικής ή ηλεκτρονικών.

### **ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ & ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ**

Άρης Δρουκόπουλος, Τεχνικός ήχου, κατασκευαστής ηλεκτρονικών συσκευών ήχου/ηχείων  
Θάλεια Ιωαννίδου, Μουσικός, sound artist  
Γιάννης Κοτσώνης, Μουσικός, sound artist  
Τζελίνα Πάλλα, Μουσικός/sound artist, εικαστικός/εκπαιδευτικός

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να αναγνωρίσουν τη συνεισφορά του Στράτου Μπιλάκη, συνθέτη-sound artist, ο οποίος ήταν μέλος της ομάδας εκπαιδευτών των εργαστηρίων «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα», την περίοδο 2018-2019.

## DIY-ΦΤΙΑΧΝΟΥΜΕ ΤΑ ΔΙΚΑ ΜΑΣ ΜΟΥΣΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

«Μουσική είναι ολόκληρο το σύμπαν που ηχεί. Είμαστε όλοι ταυτόχρονα ακροατές, ερμηνευτές και συνθέτες της παγκόσμιας συμφωνίας.»

R. Murray Schafer



Εικόνα θ.01. Στιγμιότυπο από εργαστήριο στο 21ο Δημοτικό Σχολείο Αθήνας «Λέλα Καραγιάννη» (2018-19). Τα παιδιά πειραματίζονται με αυτοσχέδια μουσικά όργανα που κατασκεύασαν.

Όταν αναφερόμαστε στη μουσική, συνήθως έχουμε στο μυαλό μας κάποιο κομμάτι εκτελεσμένο με μουσικά όργανα, με ή χωρίς τη συνοδεία φωνής. Τα είδη της μουσικής είναι πολλά, πληθαίνουν συνεχώς και εναλλάσσονται ακολουθώντας την εξέλιξη του ανθρώπου. Όλα τα παλαιότερα είδη συνεχίζουν να ζουν μέσα από μουσικούς και ακροατές, μαζί με τη σύγχρονη μουσική. Όμως, μουσική δεν είναι μόνο αυτό...

Οι μεγάλες αλλαγές που συντελέστηκαν τον 19ο και τον 20ό αιώνα πυροδότησαν μια μουσική κοσμογονία. Η εξάπλωση του ηλεκτρισμού, μετά τη βιομηχανική επανάσταση και την εντατική χρήση των μηχανών και, στη συνέχεια, η τεχνολογία των ηλεκτρονικών και οι υπολογιστές συνέβαλαν στην αλλαγή της αντίληψής μας για τον ήχο και τη μουσική. Τα νέα μέσα δημιούργησαν χώρο ελευθερίας για την ανάπτυξη της μουσικής προς πολλές καινούριες κατευθύνσεις. Σταδιακά, προέκυψαν μουσικά όργανα με νέα τεχνολογία, διαφορετικές δυνατότητες και καινούριο ήχο. Παράλληλα, μια νέα μουσική εξελίχθηκε από έρευνα και πειραματισμό σε διάφορα πεδία, από σημαντικούς καλλιτέχνες όπως οι Luigi Russolo, John Cage, Pierre Schaeffer, Karlheinz Stockhausen, Edgard Varèse, Ιάννης Ξενάκης, Reed Ghazala, Peter Vogel και πολλοί άλλοι. Μέσα από αναζητήσεις για τη φύση του ήχου, τις ιδιότητες του χώρου και των υλικών, τις ηχογραφήσεις περιβαλλόντων, τον ηλεκτρικό ήχο, τις νέες τεχνολογίες και τη σχέση του ήχου με την εικόνα, η μουσική επεκτάθηκε. Μαζί με τα νέα μουσικά όργανα και τα ηχητικά αντικείμενα, προέκυψαν και νέες μουσικές

φόρμες: η ηλεκτροακουστική μουσική<sup>1</sup>, η ηχητική τέχνη<sup>2</sup> (sound art), το ηχοτοπίο<sup>3</sup> (soundscape), η ηχητική εγκατάσταση<sup>4</sup>, το ηχητικό γλυπτό<sup>5</sup> κ.ά.

Στην εποχή μας, πολλοί καλλιτέχνες σε όλο τον κόσμο συνεχίζουν να εξερευνούν τον ήχο, αξιοποιώντας την τεχνολογία και την επιστημονική έρευνα στην πειραματική μουσική, με αυτοσχέδιες κατασκευές και ηχητικά αντικείμενα, συνδυάζοντας ηλεκτρονικά κυκλώματα και ανακυκλωμένα υλικά. Στο καλλιτεχνικό τους έργο, ο ήχος συνυπάρχει με στοιχεία από τις εικαστικές και τις παραστατικές τέχνες. Σε ατομικά έργα, συνεργασίες καλλιτεχνών και ομαδικές εκπαιδευτικές δράσεις, υιοθετούνται συχνά πρακτικές από τα κινήματα DIY<sup>6</sup>, DIWO<sup>7</sup> και Maker culture<sup>8</sup>. Σε αυτό το πλαίσιο εργάζεται και ο John Richards<sup>9</sup>, το έργο του οποίου αποτέλεσε την αφετηρία για το εκπαιδευτικό υλικό «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα».

Με αυτό το σκεπτικό, σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν τα δύο εκπαιδευτικά προγράμματα «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα», στη Στέγη του Ιδρύματος Ωνάση. Τα εργαστήρια είχαν διμηνη διάρκεια το καθένα και πραγματοποιήθηκαν σε οκτώ δημόσια σχολεία της Αθήνας, από το 2018 έως το 2020. Η ομάδα των καλλιτεχνών και των εκπαιδευτικών, η οποία τα υλοποίησε, κατέγραψε και οργάνωσε το περιεχόμενο των εργαστηρίων στο εγχειρίδιο αυτό, όπως διαμορφώθηκε μέσα από την εμπειρία στην τάξη.

Το εκπαιδευτικό υλικό έχει στόχο τη μύηση των παιδιών στον συναρπαστικό κόσμο των ήχων και της πειραματικής μουσικής, μέσα από την τέχνη και την τεχνολογία, χωρίς να απαιτεί από αυτά προηγούμενες γνώσεις μουσικής και οργάνων. Τα παιδιά προσκαλούνται να συμμετάσχουν ενεργά σε συζητήσεις, βιωματικές δραστηριότητες κατανόησης εννοιών, κατασκευές DIY μουσικών οργάνων και αυθόρμητες ή δομημένες αυτοσχεδιαστικές ηχητικές συνθέσεις. Μέσα από την εμπειρία αυτή, τα παιδιά έχουν την ευκαιρία να αποκτήσουν, να εμπλουτίσουν ή να αξιοποιήσουν γνώσεις σε αντικείμενα όπως η Φυσική (ήχος, ηλεκτρισμός, ηλεκτρονικά), η Μουσική (συχνότητες, ρυθμός, αυτοσχέδιασμός κ.ά.), τα Εικαστικά (μορφικά στοιχεία, σχέδιο, κατασκευές κ.ά.) και η Τεχνολογία (κυκλώματα, αισθητήρες, συνδέσεις κ.ά.). Ζητούμενα του προγράμματος είναι η δοκιμή, ο πειραματισμός, ο αυτοσχεδιασμός, η κατανόηση των πολλαπλών δυνατοτήτων που δίνει

<sup>1</sup> Είδος σύγχρονης μουσικής, που αναπτύχθηκε μετά τα μέσα του 20ού αιώνα, στο οποίο οι συνθέτες χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό και τεχνολογία για να επεξεργαστούν και να αλλοιώσουν τη χροιά ήχων από ακουστικά όργανα και άλλα ηχητικά αντικείμενα.

<sup>2</sup> Είδος πειραματικής μουσικής, που χρησιμοποιεί τον ήχο ως πρωταρχικό μέσο.

<sup>3</sup> Ηχοτοπίο, στη μουσική, μπορεί να είναι μια ηχογράφηση ή ηχητική περφόρμανς που δημιουργεί στον ακροατή την αίσθηση ενός συγκεκριμένου ηχητικού περιβάλλοντος.

<sup>4</sup> Βλ. Ενότητα 3, σελ. 16.

<sup>5</sup> Βλ. Ενότητα 3, σελ. 16.

<sup>6</sup> Do It Yourself, δηλαδή φτιάξ' το μόνος σου.

<sup>7</sup> Do It With Others, δηλαδή φτιάξ' το μαζί με άλλους.

<sup>8</sup> Σύγχρονο κίνημα κατασκευών, που αποτελεί συνέχεια του παλαιότερου DIY στην ψηφιακή εποχή και το οποίο χρησιμοποιεί νέες τεχνολογικές δυνατότητες κατασκευής, όπως τη ρομποτική, το 3D printing, την κοπή με λέιζερ κ.ά.

<sup>9</sup> Ο John Richards είναι μουσικός, καθηγητής του Πανεπιστημίου De Montfort, στο Λέστερ της Μεγάλης Βρετανίας, και επικεφαλής του πρότζεκτ Dirty Electronics.

ο συνδυασμός τέχνης και τεχνολογίας και η ενδυνάμωση των παιδιών μέσα από εφικτούς στόχους, με απροσδόκητο αλλά αξιόλογο αποτέλεσμα. Σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό είχαν ακόμα η προώθηση της παρατήρησης και της ενεργούς ακρόασης, η τροφοδότηση με σημαντικά μουσικά παραδείγματα, η ανάπτυξη κριτικής σκέψης και δεξιοτήτων και η συνδυαστική γνώση. Οι δραστηριότητες παρακινούν τη συνεργασία και την ανάληψη ρόλων στην ομάδα και, πάνω από όλα, προσφέρουν στα παιδιά ψυχαγωγία και ικανοποίηση, μέσα από την καλλιτεχνική δημιουργία.

Τα εργαστήρια αναπτύχθηκαν σε 7 τρίωρες συναντήσεις στα σχολεία και ολοκληρώθηκαν με μια τελική παρουσίαση για το κοινό. Ωστόσο, το εκπαιδευτικό υλικό είναι ποικίλο και ευρύ και προσφέρεται για διαφορετικές προσεγγίσεις. Συνδέεται με γνωστικά αντικείμενα του σχολείου (Φυσική, Μουσική, Τεχνολογία, Εικαστικά), καθώς και με την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση (ανακύκλωση, upcycling, ακουστική οικολογία). Το περιεχόμενο μπορεί να αξιοποιηθεί τμηματικά, με την επιλογή μεμονωμένων κατασκευών ή δραστηριοτήτων στο πλαίσιο συγκεκριμένου μαθήματος/προγράμματος, ή να αναπτυχθεί σε μεγαλύτερη διάρκεια, ακόμα και σε μία ολόκληρη σχολική χρονιά.

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε σε τμήματα τελευταίων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου και της Α' Γυμνασίου, αλλά θα μπορούσε να ενδιαφέρει και παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας. Τα μεγαλύτερα παιδιά μπορούν να χειριστούν με υπευθυνότητα και ασφάλεια όλα τα εργαλεία και τα υλικά και να δοκιμάσουν τις πιο απαιτητικές από τις προτεινόμενες κατασκευές. Έχοντας περισσότερες γνώσεις και δεξιότητες, μπορούν να φανταστούν παραλλαγές και προεκτάσεις στις κατασκευές, να εξελίξουν τους τρόπους παιξίματος των αυτοσχέδιων οργάνων και τους αυτοσχεδιασμούς που προτείνονται.



Εικόνα 0.02. Μαθητές από το 21ο Δημοτικό Σχολείο Αθήνας «Λέλα Καραγιάννη» φωτογραφίζονται, με τα αυτοσχέδια μουσικά όργανα που κατασκεύασαν κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου, στην παρουσίαση που έγινε στη Στέγη του Ιδρύματος Ονάση τον Μάιο του 2019.

## ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Το εκπαιδευτικό υλικό αποτελείται από έξι ενότητες. Οι ενότητες 1 έως 5 περιέχουν βασική θεωρία και οδηγίες για απλές και πιο σύνθετες κατασκευές αυτοσχέδιων μουσικών οργάνων, μαζί με ασκήσεις και δραστηριότητες. Η τελευταία ενότητα (Ενότητα 6) είναι εξ ολοκλήρου αφιερωμένη στις δυνατότητες που προσφέρουν τα αυτοσχέδια μουσικά όργανα και σε τρόπους παιξίματος με τους οποίους μπορούν να δοκιμαστούν. Περιέχει προτάσεις για δοκιμές και τρόπους παιξίματος, μαζί με ιδέες για πιθανές παρουσιάσεις σε παραστάσεις ή άλλα σχολικά δρώμενα.

Κάθε ενότητα (1-6) του εγχειριδίου «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα» περιέχει ποικίλο υλικό το οποίο είναι οργανωμένο σε κατηγορίες-υποενότητες, κωδικοποιημένες με σύμβολα, ώστε να είναι εύκολα προσβάσιμες:



**ΓΝΩΡΙΣΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ:** Βασικές θεωρητικές γνώσεις που αφορούν τη συγκεκριμένη ενότητα, σε συνδυασμό με προτάσεις για συζητήσεις και δραστηριότητες κατανόησης εννοιών.



**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ:** Ασκήσεις και παιχνίδια για την κατανόηση των θεωρητικών εννοιών.



**ΣΥΖΗΤΗΣΕΙΣ:** Ερωτήματα για ανοιχτές συζητήσεις στην τάξη πάνω στη θεματική της ενότητας. Τα παιδιά σχολιάζουν τα ζητήματα, μιλούν για τις εμπειρίες και λένε τις απόψεις τους.



**ΦΤΙΑΧΝΩ:** Αναλυτικές οδηγίες, υλικά και παραδείγματα για την κατασκευή οργάνων, τα οποία συνδυάζουν ηλεκτρονικά στοιχεία και κυκλώματα με ανακυκλωμένα αντικείμενα.



**ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ:** Παραδείγματα – ηχητικό υλικό και βίντεο – σχετικά με το θέμα κάθε ενότητας, τα οποία μπορούν να ακουστούν ή να προβληθούν στην τάξη και να σχολιαστούν από μαθητές και εκπαιδευτικούς. Η επιλογή τους έχει γίνει με το σκεπτικό να παρουσιάσουν αντιπροσωπευτικά έργα και πειραματισμοί σημαντικών δημιουργών του 20ού και 21ου αιώνα, ώστε να καλλιεργηθεί το αισθητικό κριτήριο και να γίνουν αντιληπτές οι δυνατότητες αξιοποίησης των οργάνων. Κάποια από τα παραδείγματα αυτά είναι πρωτότυπο υλικό από την ομάδα των συντελεστών, ενώ υπάρχουν και παραδείγματα από την εφαρμογή του προγράμματος στα σχολεία.



**ΠΑΙΣΩ:** Προτάσεις για πειραματισμούς, ατομικά και ομαδικά παιχνίδια με τα αυτοσχέδια όργανα και ασκήσεις αυτοσχεδιασμού με αναλυτικές οδηγίες.

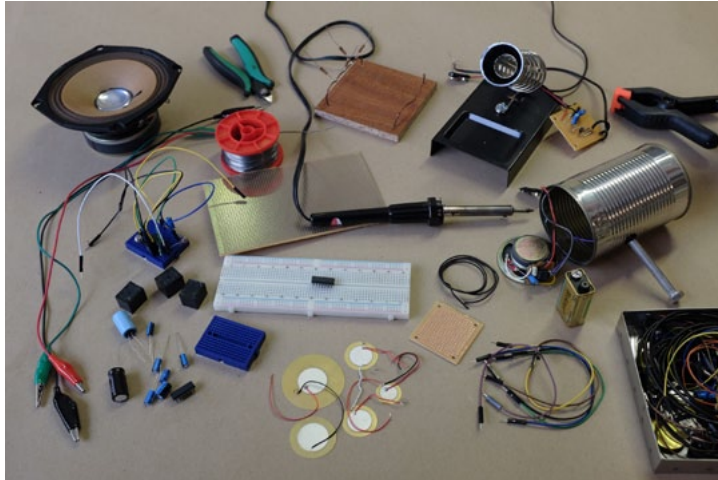


**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:** Εξειδικευμένες παρατηρήσεις για τη συγκεκριμένη ενότητα.



**ΥΛΙΚΑ:** Αναλυτικός κατάλογος απαραίτητων υλικών για τις κατασκευές κάθε ενότητας.

## ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ



Εικόνα θ.03. Απαραίτητα εργαλεία και υλικά για το πρόγραμμα «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα».

Για την υλοποίηση των εργαστηρίων απαιτείται προετοιμασία, που περιλαμβάνει τη συγκέντρωση βασικών εργαλείων και ανακυκλωμένων υλικών, την έρευνα αγοράς σε ειδικά καταστήματα ηλεκτρονικών (φυσικά ή διαδικτυακά) και την προμήθεια ηλεκτρονικών στοιχείων για τα κυκλώματα. Ιδανικά, χρειάζεται να βρεθεί μια αίθουσα που θα μπορεί να φιλοξενήσει τις κατασκευές και τις δράσεις, με δυνατότητα ασφαλούς αποθήκευσης των υλικών –κάποια από τα οποία είναι ευαίσθητα– και με αρκετό ελεύθερο χώρο για την πραγματοποίηση των δράσεων. Σημαντικό είναι επίσης να υπάρχει υπολογιστής με μεγάλη οθόνη ή προτζέκτορας/διαδραστικός πίνακας. Πολύ χρήσιμο θα είναι να υπάρχει στην αίθουσα ένα ζευγάρι ηχείων καλής ποιότητας, για να ακούγονται οι σημαντικές λεπτομέρειες των ήχων στα παραδείγματα. Τα επιμέρους απαραίτητα υλικά για τις κατασκευές παρουσιάζονται στις υποενότητες Υλικά της κάθε ενότητας, πριν από τις οδηγίες κατασκευής.

### Γενικός εξοπλισμός τάξης:

- Θρανία-πάγκοι ή τραπέζια εργασίας
- Πίνακας για σημειώσεις
- Παροχή ρεύματος και πολύπριζα
- Η/Υ και μεγάλη οθόνη/προτζέκτορας/διαδραστικός πίνακας
- Ηχεία υπολογιστή ή άλλο ηχοσύστημα, ενώ θα χρειαστούν και μικρά αυτοεπισχυόμενα ηχεία (τύπου bluetooth) με είσοδο jack
- Συσκευή ηχογράφησης/recorder ή συσκευή κινητού τηλεφώνου/tablet
- Κάμερα/συσκευή κινητού τηλεφώνου/tablet
- Χώροι αποθήκευσης (ντουλάπα, βιβλιοθήκη ή κουτιά)
- Εργαλεία και υλικά όπως κολλητήρι με βάση, καλάι, πένσα, κόφτης, σφυράκι (και προαιρετικά απογυμνωτής καλωδίων), πολύμετρο, πιστόλι θερμής σιλικόνης, κοπίδι, μονωτική ταινία, χαρτοταινία, γραφική ύλη (μολύβια, στυλό, μαρκαδόροι, κόλλες A4).

Πριν πραγματοποιήσετε το εργαστήριο, θα είναι χρήσιμο να έχετε συλλέξει διάφορα υλικά από συσκευασίες που υπάρχουν σε κάθε σπίτι, όπως κονσέρβες, πλαστικά δοχεία από γιαούρτι, ποτήρια μίας χρήσης, κυλίνδρους από χαρτόνι, καπάκια από βάζα, κουτιά από διάφορα υλικά (χαρτόνι, μέταλλο, ξύλο) σε ποικιλία μεγεθών και σχημάτων.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

13      1. Ήχος και μουσικά όργανα

29      2. Ήχος και ηλεκτρισμός

50      3. Χρόνος και ρυθμός:  
Ηλεκτρικό τριζόνι με ρελέ

67      4. Μικρόφωνα επαφής & ενίσχυση ήχου

83      5. Βουτιά στα ηλεκτρονικά κυκλώματα:  
Breadboard

97      6. Μίξη και οργάνωση των ήχων:  
Παρουσίαση

108     Παρατηρήσεις

112     Βιβλιογραφία

113     Πηγές Οπτικοακουστικού Υλικού

## 1. ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΜΟΥΣΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Στο πρώτο μας εργαστήριο, καταλαβαίνουμε τι είναι ο ήχος και ποια είναι τα χαρακτηριστικά του. Μιλάμε για τη μουσική και τη λογική πίσω από τα μουσικά όργανα.



Εικόνα 1.01. Διάφορα υλικά από την ανακύκλωση και μουσικά όργανα με απλή λειτουργία: ντέφι, τύμπανα, βιμπράτονο, καλίμπα.

### **Υ**

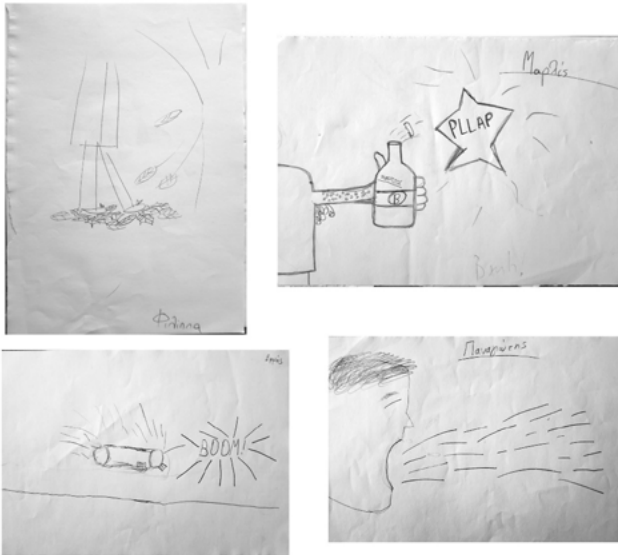
#### **ΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ**

- Χαρτί A4, μολύβια και μαρκαδόροι.
- Κουτιά (σε μεγέθη που να μπορούν να κρατηθούν στο χέρι και σχετικά άκαμπτα), από συσκευασίες ή δώρα.
- Λαστιχάκια σε διάφορα μεγέθη.
- Καλαμάκια για σουβλάκια με κομμένη την άκρη, για να μην είναι επικίνδυνα.
- Στρογγυλά καπάκια από βάζα.
- Πλαστικά ποτήρια.
- Όσπρια, ρύζι, χοντρό αλάτι.
- Μεταλλικοί δίσκοι, γυάλινα βάζα ή επιφάνειες από οποιοδήποτε υλικό, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ήχου.
- Όργανα με πολύ απλή λειτουργία, όπως βιμπράτονο, καλίμπα, τύμπανο, μαράκες, ντέφι, τυμπανάκια, τρίγωνο ή ό,τι παρόμοιο έχουμε διαθέσιμο.

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΓΝΩΡΙΜΙΑΣ<sup>10</sup>

### 1.1. Όνομα και ήχος

Κάθε παιδί λέει το όνομά του και κάνει έναν ήχο που του αρέσει, όπως νομίζει, για παράδειγμα με το στόμα του, το σώμα του ή με κάποιο αντικείμενο. Στη συνέχεια, ζητάμε από τα παιδιά να ζωγραφίσουν σε χαρτί τον ήχο τους.



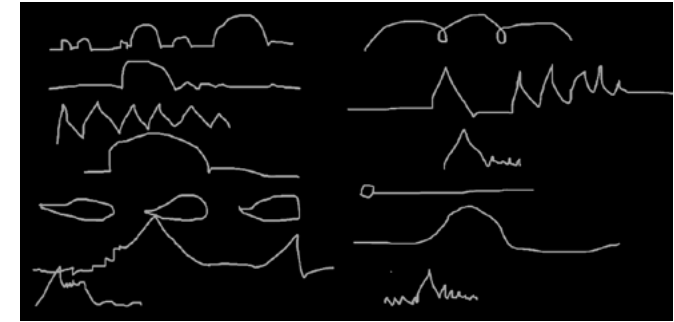
Εικόνα 1.02. Παραδείγματα ζωγραφιών που αναπαριστούν τους ήχους των παιδιών, από το παιχνίδι «Όνομα και ήχος» (3ο Δημοτικό Σχολείο Γαλατσίου, Φεβρουάριος 2020).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όλοι μαζί βλέπουμε πώς αποτύπωσε το κάθε παιδί τον ήχο που έκανε και συζητάμε για τον τρόπο που συμβολίστηκε ο κάθε ήχος. Βλέπουμε την πηγή του ήχου στο σχέδιο; Σκεφτόμαστε κάποια άλλη δράση που έχει παρόμοιο ήχο με τον δικό μας; Χρησιμοποιήσαμε κάποιο ιδιαίτερο σύμβολο ή χρώμα;

### 1.2. Ήχος και γραμμές

Ζωγραφίζουμε ξανά τον κάθε ήχο, αυτή τη φορά αποκλειστικά με γραμμές, σχήματα ή και χρώματα, δηλαδή με πιο αφηρημένο τρόπο από πριν. Το κάθε παιδί ζωγραφίζει στον πίνακα έναν ήχο.



Εικόνα 1.03. Παραδείγματα γραμμών που αναπαριστούν τους ήχους των παιδιών για την άσκηση (3ο Δημοτικό Σχολείο Γαλατσίου, Φεβρουάριος 2020).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μπορούμε να συζητήσουμε για την εντύπωση που μας κάνει ο κάθε ήχος, τα χαρακτηριστικά που διακρίνουμε, π.χ. αν ήταν απότομος, κοφτός, μακρόσυρτος, απαλός ή δυνατός, σταθερός ή με αυξομειώσεις, μελωδικός, βαθύς/μπάσος ή ψηλός, αλλά ακόμη και να του αποδώσουμε χαρακτηριστικά, όπως ψυχρός ή θερμός, γεμάτος, συναισθηματικός, τρομακτικός, ανατριχιαστικός κ.ά. Μπορούμε, επίσης, καθώς έχει γίνει χρήση συγκεκριμένων γραμμών, σχημάτων ή και χρωμάτων, να κουβεντιάσουμε για τις επιλογές των παιδιών να συμβολίσουν με τον συγκεκριμένο τρόπο τον κάθε ήχο. Γιατί διαλέξαμε αυτές τις γραμμές και όχι κάποιες άλλες;

### 1.3. Γραμμές και ήχος

Τελευταίο μέρος της δραστηριότητας αυτής είναι να «τραγουδήσουμε» τις γραμμές που σχεδιάσαμε! Ένα-ένα, τα παιδιά αποδίδουν με τη φωνή τους μία από τις γραμμές που υπάρχουν στον πίνακα. Αφού πρώτα το κάθε παιδί τραγουδήσει μία γραμμή μόνο του, μπορούμε να τα παρακινήσουμε να τραγουδήσουν όλα μαζί μία γραμμή ή μια σειρά από γραμμές, δίνοντάς τους ένα σήμα για την εκκίνηση, π.χ. ένα ρυθμικό 3-2-1-0000000.

## 2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΓΝΩΡΙΜΙΑΣ: ΤΟ ΟΝΟΜΑ (R. MURRAY SCHAFER)

Συστηνόμαστε στην τάξη επαναλαμβάνοντας το όνομά μας με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Βάζουμε τους μαθητές να μιμηθούν το πώς προφέρεται κάθε φορά το όνομα του εκπαιδευτικού. Στη συνέχεια, ζητάμε από τους μαθητές να συστηθούν με αντίστοιχο τρόπο. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με τον καθένα ανεξάρτητα, είτε χωρίζοντας την τάξη σε ομάδες και ορίζοντας έναν αρχηγό σε κάθε ομάδα που να προφέρει το όνομά του με διαφορετικούς τρόπους ενώ οι άλλοι τον μιμούνται (και κατόπιν να αλλάζουν οι αρχηγοί των ομάδων). Η εκφορά του ονόματος μπορεί να συνοδεύεται και από κινήσεις των χεριών ή των ποδιών, με ήχο ή χωρίς.

<sup>10</sup> Βλ. Παρατηρήσεις στο τέλος της ενότητας.





### 3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΓΝΩΡΙΜΙΑΣ: ΤΑ ΣΧΕΔΙΑ

Ζωγραφίζουμε στον πίνακα κάποιες γραμμές ή σύμβολα (ή έχουμε έτοιμες αντίστοιχες κάρτες), τις οποίες καλούμε τους μαθητές να «ερμηνεύσουν» είτε με τη φωνή τους, είτε παράγοντας κάποιον άλλον ήχο. Μετά, τους ζητάμε να εξηγήσουν γιατί τις ερμήνευσαν με αυτό τον τρόπο. Κάνουμε παρατηρήσεις για τον συσχετισμό της απεικόνισης του ήχου με τον ίδιο τον ήχο και συζητάμε για τα χαρακτηριστικά του ήχου που θα αναλύσουμε παρακάτω: τη διάρκεια, την ένταση και το τονικό ύψος.



Εικόνα 1.04. Παραδείγματα γραμμών που μπορούν τα παιδιά να αναπαραστήσουν με ήχους.



### ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ



Ακούμε το έργο *Pithoprakta* του Ιάννη Ξανάκη βλέποντας την παρτιτούρα του. Η γραφική αυτή παρτιτούρα για 5θ ερμηνευτές είναι ευανάγνωστη και τα παιδιά την παρακολουθούν με ενδιαφέρον. Παρατηρούμε τον συσχετισμό της απεικόνισης του ήχου με τον ίδιο τον ήχο. Παράλληλα, νιώθουμε τη δυναμική μιας ορχήστρας σε ένα είδος μουσικής πιο αφηρημένο από αυτό που συνήθως γνωρίζουμε και φέρνουμε τους μαθητές σε μια πρώτη επαφή με την «παράξενη» μουσική του 2θού αιώνα.



### ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τι μουσική ακούνε τα παιδιά; Παίζουν κάποιο όργανο; Έχουν πάει σε συναυλίες; Τι είδους συναυλίες; Και με τι είδους όργανα: κλασικά, παραδοσιακά, ηλεκτρονικά, φυσικά, ηλεκτρικά;

Σκέφτονται ήχους διαφορετικούς, αφηρημένους, που δεν θα τους χαρακτήριζαν ως μουσική, αλλά δεν είναι και ρεαλιστικοί ήχοι από το περιβάλλον μας; Μπορούν να θυμηθούν πού έχουν ακούσει να χρησιμοποιούνται τέτοιοι ήχοι (ταινίες, animation, διαφημίσεις, ηλεκτρονικά παιχνίδια); Τι ήχοι είναι και τι νόημα έχουν;



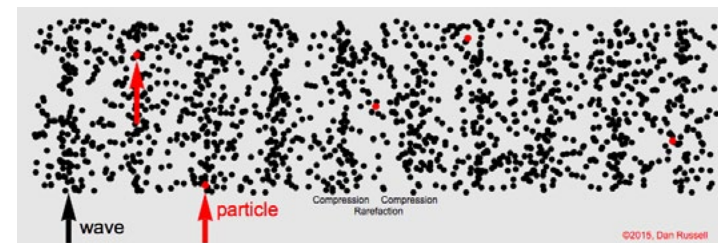
### ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

#### Τι είναι ο ήχος<sup>11</sup>:

Ο ήχος είναι ένα φαινόμενο που συνοδεύει σχεδόν κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα. Στη φύση παράγονται συνεχώς ήχοι. Οι άνθρωποι και τα ζώα παράγουμε ήχους, ακόμη και όταν είμαστε απολύτως ακίνητοι ή κοιμόμαστε, και ο πολιτισμός μας, ιδιαίτερα στις πόλεις, παράγει ήχους ακατάπαυστα. Το σώμα μας το ίδιο παράγει ήχους ακατάπαυστα, που σε συνθήκες απόλυτης ησυχίας στο περιβάλλον μας συνεχίζουμε να τους ακούμε! Για την ύπαρξη του ήχου όπως τον αντιλαμβανόμαστε, απαιτείται μία ηχητική πηγή, ένα μέσο μετάδοσης και ένας δέκτης.

#### A. Πώς παράγεται και διαδίδεται ο ήχος:

Ως φυσικό φαινόμενο, ο ήχος εμφανίζεται σαν κύμα. Τα σώματα που παράγουν ήχο τα ονομάζουμε ηχητικές πηγές. Ο ήχος παράγεται από την ταλάντωσή τους, που μπορεί να προκληθεί από χτύπημα ή τρίψιμο. Η ταλάντωση είναι μια επαναλαμβανόμενη (περιοδική) κίνηση ενός σώματος γύρω από μια θέση ισορροπίας. Όταν ταλαντώνεται ένα αντικείμενο στον αέρα, προκαλεί μια αντίστοιχη κίνηση στα μόρια του αέρα, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και προκαλούν ένα κύμα.



Εικόνα 1.05. Αναπαράσταση της κίνησης των μορίων του αέρα στα ηχητικά κύματα.

Μία εικόνα που όλοι μας έχουμε δει και η οποία απεικονίζει με ωραίο τρόπο τα ηχητικά κύματα, σε σχέση με την πηγή τους, είναι οι σχηματισμοί του νερού της λίμνης όταν πετάξουμε μέσα ένα βότσαλο.



Εικόνα 1.06. Κύματα στην επιφάνεια του νερού.

<sup>11</sup> Μπορείτε να κάνετε επανάληψη στην ύλη της Ε' Δημοτικού που αφορά τον ήχο ή να την χρησιμοποιήσετε ως προετοιμασία, αν δεν έχετε φτάσει έως εκεί (βιβλίο «Φυσικά» Ε' Δημοτικού, «Ερευνώ και ανακαλύπτω», Βιβλίο μαθητή, Κεφάλαιο ΗΧΟΣ, σελ. 84-102).

Τα ηχητικά κύματα δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι· μπορούμε να τα δούμε να σχηματίζονται στην επιφάνεια ενός υγρού ή να τα καταγράφουμε με ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά μέσα ηχογράφησης. Έχουν συγκεκριμένες φυσικές ιδιότητες, όπως όλα τα μηχανικά κύματα: συχνότητα, περίοδο, μήκος κύματος, πλάτος ταλάντωσης, χρόνο και κυματομορφή.

Ο ήχος δεν μεταδίδεται μόνο μέσα στον αέρα, αλλά και σε υγρά και σε στερεά σώματα. Μάλιστα, στα στερεά μεταδίδεται πιο γρήγορα από ό,τι στα υγρά και στα υγρά πιο γρήγορα από ό,τι στα αέρια, ακριβώς αντίθετα από ό,τι συμβαίνει με εμάς! Όμως, ο ήχος δεν μπορεί να διαδοθεί στο κενό, π.χ. στο διάστημα, αφού εκεί δεν υπάρχουν μόρια για να σχηματίσουν κύματα λόγω της ταλάντωσης!

Οι άνθρωποι δεν έχουν τη δυνατότητα να αντιληφθούν όλα τα ηχητικά κύματα, παρά μόνο όσα έχουν συχνότητα μεταξύ 20-20.000 Hz, και αυτά τα ονομάζουμε ήχους. Τα ηχητικά κύματα που έχουν μεγαλύτερη συχνότητα από αυτό το εύρος ονομάζονται υπέρηχοι, ενώ αυτά που έχουν μικρότερη λέγονται υπόηχοι. Υπάρχουν ζώα, όπως τα σκυλιά, οι νυχτερίδες και τα τρωκτικά, που έχουν άλλο εύρος ακοής και πιάνουν συχνότητες μεγαλύτερες, μπορούν δηλαδή να ακούσουν υπερήχους.



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ/ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ

Το κάθε παιδί διαλέγει έναν συνεργάτη από την ομάδα των συμμαθητών του. Το ένα παιδί πρέπει να ακουμπήσει καλά το αφτί του στη μία άκρη του θρανίου και το άλλο να χτυπήσει το θρανίο στην άλλη άκρη. Ακούνε τον ήχο του χτύπου σε αυτή τη θέση και μετά τον ακούνε χωρίς να έχουν το αφτί τους στο θρανίο. Καλούνται να παρατηρήσουν πώς ακούγεται στην κάθε περίπτωση.

Έχουν δει σε ταινίες γουέστερν κάποιον να ακουμπά το αφτί του στις ράγες, προκειμένου να καταλάβει αν πλησιάζει το τρένο; Αυτό συμβαίνει γιατί μέσα στο στερεό σώμα –στις ράγες του τρένου– ο ήχος φτάνει πιο γρήγορα από ό,τι μέσα στον αέρα κι έτσι οι ήρωες έχουν περισσότερο χρόνο για να στήσουν την ενέδρα!

### Β. Πώς αντιλαμβανόμαστε τον ήχο;

Η αντίληψη του ήχου γίνεται με την αίσθηση της ακοής, δηλαδή μέσω των αφτιών μας. Χρειαζόμαστε και τα δύο αφτιά, αφού ο συνδυασμός τους είναι αυτός που μας δίνει την αίσθηση του χώρου και μας βοηθά να καταλάβουμε από πού έρχονται οι ήχοι.

Τα ηχητικά κύματα συλλέγονται από το πτερύγιο του αφτιού μας και μεταδίδονται στο τύμπανο, προκαλώντας την ταλάντωση του. Οι ταλαντώσεις του τυμπάνου μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα ή, αλλιώς, ηλεκτρικούς παλμούς. Μέσω του ακουστικού μας νεύρου, αυτά μεταβιβάζονται στον εγκέφαλο, όπου «μεταφράζονται» σε συγκεκριμένους ήχους.

### Γ. Βασικά χαρακτηριστικά του ήχου

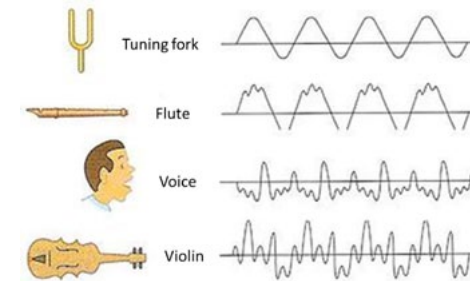
Τα βασικά χαρακτηριστικά του ήχου μάς βοηθούν να διακρίνουμε τους ήχους, αλλά και να μιλήσουμε για αυτούς. Αυτά είναι το (τονικό) ύψος, η ένταση, η διάρκεια και το ηχόχρωμα (ή, αλλιώς, χροιά ή χρώμα).

Το **τονικό ύψος** εξαρτάται από τη συχνότητα, δηλαδή τον αριθμό των παλμικών κινήσεων ανά δευτερόλεπτο. Όσο πιο μεγάλη η συχνότητα (δηλαδή όσο περισσότερες είναι οι παλμικές κινήσεις) τόσο πιο «ψηλός» ή «οξύς» ή «λεπτός» είναι ο ήχος, ενώ όσο πιο μικρή η συχνότητα, τόσο πιο «χαμηλός» ή «βαθύς» ή «μπάσος» είναι ο ήχος.

Η **ένταση** σχετίζεται με το πόσο δυνατά ακούμε έναν ήχο.

Η **διάρκεια** είναι ο συνολικός χρόνος που ακούμε έναν ήχο, ο χρόνος που διαρκεί ένας ήχος. Κάποιος ήχος μπορεί να διαρκεί πολλή ώρα, αλλά στην πραγματικότητα να αποτελείται από έναν πολύ σύντομο ήχο που επαναλαμβάνεται, όπως είναι π.χ. ο ήχος του ρολογιού με δεικτες.

Το **ηχόχρωμα**, ή αλλιώς **χροιά** του ήχου, είναι το χαρακτηριστικό που μας επιτρέπει να διακρίνουμε ως διαφορετικούς δύο ήχους που μπορεί να έχουν ίδιο τονικό ύψος, ίδια ένταση και διάρκεια. Για παράδειγμα, η ίδια μουσική νότα ακούγεται διαφορετικά όταν παίζεται από ένα βιολί, από ένα πιάνο ή από κάποιο άλλο όργανο. Μπορούμε επίσης να ξεχωρίζουμε άνετα τις διαφορετικές φωνές των ανθρώπων. Η ίδια η λέξη, ηχόχρωμα (ήχος+χρώμα), μπορεί να μας βοηθήσει να καταλάβουμε την έννοια, αν σκεφτούμε τα χρώματα της ζωγραφικής και πόσα διαφορετικά πράσινα ή κόκκινα ή μπλε υπάρχουν.



Εικόνα 1.07. Κυματομορφές από ήχους διαφορετικής χροιάς.

Ο ήχος έχει επίσης κάποιες **ιδιότητες**: μπορεί να μεταδίδεται, να διαχέεται, να απορροφάται, ή να αντανακλάται.

Όταν μια επιφάνεια «χτυπηθεί» από ένα ηχητικό κύμα, ένα μέρος της ενέργειας του ήχου αντανακλάται, ένα άλλο απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας και ένα άλλο μέρος μεταδίδεται μέσα από το υλικό της. Παρακάτω θα δούμε μερικά πρακτικά αποτελέσματα αυτών των ιδιοτήτων, που θα μας φανούν χρήσιμα!



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκεφτόμαστε ποιος ήχος είναι ψηλότερος και ποιος χαμηλότερος ανάμεσα: στο γάβγισμα ενός μεγαλόσωμου σκύλου και στο κελήδισμα ενός πουλιού· στο φορτηγό και τη μηχανή που περνά· στο τρίξιμο της πόρτας και τον κεραυνό· στη φωνή της δασκάλας όταν εξηγεί ήρεμα το μάθημα και στη φωνή της όταν φωνάζει να κάνουμε ησυχία.



## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

### A. Μουσική-Όργανα

Η μουσική είναι η τέχνη του συνδυασμού των ήχων. Ο άνθρωπος, από τα αρχαία χρόνια, «τιθάσευσε» τον ήχο και δημιούργησε τα μουσικά όργανα και τη μουσική. Έκτοτε, η μουσική έχει εξυπηρετήσει πολλούς σκοπούς: απόλαυση, διασκέδαση, κατάνυξη, υποβολή, συλλογισμό, εργασία, ακόμη και βασανισμό! Επίσης, έχουν αναπτυχθεί πολλά και διαφορετικά είδη μουσικής, ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετεί η μουσική, τα όργανα που χρησιμοποιεί, τους κανόνες και τα χαρακτηριστικά που έχει κ.ο.κ. Όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή, ειδικά τον προηγούμενο αιώνα η αντίληψή μας για τη μουσική σύνθεση, αλλά και γενικότερα για το τι είναι μουσική, άλλαξε ριζικά και συνεχίζει να αλλάζει και να εξελίσσεται. Η εξέλιξη της μουσικής έχει επηρεαστεί ιδιαίτερα από τις τεχνολογικές καινοτομίες και τη δημιουργία πολλών καινούριων και διαφορετικών μουσικών οργάνων με τη χρήση του ηλεκτρισμού.

Μουσικά όργανα ονομάζουμε τα αντικείμενα ή τις κατασκευές που παράγουν μουσικούς ήχους. Η φωνή του ανθρώπου είναι επίσης ένα μουσικό όργανο. Οι άνθρωποι παράγουν ήχους με διάφορους τρόπους και για διαφορετικούς λόγους, είτε με το στόμα τους (μιλώντας, τραγουδώντας, φωνάζοντας, ψιθυρίζοντας, σφυρίζοντας, φυσώντας), είτε χτυπώντας κάτι με το σώμα τους. Υπάρχουν πάρα πολλά όργανα, ειδικά σχεδιασμένα για να παίζουμε μουσική, όμως στην πραγματικότητα μπορούμε να ονομάσουμε μουσικό όργανο κάθε αντικείμενο ή κατασκευή που παράγει ήχο, εφόσον μας χρησιμεύει στο να παίζουμε μουσική.

2. Βλέπουμε ένα βίντεο με νότες που παράγει ένα κρυστάλλινο ποτήρι από την τριβή με δοξάρι. Παρατηρούμε ότι, όταν κινείται το νερό, αλλάζει η συχνότητα του ήχου, δηλαδή το τονικό ύψος.



### B. Το αντηχείο

Πώς ακούγεται μια χορδή κιθάρας ή βιολιού, χωρίς το σώμα της κλασικής κιθάρας ή του βιολιού; Σχεδόν δεν ακούγεται!

Αναφέραμε παραπάνω τις ιδιότητες του ήχου: την αντανάκλαση και τη μετάδοση μέσα από τις επιφάνειες που δέχονται τα ηχητικά κύματα. Για τα μουσικά όργανα, αυτές οι ιδιότητες είναι πολύ σπουδαίες, αφού μας βοηθούν να ενισχύσουμε έναν ήχο που έχει αρκετά χαμηλή ένταση.

Επισημάναμε ότι τα ηχητικά κύματα συμπεριφέρονται όπως τα κύματα που προκαλούνται σε μια ήσυχη λίμνη όταν πετάξουμε ένα βότσαλο. Φανταστείτε, όμως, τι συμβαίνει με τα κύματα, όταν πετάξουμε το βότσαλο σε μια μικρή φυσική λίμνη μέσα στα βράχια. Ή αν πετάξουμε ένα βότσαλο και μετά ακόμη ένα, κι ακόμη ένα. Αντίστοιχα, και τα κύματα του ήχου επηρεάζονται πάρα πολύ από τον χώρο στον οποίο κινούνται. Τα υλικά, το μέγεθος και το σχήμα του χώρου συμμετέχουν ενεργά στο ηχητικό φαινόμενο. Πολλαπλασιάζουν ή απορροφούν τον ήχο, αλλάζουν τη χροιά του κ.λπ. Η ίδια ηχητική πηγή θα ακουστεί τελείως διαφορετικά μέσα σε ένα δωμάτιο, σε ένα σπήλαιο ή πάνω σε ένα βουνό. Αν φωνάξουμε μέσα στο μπάνιο, μπροστά σε μια πλαγιά, μέσα σε ένα κλαμπ με πολύ δυνατή μουσική, ο ήχος της φωνής μας θα ακουστεί πολύ διαφορετικά.

Επίσης, τα ηχητικά κύματα, εκτός του ότι αντανάκλονται όταν χτυπήσουν σε μια επιφάνεια, μεταφέρουν σε αυτήν μέρος της ενέργειάς τους. Την «αναγκάζουν» να συντονιστεί και να ταλαντωθεί και η ίδια και, συνεπώς, να «αναπαράγει» τα ηχητικά κύματα, αλλοιωμένα ανάλογα με το σχήμα, τη μάζα και το υλικό της. Ο συνδυασμός αυτών των φαινομένων καθορίζει τον ήχο που φτάνει στα αφτιά μας.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

1. Βλέπουμε ένα βίντεο με μουσικούς ήχους από αντικείμενα που βρήκαμε στην ανακύκλωση.



Γι' αυτό, για παράδειγμα, όλα τα φυσικά έγχορδα όργανα έχουν ένα ολόκληρο «σώμα», και μάλιστα κούφιο, πολύ κοντά στις χορδές, που είναι η αρχική ηχητική πηγή τους. Αυτό το σώμα είναι το αντηχείο ή, αλλιώς, σκάφος του οργάνου. Η κατασκευή των κλασικών οργάνων γίνεται με μεγάλη λεπτομέρεια, ώστε η διαδρομή των ηχητικών κυμάτων από τις χορδές, διαμέσου του σκάφους και άλλων εξαρτημάτων, μέχρι τα αφτιά μας να τα ενισχύει και να τα χρωματίζει ανάλογα. Μέσα στο σώμα αυτό, τα ηχητικά κύματα αντανακλώνται και πολλαπλασιάζονται, ενώ παράλληλα το ίδιο το σώμα συντονίζεται σε παλμική κίνηση, συμμετέχοντας έτσι στον τελικό ήχο που ακούμε!



Εικόνα 1.08. Διαπασών με ξύλινο αντηχείο, για την ενίσχυση του ήχου του.

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

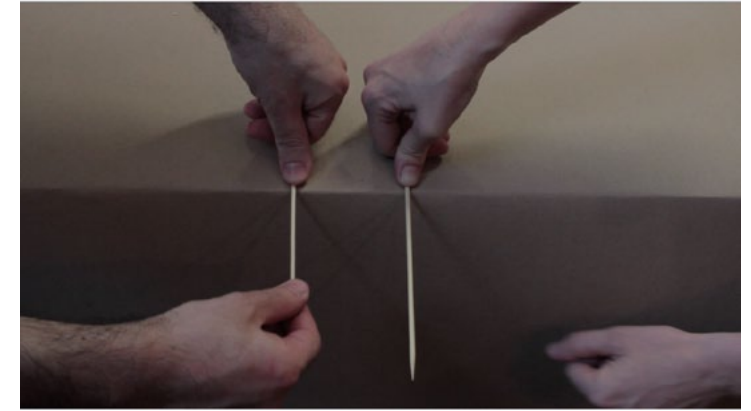
### 1. Ακούω και δοκιμάζω απλά μουσικά όργανα

Περνάμε λίγο χρόνο με τα απλά όργανα που έχουμε στην τάξη. Παίζουμε με αυτά και κάνουμε παρατηρήσεις για τις αρχές λειτουργίας τους (βάσει των παραπάνω παρατηρήσεων). Από τι υλικό είναι φτιαγμένα; Πώς παράγονται οι ήχοι τους; Τι χαρακτηριστικά έχουν; Τι μουσικό ρόλο παίζουν; Ποιο είναι το αντηχείο τους; Και ό,τι άλλο μπορούμε να φανταστούμε!

### 2. Καλαμάκια από σουβλάκι: Ταλάντωση, τονικό ύψος, χροιά

Για να καταλάβουμε καλύτερα τα χαρακτηριστικά της συχνότητας και της έντασης και να τις συσχετίσουμε με τις έννοιες της ταλάντωσης και του κύματος, χρησιμοποιούμε τα καλαμάκια σαν όργανα, βλέπουμε πώς παράγουν διαφορετικές νότες και ακούμε πώς μεταδίδεται ο ήχος μέσα στα στερεά.

Ποιος μπορεί να βγάλει ήχο με αυτό το καλαμάκι, από μόνο του, χωρίς δηλαδή να το χτυπήσει με κάτι άλλο;



Ακούμε τον ήχο και βλέπουμε την ταλάντωση. Μετά, βάζουμε το αφτί μας στο τραπέζι για να τον ακούσουμε μέσα από το ξύλο και συγκρίνουμε. Με αφορμή τα καλαμάκια, μπορούμε να μιλήσουμε για τη συχνότητα και το τονικό ύψος. Εξηγούμε την έννοια της συχνότητας, δηλαδή το «πόσες φορές μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα». Το παρατηρούμε με το ξυλάκι. Δείχνουμε τη θέση ηρεμίας (δηλαδή, θέση ισορροπίας) και παρατηρούμε την ταλάντωση πάνω και κάτω από αυτήν τη θέση. Παρατηρούμε πως, όταν είναι μεγάλο το ξυλάκι, μεγαλώνει η απόσταση από τη θέση ηρεμίας, άρα παίρνει πιο πολύ χρόνο για μια ταλάντωση. Συνεπώς, σε ένα δευτερόλεπτο θα κάνει λιγότερες ταλαντώσεις (μικρότερη συχνότητα), ενώ όταν είναι μικρό το ξυλάκι συμβαίνει το αντίθετο (μεγαλύτερη συχνότητα).

Παράλληλα παρατηρούμε ότι:

μακρύ ξυλάκι (μικρή συχνότητα) = μπάσος / βαθύς ήχος

κοντό ξυλάκι (μεγάλη συχνότητα) = ψηλός / οξύς ήχος.

Μπορούμε να σκεφτούμε ότι ο ήχος ταξιδεύει πιο μακριά όταν το κύμα είναι μεγάλο, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο όταν είναι μικρό. Φέρνουμε ως παράδειγμα το κύμα στη θάλασσα: το μεγάλο κύμα περνάει τον βράχο, ενώ το μικρό κύμα χτυπάει πάνω του και σταματάει, γυρνάει πίσω ή σπάει σε μικρότερα κύματα και αλλάζει η κατεύθυνσή του.

Μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε ότι ο ήχος ακούγεται διαφορετικός αν δοκιμάσουμε να παίξουμε με τα καλαμάκια σε διαφορετικές επιφάνειες, π.χ. στο θρανίο, στην καρέκλα, σε ένα μαρμάρινο σκαλί ή σε μια μεταλλική επιφάνεια. Αυτό συμβαίνει γιατί η επιφάνεια με την οποία έρχεται σε επαφή ταλαντώνεται επίσης και συμμετέχει στο ηχώ-χρωμα, τη χροιά του ήχου μας, ανάλογα με το υλικό, το μέγεθος και άλλα χαρακτηριστικά της.



## ΠΑΙΖΩ

### 1. Καλαμάκια

Μοιράζουμε καλαμάκια στα παιδιά για να πειραματιστούν με αυτό το «όργανο».

Α. Αφού χωριστούν σε ομάδες, κάθε παιδί βρίσκει με το καλαμάκι μια «νότα» που του αρέσει, αλλάζοντας το μήκος του (όπως στο βίντεο με τα ξυλάκια). Στη συνέχεια, κάθε ομάδα φτιάχνει μια μουσική φράση, μια μελωδία με αυτές τις διαφορετικές νότες από τα καλαμάκια. Μπορούν να δημιουργήσουν ακόμα και κάποια «ακόρντα», να παίξουν δηλαδή ταυτόχρονα τους ήχους από τα διαφορετικά καλαμάκια της ομάδας τους, αφού πρώτα δοκιμάσουν ποιος συνδυασμός νοτών-συχνοτήτων τους αρέσει περισσότερο.

Β. Τα παιδιά σχηματίζουν έναν κύκλο, με τις καρτέλες ή τα θρανία τους, τα οποία θα χρησιμοποιήσουν για να ενισχύσουν τον ήχο από το καλαμάκι τους. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν κάποιο μεταλλικό ή πλαστικό κουτί για να στηρίξουν το καλαμάκι, ώστε να έχουν διαφορετική χροιά αν θέλουν. Αφού διαλέξουν τον τόνο τους, κάποιο παιδί ή η/ο εκπαιδευτικός δίνει το σήμα και ξεκινούν κυκλικά, προς μία κατεύθυνση, να παίζουν ένα ένα. Καλό είναι τα παιδιά να παίζουν συνεχόμενα, για να δημιουργήσουν ένα ηχητικό κύμα!

### 2. Αναγνωρίζω τα υλικά / Χροιά

Τα παιδιά καλούνται να βρουΰ μέσα στην τάξη αντικείμενα από διαφορετικά υλικά, όπως χαρτί, χαρτόνι, πλαστικό, ξύλο, μέταλλο, γυαλί, δέρμα, ύφασμα κ.λπ. (ή να τα έχουν φέρει από το σπίτι τις προηγούμενες μέρες). Αφού τα συγκεντρώσουν, τα τοποθετούν μέσα σε ένα κουτί ή σε κάποιο ντουλάπι, για να μη φαίνονται. Κάθονται σε κύκλο με το πρόσωπο προς τα έξω και τα μάτια κλειστά. Στο εσωτερικό του κύκλου περπατάει ένα παιδί κάθε φορά, το οποίο έχει διαλέξει ένα αντικείμενο από το κουτί και, καθώς περπατάει μέσα στον κύκλο, το χτυπάει με το χέρι του ή με ένα μολύβι. Όταν περάσει από όλους, όσοι κάθονται προσπαθούν να μαντέψουν από τι υλικό είναι φτιαγμένο το αντικείμενο, τι μέγεθος έχει και ποιο αντικείμενο είναι.

### 3. Μπορούν όλα τα αντικείμενα να είναι μουσικά όργανα;

Τα παιδιά βρίσκουν καθημερινά αντικείμενα, στην τάξη ή στην τσάντα τους, που μπορούν να κάνουν ήχο. Δοκιμάζουν αν αυτά τα αντικείμενα θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν για να παίξουν μουσική – και με ποιους τρόπους. Για παράδειγμα, αν πάρω μια πλαστική σακούλα, τι ήχο βγάζει όταν την τσαλακώνω συνεχόμενα με τα χέρια μου; Αν την τινάξω δυνατά στον αέρα; Αν τεντώσω τη μια πλευρά της και φυσήξω δυνατά πάνω από το τεντωμένο πλαστικό; Τι ήχο βγάζει ένα χαρτί, αν το τσαλακώνω; Αν το σκίσω; Αν το κουνήσω δυνατά κρατώντας το από τη μια πλευρά; Αν βάλω λίγο ρύζι σε ένα ποτήρι και το κουνήσω ρυθμικά; Τι διαφορά έχει αν βάλω ρύζι σε μια μεταλλική κασετίνα ή σε ένα πλαστικό κουτί και κάνω το ίδιο; Τα παιδιά αυτοσχεδιάζουν με ό,τι βρίσκουν μπροστά τους και παρουσιάζουν τους ήχους τους στην τάξη!

<sup>12</sup> «Ηχοι από κτυπήματα», παιχνίδι για τον ρυθμό, από το βιβλίο: R. Murray Schafer, *Hearings-Aκουαλείτε. Ασκήσεις Μουσικής Ακρόασης και Δημιουργίας*, Edition Orpheus-M. Νικολαΐδης & Σία Ο.Ε., 2011, σελ. 76



## ΦΤΙΑΧΝΩ

### 1. Κουτιά με λάστιχα: μικρό αυτοσχέδιο όργανο

Θα χρειαστούμε διάφορα, σχετικά σκληρά, ορθογώνια ή τετράγωνα κουτιά, από υλικά συσκευασίας ή από την ανακύκλωση. Μπορεί να είναι μεταλλικά, ξύλινα, πλαστικά ή από χαρτόνι.

Αφού διαλέξουμε ένα κουτί, τεντώνουμε επάνω του λάστιχάκια σε διαφορετικά μεγέθη. Τα λάστιχα θα είναι οι χορδές και το κουτί το αντηχείο/σκάφος της αυτοσχέδιας κιθάρας μας!

Παίζοντας τα λάστιχα, παρατηρούμε αυτό που μάθαμε στην αντανάκλαση του ήχου, πώς δηλαδή ενισχύεται ο ήχος με ένα αντηχείο<sup>13</sup>. Μπορούμε να κάνουμε παρατηρήσεις για τα χαρακτηριστικά της συχνότητας (τονικό ύψος) και της έντασης και να χρησιμοποιήσουμε την κατασκευή σαν όργανο.



Αν ταλαντώσουμε το λάστιχάκι χωρίς κουτί, ενώ το κρατάμε τεντωμένο στα χέρια μας, ακούμε τον ήχο που παράγει; Πόσο χαμηλός σε ένταση είναι; Πώς μπορούμε να τον κάνουμε πιο δυνατό, δηλαδή να τον ενισχύσουμε; Χρησιμοποιούμε το κουτί όπως φαίνεται στο βίντεο. Γιατί με το κουτί ο ήχος ακούγεται πιο δυνατός;

Επίσης, παρατηρούμε ότι, όταν το λάστιχο είναι πιο τεντωμένο, βγάζει διαφορετικό τόνο. Γιατί συμβαίνει αυτό; Επειδή γίνεται πιο σκληρό και κάνει πιο μικρή (στενή) ταλάντωση, άρα έχει πιο μεγάλη συχνότητα, δηλαδή πιο ψηλό τόνο. Με τον ίδιο τρόπο λειτουργούν και όλα τα κανονικά έγχορδα μουσικά όργανα.

### Επέκταση

Προσθέτουμε περισσότερα λάστιχάκια στο κουτί, πιο μικρά και πιο μεγάλα, και φτιάχνουμε ένα ωραίο έγχορδο όργανο. Μπορούμε, αν θέλουμε, να ζωγραφίσουμε την επιφάνεια του κουτιού, για να είναι κάτι μοναδικό!

<sup>13</sup> Στα αγγλικά, resonator: Συσκευή που χρησιμοποιείται στην ακουστική για την ενίσχυση του ήχου που παράγει μια ηχητική πηγή και η οποία αποτελείται από μια κοιλότητα ξύλινη ή μεταλλική. Λήμμα «Αντηχείο», Εγκυκλοπαίδεια Επιστήμη & Ζωή, Χατζηακάβου, 1982.



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μπορούμε να μιλήσουμε για τα έγχορδα, τα πνευστά και τα κρουστά όργανα, να παρατηρήσουμε τη συσχέτιση του ήχου τους με το μέγεθος ή το υλικό τους, καθώς και την ύπαρξη ή όχι ηχείου για ενίσχυση. Επίσης, ειδικά στα πνευστά, η συχνότητά τους σχετίζεται με ένα λίγο διαφορετικό φαινόμενο, όμως πάλι προκαλείται από ταλάντωση (είτε των χειλιών είτε κάποιου γλωσσιδίου).

### 2. Τα καπάκια: μικρό αυτοσχέδιο όργανο

Θα χρειαστούμε μεταλλικά καπάκια από βάζα (από μέλι, μαρμελάδα κ.ά.) σε διαφορετικά μεγέθη. Διαλέγουμε καπάκια που, όταν τα πιέζουμε στο κέντρο τους με τον αντίχειρα, κουνιούνται παράγοντας ήχο (αυτό δεν γίνεται με όλα τα καπάκια). Κρατάμε το καπάκι με τα δύο χέρια και πιέζουμε με τους αντίχειρες πάνω κάτω το κέντρο του για να ακουστεί το «κλακ». Πλησιάζουμε το καπάκι στο ανοιχτό στόμα μας και συνεχίζουμε το κλακ-κλακ. Αν ανοιγοκλείνουμε το στόμα μας ενώ παίζουμε με το καπάκι κοντά του, ο ήχος αλλάζει. Βλέπουμε πώς το στόμα μας λειτουργεί σαν αντηχείο και ενισχύει τον ήχο. Άλλωστε, το ίδιο κάνει και με τον ήχο των φωνητικών μας χορδών! Δείτε και το βίντεο:



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Ακούμε το έργο *Opera with Objects* του Alvin Lucier, από τον Tim Feeneey. Το κομμάτι έχει έναν σταθερό ρυθμό που επαναλαμβάνεται σε όλη τη διάρκειά του, ενώ ο ερμηνευτής χρησιμοποιεί διαφορετικά υλικά για την παραγωγή του ήχου. Η ιδιαιτερότητα του κομματιού είναι η σταθερότητα του ρυθμού, που μας επιτρέπει να αντιληφθούμε την αλλαγή του ηχοχρώματος. Τα παιδιά το ακούνε με κλειστά μάτια ή χωρίς να βλέπουν την εικόνα του βίντεο και προσπαθούν να αναγνωρίσουν το υλικό (πλαστικό, ξύλο κ.λπ.), το οποίο παίζει κάθε φορά ο μουσικός. Μόλις αλλάζει ο ήχος, αφού απαντήσουν από τι υλικό νομίζουν ότι παράγεται, ανοίγουν τα μάτια τους ή ο/η εκπαιδευτικός αποκαλύπτει το υλικό του οργάνου, δείχνοντας για λίγο το βίντεο.



## ΠΑΙΖΩ

### Αυτοσχεδιασμός σε ομάδες

Μπορούμε να σκεφτούμε κάποια ιδέα «πάνω» στην οποία θα παίξουμε. Για παράδειγμα, παίζω τη μουσική που θα με συνόδευε την ώρα που πηγαίνω σχολείο ή την ώρα του διαλείμματος. Ή, ακόμα, παίζω τους ήχους ενός τροπικού δάσους. Μπορούμε επίσης να φτιάξουμε μια μικρή ιστορία και με τους ήχους μας να συνοδεύσουμε αυτή την ιστορία (την ιστορία δεν θα την λέμε όσο παίζουμε, αλλά μπορούμε να την αποκαλύψουμε στο τέλος). Χρησιμοποιούμε είτε συνδυασμό των αυτοσχεδίων και των έτοιμων οργάνων, είτε μόνο τα αυτοσχέδια.

Δείτε αναλυτικές οδηγίες στις ασκήσεις αυτοσχεδιασμού, στην Ενότητα 6 («Ηχητική Ιστορία»).



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ / ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΟΜΕΝΗΣ

Βλέπουμε μία κλασική και μία ηλεκτρική κιθάρα (Εικόνα 1.09) και συζητάμε για τις διαφορές τους. Η μία έχει κούφιο σώμα που λειτουργεί ως αντηχείο με τον τρόπο που είδαμε παραπάνω. Η άλλη, πώς ακούγεται; Πώς παράγει ήχο; Έτσι, συνδεόμαστε με την επόμενη ενότητα, για τον ήχο και τον ηλεκτρισμό.



Εικόνα 1.09. Κλασική και ηλεκτρική κιθάρα



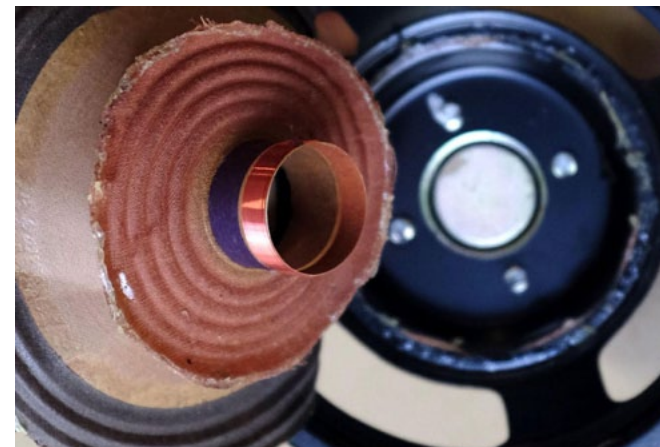
## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

### Θέματα/στόχοι δραστηριότητας γνωριμίας:

- Να εισάγουμε έννοιες που χαρακτηρίζουν τους ήχους, όπως: συνεχής, διακεκομμένος, μακρόσυρτος, απότομος, στιγμιαίος, δυνατός, εκρηκτικός, ήσυχος, απαλός κ.ο.κ.
- Να συνειδητοποιήσουμε την ανάπτυξη του ήχου στον χρόνο.
- Να δούμε διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορούμε να συμβολίσουμε τους ήχους, με βάση κάποιο από τα χαρακτηριστικά του ή το νόημά του.
- Αν η δραστηριότητα αναπτυχθεί έως το τέλος, θα είναι μια πρώτη άσκηση συντονισμού, αφού θα πρέπει να βρούμε τον τρόπο που θα συγχρονίζονται όλα τα παιδιά μαζί, με κάποιο σήμα. Επειδή είναι η πρώτη σχετική άσκηση, μπορεί να αναλάβει τον ρόλο του «μαέστρου» η/ο εκπαιδευτικός.

## 2. ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Γνωρίζουμε τη σχέση ήχου και ηλεκτρισμού με βασικές συνδέσεις και δοκιμές. Πειραματιζόμαστε με το μεγάφωνο σαν όργανο.



Εικόνα 2.01. Στο εσωτερικό ενός μεγαφώνου, βλέπουμε το πηνίο, τη μεμβράνη, την ανάρτηση και, πίσω, τον δακτύλιο όπου μπαίνει το πηνίο στον μαγνήτη.

## Υ

### ΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

- Καλώδια μονά, λεπτά ή, κατά προτίμηση, αυτά που στις άκρες τους έχουν μεταλλικά μανταλάκια-δαγκάνες, τα λεγόμενα κροκοδειλάκια.
- Μπαταρίες, κατά προτίμηση 4,5V (πλακέ), αλλά και οι 9V είναι κατάλληλες.
- Μεγάφωνα σε διάφορα διαμετρήματα, με ιδανικό μέγεθος 5-6,5'', δηλαδή 12,7 έως 16,5 εκ.
- Αλουμινόχαρτο και αλουμινοταινία.
- Διάφορα μεταλλικά μικροαντικείμενα, όπως βίδες, παξιμάδια, καπάκια από αναψυκτικά, ελαφριά κέρματα (1-2 λεπτών) κ.λπ.
- Αλάτι χοντρό, ρύζι, φακές κ.λπ.
- Μικρά και μεγάλα δοχεία, πλαστικά, μεταλλικά, ή ξύλινα.
- Αυτοενισχυόμενα ηχεία.

## Γ

### ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

#### 1. Τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα

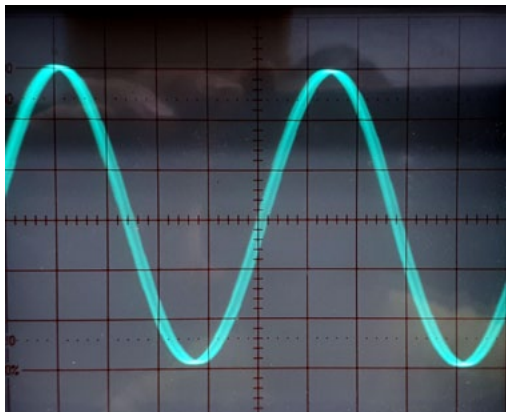
Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η συντονισμένη κίνηση ηλεκτρονίων (ηλεκτρικού φορτίου) μέσα σε έναν αγωγό. Υπάρχουν καλοί και κακοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος. Ως καλούς αγωγούς εννοούμε αυτούς που επιτρέπουν τη ροή του ρεύματος μέσα τους και ως κακούς αυτούς που δεν την επιτρέπουν, δηλαδή την μονώνουν. Καλοί αγωγοί είναι κυρίως τα μέταλλα, το νερό, αλλά ακόμα και το ίδιο το σώμα μας, όπως θα δούμε παρακάτω (και γι' αυτό επισημαίνουμε ότι πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί). Οι κυριότεροι κακοί αγωγοί ή, αλλιώς, μονωτές

του ρεύματος είναι το πλαστικό, το ξύλο και το γυαλί. Και οι δύο κατηγορίες θα μας χρησιμεύσουν παρακάτω: Οι καλοί αγωγοί (τα καλώδια) θα μας επιτρέψουν να ενώσουμε τα υλικά μας, ώστε να περάσει το ρεύμα μέσα τους, ενώ οι μονωτές (το πλαστικό τους περίβλημα) θα μας βοηθήσουν στον χειρισμό τους και στην αποφυγή βραχυκυκλώματος.

Η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος είναι αόρατη. Εμείς βλέπουμε μόνο το αποτέλεσμα της (π.χ. τη λάμπα που ανάβει) και γι' αυτό μας είναι δύσκολο να καταλάβουμε τι είναι το ρεύμα. Για να το κάνουμε πιο κατανοητό, μπορούμε να φανταστούμε το ηλεκτρικό ρεύμα σαν το ρεύμα του νερού. Φανταστείτε μια δεξαμενή γεμάτη νερό και έναν σωλήνα συνδεδεμένο σε αυτήν, ο οποίος καταλήγει στη γη. Το νερό θα τρέξει μέσα στον σωλήνα και θα καταλήξει στη γη. Το πόσο γρήγορα θα τρέξει, εξαρτάται από το μέγεθος του σωλήνα (τη διατομή του), αλλά και από το αν ο σωλήνας αυτός περιέχει και κάποιο άλλο υλικό, το οποίο δυσκολεύει τη ροή. Η πίεση του νερού είναι σαν τη τάση του ρεύματος (τα βολτ - V) και η ροή του νερού μέσα στον σωλήνα είναι σαν την ένταση του ρεύματος (τα αμπέρ - A). Αν γεμίσαμε με άμμο τον σωλήνα, έτσι ώστε να αντιστέκεται στη ροή του νερού, θα είχαμε το αντίστοιχο της αντίστασης του ηλεκτρικού ρεύματος (R). Όσο πιο μικρή είναι η αντίσταση, τόσο γρηγορότερα θα τρέξει το νερό και θα αδειάσει και η δεξαμενή μας - και το αντίστροφο.

Το ρεύμα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: εναλλασσόμενο και συνεχές. Το συνεχές είναι ακριβώς όπως το παράδειγμα του νερού στη δεξαμενή: έχει συγκεκριμένη φορά, τρέχει προς μία κατεύθυνση μέσα στον σωλήνα και καταλήγει στη γη. Το εναλλασσόμενο ρεύμα έχει εναλλασσόμενη φορά και κάνει έναν κυματισμό, μια ταλάντωση, όπως και το κύμα του ήχου.

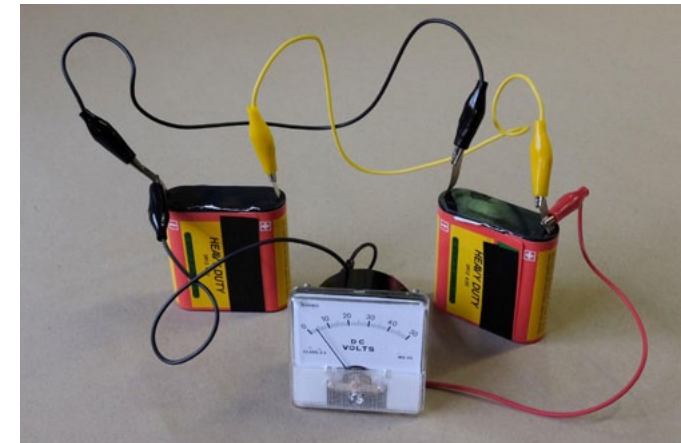
Στο παράδειγμά μας με τη δεξαμενή, το νερό θα πήγαινε μπρος πίσω μέσα στον σωλήνα προτού καταλήξει στη γη. Το εναλλασσόμενο είναι το ρεύμα που έχουμε στις πρίζες του σπιτιού μας. Για να δουλέψουν οι περισσότερες συσκευές, όμως, ανάμεσά τους και οι συσκευές του ήχου, τα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα κ.ά., χρειάζονται συνεχές ρεύμα. Οπότε, είτε το ρεύμα μετατρέπεται μέσα στην εκάστοτε συσκευή, είτε αποδίδεται με τις μπαταρίες.



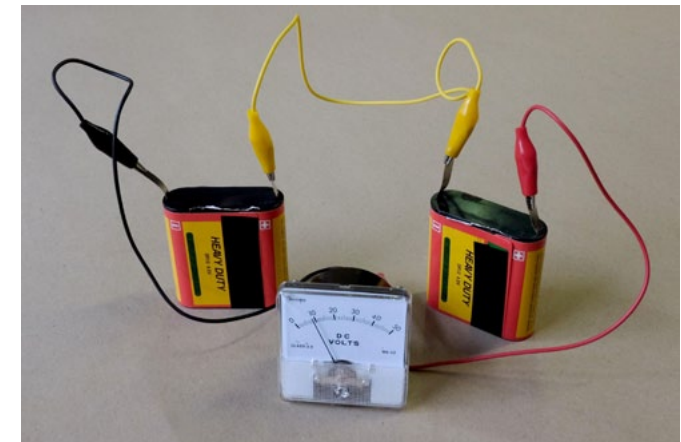
Εικόνα 2.02. Απεικόνιση εναλλασσόμενου ρεύματος στην οθόνη του παλμογράφου.

## 2. Η μπαταρία

Η μπαταρία είναι μια χημική πηγή συνεχούς ρεύματος, ικανή να αποθηκεύσει το ηλεκτρικό φορτίο και, όταν χρειαστεί, να το αποδώσει. Έχει δύο πόλους: τον θετικό και τον αρνητικό. Μπορούμε να συνδέσουμε δύο ή περισσότερες μπαταρίες με δύο τρόπους: παράλληλα και σε σειρά. Με την παράλληλη σύνδεση, ενώνουμε τους δύο θετικούς πόλους μαζί και τους δύο αρνητικούς μαζί. Το αποτέλεσμα είναι να έχουμε μια μπαταρία με την ίδια τάση, αλλά με μεγαλύτερη ένταση. Για παράδειγμα, αν ενώσουμε παράλληλα δύο μπαταρίες των 4,5V, η τάση θα παραμείνει ίδια, αλλά η ένταση που μπορεί να αποδώσει η μπαταρία θα διπλασιαστεί. Δηλαδή, αν ένα λαμπάκι έκαιγε για μία μέρα συνδεδεμένο στην μπαταρία μας, τώρα θα κρατήσει δύο μέρες αναμμένο, με την ίδια φωτεινότητα.



Εικόνα 2.03. Μπαταρίες σε παράλληλη σύνδεση.



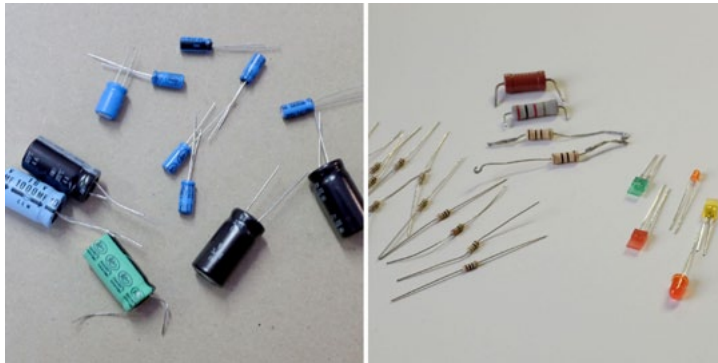
Εικόνα 2.04. Μπαταρίες συνδεδεμένες σε σειρά.



Η σύνδεση σε σειρά γίνεται όταν ενώσουμε τον θετικό πόλο της μίας με τον αρνητικό της άλλης και το ηλεκτρικό μας στοιχείο ανάμεσα στον θετικό της μίας και τον αρνητικό της άλλης. Με αυτή τη σύνδεση επιτυγχάνουμε τη διπλάσια τάση, αλλά την ίδια ένταση. Δηλαδή, το λαμπάκι μας θα κρατήσει μία μέρα, αλλά θα έχει τη διπλάσια φωτεινότητα. Όταν παρεμβάλλουμε αυτό το ηλεκτρικό στοιχείο, το λαμπάκι, και το ενώσουμε στους δύο πόλους με δύο καλώδια, το ρεύμα θα τρέξει από τον έναν πόλο στον άλλον, μέσα από τη λάμπα, η οποία έχει μια αντίσταση R. Η αντίσταση που συναντάει το ρεύμα είναι αυτή που κάνει τη λάμπα να ανάβει.

### 3. Το κύκλωμα (και το βραχυκύκλωμα!)

Ηλεκτρικό κύκλωμα είναι η κλειστή διαδρομή που κάνει το ρεύμα μέσα σε αγωγούς όπου παρεμβάλλονται διάφορα στοιχεία, τα οποία ονομάζονται ηλεκτρικά στοιχεία. Η μπαταρία, δηλαδή, συνδεδεμένη με τα καλώδια και το λαμπάκι, είναι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.



Εικόνα 2.05. Μερικά ηλεκτρικά στοιχεία: πυκνωτές, αντιστάσεις και φωτοαγωγιμοί δίοδοι (λαμπάκια led).

Το κύκλωμα μπορεί να είναι ανοικτό ή κλειστό. Όταν μιλάμε για ανοικτό κύκλωμα, εννοούμε ότι η διαδρομή του ρεύματος διακόπτεται και το ρεύμα δεν μπορεί να τρέξει πλέον μέσα στους αγωγούς. Ανοίγουμε το κύκλωμα όταν κλείνουμε το φως με τον διακόπτη. Και το αντίθετο, το κύκλωμα κλείνει όταν ανάβουμε το φως και το ρεύμα μπορεί να τρέξει μέσα στη λάμπα, ώστε αυτή να ανάψει.

Ας δούμε όμως τι είναι και το βραχυκύκλωμα. Αυτό το κοντό (βραχύ) κύκλωμα λέγεται έτσι γιατί εκεί το ρεύμα τρέχει από τον έναν πόλο στον άλλον σχεδόν χωρίς καμία αντίσταση. Η έλλειψη αντίστασης κάνει τη διαδρομή του ρεύματος πολύ πιο σύντομη (πιο κοντή) και τις περισσότερες φορές επικίνδυνη και καταστροφική. Βραχυκύκλωμα, για παράδειγμα, έχουμε αν ενώσουμε τον αρνητικό με τον θετικό πόλο μιας μπαταρίας με ένα καλώδιο χωρίς να παρεμβάλουμε κάποιο ηλεκτρικό στοιχείο ή αν ενώσουμε δύο μπαταρίες μεταξύ τους, τον αρνητικό πόλο της μίας με τον θετικό πόλο της άλλης και τον θετικό με τον αρνητικό. Αυτό είναι κάτι που δεν πρέπει να επιχειρήσουμε ποτέ για να δούμε τι θα γίνει και πρέπει επίσης να είμαστε πολύ προσεκτικοί όταν χειριζόμαστε ένα κύκλωμα, έτσι ώστε να μη γίνει κατά λάθος! Όταν έχουμε ένα κύκλωμα στο οποίο υπάρχουν καλώδια που πάνε σε διάφορες κατευθύνσεις, είναι πολύ πιθανό κάποια στιγμή το ένα να

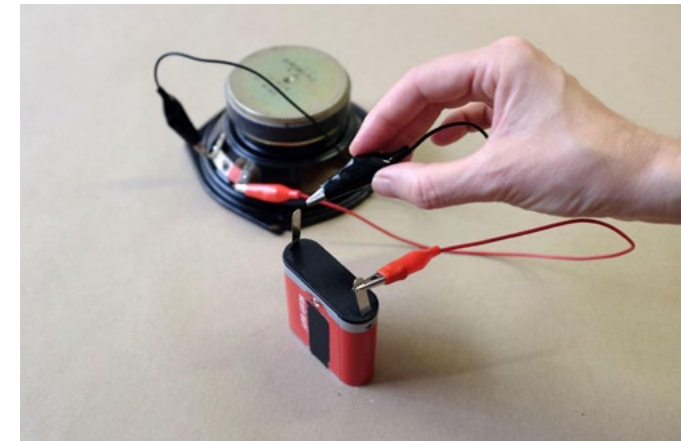
ακουμπήσει το άλλο. Υπάρχει τότε ο κίνδυνος η μπαταρία να υπερθερμανθεί, ή ακόμα και να σκάσει, και να τραυματιστούμε. Κάτι ακόμα που θα πρέπει να θυμόμαστε πάντα είναι ότι στο εργαστήριο αυτό χειριζόμαστε μόνο αντικείμενα και όργανα που η ηλεκτρική τους πηγή είναι οι μπαταρίες και ποτέ –μα ποτέ!– η πρίζα στον τοίχο.



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

### 1. Τα κροκοδειλάκια και η σύνδεση

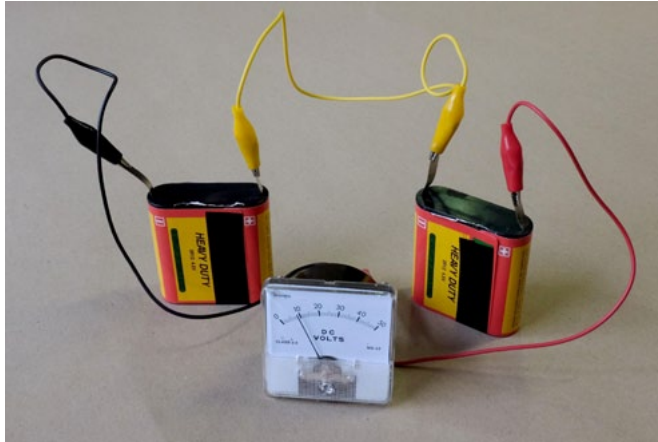
Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα κροκοδειλάκια για να κάνουμε μια απλή σύνδεση με το megάφωνό μας και να δούμε πότε αυτό λειτουργεί, δηλαδή πότε είναι καλός αγωγός και πότε όχι. Παρατηρούμε πως η μπαταρία μας, αλλά και το megάφωνο, έχουν δύο πόλους, τον θετικό και τον αρνητικό, σημειωμένους με τα ανάλογα σύμβολα (+ και -). Παίρνουμε ένα κροκοδειλάκι<sup>14</sup> και ενώνουμε τη μία του άκρη στον αρνητικό πόλο της μπαταρίας και την άλλη του άκρη στον αρνητικό ακροδέκτη του megάφωνου. Συνδέουμε ένα άλλο κροκοδειλάκι στον θετικό πόλο της μπαταρίας και στιγμιαία ακουμπάμε την άλλη του άκρη στον θετικό ακροδέκτη του megάφωνου. Η μεμβράνη του megάφωνου θα κινηθεί και θα ακούσουμε ένα «κλακ». Παρατηρούμε ότι πρέπει να ακουμπήσουμε ακριβώς πάνω στον ακροδέκτη του megάφωνου. Αν ακουμπήσουμε δίπλα του ή με το πλαστικό κάλυμμα που έχει το κροκοδειλάκι, δεν θα συμβεί τίποτα.



Εικόνα 2.06. Μεγάφωνο με μπαταρία.

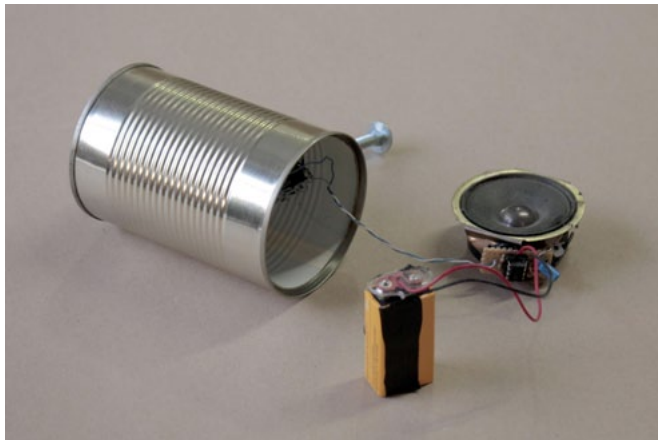
<sup>14</sup> Χρησιμοποιούμε συνήθως κόκκινα κροκοδειλάκια/καλώδια για σύνδεση σε θετικό πόλο/ακροδέκτη και μαύρα για σύνδεση σε αρνητικό.

## 2. Μπαταρία σε σειρά και παράλληλα



Εικόνα 2.07. Μπαταρίες σε σειρά.

Παίρνουμε δύο μπαταρίες και τις συνδέουμε, όπως δείχνει η Εικόνα 2.07. Αυτή είναι η σύνδεση σε σειρά. Έτσι, έχουμε φτιάξει μια μπαταρία με διπλή τάση. Όπως βλέπουμε και στη φωτογραφία, το όργανο μέτρησης μας δείχνει 9V. Ενώνουμε τώρα τα κροκοδειλάκια στο μεγάφωνο (στη θέση όπου είναι το όργανο μέτρησης στη φωτογραφία), χρησιμοποιώντας το + της μίας μπαταρίας και το - της άλλης. Έτσι, το μεγάφωνό μας θα κάνει πιο δυνατό ήχο και θα δούμε τη μεμβράνη του να διανύει μεγαλύτερη διαδρομή. Η παράλληλη σύνδεση, σε αυτή την περίπτωση, δεν θα προκαλέσει κάποια διαφορά, οπότε μπορούμε και να την παραλείψουμε, ή να την δοκιμάσουμε, για να επιβεβαιώσουμε απλώς ότι δεν θα έχει κάποιο εμφανές αποτέλεσμα.



Εικόνα 2.08. Το Sudophone: κονσέρβα με μονωμένη βίδα, κύκλωμα με μεγάφωνο και μπαταρία.

## 3. Το κύκλωμα: παράδειγμα με Sudophone

Μπορούμε επίσης να φτιάξουμε την απαιτητική κατασκευή του Sudophone, λεπτομέρειες για την οποία μπορούμε να βρούμε [εδώ](#) (Music for DIY Electronics, Music of Touch, 5. Sudophone). Ένα ωραίο παράδειγμα για την κατανόηση του κυκλώματος είναι να κάνουν τα παιδιά έναν κύκλο στην τάξη και να πιαστούν χέρι με χέρι. Παρεμβάλλουμε στον κύκλο το Sudophone, δηλαδή ένα παιδί το κρατάει από τη βάση του (από την κονσέρβα) και το επόμενο πιάνει τη βίδα του. Όλοι ακουμπάνε τους διπλανούς τους στον κύκλο (κρατιούνται χέρι με χέρι με γυμνό δέρμα). Τότε θα κλείσει το κύκλωμα και θα ακουστεί ο ήχος του Sudophone. Αν σφίξουμε δυνατά το χέρι γύρω από τη βίδα, ο ήχος μεταβάλλεται, γιατί αλλάζει η ροή του ρεύματος λόγω της μεγαλύτερης αγωγιμής επιφάνειας. Με τη δραστηριότητα αυτή μπορούμε να κατανοήσουμε και τον μονωτή, αλλά και το βραχυκύκλωμα. Αν αντί για το χέρι/δέρμα του διπλανού ακουμπήσουμε τα ρούχα του, δεν θα ακουστεί τίποτα, γιατί τα ρούχα λειτουργούν σαν μονωτές. Αν την ώρα που ακούγεται ο ήχος, ενώσουμε ένα κροκοδειλάκι από τη βίδα του Sudophone στην κονσέρβα, θα έχουμε παρακάμψει το κύκλωμα που δημιουργήσαμε με τα σώματά μας και το ρεύμα θα προτιμήσει να περάσει από τον κοντύτερο δρόμο (από αυτό το καλωδιάκι) και έτσι ο ήχος θα αλλάξει πολύ. Δεν θα μπορούμε πλέον να επηρεάσουμε τον ήχο με την πίεση της αφής μας και άρα θα έχουμε βραχυκυκλώσει το κύκλωμα.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Ας δούμε ένα παράδειγμα κυκλώματος και παιζίματος με Sudophone:



Παίζοντας με το Sudophone.



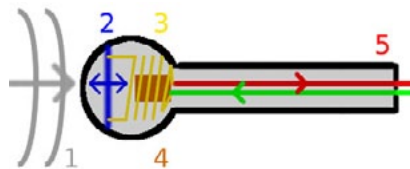
## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ: ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

### 1. Ηλεκτρομαγνητισμός

Το φαινόμενο του ηλεκτρομαγνητισμού είναι αυτό που συνδέει άμεσα τον ηλεκτρισμό με τον ήχο. Όταν το ρεύμα ρέει μέσα σε έναν αγωγό, δημιουργείται γύρω του μαγνητικό πεδίο. Εάν αυτός ο αγωγός έχει τη μορφή πηνίου, δηλαδή είναι τυλιγμένος σαν ένα ελατήριο, τότε το φαινόμενο του ηλεκτρομαγνητισμού είναι πιο έντονο. Εάν μέσα ή γύρω από το πηνίο αυτό τοποθετήσουμε έναν μαγνήτη, τότε έχουμε έναν ηλεκτρομαγνήτη. Αν εφαρμόσουμε τάση στις άκρες του πηνίου, για παράδειγμα με μια μπαταρία, τότε το πηνίο αυτό θα κινηθεί κάθετα στη ροή του μαγνητικού πεδίου – αλλά και το αντίθετο. Αν δηλαδή κουνήσουμε τον μαγνήτη με το χέρι μας, τότε θα δημιουργηθεί ηλεκτρική τάση στις άκρες του πηνίου. Αυτά τα δύο φαινόμενα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τον ήχο. Πώς όμως γίνεται αυτή η συσχέτιση;

### 2. Το μικρόφωνο

Το μικρόφωνο<sup>15</sup> είναι η συσκευή με την οποία μπορούμε να μετατρέψουμε τα ηχητικά κύματα (π.χ. της φωνής) σε ηλεκτρισμό. Το μικρόφωνο λειτουργεί κατά κάποιον τρόπο σαν το αφτί μας. Αποτελείται από μία μεμβράνη, μαζί με ένα πηνίο και έναν μαγνήτη.



1. Ηχητικά κύματα
2. Μεμβράνη
3. Πηνίο
4. Μαγνήτης
5. Μεταφορέα ηλεκτρικών κυμάτων

Εικόνα 2.09. Πώς λειτουργεί το μικρόφωνο.

Όταν τα κύματα του αέρα φτάσουν στη μεμβράνη στην οποία είναι προσκολλημένο και το πηνίο, θα την κουνήσουν μέσα έξω (τη μεμβράνη και μαζί το πηνίο). Ο κυματισμός του αέρα προκαλεί ταλάντωση της μεμβράνης, όπως συμβαίνει και με το τύμπανο του αφτιού μας. Έτσι, σύμφωνα με την εφαρμογή του ηλεκτρομαγνητισμού –καθώς το πηνίο θα κινηθεί μέσα στο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη– θα δημιουργηθεί τάση στα άκρα του πηνίου ανάλογη με την ταλάντωση (το ηχητικό κύμα) που έχει δημιουργηθεί από τη φωνή μας. Με αυτό τον τρόπο, ουσιαστικά έχουμε «αντιγράψει» τον ήχο και τον έχουμε μετατρέψει σε ηλεκτρικό ρεύμα.

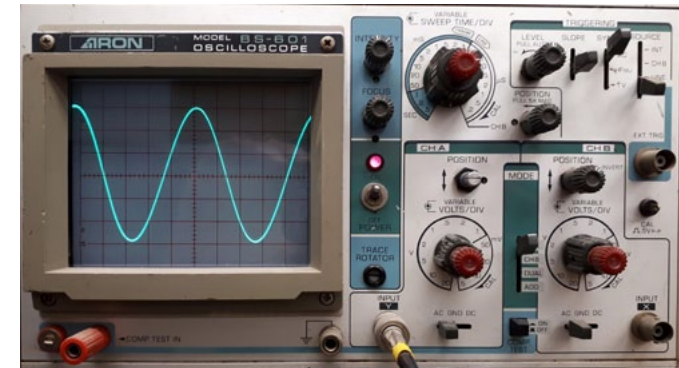
Επειδή όμως είναι λίγο δύσκολο να καταλάβουμε αυτό το φαινόμενο, γιατί ακριβώς δεν το βλέπουμε, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια συσκευή που θα μας βοηθήσει. Σίγουρα θα γίνει πιο κατανοητό το φαινόμενο της ταλάντωσης και του ηλεκτρισμού, γιατί θα μπορέσου-

<sup>15</sup> Βλ. περισσότερες πληροφορίες στην Ενότητα 4, «Γνωρίζω και Καταλαβαίνω: Τι είναι το μικρόφωνο;».

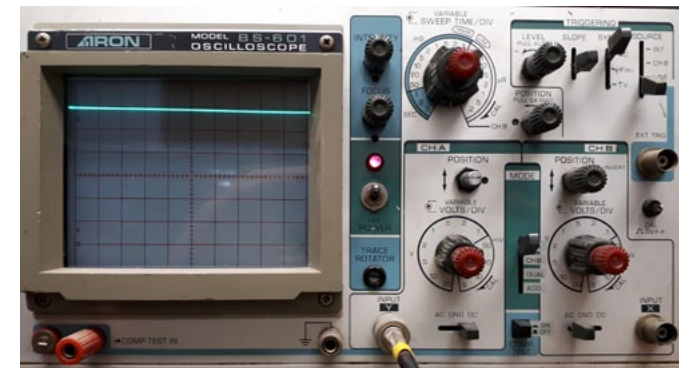
με να δούμε αυτό το ρεύμα! Αυτή η συσκευή λέγεται παλμογράφος και κάνει ακριβώς αυτό το πράγμα. Όταν τον συνδέουμε στο κύκλωμά μας, βλέπουμε στην οθόνη του την ηλεκτρική τάση που δημιουργείται από την παλλόμενη μεμβράνη του μικροφώνου. Μπορούμε επίσης να δούμε τη σταθερή τάση της μπαταρίας. Επειδή ενδέχεται να μην έχουμε μικρόφωνο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την ίδια δουλειά ένα μεγάφωνο, να αντιστρέψουμε δηλαδή τη λειτουργία του<sup>16</sup>.

Επειδή όμως ο παλμογράφος είναι δυσεύρετος, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αντίστοιχα προγράμματα στον υπολογιστή μας, όπως αυτά τα δύο:

1. [Soundcard Oscilloscope](#)
2. [Winscope](#)



Εικόνα 2.10. Απεικόνιση ηχητικού κύματος (ταλάντωσης) στον παλμογράφο.

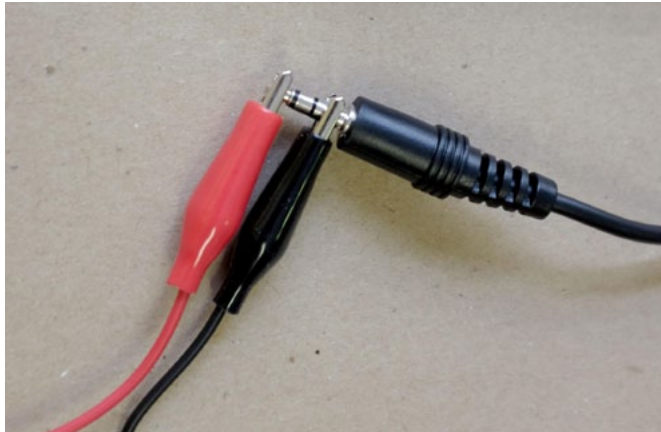


Εικόνα 2.11. Απεικόνιση συνεχούς ρεύματος στον παλμογράφο.

Το μόνο που θα χρειαστεί επιπλέον είναι ένα καλώδιο mini jack, το οποίο θα μπει στην είσοδο μικροφώνου του υπολογιστή. Στην άλλη άκρη

<sup>16</sup> Βλ. περισσότερες πληροφορίες στη Δραστηριότητα Κατανόησης «Το μεγάφωνο σαν μικρόφωνο».

του mini jack, θα πιάσουμε δύο κροκοδειλάκια, ένα στην κορυφή του βύσματος και ένα στη βάση (Εικόνα 2.12), ενώ την άλλη τους μεριά θα την συνδέσουμε στους ακροδέκτες του μεγαφώνου ή της μπαταρίας, αν θέλουμε να δούμε το ρεύμα της.



Εικόνα 2.12. Σύνδεση βύσματος mini jack με κροκοδειλάκια.

Τα κροκοδειλάκια, που είναι συνδεδεμένα μέσω του mini jack στον υπολογιστή μας με το πρόγραμμα-παλμογράφο, μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε για να δούμε στην οθόνη το ρεύμα της μπαταρίας μας ή την ταλάντωση του ρεύματος του μεγαφώνου που θα χρησιμοποιήσουμε σαν μικρόφωνο. Αν κουνήσουμε τη μεμβράνη του μεγαφώνου με το χέρι μας ή φωνάξουμε δυνατά σε αυτό, θα δούμε το ανάλογο ηλεκτρικό ρεύμα στην οθόνη του υπολογιστή-παλμογράφου.

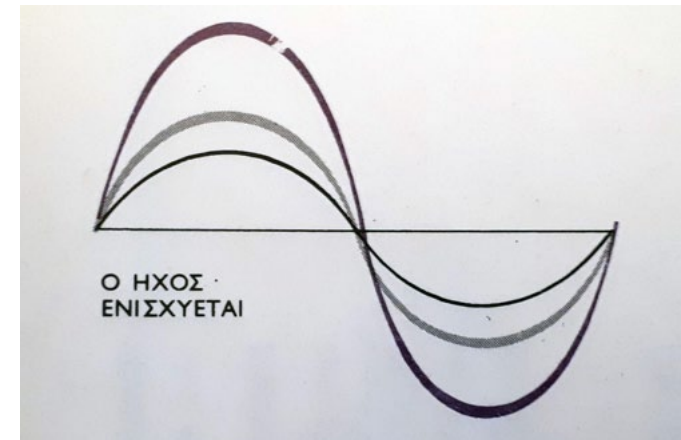
Η μετατροπή αυτή του ήχου σε ρεύμα μάς δίνει πολλές δυνατότητες. Μπορούμε, έτσι, να ενισχύσουμε, να αποθηκεύσουμε και να επεξεργαστούμε τον ήχο.

### 3. Το μεγάφωνο

Η συσκευή αναπαραγωγής του ήχου είναι το μεγάφωνο. Είναι ουσιαστικά η ίδια συσκευή με το μικρόφωνο, αλλά με διαφορετικά χαρακτηριστικά, που βοηθούν στην καλύτερη αναπαραγωγή, και όχι στην ηχογράφηση όπως το μικρόφωνο. Και το μεγάφωνο αποτελείται από μία μεμβράνη, ένα πηνίο και έναν μαγνήτη, αλλά πολύ μεγαλύτερου μεγέθους από του μικροφώνου. Τα στοιχεία του μικροφώνου είναι μικρά, γιατί πρέπει να μπορούν να κινούνται εύκολα με τα κύματα του αέρα, ενώ του μεγαφώνου είναι μεγαλύτερα γιατί πρέπει να κουνήσουν περισσότερο αέρα, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ηχητικό κύμα. Παρόλα αυτά, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα μεγάφωνο σαν μικρόφωνο, αλλά και το αντίθετο, και αυτό είναι κάτι που θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε το φαινόμενο. Η αποδόμηση ενός μεγαφώνου θα μας φανερώσει όλα τα στοιχεία του και θα καταλάβουμε τη λειτουργία του (βλ. Δραστηριότητα Κατανόησης «Το αποδομημένο μεγάφωνο»). Η αναπαραγωγή ενός ήχου γίνεται όταν η μεμβράνη του μεγαφώνου ταλαντώνεται μέσα έξω, ανάλογα με το ρεύμα που δέχεται. Ένας μπάσος ήχος θα έχει μεγαλύτερη τάση και, άρα, μεγαλύτερη κίνηση της μεμβράνης, ενώ ένας ψηλός ήχος μικρότερη τάση και κίνηση.

### 4. Η ενίσχυση του ήχου

Το μεγάφωνο δεν αρκεί από μόνο του για να δεχτεί το λίγο ρεύμα του μικροφώνου απευθείας. Χρειάζεται έναν ενισχυτή που θα αυξήσει τη μικρή τάση του μικροφώνου και θα την φέρει σε ένα επίπεδο ικανό να κουνήσει την μεμβράνη του αρκετά, ώστε να ακούσουμε τον ήχο. Η ενίσχυση αυτή αφορά το ηλεκτρικό ρεύμα που θα δεχθεί το μεγάφωνο και η οποία είναι αναγκαία για τη λειτουργία του<sup>17</sup>. Υπάρχει όμως και η φυσική ενίσχυση, δηλαδή το ηχείο, όπως στα φυσικά όργανα. Το σκάφος ενός βιολιού ή ακόμα και το στόμα μας είναι ηχεία, δηλαδή κοιλότητες με παλλόμενα στοιχεία. Όπως είδαμε και στην Ενότητα 1, η ταλάντωση της χορδής ή της μεμβράνης παράγει από μόνη της ήχο, αλλά όχι τόσο δυνατό σε ένταση. Το ηχητικό κύμα ανακλάται στα τοιχώματα του ηχείου και, με τη σειρά του, ταλαντώνει τα τοιχώματα αυτά. Ο συντονισμός αυτών των κυμάτων, των ανακλώμενων και των απευθείας, δηλαδή η πρόσθεση και των δύο είναι αυτή που κάνει τον ήχο να αυξάνεται σε ένταση (Εικόνα 2.13). Διαφορετικά υλικά στα τοιχώματα, αλλά και το μέγεθος του ηχείου, καθώς και τα ανοίγματα που αυτό μπορεί να έχει, μας δίνουν πολύ διαφορετικές ποιότητες του ήχου, τόσο στην ένταση όσο και στη χροιά.



Εικόνα 2.13. Δύο κύματα (μαύρο και γκρι) προστίθενται για να δημιουργήσουν ένα κύμα μεγαλύτερης έντασης (καφέ).

<sup>17</sup> Βλ. περισσότερες πληροφορίες για την ενίσχυση στην Ενότητα 4, «Γνωρίζω και Καταλαβαίνω: Ηχογράφηση και ενίσχυση».



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

### 1. Το αποδομημένο μεγάφωνο



Εικόνα 2.14. Ένα αποδομημένο μεγάφωνο. Διακρίνεται το πορτοκαλί γυαλιστερό πηνίο του.

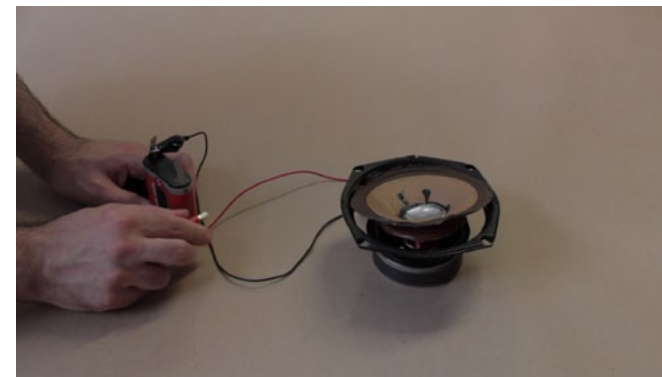
Ένα ωραίο πείραμα για να γίνει κατανοητός ο μηχανισμός λειτουργίας του μεγαφώνου είναι να κόψουμε με κοπίδι ένα παλιό μεγάφωνο στην πάνω και στην κάτω ανάρτηση, εκεί δηλαδή όπου συνδέεται η μεμβράνη με τον σιδερένιο «σκελετό» του μεγαφώνου. Έτσι, μπορούμε να δούμε καθαρά στο εσωτερικό του το πηνίο, που είναι τυλιγμένο και κολλημένο στη μεμβράνη, αλλά και τη σχισμή μέσα στον μαγνήτη στην οποία μπαίνει το πηνίο. Αν, αφού το έχουμε κόψει, τοποθετήσουμε ξανά το πηνίο στη θέση του μέσα στον μαγνήτη και δώσουμε ρεύμα με την μπαταρία μας στο + και στο - αντίστοιχα, θα δούμε τη μεμβράνη να πετάγεται έξω! Επειδή πια έχει βγει από το μαγνητικό πεδίο, δεν θα ξανακάνει άλλη κίνηση. Θα πρέπει να κάνουμε εμείς τη δουλειά της ανάρτησης και να τοποθετήσουμε ξανά το πηνίο μέσα στον μαγνήτη. Αν συνδέσουμε την μπαταρία μας ανάποδα (το + της μπαταρίας στο - του μεγαφώνου και το - στο +), θα δούμε τη μεμβράνη να πηγαίνει προς τα κάτω, δηλαδή προς τον μαγνήτη!



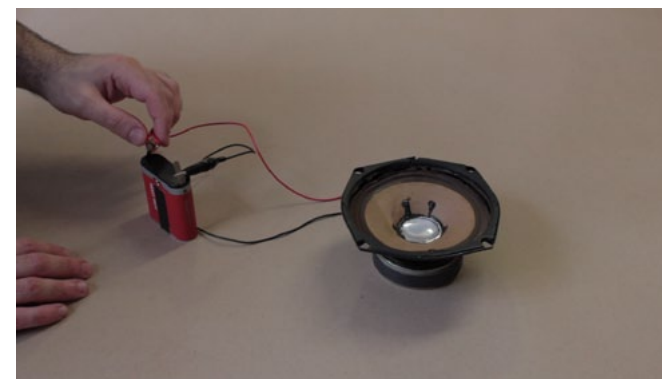
## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ



Βλέπουμε στα δύο βίντεο που ακολουθούν την μπαταρία σε κανονική σύνδεση με το αποδομημένο μεγάφωνο, και ανάποδα.



Μεγάφωνο με μπαταρία, σύνδεση + στο +.



Μεγάφωνο με μπαταρία, σύνδεση + στο -.

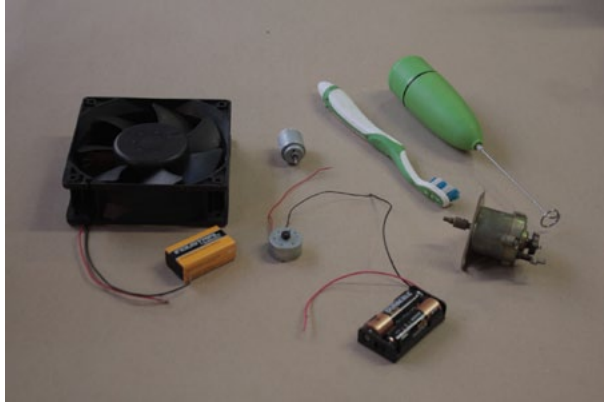


### 2. Το μεγάφωνο σαν μικρόφωνο

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την αμφίδρομη σχέση μεταξύ του ηλεκτρομαγνητισμού και του ήχου, μπορούμε να κάνουμε το εξής πείραμα: να χρησιμοποιήσουμε το μεγάφωνο ως μικρόφωνο. Ο μηχανισμός, όπως είδαμε, είναι ίδιος: «Αν εφαρμόσουμε τάση σε ένα πηνίο που βρίσκεται μέσα σε έναν μαγνήτη, αυτό θα κινηθεί και θα παραχθεί ρεύμα». Έτσι, αν πάρουμε το μεγάφωνό μας και το συνδέσουμε με την είσοδο ενός μικρού αυτοεπισχυόμενου ηχείου (με το mini jack, όπως στην Εικόνα 2.12) και φωνάξουμε δυνατά μπροστά στη μεμβράνη του, βάζοντας τα χέρια μας γύρω του για να μη φεύγει ο ήχος, θα ακούσουμε τη φωνή μας από το ηχείάκι!



### 3. Μοτεράκια



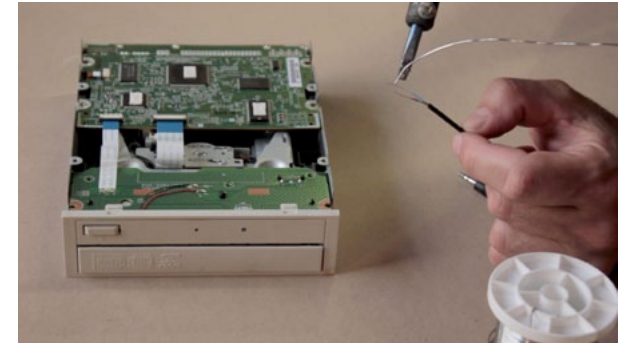
Εικόνα 2.15. Μοτεράκια σκέτα, μοτεράκι με ανεμιστήρα, ηλεκτρική οδοντόβουρτσα, αναδευτήρας.

Αν βρούμε κάποια παλιά, μικρά μοτεράκια (π.χ. από κάποιο κασετόφωνο ή από ένα μιξεράκι χειρός ή από cd/dvd-rom παλιού υπολογιστή), τα συνδέσουμε με το ηχείο μας και κινήσουμε το ροδάκι τους, τότε θα ακούσουμε το ρεύμα που θα παραχθεί! Μπορούμε επίσης να πειραματιστούμε με λαστικάκια, τα οποία θα τοποθετήσουμε στη ρόδα του μοτέρ σαν τμάντες, έτσι ώστε η κίνηση να είναι μεγαλύτερη και ο ήχος πιο έντονος. Ο ήχος που βγαίνει από τα μοτέρ μπορεί να είναι αρκετά διαφορετικός, ανάλογα με το μοτεράκι που θα χρησιμοποιήσουμε, άλλοτε πιο ψηλός και άλλοτε πιο μπάσος. Σε κάθε περίπτωση, όμως, θα χρειαστεί να τον ενισχύσουμε, μέσω του μικρού αυτοενισχυόμενου ηχείου μας, συνδέοντας τους πόλους του μοτέρ με δύο κροκοδειλάκια στο mini jack του ηχείου. Εδώ δεν έχει σημασία ποιο καλώδιο συνδέεται στον θετικό ή στον αρνητικό πόλο.

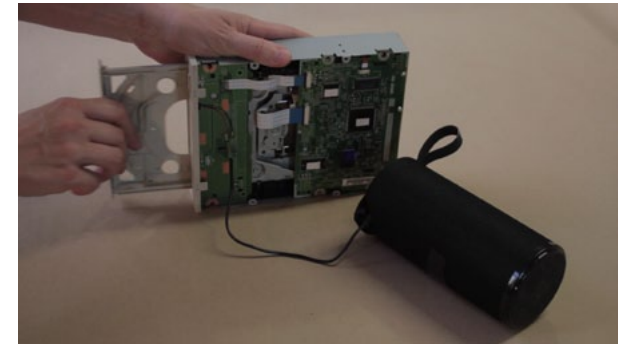


### ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

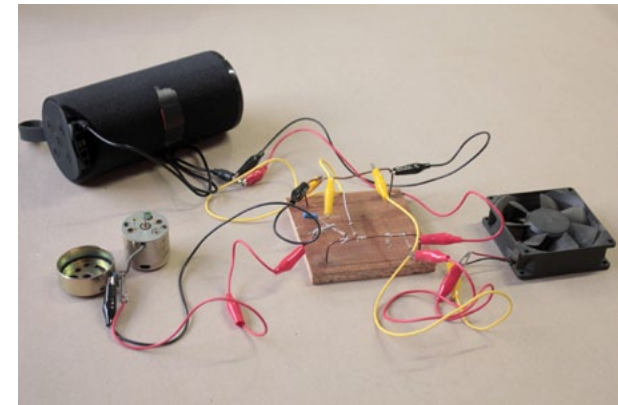
Στα δύο βίντεο που ακολουθούν βλέπουμε πώς συνδέουμε καλώδια στους πόλους ενός μοτέρ από παλιό DVD, με κολλητήρι και καλάι, και πώς ακούγεται το ρεύμα που παράγει το μοτέρ αυτό στο αυτοενισχυόμενο ηχείο!



DVD κόλλημα καλωδίων.



DVD παίξιμο.



Εικόνα 2.16. Σύνδεση δύο μοτέρ μέσω του αυτοσχέδιου μείκτη<sup>18</sup> στο ηχείακι.

<sup>18</sup> Μπορείτε να δείτε αναλυτικά την κατασκευή του αυτοσχέδιου μείκτη στην Ενότητα 6, «Φτιάχνω: DIY μείκτης».



## ΑΚΟΥΩ

Δύο καλά παραδείγματα, για να ακούσουμε μουσική φτιαγμένη με ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά μέσα, είναι το [Rainforest](#) (1968) του David Tudor και το [Flux](#) (1967) του Dick Raaijmakers. Δοκιμάστε να τα ακούσετε με τα μάτια κλειστά!



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μετά την ακρόαση των κομματιών, μπορεί να γίνει συζήτηση για το τι έχει φανταστεί ο καθένας ακούγοντας αυτή τη μουσική και αν υπάρχουν αναγνωρίσιμοι ήχοι σε αυτά που ακούγονται. Τι μας θυμίζουν, τι σκεφτόμαστε;



## ΦΤΙΑΧΝΩ: ΜΕΓΑΦΩΝΟ

Μια ιδέα για την κατασκευή ενός απλού ηλεκτρικού οργάνου είναι το megáφωνο. Εδώ, όμως, δεν θα έχουμε την κλασική του χρήση, για την αναπαραγωγή του ήχου, αλλά για τη δημιουργία ήχων από την αρχή. Χρειαζόμαστε ένα megáφωνο, το οποίο μπορούμε να βρούμε από κάποιο παλιό ηχείο ή από μαγαζί με ηλεκτρονικά, μία μπαταρία (ιδανικά των 4,5V, γιατί θα μας βολέψει στη χρήση) και δύο κροκοδειλάκια ή, ακόμα, δύο απλά καλώδια. Συνδέοντας και αποσυνδέοντας την μπαταρία στους ακροδέκτες του megáφωνου, είτε με τα καλωδιάρια είτε ακουμπώντας την κατευθείαν στους ακροδέκτες, παίρνουμε από το megáφωνο έναν διακοπτόμενο ήχο (κλικ-κλακ). Μπορούμε να πειραματιστούμε, τοποθετώντας το megáφωνό μας πάνω σε διαφορετικές επιφάνειες (ξύλο, μέταλλο πλαστικό), αλλά και να δημιουργήσουμε ένα απλό ηχείο, με κάποιο πλαστικό δοχείο, με χαρτόκουτο ή με χάρτινο κύλινδρο κ.λπ. Παρατηρούμε πώς αλλάζει η χροιά, αλλά και η ένταση του ήχου. Επίσης, μπορούμε να προμηθευτούμε διάφορα υλικά για να τα τοποθετήσουμε με πάνω στη μεμβράνη του megáφωνου.



Εικόνα 2.17. Megáφωνο με ρύζι.

Μερικές ιδέες: αλάτι, ζάχαρη, ρύζι, βίδες, κέρματα (1-2 λεπτών) και, γενικότερα, διάφορα μικροαντικείμενα. Έτσι, η χροιά του ήχου

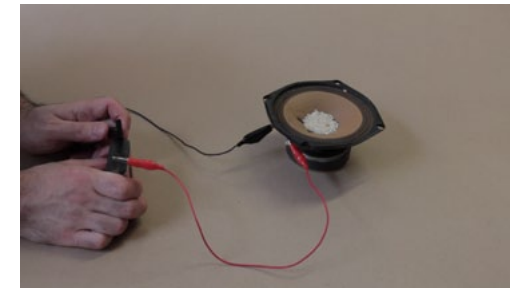


## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

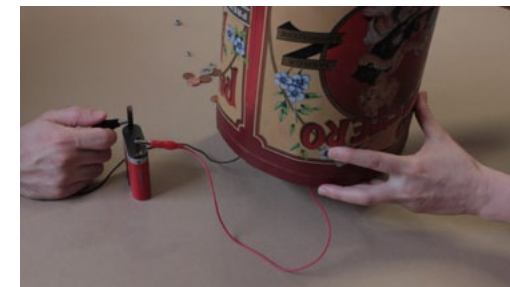
Στα βίντεο που ακολουθούν βλέπουμε πώς συνδέουμε megáφωνο με μπαταρία. Ακούστε τους ήχους που μπορεί να κάνει ένα ηχείο μόνο του ή με ρύζι μέσα στη μεμβράνη, αλλά και πώς αλλάζει ο ήχος αν πειραματιστούμε με ένα κουτί ως ηχείο.



Megáφωνο με μπαταρία.



Megáφωνο με ρύζι.



Megáφωνο με κουτί.



## ΠΑΙΖΩ

Κάθε παιδί παίζει μόνο του ή σχηματίζονται ζευγάρια. Πειραματιζόμαστε με τα μεγάφωνα και τις μπαταρίες και δοκιμάζουμε όλους τους πιθανούς τρόπους για να παίξουμε διαφορετικούς ήχους. Μπορούμε αρχικά να πειραματιστούμε με τον τρόπο που ακουμπάει το κροκοδειλάκι στην μπαταρία. Αν το ακουμπήσουμε απλώς, κάνει «κλακ», αν όμως το σύρουμε πάνω στο μέταλλο του ακροδέκτη κάνει πιο μακρόσυρτο ήχο (τζζζςς). Χρησιμοποιούμε υλικά στη μεμβράνη: ρύζι, χοντρό αλάτι, φακές, κέρματα. Μπορούμε επίσης να βάλουμε πάνω στη μεμβράνη ένα ελαφρύ πλαστικό δοχείο (π.χ. από γιαούρτι) ή καπάκι και να βάλουμε εκεί το ρύζι, το αλάτι κ.λπ. – ο ήχος είναι διαφορετικός!

Δοκιμάζουμε διάφορα ηχεία (μεταλλικά, πλαστικά ή ξύλινα κουτιά) για να ακουμπήσουμε το μεγάφωνο ή να το καλύψουμε. Στο τέλος, τα παιδιά μπορούν να παρουσιάσουν στην τάξη ένα μικρό αυτοσχεδιαστικό κομμάτι με τους ήχους που τους άρεσαν περισσότερο, μόνοι τους ή με κάποιον συμμαθητή. Δεν χρειάζεται να διαρκεί πάνω από 1 λεπτό!

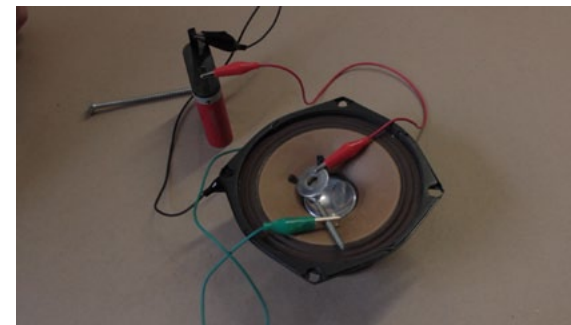
### Επέκταση 1: Βικτώρια (Victorian Synthesizer<sup>19</sup>)

Όπως έχουμε μάθει από την προηγούμενη ενότητα, ο ήχος είναι μια ταλάντωση, ένας κυματισμός. Εμείς εδώ με την μπαταρία μας, που αποδίδει συνεχές ρεύμα, καταφέραμε να ταλαντώσουμε τη μεμβράνη του μεγαφώνου προς μία κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να δημιουργήσουμε έναν πολύ απλό ήχο – έναν παλμό, ένα κλακ. Για να μπορέσουμε να ταλαντώσουμε διαφορετικά τη μεμβράνη του μεγαφώνου, θα πρέπει να βρούμε τρόπους που θα μετατρέψουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο, για να δημιουργήσουμε έναν κυματισμό και, ταυτόχρονα, έναν τόνο. Αν μπορούσαμε να ακουμπήσουμε την μπαταρία μας έτσι ώστε να ανοιγοκλείνουμε το κύκλωμά μας πάρα πολύ γρήγορα, θα το είχαμε καταφέρει. Όμως, κάτι τέτοιο μόνο ένα ρομπότ θα μπορούσε να πετύχει, και όχι ανθρώπινο χέρι. Έτσι, λοιπόν, θα αναζητήσουμε τρόπους που θα μας το επιτρέψουν. Ο πιο βασικός και απλός είναι η ανάδραση (feedback), που μπορούμε να εφαρμόσουμε στο μεγάφωνό μας, φτιάχνοντας τη λεγόμενη «Βικτώρια». Η πιο απλή της μορφή αποτελείται από ένα μεγάφωνο, μία μπαταρία, τρία κροκοδειλάκια και δύο ελαφριά μεταλλικά αντικείμενα, π.χ. δύο καπάκια από κουτάκι αναψυκτικού.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Στο βίντεο που ακολουθεί βλέπουμε πώς λειτουργεί η Βικτώρια.



Simple Victoria.

Ξεκινάμε συνδέοντας τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας στον αρνητικό ακροδέκτη του μεγαφώνου και τον θετικό πόλο της μπαταρίας στο ένα μεταλλάκι. Το δεύτερο μεταλλάκι το αφήνουμε πάνω στη μεμβράνη του μεγαφώνου και το ενώνουμε στον θετικό ακροδέκτη του μεγαφώνου. Είμαστε πλέον έτοιμοι να ξεκινήσουμε! Πιάνοντας το πρώτο μεταλλάκι και αφήνοντάς το να πέσει πάνω στο άλλο, που είναι πάνω στο μεγάφωνο, κλείνουμε ουσιαστικά το κύκλωμα. Οπότε, η μεμβράνη του μεγαφώνου θα κάνει μια διαδρομή προς τα εμπρός πετώντας τα δύο μεταλλάκια στον αέρα. Όταν αυτά πέσουν πάλι πάνω στη μεμβράνη, θα ακουμπήσουν ξανά μεταξύ τους και έτσι θα συμβεί ακριβώς το ίδιο και θα συνεχίσει να συμβαίνει επ' άπειρο ή, μάλλον, μέχρι να τελειώσει η μπαταρία μας!

Έχουμε φτιάξει έτσι ένα πολύ απλό αυτοματοποιημένο μουσικό σύστημα βασισμένο στην ανάδραση, δηλαδή την ανατροφοδότηση της εξόδου (μεμβράνη που κινείται προς τα πάνω) στην είσοδό του (θετικός ακροδέκτης μεγαφώνου). Μπορούμε να πειραματιστούμε τοποθετώντας άλλα μεταλλικά αντικείμενα (νομίσματα, βίδες κ.λπ.), να τα βλέπουμε να «χορεύουν» πάνω στο μεγάφωνο και να ακούμε τον ιδιαίτερό τους ήχο. Μπορούμε επίσης να δοκιμάσουμε κάτι πιο ελεγχόμενο, πιάνοντας το μεταλλάκι με το χέρι και ακουμπώντας το στο άλλο και με λεπτές κινήσεις μέσα έξω και πάνω κάτω (ακουμπάει / δεν ακουμπάει), να ελέγξουμε αυτή την ανάδραση και, άρα, να δημιουργήσουμε ένα μουσικό όργανο.

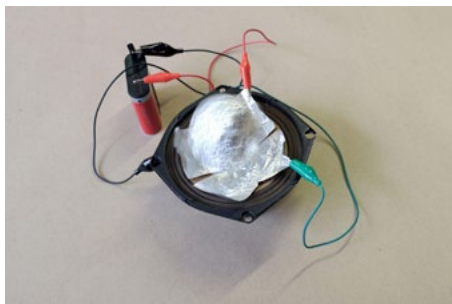
### Επέκταση 2: Βικτώρια mk2<sup>20</sup>

Μπορούμε να φτιάξουμε κάτι πιο ενδιαφέρον, το οποίο θα μας δώσει ακόμα καλύτερο έλεγχο, τη «Βικτώρια mk2».

<sup>19</sup> Το [Victorian Synthesizer](#) είναι μια ιδέα του [Nicolas Collins](#).

<sup>20</sup> Η δεύτερη εκδοχή του [Victorian Synthesizer](#) έχει σχεδιαστεί από τον John Richards.





Εικόνα 2.18. Βικτώρια mk2.

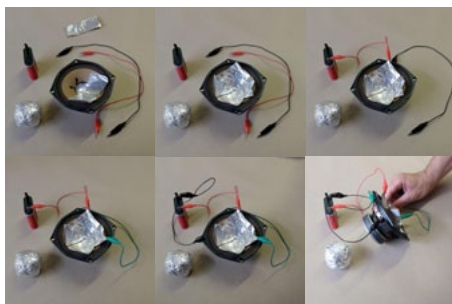
Εκτός από τα υλικά που είχαμε παραπάνω, θα χρειαστούμε επιπλέον αλουμινόχαρτο, αλουμινοταινία και, ιδανικά, ένα μπαλάκι από φελιζόλ. Κόβουμε δύο κομμάτια αλουμινοταινίας και τα κολλάμε πάνω στη μεμβράνη του μεγαφώνου, έτσι ώστε να μην ακουμπάνε μεταξύ τους, προσέχοντας να μην κολλήσουμε και την ανάρτηση του μεγαφώνου (το γύρω γύρω), για να μπορεί να κινηθεί.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ



Βλέπουμε στην Εικόνα 2.19 τα στάδια κατασκευής της Βικτώριας mk2 και στο βίντεο που ακολουθεί την απολαμβάνουμε σε δράση!



Εικόνα 2.19. Στάδια κατασκευής της «Βικτώριας mk2».



Βικτώρια mk2.



## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

### Ασφαλείς πρακτικές

Ποτέ, μα ποτέ, δεν θα πρέπει να βραχυκυκλώνουμε τις μπαταρίες, δηλαδή να ενώνουμε τους πόλους τους απευθείας, είτε με κροκοδειλάκι, είτε με άλλο μεταλλικό αντικείμενο, ή ακόμα και τη μία μπαταρία με την άλλη. Με λίγα λόγια, ποτέ δεν ακουμπάμε το + της μιας με το - της άλλης και το - της πρώτης με το + της δεύτερης. Αυτό είναι δυνατό να συμβεί πολύ εύκολα -κατά λάθος- με τις μπαταρίες 9V, οι οποίες μπορούν να κουμπώσουν μεταξύ τους. Πρέπει να προσέχουμε πολύ και στην αποθήκευσή τους: για παράδειγμα, να μην τις αποθηκεύουμε σε μεταλλικό κουτί, γιατί μπορεί να τις βραχυκυκλώσει. Αν αποθηκεύουμε πολλές μαζί, θα πρέπει να βάζουμε μονωτική ταινία σε έναν από τους πόλους τους ή να προσέχουμε ώστε να μην μπορούν οι πόλοι τους να ακουμπήσουν μεταξύ τους. Υπάρχει κίνδυνος να εκραγούν ή να πάρουν φωτιά!

Επίσης, για οτιδήποτε φτιάχνουμε και χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο, οι μόνες ηλεκτρικές πηγές που επιτρέπονται είναι οι μπαταρίες. Ποτέ δεν χρησιμοποιούμε κάτι που παίρνει ρεύμα από την πρίζα!

Οι μπαταρίες έχουν ένα μικρό φορτίο που, ακόμα και όταν τις χρησιμοποιούμε σωστά, μπορεί να παράγει σπινθήρα ή και να μας ηλεκτρίσει ελαφρά. Αυτό δεν είναι επικίνδυνο, αλλά σε κάθε περίπτωση πρέπει να είμαστε προσεκτικοί αν έχουμε εύφλεκτα υλικά κάπου κοντά.

### 3. ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΣ: ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΡΙΖΟΝΙ ΜΕ ΡΕΛΕ

Συζητάμε για τον χρόνο και τον ρυθμό, τη διάρκεια και την επανάληψη. Φτιάχνουμε ηλεκτρικά τριζόνια, δηλαδή ρυθμικά όργανα με ρελέ.



Εικόνα 3.01. Ηλεκτρικό τριζόνι και απαραίτητα υλικά για την κατασκευή και το παίξιμό του.

#### Υ ΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

- Χαρτί A4, μολύβι, στυλό και μαρκαδόροι.
- Ρελέ 5V<sup>21</sup> ή 9V.
- Μπαταρίες πλακέ 4,5V ή 9V.
- Σετ από 5 καλώδια-κροκοδελιάκια σε διαφορετικά χρώματα.
- Διάφοροι πυκνωτές (100μF, 470μF, 1000μF).
- Μεγάφωνα 5-6.5'' (12,7 έως 16,5 εκ.).
- Μονωτική ή άλλη κολλητική ταινία.
- Θερμόκολλα: «πιστολάκι» θερμής σιλικόνης και ανταλλακτικοί ράβδοι σιλικόνης.
- Κουτιά μεταλλικά, ξύλινα ή από χαρτόνι.
- Ποτήρια πλαστικά<sup>22</sup> ή χάρτινα, ή μεταλλικά δοχεία/κονσέρβες, ή χάρτινα/πλαστικά κουτιά, από την ανακύκλωση.

<sup>21</sup> Χρησιμοποιούμε ρελέ και μπαταρίες με αντίστοιχα βολτ.

<sup>22</sup> Η διογκωμένη πολυστερίνη, όπως στα ποτηράκια ή τα δοχεία από φελιζόλ, έχει πολύ καλά ηχητικά αποτελέσματα.



### ΣΥΖΗΤΗΣΗ: ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΣ



Εικόνα 3.02. Συσκευές για τη μέτρηση του χρόνου: αριστερά η κλεψύδρα, στο κέντρο το ρολόι του Γκρίνουιτς<sup>23</sup> και δεξιά ο μετρονόμος, συσκευή που χρησιμοποιείται στη μουσική για τη μέτρηση του ρυθμού.

Τι είναι ο χρόνος και γιατί τον μετράμε; Ποιες είναι οι υποδιαιρέσεις του; Τι σχέση έχει ο χρόνος με τη μουσική; Γιατί μπορεί να είναι χρήσιμος όταν φτιάχνουμε μουσική; Τι γνωρίζουμε για τον ρυθμό; Μπορούμε να δώσουμε ένα παράδειγμα ρυθμού στη φύση, στο ανθρώπινο σώμα, στην πόλη<sup>24</sup>;



### ΓΝΩΡΙΣΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

#### Χρόνος, ρυθμός και επανάληψη

Η φύση του χρόνου και ερωτήματα, όπως αν υπάρχει χρόνος και αν μπορεί στην πραγματικότητα να μετρηθεί, έχουν απασχολήσει την ανθρωπινή σκέψη και την επιστήμη από την αρχαιότητα.

Ο άνθρωπος μετράει τον χρόνο με χρονόμετρα, όπως είναι τα ρολόγια, για να οργανώσει τη ζωή του και να συντονιστεί με τους άλλους ανθρώπους. Μέσα στην απεραντοσύνη του χρόνου, επαναλαμβάνονται τακτικά κάποια μεγαλύτερα ή μικρότερα γεγονότα (κινήσεις, συμβάντα), όπως η περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο, τα βήματά μας ή οι χτύποι της καρδιάς. Αυτό το τακτικό φαινόμενο που επαναλαμβάνεται, είτε με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο, το ονομάζουμε ρυθμό.

Ο χρόνος και ο ρυθμός είναι πολύ σημαντικά στοιχεία στη μουσική, γιατί πάνω στον χρόνο και στα διαφορετικά σχήματα που μπορεί να πάρει ο ρυθμός δομούνται οι ήχοι για να δημιουργηθούν τα μουσικά έργα.

Ένας πολύ απλός ρυθμός μπορεί να φτιαχτεί με την επανάληψη ενός και μόνο ήχου, π.χ. όταν χτυπάμε το πόδι μας στο πάτωμα. Συνήθως, όμως, χρησιμοποιούμε τουλάχιστον δύο διαφορετικούς ήχους, έναν «βαθύ» ή μπάσο ήχο χαμηλής συχνότητας και έναν «ψηλό» ή πρώτο ήχο υψηλής

<sup>23</sup> Στο Γκρίνουιτς της Αγγλίας, με γεωγραφικό μήκος 0, υπάρχει παρατηρητήριο ακριβούς μέτρησης του χρόνου. Πολλές χώρες λαμβάνουν ως σταθερά την ώρα του Γκρίνουιτς (GMT) για να προσδιορίσουν την ώρα στη χώρα τους.

<sup>24</sup> Παραδείγματα: κομπρεσέρ, μηχανάκι, πλυντήριο, καρδιά, αναπνοή, περπάτημα, δεκαοχτούρα, γκιτώνης, τριζόνι, τρυποκάρυδος, κύμα, βροχή.

συχνότητας. Οι ήχοι αυτοί μπορούν να εναλλάσσονται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους μέσα στον χρόνο.

Υπάρχει βέβαια και μουσική χωρίς εμφανή ρυθμό, που εξελίσσεται μέσα στον χρόνο και χρησιμοποιεί διαφορετικούς ήχους, παύσεις, συμπύκνωση και αραίωση των ήχων για να δημιουργήσει μια ηχητική αφήγηση ή εικόνα, όπως η ατμοσφαιρική μουσική *ambient*.



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ (1)

1. *Παίξε* έναν ρυθμό που θυμάσαι ή που σου αρέσει, χτυπώντας τα χέρια σου μεταξύ τους ή πάνω στο θρανίο ή πάνω στα πόδια σου – ή χρησιμοποιήσε ένα μολύβι πάνω στο θρανίο. Η δραστηριότητα μπορεί να γίνει ατομικά, σε μικρές ομάδες ή με όλη την τάξη μαζί.

2. *Μετρώντας τα δευτερόλεπτα*<sup>25</sup>. Δύο παιδιά στέκονται με την πλάτη τους γυρισμένη το ένα στο άλλο, έχοντας απόσταση περίπου δύο μέτρα μεταξύ τους. Το πρώτο παιδί αρχίζει να χτυπάει παλαμάκια κάθε πέντε δευτερόλεπτα μετρώντας από μέσα του τον χρόνο. Αφού παίξει για λίγο και σταθεροποιηθεί, αρχίζει και το δεύτερο παιδί να παίζει. Προσπαθούν να συγχρονιστούν και να χτυπούν παλαμάκια ταυτόχρονα, χωρίς να βλέπουν. Μπορείτε να αλλάξετε τον ρυθμό και τα παλαμάκια να είναι κάθε δύο ή κάθε επτά δευτερόλεπτα.

3. *Το ποδόσφαιρο*<sup>26</sup>. Τα παιδιά χωρίζονται σε δύο ομάδες, ενώ διατιητής είναι η/ο εκπαιδευτικός. Με κλήρωση ορίζεται ποια ομάδα θα ξεκινήσει πρώτη. Αντί για μπάλα, θα υπάρχει ένας ρυθμός τον οποίο θα επιλέγει η ομάδα που είναι η σειρά της να παίξει, σε συνεννόηση με την/τον εκπαιδευτικό. Ο αρχηγός της ομάδας ξεκινάει να παίζει με παλαμάκια τον ρυθμό και προσπαθεί να τον «περάσει» σε ένα μέλος της ομάδας του. Το μέλος αυτό παίζει τον ρυθμό μία φορά και τον περνάει σε άλλο συμμαχικό, μέχρι ο ρυθμός να παιχτεί από όλα τα μέλη της ομάδας. Στο μεταξύ, η αντίπαλη ομάδα μπορεί να κάνει όσο θόρυβο θέλει, να παίζει κάποιον άλλο ρυθμό, να μιλάει ή να γελάει, με στόχο να μπερδέψει τους αντιπάλους. Αν κάποιος από την ομάδα που έχει τον ρυθμό μπερδευτεί από τη φασαρία ή από μόνος του, τότε η «μπάλα» περνάει στην άλλη ομάδα, η οποία ξεκινάει τη διαδικασία με τον ίδιο ή άλλο ρυθμό. Αν μία ομάδα καταφέρει να περάσει τον ρυθμό σωστά σε όλα τα μέλη, τότε κερδίζει.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ



Όλα είναι ρυθμός! Όπου υπάρχει ζωή, υπάρχει ρυθμός

Δείτε το [FOLI](#) (Ρυθμός), ένα μικρό ντοκιμαντέρ για τον ρυθμό, από τη Γουινέα της Αφρικής, των Thomas Roebbers και Floris Leeuwenberg.

<sup>25</sup> «Μετρώντας τα δευτερόλεπτα», παιχνίδι για τον ρυθμό, από το βιβλίο: R. Murray Schafer, *Hearing-Aκουλάειτε: 75 Ασκήσεις Μουσικής Ακρόασης και Δημιουργίας*, Edition Orpheus-M. Νικολαΐδης & Σια Ο.Ε., 2011, σελ. 81.

<sup>26</sup> «Ποδόσφαιρο», προσαρμογή ηχητικού παιχνιδιού από το βιβλίο: R. Murray Schafer, *Hearing-Aκουλάειτε: 75 Ασκήσεις Μουσικής Ακρόασης και Δημιουργίας*, Edition Orpheus-M. Νικολαΐδης & Σια Ο.Ε., 2011, σελ. 36.



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ (2)

Τα παιδιά μπορούν να ακούσουν

1. Μουσικά κομμάτια όπως αυτά:

- Steve Reich, [Clapping Music](#), σε ερμηνεία από το μουσικό σχήμα Octopulus
- Autechre, [Eggshell](#)

και να δοκιμάσουν να ακολουθήσουν τον ρυθμό με παλαμάκια ή χτυπώντας το πόδι τους στο πάτωμα.

Μπορούν επίσης να ακούσουν στην τάξη και άλλα ρυθμικά κομμάτια που τους αρέσουν και να προσπαθήσουν να ακολουθήσουν τον ρυθμό.

2. Απόσπασμα από το [Reflection](#) (Αντανάκλαση) του Brian Eno, ένα έργο που εξελίσσεται μέσα στον χρόνο με έναν διαφορετικό τρόπο, με δικό του ρυθμό που δεν είναι φανερός. Ανήκει στο είδος της ατμοσφαιρικής (*ambient*) μουσικής.

3. Το έργο [Imaginary Landscape 1](#) (Φανταστικό Τοπίο 1) του John Cage, στο οποίο συνυπάρχουν ρυθμικά μέρη και επανάληψη με στοιχεία *ambient*, εκτελεσμένο από τους Michael Barnes, Zach Webb, Jacob Dike και Xinyi Zheng.



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μπορούμε να αναγνωρίσουμε κάποιους ήχους στα κομμάτια που ακούσαμε; Τι όργανα ή αντικείμενα χρησιμοποιούνται; Με ποιον τρόπο χρησιμοποιούνται; Προσέχουμε τη σημασία των παύσεων. Ποιες λέξεις μπορούμε να σκεφτούμε για να περιγράψουμε τους διαφορετικούς ρυθμούς που ακούσαμε; Τι συναίσθημα προκαλεί κάθε κομμάτι; Δημιουργήθηκαν στο μυαλό μας κάποιες εικόνες;



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ<sup>27</sup>

Ακούμε ξανά το *Reflection* του Brian Eno ή το *Imaginary Landscape 1* του John Cage. Εμπνεόμαστε από τη μουσική και γράφουμε μια ιστορία (μπορεί να έχει και εικόνες, να είναι δηλαδή ένα μικρό κόμικς) ή, εναλλακτικά, φτιάχνουμε μια ζωγραφιά. Η εργασία μπορεί να γίνει ατομικά ή σε ομάδες.

<sup>27</sup> Η δραστηριότητα αυτή χρειάζεται αρκετό χρόνο. Μπορεί να γίνει στην τάξη ή στο σπίτι. Μπορεί ακόμα να συνδυαστεί με το μάθημα των εικαστικών (κόμικς) ή της γλώσσας (παραγωγή λόγου με κείμενο ή ποίημα). Οδηγίες για το κόμικς μπορείτε να βρείτε στο βιβλίο *Εικαστικά Ε΄-ΣΤ΄ Δημοτικού*, Γ.2 Κόμικς-Σχεδιαστής [http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSQM-G101/711/4700\\_21250/](http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSQM-G101/711/4700_21250/). Αν η δραστηριότητα γίνει στο σπίτι, θα πρέπει να υπολογιστεί χρόνος στην επόμενη συνάντηση για να δει η ομάδα τα έργα, να τα επεξεργαστεί και να τα συζητήσει.



## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

### Η διάρκεια του ήχου: Ρυθμική αξία και παύση

Κάθε ήχος μπορεί να έχει διαφορετική διάρκεια μέσα στον χρόνο: μικρή διάρκεια, όπως ένα στιγμιαίο χτύπημα με το δάχτυλό μας στο τραπέζι ή ο ήχος ενός δευτερολέπτου στο ρολόι, και μεγαλύτερη, όπως ο δυνατός αέρας ή ένα θυμωμένο κορνάρισμα.

Τη χρονική διάρκεια ενός ήχου την ονομάζουμε ρυθμική αξία. Πολύ σημαντική στη ζωή, όπως και στη μουσική, είναι και η ησυχία ή, αλλιώς, παύση, η οποία μπορεί να έχει και αυτή διαφορετική διάρκεια, όπως ο ήχος. Μετά από μια πολύ έντονη και δυνατή δράση, τις περισσότερες φορές ακολουθεί σιωπή. Μετά από μια σιωπή ή παύση, συνήθως ακολουθεί κάτι σημαντικό, κάτι καινούριο ή διαφορετικό από τα προηγούμενα. Ένα παράδειγμα από τη φύση είναι η θύελλα με πολύ αέρα και πολλή φασαρία, η οποία ακολουθείται από καλό καιρό και ησυχία. Στην καθημερινή ζωή, όταν θέλουμε να δώσουμε έμφαση σε κάτι, κάνουμε ησυχία, ενώ αν τρέξουμε αρκετή ώρα, μετά θέλουμε να ηρεμήσουμε και να ξεκουραστούμε.

Οι μουσικοί και οι ηχητικοί καλλιτέχνες μπορούν να κάνουν απεριόριστους συνδυασμούς με διαφορετικές διάρκειες ήχων και παύσεων, για να φτιάξουν τα κομμάτια τους.

Στην Ενότητα 1 σχεδιάσαμε και τραγουδήσαμε γραμμές<sup>28</sup> κάνοντας ήχους που θεωρήσαμε ότι ταιριάζουν στις γραμμές αυτές. Η διάρκεια αυτών των ήχων δεν ήταν συγκεκριμένη. Ωστόσο, πολλές φορές στη μουσική χρειάζεται να υπάρχει ακρίβεια στο μοίρασμα του χρόνου, για να συνεννοούνται οι μουσικοί και να επιτυγχάνουν συνδυασμούς ήχων και ρυθμών, ώστε ένα κομμάτι να γίνει πιο πολύπλοκο και ενδιαφέρον. Ένας άλλος λόγος που χρειάζεται η ακρίβεια είναι για να μπορεί ένα έργο να καταγραφεί, ώστε να εκτελεστεί πολλές φορές και να παιχτεί από διαφορετικούς μουσικούς ξανά και ξανά.

Κάθε πολιτισμός έχει επινοήσει διαφορετικό τρόπο χωρισμού του χρόνου, ιδιαίτερους ρυθμούς<sup>29</sup> και ξεχωριστά γραπτά σύμβολα για να σημειώνει τη διάρκεια του χρόνου.



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε ποιες περιπτώσεις χρειάζεστε να σταματήσουμε τελείως οποιονδήποτε θόρυβο ή ομιλία στην καθημερινή ζωή; Τι έχει προηγηθεί; Τι ακολουθεί την ησυχία; Τι μπορούμε να σκεφτούμε για τη σημασία και τη χρήση της ησυχίας;

<sup>28</sup> Βλ. Ενότητα 1, «Δραστηριότητα Γνωριμίας».

<sup>29</sup> Βλ. Βιβλίο Μουσικής Ε΄ Δημοτικού, κεφάλαιο 5, «Τα Μαθηματικά της Μουσικής», και κεφάλαιο 9, «Ας "κρατήσουμε" τον ρυθμό», όπου αναφέρονται οι ρυθμικές αξίες και βασικοί ρυθμοί της μουσικής. [http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSDIM-E106/719/4753\\_21427/](http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSDIM-E106/719/4753_21427/).

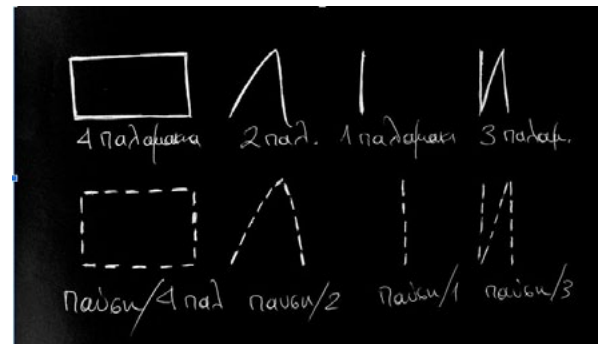


## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

### Η δική μου γραφή για τη διάρκεια των ήχων

Ας επινοήσουμε ένα δικό μας σύστημα συμβόλων, μια αυτοσχέδια γραπτή γλώσσα για να σημειώνουμε τις διάρκειες των ήχων μας.

Σκεφτόμαστε κάποιες χρονικές διάρκειες, για παράδειγμα: ήχος για πέντε παλαμάκια, ήχος για ένα παλαμάκι, μεγάλη παύση για πέντε παλαμάκια κ.λπ. Φτιάχνουμε για αυτούς τους ήχους δικά μας σύμβολα ή γραμμές στον πίνακα (βλ. παραδείγματα στην εικόνα 3.03) και προσπαθούμε να τα «διαβάσουμε» με παλαμάκια, όλοι μαζί ή χωρισμένοι σε ομάδες.



Εικόνα 3.03. Παραδείγματα ρυθμικών αξιών για ήχους και παύσεις, με αυτοσχέδια σημειογραφία: ορθογώνιο = διάρκεια 4 παλαμάκια, γραμμή με γωνία = διάρκεια 2 παλαμάκια, κάθετη γραμμή = διάρκεια 1 παλαμάκι, τεθλασμένη γραμμή = διάρκεια 3 παλαμάκια. Στη δεύτερη σειρά, τα ίδια σχήματα, αλλά διακεκομμένα, δηλώνουν παύσεις με αντίστοιχη διάρκεια.



## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ: ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΑΓΗ



Εικόνα 3.04. Τα κύματα της θάλασσας είναι ένα φαινόμενο της φύσης με επανάληψη και παραλλαγή: τα κύματα επαναλαμβάνονται με ρυθμό, αλλά κανένα δεν είναι ακριβώς ίδιο με το άλλο.

Οι ήχοι μπορεί να επαναλαμβάνονται, είτε γρήγορα όπως οι σταγόνες της βροχής, είτε αργά όπως τα κύματα της θάλασσας. Η επανάληψη, αλλιώς κυκλικότητα ή περιοδικότητα, είναι μια σημαντική διάσταση και στη μουσική. Μπορεί να επαναλαμβάνεται μόνο ένας ήχος ή ένα σύνολο από ήχους, δηλαδή μια μελωδία ή μοτίβο. Χρησιμοποιώντας την επανάληψη, ο συνθέτης μπορεί να επιλέξει να ακούσουμε έναν ήχο/μοτίβο ακριβώς ίδιο με τον προηγούμενο, για να τονίσει κάποιο ενδιαφέρον στοιχείο. Μπορεί όμως να διαλέξει να επαναλάβει τον ήχο/μοτίβο με μικρές ή μεγαλύτερες αλλαγές, να κάνει δηλαδή μια παραλλαγή. Η επανάληψη είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει συνεχώς στη ζωή και στη φύση. Για παράδειγμα, κάθε χρόνο επαναλαμβάνονται οι εποχές (άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο, χειμώνας), αλλά ποτέ δεν είναι ακριβώς ίδιες – πάντα έχουν διαφορετικά στοιχεία. Κάθε μέρα ο ήλιος ανατέλλει και δύει, αλλά καμία ημέρα δεν είναι ίδια με την άλλη. Έτσι και σε ένα μουσικό ή ηχητικό έργο, μπορεί να υπάρχει επανάληψη και παραλλαγή. Τα στοιχεία του ήχου που μπορεί να διαφοροποιηθούν είναι το χρώμα/χροιά, η ένταση, το τονικό ύψος, η διάρκεια<sup>30</sup> και άλλα δευτερεύοντα στοιχεία, όπως για παράδειγμα η καθαρότητα του ήχου.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Steve Reich *Drumming* - Portland Percussion Group

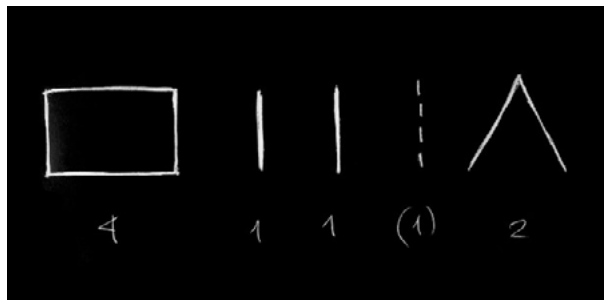


## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπάζουμε το κομμάτι. Τι συμβαίνει; Πώς αλλάζει ο ρυθμός; Παρατηρήσαμε ότι στην αρχή είναι απλός και μετά πολύπλοκος; Πώς γίνεται αυτό; Παρατηρήσαμε την επανάληψη;



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ: ΑΥΤΟΣΧΕΔΙΟ ΡΥΘΜΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ



Εικόνα 3.05. Παράδειγμα μικρού ρυθμικού κομματιού με τα αυτοσχέδια σύμβολα της Εικόνας 3.03.

<sup>30</sup> Περισσότερες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του ήχου υπάρχουν στην Ενότητα 1, «Γνωρίζω και Καταλαβαίνω: Τι είναι ο ήχος / Γ. Βασικά χαρακτηριστικά του ήχου».

Χωριζόμαστε σε ομάδες και επινοούμε τα δικά μας απλά ρυθμικά κομμάτια, αντίστοιχα με αυτό της εικόνας 3.05, γράφοντας σε ένα χαρτί ή στον πίνακα διαφορετικούς συνδυασμούς από ρυθμικές αξίες και παύσεις. Σχεδιάζουμε τις ρυθμικές αξίες με τα δικά μας σύμβολα<sup>31</sup>. Παίζουμε τα κομμάτια χωρισμένοι σε μικρές ομάδες ή όλοι μαζί. Μπορούμε να «διαβάσουμε» το ρυθμικό κομμάτι μας χτυπώντας παλαμάκια ή να δοκιμάσουμε διαφορετικούς ήχους.

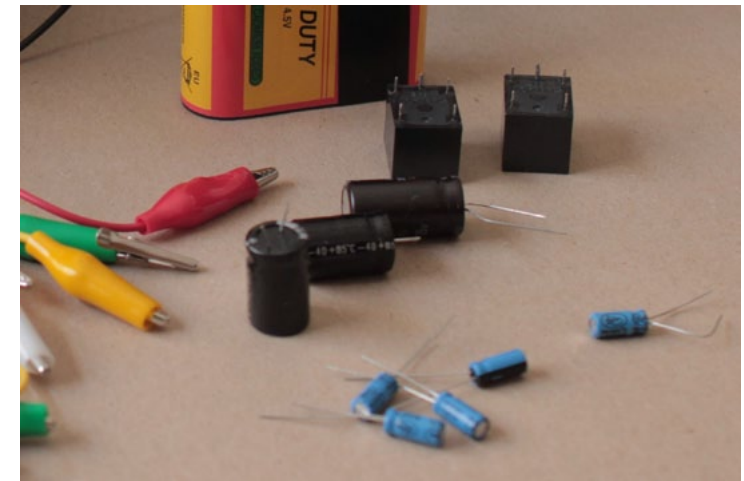
Μπορούμε να δοκιμάσουμε και το εξής: μία ομάδα να τραγουδήσει τους ήχους μεγάλης διάρκειας με ένα φωνήεν (aaaa... κ.λπ.), μία άλλη να χτυπήσει μικρότερης διάρκειας ήχους με τις παλάμες στα πόδια, ενώ μία τρίτη ομάδα να χτυπήσει με μολύβι πάνω στο θρανίο τους στιγμιαίους ήχους.

Τα ρυθμικά κομμάτια μπορούν επίσης να παιχτούν με συνδυασμούς διαφορετικών ήχων από τα όργανα που παρουσιάζονται στις ενότητες 1 έως 5.



## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

Το ρελέ, ο πυκνωτής και ο χρωματικός κώδικας<sup>32</sup>



Εικόνα 3.06. Ρελέ, πυκνωτές διαφορετικών τιμών, κροκοδειλάκια, μπαταρία.

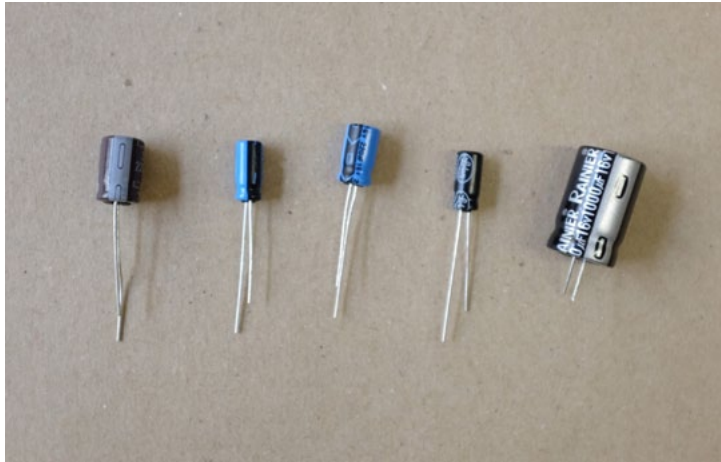
Το ρελέ (relay) είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης που, όταν για κάποιον λόγο κλείσει, το κύκλωμα<sup>33</sup> ανοίγει, δηλαδή σταματάει να

<sup>31</sup> Από την προηγούμενη δραστηριότητα, «Η δική μου γραφή για τη διάρκεια των ήχων».

<sup>32</sup> Η/Ο εκπαιδευτικός μπορεί να γράψει τις λέξεις στον πίνακα και να φτιάξει τα αντίστοιχα σχέδια ή να παρουσιάσει σε προτζέκτορα τις φωτογραφίες των υλικών καθώς εξηγεί τη λειτουργία τους.

<sup>33</sup> Ηλεκτρικό κύκλωμα έχουμε όταν υπάρχει μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος (π.χ. μπαταρία), στην οποία έχουμε συνδέσει καλώδιο ή άλλο αγώγιμο υλικό και ηλεκτρικές συσκευές. (βλ. και Ενότητα 2, «Γνωρίζω και Καταλαβαίνω: Κύκλωμα»).

περνάει το ρεύμα. Στα σπίτια μας, ένα αντίστοιχο ρελέ χρησιμοποιείται στον ηλεκτρικό πίνακα ως ασφάλεια, η οποία διακόπτει το ρεύμα όταν υπάρχει βραχυκύκλωμα<sup>34</sup> στην ηλεκτρική εγκατάσταση του σπιτιού ή σε κάποια συσκευή, για να μας προστατεύσει από ηλεκτροπληξία, πιθανή φωτιά και καταστροφές. Το ρελέ που θα χρησιμοποιήσουμε έχει πέντε ποδαράκια ή ακίδες (pins). Στο εσωτερικό του ρελέ, οι ακίδες συνδέονται με τα υπόλοιπα στοιχεία (ηλεκτρομαγνήτης και διακόπτης). Το ρελέ έχει δηλαδή στο εσωτερικό του μια μικρογραφία κυκλώματος.



Εικόνα 3.07. Πυκνωτές διαφορετικών τιμών. Διακρίνονται οι μαύρες ή γκρι ταινίες που δείχνουν τον αρνητικό πόλο και ο πιο κοντός πόλος («ποδαράκι») στην ίδια πλευρά του πυκνωτή.

Ο πυκνωτής (capacitor) είναι ένα ηλεκτρικό στοιχείο με δύο αγωγούς (πόλους) και μονωτικό υλικό ανάμεσά τους. Είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε να έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει στιγμιαία το ηλεκτρικό φορτίο που φτάνει σε αυτόν. Έτσι, όταν τοποθετηθεί σε ένα κύκλωμα σε συγκεκριμένη θέση, θα αδειάσει το φορτίο του σε χρονικό διάστημα ανάλογο με τη χωρητικότητά του και, στην περίπτωση μας, θα καθυστερήσει το άνοιγμα και κλείσιμο του διακόπτη. Η χωρητικότητα των πυκνωτών υπολογίζεται με τη μονάδα μέτρησης Φαράντ (Farad, F). Επειδή το 1F είναι μεγάλη μονάδα μέτρησης, για μικρούς πυκνωτές χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του Farad, όπως τα μικροφαράντ (μF), νανοφαράντ (nF) και πικοφαράντ (pF). Οι πυκνωτές που χρησιμοποιούμε στο ηλεκτρικό τριζόνι έχουν αρνητικό και θετικό πόλο. Ο αρνητικός είναι πιο κοντός από τον θετικό. Υπάρχει άλλο ένα σήμα για τον αρνητικό πόλο: πάνω στο «βαρελάκι» του πυκνωτή, στην πλευρά όπου βρίσκεται ο αρνητικός πόλος, υπάρχει μια κάθετη γκρι ή μαύρη ταινία (βλ. Εικόνα 3.07).

**Χρωματικός κώδικας καλωδίων:** Στις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συνδέσεις, συνηθίζουμε να χρησιμοποιούμε καλώδια με κόκκινο ή άλλο

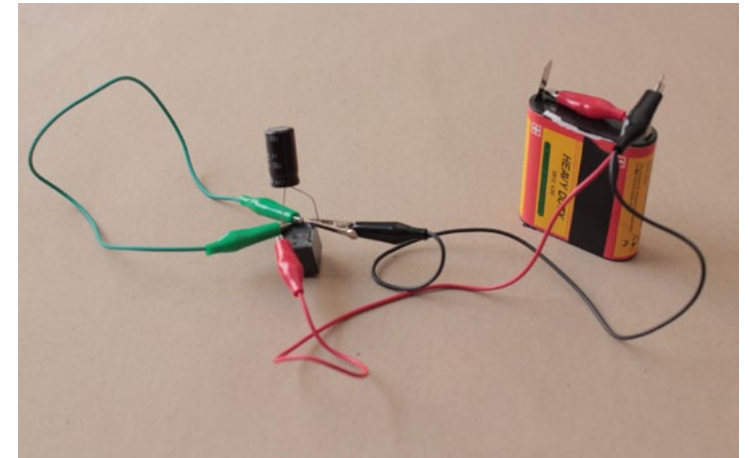
<sup>34</sup> Βραχυκύκλωμα (κοντό κύκλωμα) έχουμε όταν σε ένα κύκλωμα προκύψει διαδρομή με μηδενική αντίσταση, τυχαία (π.χ. από βλάβη) ή ελεγχόμενα (βλ. και [Ενότητα 2, «Γνωρίζω και Καταλαβαίνω: Βραχυκύκλωμα»](#)).

θερμό χρώμα (κίτρινο, πορτοκαλί κ.λπ.) για να συνδέσουμε ένα καλώδιο σε θετικό πόλο. Όταν θέλουμε να συνδέσουμε καλώδια σε αρνητικό πόλο, ή γείωση, χρησιμοποιούμε μαύρο, σκούρο ή άλλο ψυχρό χρώμα (μπλε, πράσινο, μωβ).



## ΦΤΙΑΧΝΩ: ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΡΙΖΟΝΙ

Το Ηλεκτρικό Τριζόνι (Electro Cricket) είναι ένα χαμηλόφωνο ρυθμικό όργανο, μια διάταξη που έχει εμπνευστεί ο John Richards (Dirty Electronics). Δίνει έναν συνεχή, επαναλαμβανόμενο ήχο, όπως το τριζόνι το καλοκαίρι. Μπορούμε να επέμβουμε στον ήχο του και να αλλάξουμε τον ρυθμό επανάληψής του, χρησιμοποιώντας πυκνωτές διαφορετικών τιμών.



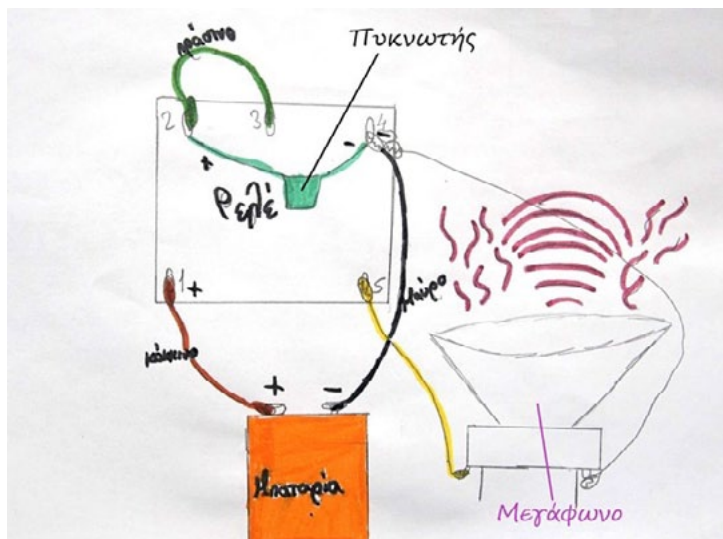
Εικόνα 3.08. Το Ηλεκτρικό Τριζόνι.

Θα χρειαστούμε χαρτί, μολύβι, στυλό και μαρκαδόρους, για να σχεδιάσουμε τη συνδεσμολογία του κυκλώματος<sup>35</sup> και να κρατήσουμε σημειώσεις.

Για την κατασκευή της διάταξης Ηλεκτρικό Τριζόνι, χρειαζόμαστε ένα ρελέ, μία μπαταρία, πέντε καλώδια-κροκοδειλάκια και τουλάχιστον στον δύο πυκνωτές με διαφορετική τιμή.

Η/Ο εκπαιδευτικός σχεδιάζει στον πίνακα το κύκλωμα ή βλέπουμε το σχέδιο (Εικόνα 3.09). Σχεδιάζουμε στο χαρτί μας το ρελέ και τις συνδέσεις με τα κροκοδειλάκια, την μπαταρία και τους πυκνωτές. Σταδιακά, καθώς σχεδιάζουμε, κάνουμε παράλληλα τις ίδιες συνδέσεις στο ρελέ μας.

<sup>35</sup> Αυτό το σχέδιο βοηθάει πολύ στην κατανόηση της συνδεσμολογίας και είναι πολύ χρήσιμο για να θυμόμαστε το κύκλωμα και τις θέσεις των εξαρτημάτων από συνάντηση σε συνάντηση. Επίσης, εφόσον κάθε παιδί έχει το σχέδιό του, μπορεί να ελέγχει μόνο του την ορθότητα της σύνδεσης, αν κάτι δεν λειτουργεί.



Εικόνα 3.09. Σχέδιο της Α., μαθήτριας της Δ' Δημοτικού, με το κύκλωμα για το Ηλεκτρικό Τριζόνι. (εργαστήριο DIY 2018-2019, 21ο Δημοτικό Σχολείο Αθήνας «Λέλα Καραγιάννη»).

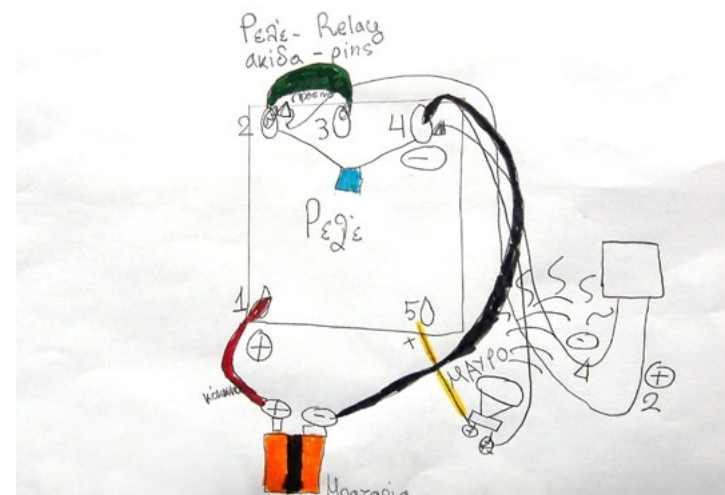
Στην αρχή, τοποθετούμε το ρελέ πάνω στο θρανίο μπροστά μας, έτσι ώστε η πλευρά του με τα τρία ποδαράκια –αλλιώς, ακίδες (pins)– να είναι προς τα πάνω και η πλευρά με τις δύο ακίδες προς τα κάτω. Σχεδιάζουμε στο χαρτί μας το τετράγωνο κουτάκι του πυκνωτή και τις πέντε ακίδες. Αριθμούμε τις ακίδες στο σχέδιό μας από το 1 έως το 5: η ακίδα 1 κάτω αριστερά, η 2 πάνω αριστερά, η 3 στο κέντρο επάνω, η 4 πάνω δεξιά και η 5 κάτω δεξιά (βλ. Εικόνα 3.09). Συνδέουμε τις ακίδες 2 και 3 μεταξύ τους με ένα πράσινο κροκοδειλάκι. Συνδέουμε με ένα κόκκινο<sup>36</sup> κροκοδειλάκι την ακίδα 1 με τον θετικό πόλο της μπαταρίας. Με μαύρο κροκοδειλάκι συνδέουμε την ακίδα 4 με τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας. Στο σχέδιό μας, χρησιμοποιούμε μαρκαδόρους ή στυλό με αντίστοιχα χρώματα, για να σχεδιάσουμε τα κροκοδειλάκια.

Το Ηλεκτρικό Τριζόνι πρέπει τώρα να ακούγεται. Η σύνδεση των ακίδων 2 και 3 δημιουργεί ένα είδος βραχυκυκλώματος και έτσι το ρελέ συνεχώς ανοιγοκλείνει. Ο ήχος που ακούγεται δημιουργείται από αυτό το συνεχές ανοιγοκλείσιμο. Μπορούμε να δοκιμάσουμε να σφηνώσουμε τον αρνητικό πόλο ενός πυκνωτή στη δαγκάνα από το κροκοδειλάκι της ακίδας 4 και τον θετικό στη δαγκάνα από το κροκοδειλάκι της ακίδας 2. Ο ήχος αλλάζει! Μπορούμε να δοκιμάσουμε το ίδιο με διαφορετικούς πυκνωτές και να παρατηρήσουμε την αλλαγή του ρυθμού και του ήχου.

<sup>36</sup> Θυμηθείτε τον χρωματικό κώδικα για τα καλώδια!



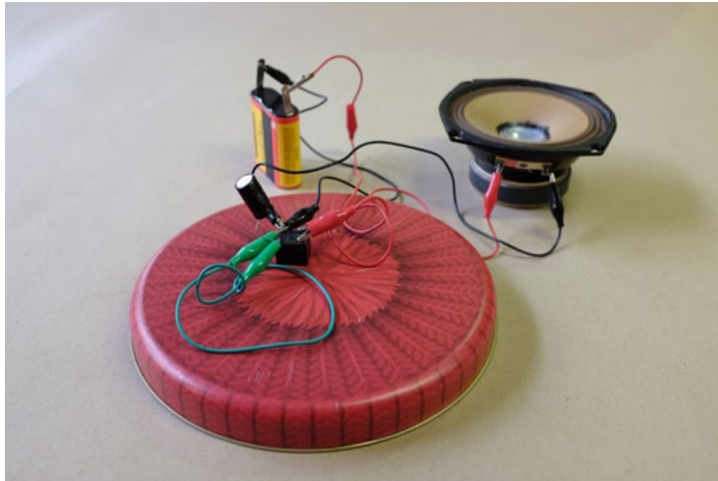
Εικόνα 3.10. Σημειώσεις για το ρελέ Ηλεκτρικό Τριζόνι, τη συνδεσμολογία και τους ήχους από τον Γ., μαθητή της Δ' Δημοτικού (εργαστήριο DIY 2018-2019, 21ο Δημοτικό Σχολείο Αθήνας «Λέλα Καραγιάννη»).



Εικόνα 3.11. Σχέδιο της Α., μαθήτριας της Δ' Δημοτικού, με το κύκλωμα για το Ηλεκτρικό Τριζόνι (εργαστήριο DIY 2018-2019, 21ο Δημοτικό Σχολείο Αθήνας «Λέλα Καραγιάννη»).

Πώς λειτουργεί; Όσο μεγαλύτερη τιμή (περισσότερα  $\mu\text{F}$ ) έχει ο πυκνωτής, τόσο αυξάνει η καθυστέρηση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στο κύκλωμα του ρελέ. Σε αυτή την περίπτωση, ο διακόπτης ανοιγοκλείνει πιο αργά και έτσι ακούγεται καθαρά και αρατά να ανοίγει και να κλείνει. Ο ήχος αυτός μπορεί να θυμίζει τριζόνι ή ακόμα και ρολόι. Όταν ο πυκνωτής είναι «μικρός», έχει δηλαδή μικρή χωρητικότητα σε  $\mu\text{F}$ , τότε το ρεύμα ρέει πιο γρήγορα, ο διακόπτης ανοιγοκλείνει γρήγορα και ο ήχος αυτός ακούγεται σχεδόν συνεχόμενος, σαν γουργούρισμα ή σαν έντομο.

Μπορούμε να τοποθετήσουμε το Ηλεκτρικό Τριζόνι πάνω σε ηχεία/κουτιά διαφορετικών μεγεθών ή υλικών για να ενισχυθεί. Μια άλλη ιδέα είναι να σκεπάσουμε και να ξεσκεπάσουμε τη διάταξη με ένα κουτί για να αλλάζει ο ήχος. Μπορούμε επίσης να παίξουμε με τον ήχο του, διακόπτοντας την παροχή ρεύματος ή συνδέοντας και αποσυνδέοντας τους πόλους των πυκνωτών. Τέλος, μπορούμε να το συνδέσουμε με megάφωνο και να έχουμε ταυτόχρονα και τους δύο ήχους.



Εικόνα 3.12. Το Ηλεκτρικό Τριζόνι συνδεδεμένο με το megάφωνο και την μπαταρία.

### Επεκτάσεις

1. Μπορούμε να συνδέσουμε το ρελέ με το megάφωνο από την Ενότητα 2 ως εξής: συνδέουμε τον θετικό πόλο του megαφώνου με την ακίδα 5 του ρελέ και τον αρνητικό πόλο με την ακίδα 4. Για τη σύνδεση του megαφώνου στην ακίδα 4, θα πρέπει να συνδέσουμε το μαύρο κροκοδειλάκι από τον αρνητικό πόλο του megαφώνου, «δαγκώνοντας» το κροκοδειλάκι που είναι ήδη πάνω στην ακίδα 4 και την συνδέει με τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας (βλ. Εικόνες 3.09 & 3.12).

2. Μπορούμε να δοκιμάσουμε κάτι πιο απαιτητικό: να φτιάξουμε ένα πιο μόνιμο όργανο, κολλώντας με θερμόκολλα<sup>37</sup> το ρελέ μας πάνω στο ηχείο που μας άρεσε περισσότερο. Μπορούμε επίσης να κολλήσουμε με καλάι<sup>38</sup> τα καλώδια και τον πυκνωτή στο ρελέ, ή να προσθέσουμε κάποιον διακόπτη ή λαμπάκι κ.λπ.

<sup>37</sup> Πιστολάκι σιλικόνης που συνδέεται σε πρίζα και ρευστοποιεί τη σιλικόνη.

<sup>38</sup> Βλ. κόλληση με καλάι και κολλητήρι, Ενότητα 4, «Φτιάχνω: Μικρόφωνο επαφής».



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Βλέπουμε στα βίντεο που ακολουθούν δοκιμές με ρελέ, διαφορετικούς πυκνωτές, ηχεία και megάφωνα.

[Katydid Phase, Electro-Crickets and DIY Music](#): Ηχητικές δοκιμές και εγκατάσταση με τα Ηλεκτρικά Τριζόνια του John Richards.

[Αυτοσχεδιασμός με ρελέ 1](#): Δοκιμές με ηχεία-κουτιά από διαφορετικό υλικό.

[Αυτοσχεδιασμός με ρελέ 2](#): Δοκιμές με διαφορετικούς πυκνωτές.

[Αυτοσχεδιασμός με ρελέ 3](#): Αυτοσχεδιαστικό κομμάτι με διαφορετικούς πυκνωτές, διαφορετικά ηχεία, εναλλαγή ρυθμών και ηχοχρωμάτων.

[Ρελέ και megάφωνο](#): Αυτοσχεδιασμός με ρελέ συνδεδεμένο με megάφωνο.



## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ: ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΩΡΑΙΟΥ ΗΧΟΥ/ ΤΟ ΑΣΤΕΙΟ ΚΑΙ ΑΠΡΟΣΔΟΚΗΤΟ/ Η ΠΑΥΣΗ/ Ο ΘΥΡΥΒΟΣ

Οι μουσικοί και οι ηχητικοί καλλιτέχνες, όπως και όλοι οι καλλιτέχνες, αφιερώνουν πολύ χρόνο για να μάθουν το όργανό τους και να βρουν τον τρόπο που θα παίξουν και τον ήχο που τους άρεσει και τους εκφράζει. Ένα όργανο ή ηχητικό αντικείμενο μπορεί να παράγει πολλούς διαφορετικούς ήχους, ανάλογα με το πώς χρησιμοποιείται. Ο κάθε δημιουργός, με την ιδιαιτερότητά του, μπορεί να ανακαλύψει καινούριους, απροσδόκητους τρόπους για να αξιοποιήσει ένα όργανο ή ηχητικό αντικείμενο. Ανάλογα με την αισθητική, τη γνώση, τις ικανότητες και τον ιδιαίτερο τρόπο του καλλιτέχνη, μπορεί ένα όργανο να ακουστεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Μπορεί να παράγει απαλούς ήχους ή θόρυβο, μπορεί να είναι αστείο ή σοβαρό, ατμοσφαιρικό και να μας ηρεμεί ή ρυθμικό και να μας προκαλεί να κινηθούμε και άλλα πολλά!



## ΠΑΙΖΩ

Ελεύθερος πειραματισμός με τα όργανα. Αφιερώνουμε χρόνο 15 λεπτών (και περισσότερο, αν είναι επικτό) για δοκιμές με το ρελέ μας, με διαφορετικούς πυκνωτές, με μικρά και μεγαλύτερα κουτιά/ηχεία από διαφορετικά υλικά (χαρτόκουτα, μεταλλικά κουτιά από μπισκότα ή καφέ κ.λπ., πλαστικά ποτήρια ή μεγαλύτερα πλαστικά δοχεία, ξύλινα κουτιά και ό,τι άλλο σκεφτούμε ή είναι διαθέσιμο). Επίσης, μπορούμε να τοποθετήσουμε τα τριζόνια μας πάνω σε διαφορετικές επιφάνειες (θρανίο, κάποια ξύλινη ή πλαστική ή γυάλινη επιφάνεια, αν υπάρχει στην αίθουσα) και να παρατηρήσουμε τη διαφορά στον ήχο. Μπορούμε να σταθεροποιήσουμε τα ρελέ πάνω στις επιφάνειες ή στα κουτιά με μονωτική ταινία (ή οποιαδήποτε άλλη κολλητική ταινία), ώστε να έχουμε καλύτερη επαφή και να ακούγονται περισσότερο (βλ. βίντεο: [Αυτοσχεδιασμός με ρελέ 1](#)).

Συνδέουμε και το megάφωνο στο Τριζόνι. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και άλλα υλικά πάνω στο megάφωνο, όπως στην Ενότητα 2 (αλουμινόχαρ-



το ή χαρτί με ρύζι, αλάτι, καπάκι με ελαφριά νομίσματα, μεταλλικά στοιχεία όπως συνδετήρες και ροδέλες). Πειραματιζόμαστε μέχρι να μας ικανοποιήσει ο ήχος (βλ. βίντεο: [Ρελέ και μεγάφωνο](#)).



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συζητάμε στην τάξη ποιος είναι ο ήχος που μας αρέσει πιο πολύ από αυτούς που δοκιμάσαμε και γιατί. Μπορεί να μας αρέσει ένας ήχος γιατί μας θυμίζει κάτι, γιατί είναι αστείος, γιατί είναι πολύ απαλός ή πολύ ρυθμικός. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τον λόγο που μας αρέσει κάτι και να μπορούμε να το εκφράσουμε και με λόγια!



## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ: ΗΧΗΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΗΧΗΤΙΚΟ ΓΛΥΠΤΟ

Η ηχητική εγκατάσταση (Sound Installation) είναι μια μορφή τέχνης στην οποία οι καλλιτέχνες δημιουργούν ένα περιβάλλον από ήχους ηχογραφημένους ή παραγόμενους από διάφορες ηχητικές πηγές (μουσικά όργανα, ηχητικά αντικείμενα, ηχεία, συσκευές κ.ά.) μέσα σε χώρο εσωτερικό ή εξωτερικό. Μπορεί να υπάρχουν μουσικοί/εκτελεστές, χωρίς όμως να είναι και απαραίτητο. Οι ακροατές-θεατές της εγκατάστασης συνήθως είναι ελεύθεροι να περιηγούνται στον χώρο για να ακούσουν το ηχητικό έργο. Τις περισσότερες φορές, μια ηχητική εγκατάσταση έχει και εικαστικό σκέλος, μπορεί για παράδειγμα να συνυπάρχει με κάποιο γλυπτό ή άλλο εικαστικό έργο, όπως βίντεο, φωτογραφίες, σχέδια κ.λπ., ή μπορεί να είναι διαδραστική, να απαιτεί δηλαδή τη συμμετοχή του θεατή/ακροατή.

Το ηχητικό γλυπτό (Sound Sculpture) είναι ένα τρισδιάστατο αντικείμενο-έργο τέχνης, το οποίο έχει κατασκευαστεί ή τοποθετηθεί στον χώρο με τέτοιο τρόπο, ώστε να παράγει ήχο, είτε μόνο του, είτε σε διάδραση με το περιβάλλον και τους θεατές.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Βλέπουμε στα βίντεο που ακολουθούν ηχητικές-εικαστικές εγκαταστάσεις και γλυπτά. Παρατηρούμε τους πολλούς παρόμοιους ήχους, τους διαφορετικούς ρυθμούς, τους τρόπους που παράγονται, τα υλικά και τα αντικείμενα που λειτουργούν ως ηχεία και ως γλυπτά ταυτόχρονα.

1. Ηχητικές και εικαστικές εγκαταστάσεις και ηχητικά γλυπτά του καλλιτέχνη [Zimoun](#).
2. Εικαστική-ηχητική εγκατάσταση [Fatamorgana](#) (1985) του Jean Tinguely.
3. Εικαστικές-ηχητικές εγκαταστάσεις [Shadow Orchestra](#) και [Sound Wall](#) του Peter Vogel, οι οποίες ενεργοποιούνται από τους θεατές, μέσω της σκιάς των χεριών τους.
4. Εικαστική-ηχητική εγκατάσταση [Phobos, Dysfunctional Robotic Orchestra](#) (2008) από την κοινότητα Sonoscapia (Πορτογαλία).



## ΠΑΙΖΩ: ΗΧΗΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Είτε σε μικρές ομάδες (3-5 ατόμων), είτε όλοι μαζί, συνδέουμε τα ρελέ μας χωρίς μεγάφωνα, διαλέγουμε τον ήχο που μας αρέσει σε κάθε ρελέ, επιλέγοντας πυκνωτή ή ηχείο, και τα αφήνουμε να παίζουν μόνα τους. Αυτή είναι μια ηχητική εγκατάσταση. Θα χρειαστεί να απομακρυνθούμε για να ακούσουμε προσεκτικά το αποτέλεσμα, το πώς δηλαδή ανακατεύονται και αλληλοσμπληρώνονται οι ήχοι. Τι θυμίζει αυτός ο συνολικός ήχος; Στην αρχή, μπορούμε να συγκεντρώσουμε όλα τα ρελέ μαζί σε ένα σημείο της αίθουσας και να απομακρυνθούμε για να τα ακούσουμε. Την ίδια μέρα ή σε επόμενη συνάντηση, ας δοκιμάσουμε κάτι διαφορετικό: να τοποθετήσουμε τα τριζόνια σε διαφορετικά σημεία στην αίθουσα και να κινηθούμε αργά ανάμεσά τους. Μπορούμε να κάνουμε αυτή την ηχητική βόλτα σε ζευγάρια. Το ένα παιδί θα έχει κλειστά μάτια και το άλλο θα το οδηγεί αργά και προσεκτικά ανάμεσα στους διαφορετικούς ήχους. Μετά, μπορούμε να αλλάξουμε τους ρόλους του οδηγού και του καθοδηγούμενου. Στο τέλος, συζητάμε τις εντυπώσεις μας (βλ. και βίντεο: [Katydid Phase, Electro-Crickets and DIY Music](#), για την ηχητική εγκατάσταση).



## ΠΑΙΖΩ: ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

### 1. Ρυθμικό κομμάτι

Δοκιμάζουμε να παίξουμε τις ρυθμικές αξίες και τα κομμάτια της δραστηριότητας «Αυτοσχέδιο Ρυθμικό Κομμάτι», με τα Ηλεκτρικά Τριζόνια. Για να αποδώσουμε τις διαφορετικές γραμμές/αξίες χρειάζεται να διακόπτουμε τον ήχο: κρατάμε στο χέρι μας τη δαγκάνα του κόκκινου καλωδίου και ακουμπάμε για όση διάρκεια χρειάζεται στον θετικό πόλο της μπαταρίας. Μπορούμε εναλλακτικά να ελέγξουμε τον ήχο του Ηλεκτρικού Τριζονιού ακουμπώντας ή απομακρύνοντας το ένα ποδαράκι του πυκνωτή στην ακίδα. Δοκιμάζουμε παύσεις με διαφορετικές διάρκειες στους ήχους και συνδυάζουμε τους ήχους μας με αυτούς των υπόλοιπων μελών της ομάδας.

### 2. Γραφική παρτιτούρα

Διαβάζουμε γραμμές με διαφορετικό χαρακτήρα, που έχουμε ζωγραφίσει στον πίνακα, δηλαδή γραφικές παρτιτούρες<sup>39</sup>, όπως στην Ενότητα 1. Προσπαθούμε να παράγουμε με το Ηλεκτρικό Τριζόνι ήχους που να ταιριάζουν σε αυτές τις γραμμές. Για παράδειγμα, αν σηκώσουμε το ποδαράκι του πυκνωτή και το κατεβάσουμε γρήγορα δυο τρεις φορές, μπορούμε να αποδώσουμε μια κυματιστή γραμμή. Δοκιμάζουμε να διαβάσουμε γραμμές, προσθέτοντας στη συνδεσμολογία και κάποια μεγάφωνα.

### 3. Ηχητικά κομμάτια με αρχή, μέση και τέλος

Αφιερώνουμε λίγο χρόνο με τη μικρή ομάδα μας για να αποφασίσουμε μια ακολουθία ήχων που θέλουμε να παίξουμε με τα Τριζόνια μας. Συνδυάζουμε Ηλεκτρικά Τριζόνια με διαφορετικούς πυκνωτές, διαφορετικά ηχεία, μεγάφωνα κ.λπ. Αποφασίζουμε ποιο ή ποια παιδιά θα παίξουν πρώτα, πόση διάρκεια θα έχουν οι ήχοι μας, τι παύσεις θα υπάρχουν, πόση θα ξεκινήσουν οι επόμενοι, αν θα υπάρχει κορύφωση (δηλαδή κάποια στιγμή με πολύ έντονο ήχο), πώς θα τελειώσει το κομμάτι κ.ο.κ. Όταν είμαστε έτοιμοι για την παρουσίαση, μπορούμε

<sup>39</sup> Μπορείτε να δείτε ξανά το βίντεο του έργου *Pithoprakta*, του Ιάννη Ξενάκη.

να μεταφέρουμε στην έδρα τα οργανάκια και να παρουσιάσουμε το έργο μας στους συμμαθητές μας.

#### 4. Ο κύκλος

Με τα θρανία σε κύκλο ή σε σχήμα Π, ετοιμάζουμε τα Ηλεκτρικά Τριζόνια μας με όποιον ήχο τους προτιμάμε (με έναν από τους πυκνωτές και ένα ηχείο/κουτί, χωρίς το μεγάφωνο), χωρίς να συνδέσουμε τον θετικό πόλο της μπαταρίας. Στη συνέχεια, ακολουθούμε τις οδηγίες από την άσκηση της Ενότητας 6, «Παίζω: Ο κύκλος».



#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η κατασκευή Ηλεκτρικό Τριζόνι και το παίξιμο με αυτό το όργανο μπορούν να γίνουν ατομικά ή ανά δύο παιδιά: το ένα μπορεί να χειρίζεται την μπαταρία και το άλλο τον πυκνωτή, ή το ένα το μεγάφωνο και το άλλο τον πυκνωτή.

Κάποιοι μαθητές και μαθήτριες ίσως να δυσκολευτούν στη συνδεσμολογία. Καλό είναι να υπολογιστεί αρκετός χρόνος για απρόοπτα, λάθη και διορθώσεις που μπορεί να προκύψουν.

Καλό είναι να υπάρχουν μερικά επιπλέον ρελέ, σε περίπτωση που κάποιο είναι ελαττωματικό ή καεί κατά τη διάρκεια των δοκιμών.

Για να μην καούν τα ρελέ, θα πρέπει να προσέχουμε ώστε να μην ακουμπούν οι δαγκάνες από τα κροκοδειλάκια μεταξύ τους όταν συνδεθούν στις διαφορετικές ακίδες του ρελέ.

Τα ρελέ μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα<sup>40</sup> ή και να παίζουν με την ίδια μπαταρία.

Από την αρχή της ενότητας, τα παιδιά πρέπει να γνωρίζουν ότι το Ηλεκτρικό Τριζόνι είναι ένα χαμηλόφωνο όργανο, το οποίο χρειάζεται ησυχία για να ακουστεί. Όταν παίζεται σε συνδυασμό με μεγάφωνα, θα πρέπει ο αυτοσχεδιασμός να είναι δομημένος με σκέψη, ώστε να επιτρέπει στον διακριτικό ήχο του ρελέ να ακουστεί.

<sup>40</sup> Βλ. Ενότητα 2, «Γνωρίζω και Καταλαβαίνω: Η Μπαταρία».

## 4. ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΕΠΑΦΗΣ & ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΗΧΟΥ

Μιλάμε για τα μικρόφωνα και την ενίσχυση. Φτιάχνουμε μικρόφωνα επαφής και με αυτά μετατρέπουμε καθημερινά αντικείμενα σε όργανα.



Εικόνα 4.01. Μικρόφωνα επαφής και απαραίτητα υλικά για πειραματισμούς.



#### ΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

- Αυτοενισχυόμενα ηχεία που λειτουργούν με μπαταρία και έχουν είσοδο mini jack ή jack.
- Δίσκοι πιεζοηλεκτρικοί (piezo buzzer).
- Καλώδια ήχου (mini jack ή jack ανάλογα με την είσοδο του ηχείου).
- Κροκοδειλάκια σε διαφορετικά χρώματα.
- Κουτιά μεταλλικά, ξύλινα και από χοντρό χαρτόνι, κονσέρβες, γυάλινα βάζα κ.λπ.
- Ξυλάκια μπαμπού, λαστιχάκια, ελατήρια, συνδετήρες, πιάστρες, μανταλάκια κ.λπ.
- Χαρτοταινία ή/και μονωτική ταινία.
- Μοτεράκια, μηχανικές οδοντόβουρτσες, μιξεράκια χειρός κ.λπ.



#### ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ: ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ;

Η λειτουργία κάθε μικροφώνου είναι να συλλέγει τα ηχητικά κύματα που κινούνται μέσα στον αέρα, με σκοπό την ενίσχυσή τους (π.χ. τα μικρόφωνα που χρησιμοποιούνται σε μια συναυλία) ή την καταγραφή/ηχογράφησή τους (όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στις κάμερες) ή, ακόμα, την αναμετάδοσή τους (όπως το μικρόφωνο που έχουμε μέσα στα κινητά τηλέφωνα).

Όλα τα μικρόφωνα έχουν μέσα τους μια πολύ λεπτή και ευαίσθητη επιφάνεια που πάλλεται κάθε φορά που τα ηχητικά κύματα την ακουμπάνε. Με αυτό τον τρόπο, η μεμβράνη μέσα στο μικρόφωνο μιμείται τον τρόπο που λειτουργεί το ανθρώπινο αφτί. Κάθε φορά που δημιουργείται ταλάντωση, τα μόρια του αέρα κινούνται σαν κύματα και, όταν φτάνουν στη μεμβράνη, της μεταδίδουν την κίνησή τους<sup>41</sup>.

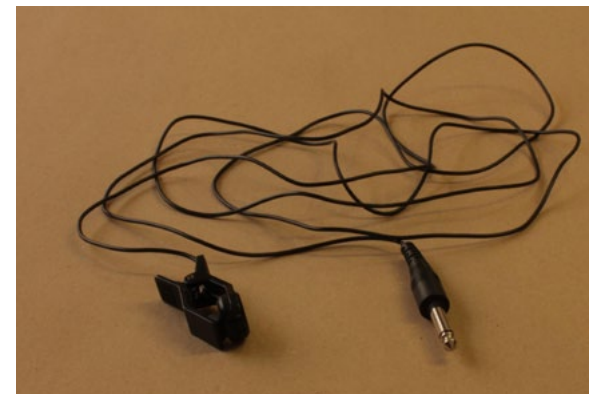
Αυτά τα ηχητικά κύματα, όμως, δεν κινούνται μόνο μέσα στον αέρα, αλλά και μέσα από τα υγρά και τα στερεά. Κάθε υλικό επηρεάζει πολύ το πώς τελικά ακούγεται ο κάθε ήχος.

Υπάρχουν διαφορετικά μικρόφωνα για να ακούσουμε τον ήχο όπως περνάει μέσα από διαφορετικά υλικά. Τα μικρόφωνα που έχουμε συνηθίσει να βλέπουμε είναι όσα λειτουργούν με τους ήχους που κινούνται μέσα στον αέρα. Για παράδειγμα, τέτοια είναι τα μικρόφωνα μέσα στα κινητά τηλέφωνα/τάμπλετ και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αυτά που βλέπουμε στις συναυλίες να κρατάνε οι τραγουδιστές (Εικόνα 4.02) και τα μικρόφωνα που βρίσκουμε μέσα στις κιθάρες και άλλα όργανα (τα οποία καμιά φορά λέγονται και «κάψες», Εικόνα 4.03).

Υπάρχουν όμως και ειδικά μικρόφωνα για να μπορούμε να ακούμε τους ήχους μέσα στη θάλασσα (υδρόφωνα, Εικόνα 4.04), καθώς και μικρόφωνα για να ακούμε μέσα από τα στερεά υλικά (μικρόφωνα επαφής, Εικόνα 4.05).



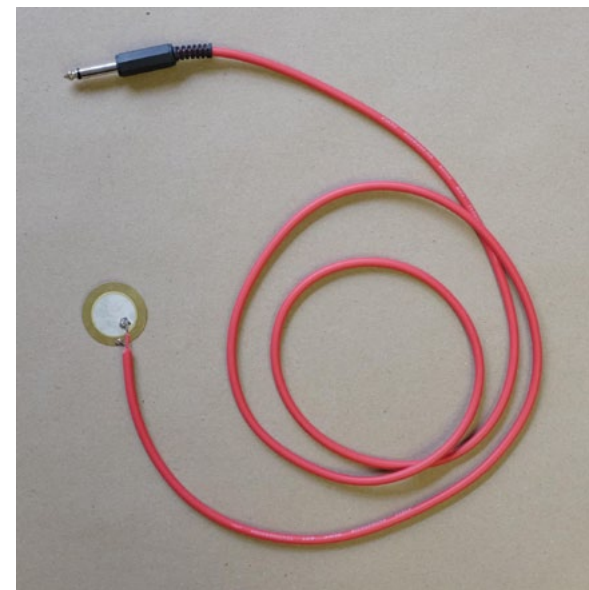
Εικόνα 4.02. Μικρόφωνο φωνής (δυναμικό).



Εικόνα 4.03. Κάψα για ακουστικό όργανο (κιθάρα).



Εικόνα 4.04. Υδρόφωνο.



Εικόνα 4.05. Μικρόφωνο επαφής.

<sup>41</sup> Για αναλυτική επεξήγηση της εσωτερικής λειτουργίας του μικροφώνου, του ρεύματος και της μηχανικής, βλ. Ενότητα 2, «Γνωρίζω και Καταλαβαίνω: Ήχος και Ηλεκτρισμός».



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Έχουμε παρατηρήσει πώς ακούγονται οι ήχοι όταν είμαστε μέσα στη θάλασσα; Όταν πάμε για μπάνιο, πώς ακούγονται έξω από το νερό οι ήχοι που κάνουν οι μηχανές από τις βάρκες και πώς ακούγονται μέσα στο νερό;



## ΓΝΩΡΙΣΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

### 1. Ηχογράφηση & Ενίσχυση

Όταν η μεμβράνη του μικροφώνου συλλάβει τα κύματα που κυκλοφορούν στο περιβάλλον, αυτά μετατρέπονται σε ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο κινείται μέσα από το καλώδιο που συνδέουμε στο μικρόφωνο. Έτσι, μπορούμε να κάνουμε πολλά διαφορετικά πράγματα με τους ήχους που μαζεύουμε.

Μπορούμε, καταρχάς, να τους ηχογραφήσουμε, αν συνδέσουμε το μικρόφωνό μας με μια συσκευή καταγραφής (για παράδειγμα, τον ηλεκτρονικό υπολογιστή).

Μπορούμε να τους αποθηκεύσουμε, όπως κάνουμε με τις φωτογραφίες μας, και να τους ακούμε μόνους τους όποτε θέλουμε, ή να τους συνδυάσουμε με ένα βίντεο που τραβήξαμε ή και μεταξύ τους.

Μπορούμε επίσης να τους ενισχύσουμε, χρησιμοποιώντας ένα μηχανήμα που λέγεται ενισχυτής και ένα ηχείο. Ο ενισχυτής κάνει αυτό που λέει το όνομά του: ενισχύει ή δυναμώνει τον ήχο – σαν να προσθέτει, θα λέγαμε, επιπλέον ηλεκτρικό ρεύμα στο ηχητικό σήμα που έρχεται από το μικρόφωνο. Έτσι, όταν ο ήχος φτάσει στο ηχείο, ακούγεται πολύ πιο δυνατά. Με αυτό τον τρόπο, η φωνή ενός τραγουδιστή μπορεί να ακούγεται σε ένα ολόκληρο γήπεδο.

Αφού ο ήχος γίνει ρεύμα, μπορούμε να τον επεξεργαστούμε και να τον παραμορφώσουμε με διάφορα ηλεκτρονικά εργαλεία που λέγονται εφέ και τα οποία χρησιμοποιούνται πολύ στη μουσική.

### 2. Μικρόφωνα επαφής (Contact/piezo microphones)

Με τα μικρόφωνα επαφής, με τα οποία θα ασχοληθούμε σε αυτή την ενότητα, μπορούμε να ακούσουμε ήχους που διαφορετικά δεν θα μας ήταν αντιληπτοί. Πρόκειται για μικρούς ήχους που συνήθως περνούν απαρατήρητοι ή δεν τους έχουμε σκεφτεί μουσικά, όπως είναι για παράδειγμα οι πολύ σιγανοί ήχοι που κάνουν τα δάκτυλά μας όταν τρίβουμε ένα πιάτο ή ο ήχος που κάνουν οι στάλες της βροχής πάνω στο μέταλλο. Αυτά τα μικρόφωνα χρησιμοποιούνται πολύ στη μουσική για τον κινηματογράφο και τα βιντεοπαιχνίδια, όταν χρειάζονται παράξενοι ήχοι ή πρέπει να δημιουργηθεί ατμόσφαιρα.

Τα μικρόφωνα επαφής έχουν μεγάλη χρήση και στην πειραματική μουσική, ένα μουσικό είδος που βασίζεται πιο πολύ στη χρήση ασυνήθιστων ήχων και λιγότερο στη μελωδία και τον ρυθμό.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ / ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ακούμε τα παρακάτω παραδείγματα, χωρίς να βλέπουμε την εικόνα, και σκεφτόμαστε:

- Τι εικόνες μας φέρνουν στο μυαλό;
- Μπορούμε να σκεφτούμε αν έχουμε ακούσει αντίστοιχους ήχους σε κάποια ταινία ή σειρά;
- Έχουμε ακούσει κάτι παρόμοιο σε κάποιο μουσικό κομμάτι;

*Παράδειγμα 1: Alan Lamb*

*Παράδειγμα 2: Johannes Bergmark (16:20 – 18:30)*

Αφού συζητήσουμε για τις εικόνες, τα περιβάλλοντα και τις μουσικές που μας φέρνουν στο μυαλό οι ήχοι που ακούσαμε, παίζουμε τα βίντεο κανονικά, με εικόνα αυτή τη φορά, βλέποντας πώς φτιάχτηκαν όλοι αυτοί οι περίεργοι ήχοι.

Στο 1ο παράδειγμα ακούμε τον ήχο της βροχής, όπως πέφτει πάνω σε έναν μεταλλικό φράκτη, και παρατηρούμε πώς έχει ηχογραφηθεί με μικρόφωνα επαφής. Τα μικρόφωνα επαφής είναι κολλημένα πάνω στον φράκτη και οι ήχοι (που είναι σαν το λέιζερ του Star Wars!) δημιουργούνται από τις σταγόνες που χτυπάνε τον φράκτη. Ο άλλος ήχος που ακούγεται είναι από τον αέρα πάνω στον φράκτη. Ο Alan Lamb έχει γράψει ολόκληρους δίσκους χρησιμοποιώντας μόνο τους ήχους που έχει ηχογραφήσει με μικρόφωνα επαφής σε τεράστιους μεταλλικούς φράκτες.

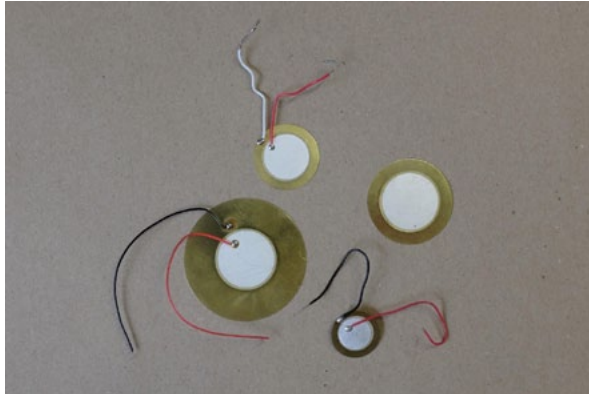
Στο 2ο παράδειγμα ακούμε τους ήχους από διάφορα μικρά μεταλλικά, πλαστικά και λαστικένια αντικείμενα. Ο Johannes Bergmark έχει κολλήσει ένα μικρόφωνο επαφής κάτω από μια μεγάλη ξύλινη επιφάνεια με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να ακουστούν τα αντικείμενα που ακουμπάει πάνω στην επιφάνεια. Μπορούμε να φανταστούμε ολόκληρη την επιφάνεια σαν ένα μεγάλο μικρόφωνο το οποίο συλλαμβάνει όλους τους μικροήχους που κάνουν τα αντικείμενα όταν τρίβονται μεταξύ τους.



## ΦΤΙΑΧΝΩ: ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ ΕΠΑΦΗΣ

**!!!Προσοχή!!! Δεν πρέπει να συνδέσουμε το μικρόφωνο με ηχείο ή ενισχυτή σε πρίζα. Δουλεύουμε μόνο με ενισχυτές και ηχεία που λειτουργούν με μπαταρία!**

Τα ηχεία που θα χρησιμοποιήσουμε μπορούν να είναι αυτοενισχυόμενα, επαναφορτιζόμενα για κινητό ή υπολογιστή, ή μικροί ενισχυτές κιθάρας ή μπάσου. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να έχουν είσοδο για καλώδιο (μικρό ή μεγάλο jack/καρφή) και να λειτουργούν και με μπαταρία (μπορεί να είναι επαναφορτιζόμενα). Εναλλακτικά, μπορούμε να φτιάξουμε τον δικό μας ενισχυτή, ακολουθώντας το σχεδιάγραμμα του John Richards για την απαιτητική κατασκευή του, που μπορούμε να βρούμε [εδώ](#).



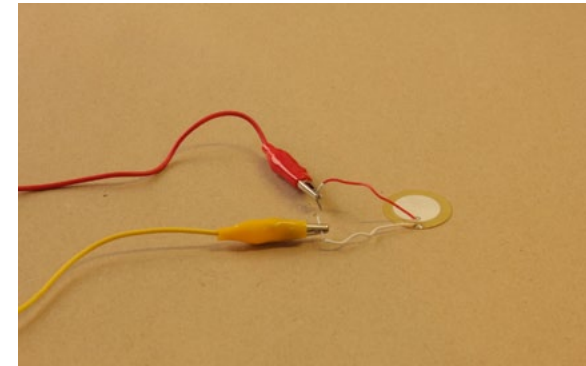
Εικόνα 4.06. Πιεζοηλεκτρικό στοιχείο (piezo buzzer).



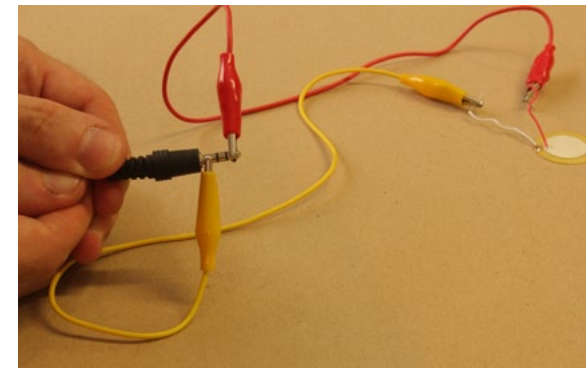
Εικόνα 4.07. Καλώδιο ήχου mini jack.

Το μικρόφωνο επαφής είναι ένα πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, δηλαδή ένας μικρός μεταλλικός δίσκος (Εικόνα 4.06). Θα συνδέσουμε αυτό τον δίσκο με ένα καλώδιο ήχου (Εικόνα 4.07) και, στη συνέχεια, θα συνδέσουμε το καλώδιο σε κάποιο ενισχυόμενο ηχείο.

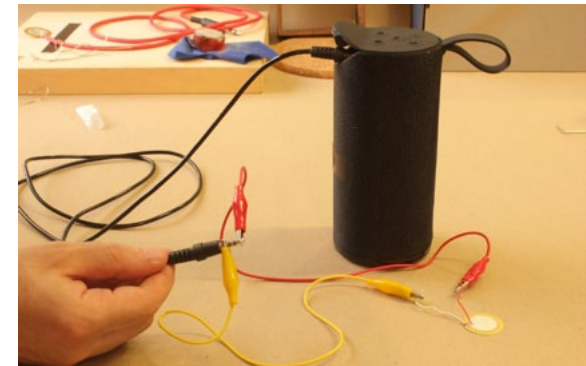
Συνδέουμε το καλώδιο που καταλήγει στον εσωτερικό μικρό δίσκο με τη μύτη του βύσματος (θετικό) χρησιμοποιώντας ένα κροκοδειλάκι (κατά προτίμηση κόκκινο) και το καλώδιο που καταλήγει στον εξωτερικό μεγαλύτερο δίσκο με τη βάση του βύσματος (αρνητικό) με ένα άλλο κροκοδειλάκι (βλ. εικόνες 4.08 & 4.09).



Εικόνα 4.08. Piezo συνδεδεμένο με κροκοδειλάκια.



Εικόνα 4.09. Σύνδεση piezo με mini jack.

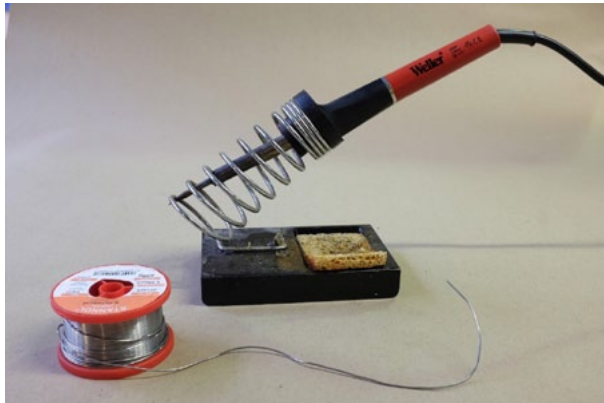


Εικόνα 4.10. Σύνδεση piezo με ηχείο.

Αυτή η σύνδεση μπορεί να γίνει είτε με κροκοδειλάκια, είτε αν κάνουμε μια απλή κόλληση με κολλητήρι και καλάι. Η μόνιμη σύνδεση με καλάι είναι πολύ προτιμότερη σε σχέση με την προσωρινή που κάνουμε με κροκοδειλάκια, γιατί είναι πολύ πιο ανθεκτική και δίνει πολύ καλύτερο σήμα. Την κόλληση αυτή μπορεί να την

κάνει ο/η εκπαιδευτικός εκτός τάξης ή οι μεγαλύτεροι μαθητές/μαθήτριες, πολύ προσεκτικά.

Για να γίνει η κόλληση, χρειαζόμαστε ένα κολλητήρι και καλί. Πολύ χρήσιμο είναι και ένα ακόμα εξάρτημα που λέγεται «βοηθητικά χέρια κολλήσεων», το οποίο διαθέτει και μεγεθυντικό φακό.



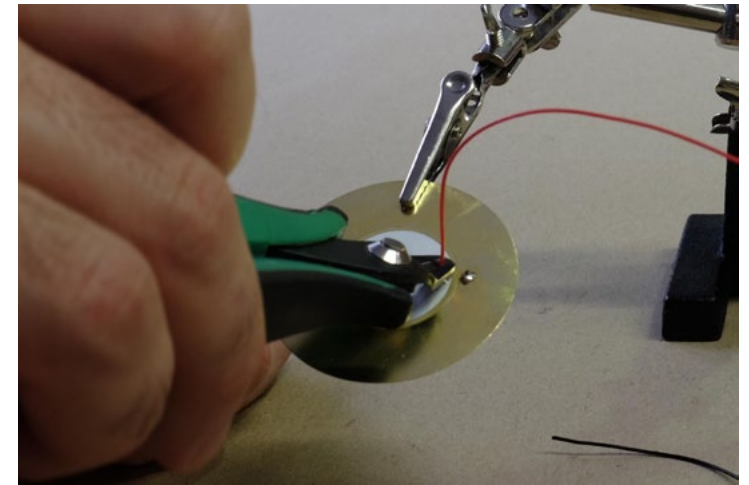
Εικόνα 4.11. Κολλητήρι με βάση και καλί.



Εικόνα 4.12. Βοηθητικά χέρια με το πιεζοηλεκτρικό στοιχείο.

Αφού κόψουμε το καλώδιο ήχου στη μέση και το απογυμνώσουμε από το εξωτερικό του περίβλημα σε μήκος 3-4 εκ. (με απογυμνωτή ή πολύ προσεκτικά με κοπίδι/μαχαιράκι), θα δούμε 2 ή 3 μικρότερα καλωδιάκια διαφορετικού χρώματος, τα οποία θα απογυμνώσουμε επίσης (σε μήκος ~1 εκ.) για να φανεί το μεταλλικό σύρμα στο εσωτερικό. Συνήθως, το κόκκινο είναι το θετικό που αντιστοιχεί στη μύτη του βύσματος και το μαύρο είναι το αρνητικό που αντιστοιχεί στη βάση του. Αν υπάρχουν 3 καλώδια, για να βρούμε ποια από τα τρία καλώδια είναι τα δύο που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, δοκιμάζουμε ανά δύο τα καλώδια στους πόλους μιας μπαταρίας. Ακουμπάμε ταυτόχρονα ένα στον αρνητικό και ένα στον θετικό, έχοντας το βύσμα συνδεδεμένο στο ανοιχτό

ηχειάκι μας. Όταν θα ακουστεί ένα κλακ από το ηχείο, έχουμε βρει τα δύο καλώδια που μπορούμε να συνδέσουμε. Στη συνέχεια, κόβουμε τα καλωδιάκια που μπορεί να έχει ήδη ο δίσκος (Εικόνα 4.13) και κολλάμε στον εξωτερικό δίσκο το καλωδιάκι ήχου που αντιστοιχεί με τον αρνητικό και στον εσωτερικό δίσκο αυτό που αντιστοιχεί με τον θετικό (Εικόνες 4.14 & 4.15).



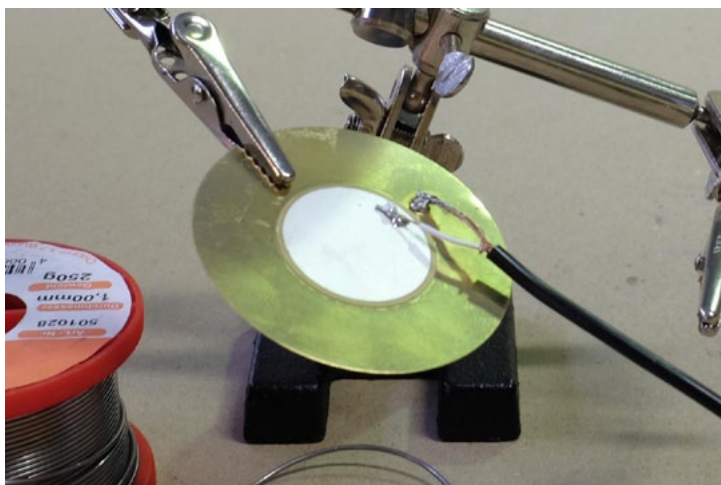
Εικόνα 4.13. Κόψιμο καλωδίων ριέζο.



Εικόνα 4.14. Πρώτη κόλληση ριέζο.



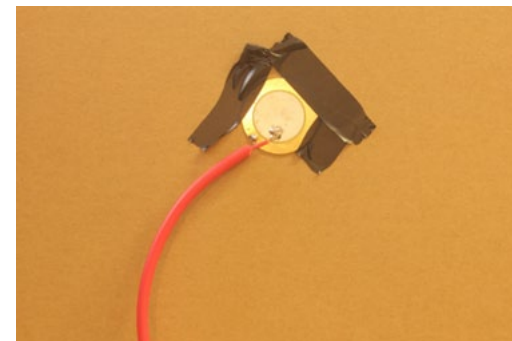
Εικόνα 4.15. Δεύτερη κόλληση ριζο.



Εικόνα 4.16. Ριζο κολλημένο στα καλωδιάρια: λευκό = θετικό, καφέ = αρνητικό.

Το μικρόφωνό μας τώρα είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί. Μπορούμε να το εφαρμόσουμε πλέον σε οποιαδήποτε επιφάνεια θέλουμε και να ακούσουμε τους ήχους όπως περνάνε από μέσα της.

Για να λειτουργήσει σωστά, πρέπει να είναι πολύ καλά στερεωμένο πάνω στην επιφάνεια. Για να το εφαρμόσουμε πάνω στις επιφάνειες, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μονωτική ταινία ή χαρτοταινία, οι οποίες αφαιρούνται εύκολα και δεν αφήνουν πολλά υπολείμματα. Καλό είναι να μην καλύπτουμε με ταινία τον εσωτερικό δίσκο που υπάρχει στο μικρόφωνό μας και να το κολλάμε με τον παρακάτω τρόπο:



Εικόνα 4.17. Μικρόφωνο επαφής εφαρμοσμένο με μονωτική ταινία.

Το μικρόφωνο επαφής λειτουργεί πολύ καλύτερα σε λεπτές επιφάνειες από υλικά που αντηχούν, όπως το γυαλί, το μέταλλο, το ξύλο, το πλεξιγκλάς, ενώ δύσκολα πιάνει τους ήχους σε χοντρές επιφάνειες.

Οι παρακάτω τρόποι παιχνιδιού είναι απλώς ενδεικτικοί και αποτελούν μια αφηρητή. Με τα μικροφωνάκια μας μπορούμε να δοκιμάσουμε οποιαδήποτε επιφάνεια και οποιοδήποτε υλικό, για να δούμε πώς ακούγονται.

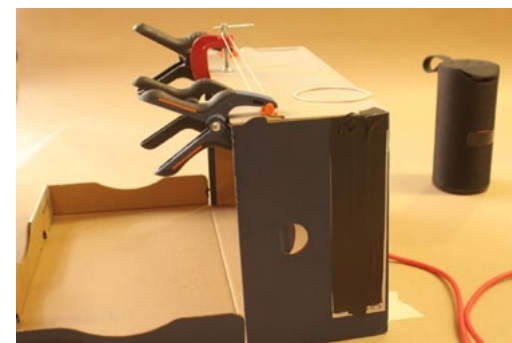


## ΠΑΙΖΩ

Δοκιμές και ασκήσεις με τα μικρόφωνα επαφής

**1. Το κουτί: Εισαγωγική δραστηριότητα για όλη την τάξη**  
Παίζουν 2-8 παιδιά (ανάλογα με το πόσο μεγάλο είναι το κουτί), αλλά μπορούν να συμμετέχουν όλοι, είτε παρακολουθώντας και προτείνοντας, είτε με εναλλαγή των παικτών.

Χρησιμοποιούμε ένα μεγάλο κουτί, ιδανικά από λεπτό ξύλο (μπορεί να χρησιμοποιηθεί και κάποιο από λεπτό μέταλλο ή πολύ σκληρό χαρτόνι). Η επιλογή του υλικού θα παίξει μεγάλο ρόλο στο πόσο καλά θα ακούμε. Το λεπτό ξύλο είναι αυτό που αντηχεί καλύτερα, ενώ το μέταλλο έχει πολύ έντονη χροιά.



Εικόνα 4.18. Βox I.

Σε ένα τραπέζι/θρανίο στο κέντρο της τάξης, τοποθετούμε το κουτί και μαζευόμαστε γύρω του. Κολλάμε προσεκτικά ένα μικρόφωνο επαφής στο πλάι του κουτιού με ταινία. Προσέχουμε πολύ ώστε να μην καλύπτεται ο μικρός δίσκος στο κέντρο του μικροφώνου.

Τοποθετούμε το κουτί έτσι ώστε να έχουμε μια καθαρή επιφάνεια προς τα πάνω, προσβάσιμη στα χέρια μας, ενώ η ανοιχτή του πλευρά να είναι στο πλάι (ώστε να μπορούμε να πιάσουμε εκεί μανταλάκια). Το συνδέουμε, όπως προαναφέραμε, στον ενισχυτή μας ή στο αυτοενισχυόμενο ηχείο μας. Δυναμώνουμε την ένταση όσο γίνεται περισσότερο, χωρίς όμως να κάνει «μικροφωνισμό» (δηλαδή, να μη σφυρίζει το ηχείο).



Εικόνα 4.19. Το κουτί II.

Στη συνέχεια, ακουμπάμε μικρά αντικείμενα πάνω στο κουτί και πειραματιζόμαστε με αυτά, ερευνώντας τους ήχους που μπορούν να κάνουν.

Προτεινόμενα υλικά: Ελατήρια, συνδετήρες ανοιγμένοι, ξυλάκια μπαμπού που τα πιάνουμε με πιάστρες ή μεγάλα μανταλάκια.



Εικόνα 4.20. Πιάστρες και μανταλάκια.

Τα ελατήρια μπορούμε να τα χτυπάμε ελαφρά σαν καμπάνες ή να τα τρίβουμε με ξυλάκια. Μπορούμε να έχουμε ελατήρια σε διαφορετικά μήκη και με διαφορετική ελαστικότητα (ένα παράδειγμα μουσικού που τα χρησιμοποιεί πολύ είναι ο [Lee Patterson](#)).

Τεντώνουμε τα λαστιχάκια σε διαφορετικά μήκη (δεν πειράζει αν σπάσουν, αλλά προσέχουμε να μη χτυπήσουμε) και τα χρησιμοποιούμε σαν χορδές ή τα τρίβουμε με ξυλάκι σαν δοξάρι.

Τα ξυλάκια μπαμπού και οι συνδετήρες, όταν στερεωθούν γερά και σε διαφορετικά μήκη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν κρουστά ελάσματα και να παίζονται με τα δάχτυλά μας, όπως μια καλίμπα (thumb piano). Για να το καταφέρουμε αυτό, πρέπει να έχουμε δυνατά μανταλάκια και πιάστρες, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στις κορνίζες, τις οποίες μπορούμε να αναζητήσουμε σε μαγαζιά με εργαλεία.

Με αντίστοιχο τρόπο μπορούμε να σταθεροποιήσουμε και τα ελατήρια. Εξερευνούμε τους πιθανούς ήχους τουλάχιστον για 10 λεπτά, μαζί με τα παιδιά που πλησιάζουν και δοκιμάζουν ήχους σε μικρές ομάδες των 3-5 ατόμων. Έχουμε κατά νου σε όλη τη διάρκεια ότι αναζητούμε μικρούς ήχους που δεν θα ακούγαμε με φυσικό τρόπο και αποφεύγουμε να παίξουμε πολύ δυνατούς, κρουστούς ήχους που θα ακούγονταν ούτως ή άλλως και χωρίς το μικρόφωνό μας.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Βλέπουμε στο [βίντεο](#) που ακολουθεί ένα παράδειγμα για «Το κουτί» και το πώς μπορεί να ακούγεται.

### 2. Το μεγάλο ρολόι

Αφού εξερευνήσουμε τους ήχους στην εισαγωγική δραστηριότητα, σχηματίζουμε ένα μικρό γκρουπ (4-7 παιδιά).

Καθόμαστε κυκλικά γύρω από το κουτί και κάθε παιδί επιλέγει ένα αντικείμενο (ξυλάκι, λαστιχάκι κ.λπ.) με το οποίο θα παίξει. Κάνουμε μια παύση ώστε να γίνει απόλυτη ησυχία για μερικά δευτερόλεπτα. Ξεκινάμε να παίζουμε κυκλικά (σαν ρολόι) ο ένας μετά τον άλλον, κάνοντας ο καθένας μόνο έναν ήχο με το υλικό που έχει επιλέξει.

Αφού κάνουμε 2-3 περιστροφές, συνεχίζουμε με μια παραλλαγή: κάθε 2ος παίκτης επαναλαμβάνει τον ήχο του δύο φορές. Και μετά από 2-3 περιστροφές σταματάμε.

Η υπόλοιπη τάξη παρακολουθεί και ακούει. Αφού τελειώσει το πρώτο γκρουπ, αναλαμβάνει ένα δεύτερο κ.ο.κ., μέχρι να παίξουν όλοι.

Ο σκοπός του παιχνιδιού είναι να μιμηθούμε ένα παλιό ρολόι που «κάνει» λίγο. Δεν χρειάζεται να είμαστε συνέχεια στον ίδιο ρυθμό, καθώς μπορούμε να επιταχύνουμε και να επιβραδύνουμε τον ρυθμό μας.

### 3. Ηχητικό σινεμά

Αυτοσχεδιασμός με πολλά κουτιά. Αφού ολοκληρώσουμε «Το κουτί» και «Το μεγάλο ρολόι», σχηματίζουμε ομάδες των 4 ατόμων. Κάθε ομάδα έχει ένα κουτί και διάφορα μικροαντικείμενα (λαστιχάκια, ξυλάκια, συνδετήρες και ελατήρια), ένα μικρόφωνο επαφής και ένα αυτοενισχυόμενο ηχείο. Στο κουτί μας μπορούμε να προσθέσουμε και οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο έχει ηχητικό ενδιαφέρον. Αφιερώνουμε έτσι αρκετό χρόνο για να πειραματιστούμε και με αντικείμενα που έχουμε στο θρανίο, στην τσάντα ή στην κασετίνα μας. Φύλλα χαρτιού, στυλό, μολύβια, χάρακες, ψαλιδάκια κ.λπ., όλα μπορεί να κρύβουν ήχους που



να μην τους έχουμε φανταστεί.

Αφιερώνουμε 15 λεπτά ώστε κάθε γκρουπάκι να φτιάξει το όργανό του, αλλά και να ετοιμάσει ένα μουσικό κομμάτι που θα παρουσιάσει.

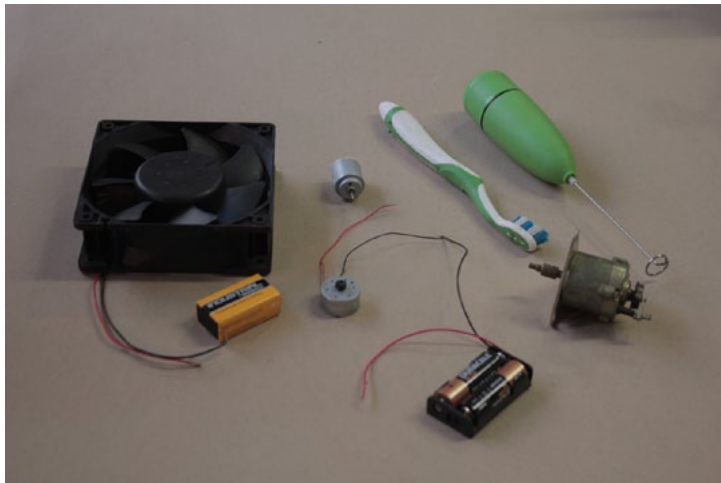
Σκεφτόμαστε το κάθε κομμάτι σαν μια σκηνή από σειρά ή ταινία και φτιάχνουμε τους ήχους που την συνοδεύουν. Είναι κωμωδία; Φτιάχνουμε ένα κομμάτι που να έχει πλάκα. Είναι θρίλερ ή τρόμου; Φτιάχνουμε ένα κομμάτι που να έχει αγωνία. Είναι ταινία δράσης; Φτιάχνουμε ένα κομμάτι που να έχει γρήγορο ρυθμό κ.λπ.

Ολοκληρώνουμε με τις παρουσιάσεις των κομματιών των ομάδων.

Ιδανικά, αν υπάρχει η δυνατότητα, κρατάμε τις κατασκευές της κάθε ομάδας μετά το τέλος της παρουσίασης. Τα όργανα μπορεί να φυλαχθούν και να επεκταθούν. Η δραστηριότητα μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές και να εξελιχθεί. Όσο τα παιδιά εξοικειώνονται με τα υλικά και τις δυνατότητές τους, θα ευχαριστιούνται όλο και πιο πολύ.

#### 4. Δραστηριότητα: Το μηχανικό κουτί

Σε αυτή τη δραστηριότητα, θα δούμε πώς μπορούμε να κάνουμε διάφορες μικρές μηχανές να φτιάξουν ένα ηχητικό κομμάτι όταν τις βάλουμε να λειτουργήσουν όλες μαζί. Μπορούμε να ξεκινήσουμε χρησιμοποιώντας τα τριζόνια που φτιάξαμε στην προηγούμενη Ενότητα, αλλά και μικρά μοτεράκια, μιξεράκια χειρός, ηλεκτρικές οδοντόβουρτσες, κουρδιστά παιχνίδια και, γενικά, οποιαδήποτε μικρή μηχανή πάλλεται.



Εικόνα 4.21. Μοτεράκια και ηλεκτρικές οδοντόβουρτσες.

Εφαρμόζουμε πάνω σε μια σχετικά μεγάλη ξύλινη επιφάνεια ή σε ένα ξύλινο κουτί ένα μικρόφωνο επαφής, με τον ίδιο τρόπο όπως και στην προηγούμενη κατασκευή. Στη συνέχεια, συναρμολογούμε τα τριζόνια από την προηγούμενη ενότητα, κρατώντας έναν από τους δύο πόλους της μπαταρίας ασύνδετους. Σε αυτή τη δραστηριότητα προσπαθούμε να χρησιμοποιήσουμε τους μεγάλους πυκνωτές, ώστε να έχουμε πιο αργά ρυθμικά σχήματα όταν συνδέσουμε τα τριζόνια. Συνδέουμε λοιπόν τα

τριζόνια στην μπαταρία, τα ακούμε για λίγο και μετά τα ακουμπάμε πάνω στην επιφάνειά μας.

Παρατηρούμε πώς ακούγονταν πριν και πόσο διαφορετικά ακούγονται τώρα με μικρόφωνα επαφής.

Ανάβουμε και τα υπόλοιπα παιχνίδια, παρατηρούμε πώς ακούγονται πάνω στην επιφάνεια και εξερευνούμε για 5 λεπτά τους ήχους που μπορούμε να φτιάξουμε ανάλογα με τον τρόπο που ακουμπάνε. Μπορούμε να τα κάνουμε να βγάζουν ήχους σαν έντομα; Να ακούγονται σαν τζιτζίκια ή σαν μέλισσες, πιέζοντάς τα κολλητά πάνω στην επιφάνεια του ξύλου; Μπορούμε να τα κάνουμε να ακούγονται σαν μπαλάκι που χοροπηδάει κρατώντας τα έτσι ώστε να ακουμπάνε ελάχιστα στην επιφάνεια;



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Το κουτί μας τώρα έχει αποκτήσει και άλλους ήχους. Ας δούμε εδώ [ένα παράδειγμα](#).

[4\\_2\\_CONTACT\\_BOX-3.mp4](#)

#### 5. Μέσα στην κυψέλη (Για 5-6 παιδιά)

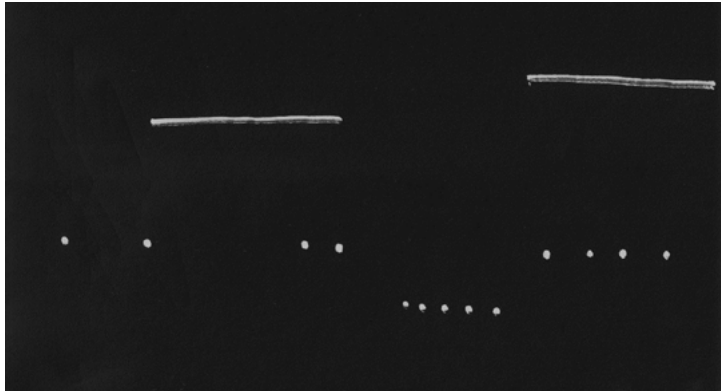
Μαζευόμαστε γύρω από το κουτί μας και τα μισά παιδιά έχουν τριζόνια, ενώ τα άλλα μισά έχουν κάποιο άλλο μηχανηματάκι. Τα παιδιά με τα τριζόνια θα δίνουν τον ρυθμό και οι υπόλοιποι θα ακολουθούν. Ξεκινάμε βάζοντας 2-3 τριζόνια με μεγάλους πυκνωτές πάνω στο κουτί. Ένα παιδί, που θα είναι ο μαέστρος, μετράει μέχρι το δέκα από μέσα του και κάνει νόημα στους υπόλοιπους που ακουμπούν όλοι μαζί τα μηχανάκια τους πάνω στο κουτί, με τρόπο που να ακούγονται σαν έντομα που βουίζουν. Ο μαέστρος μετράει πάλι μέχρι το δέκα και κάνει νόημα να τα απομακρύνουν. Παρατηρούμε τους ρυθμούς που κάνουν τα τριζόνια. Ο μαέστρος μας μετράει πάλι μέχρι το δέκα και μας κάνει νόημα να ξεκινήσουμε, ενώ ξαναμετράει μέχρι το δέκα και μας σταματάει. Συνολικά, ξεκινάμε και σταματάμε τέσσερις φορές. Σκοπός της άσκησης είναι να συντονιστούμε όσο μπορούμε και να ξεκινάμε και να σταματάμε όσο γίνεται όλοι μαζί.

#### Παίξιμο: Γραμμές και σημεία (Για 2 παιδιά)

Χωρίζουμε σε δυάδες. Το ένα παιδί παίζει με μακρόσυρτους ήχους και το άλλο με κοφτούς.

Κάθε ομάδα φτιάχνει μια απλή παρτιτούρα για να οργανώσει το πώς θα παίζει. Χωρίζουμε μια σελίδα στη μέση. Στο πάνω μέρος ζωγραφίζουμε γραμμές και στο κάτω μέρος σημεία. Οι γραμμές αντιστοιχούν στους συνεχόμενους ήχους και τα σημεία στους κοφτούς ήχους.

Για παράδειγμα, δείτε την Εικόνα 4.22.



Εικόνα 4.22. Γραφική παρτιτούρα.

Διαβάζουμε την παρτιτούρα από τα αριστερά προς τα δεξιά και παίζουμε το ένα σύμβολο μετά το άλλο<sup>42</sup>.

Στο παράδειγμα, προσέχουμε τα κενά μεταξύ των συμβόλων (που είναι παύσεις), τις θέσεις όπου συμπίπτουν τα σύμβολα και τον τρόπο που συμπίπτουν. Για παράδειγμα, όταν ο κρουστός μουσικός (σημεία) κάνει τον δεύτερο ήχο του, πρέπει να ξεκινήσει μαζί του ο μουσικός που παίζει με μακρόσυρτους ήχους-σφυρίγματα (γραμμές) και να κάνει έναν μακρύ ήχο μόνος του, ενώ ο κρουστός μουσικός κάνει παύση.



## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

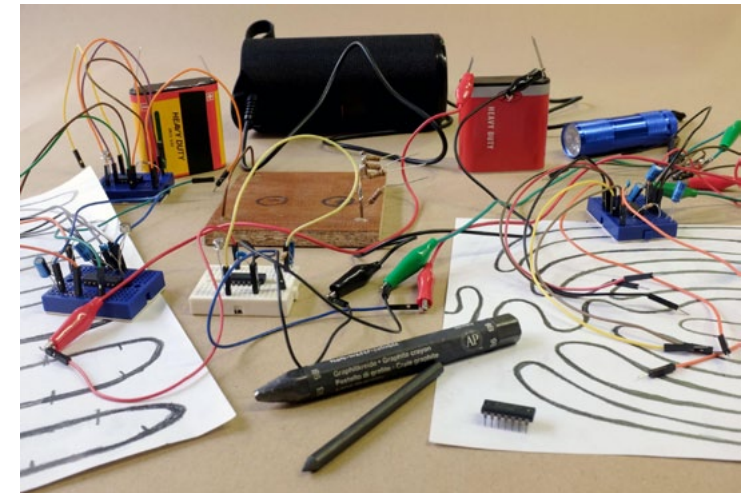
Οι κατασκευές της ενότητας βασίζονται στη δουλειά πολλών μουσικών με μακρά πορεία στην ηχητική εξερεύνηση. Κάποιοι από αυτούς είναι οι:

Johannes Bergmark (<https://www.bergmark.org/>),  
Adam Bohman (<https://adambohman.bandcamp.com/>),  
Lee Patterson (<https://vimeo.com/114857629>),  
Δημήτρης Σαρρής (<http://sarris.mysch.gr>) και John Richards.

<sup>42</sup> Θυμηθείτε ή δείτε ξανά το έργο *Pithoprakta* του Ιάννη Ξενάκη, από την *Ενόπια 1*.

## 5. ΒΟΥΤΙΑ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ: BREADBOARD

Φτιάχνουμε και παίζουμε με ένα Breadboard Synthesizer (BBS).



Εικόνα 5.01. Breadboard με φωτοαντιστάσεις, αγώγιμα σχέδια και όλα τα απαραίτητα υλικά.



## ΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

- Πλακέτες δοκιμών, γνωστές και ως "breadboard", ιδανικά μία ανά 2-4 μαθητές.
- Ολοκληρωμένα κυκλώματα, γνωστά και ως «τσιπάκια», τύπου cd40106, όσα και τα breadboard, αν και καλό είναι να υπάρχουν κάποια παραπάνω, γιατί είναι λίγο ευαίσθητα.
- Καλωδιάρια διασύνδεσης για breadboard (jumper wires), «αρσενικό σε αρσενικό», ένα πακέτο ανά 6 breadboard.
- Αντιστάσεις 1K και 100K και φωτοευαίσθητες αντιστάσεις 100KΩ, μία ανά ομάδα.
- Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές 47μf, 100μf, 1000μf, από ένας ανά breadboard.
- Κεραμικοί πυκνωτές 100nF, από ένας ανά breadboard.
- Μικροί φακοί, 1-2 ανά breadboard.
- Μπαταρίες 4,5V, μία ανά breadboard.
- Χαρτιά A4 ή και μεγαλύτερα, κατά προτίμηση λίγο κοντρά, για να μη σκίζονται εύκολα.
- Μολύβια μαλακού γραφίτη (ή μολύβια σχεδίου πάνω από 4B), από ένα ανά μαθητή.
- Κροκοδειλάκια, 1 πακέτο των 4-6 ανά breadboard.
- Αυτοενισχυόμενα μικρά ηχεία και καλώδια ήχου με βύσμα (ανάλογο με την είσοδο του ηχείου), από ένα ανά breadboard.
- Μείκτης, από ένας ανά ομάδα (ιδιοκατασκευή, βλ. *Ενόπια 6*, «Φτιάχνω: DIY Μείκτης»).

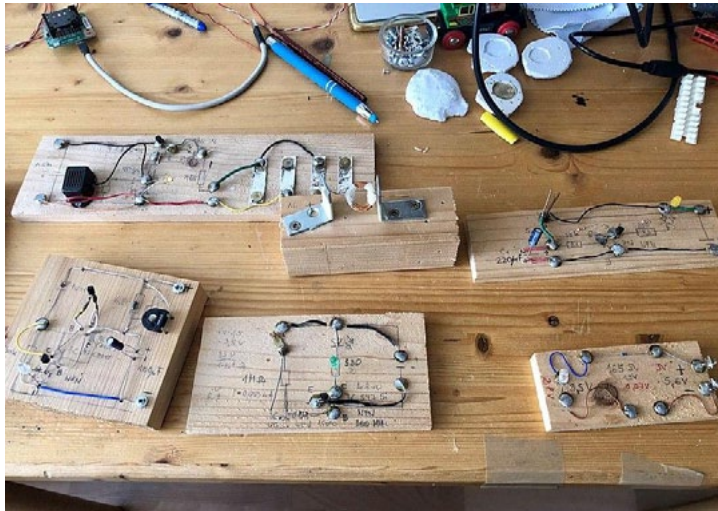


## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

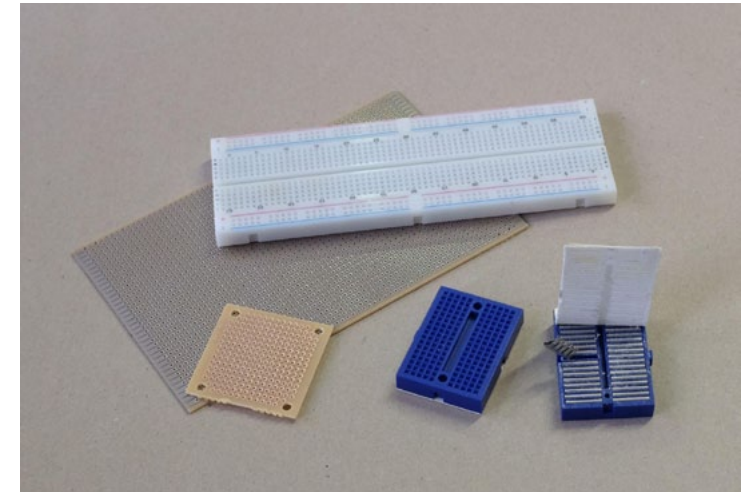
Στην ενότητα αυτή θα φτιάξουμε και θα παίξουμε με ένα αμιγώς ηλεκτρονικό όργανο: ένα πολύ απλό συνθεσάιζερ, το οποίο θα κατασκευάσουμε πάνω στην πλακέτα δοκιμών ή, αλλιώς, ένα breadboard. Πολλές άγνωστες λέξεις... Το συνθεσάιζερ μπορεί και να το έχετε ακούσει, αλλά τι δουλειά έχει μια πλάκα ψωμιού (breadboard) με τα ηλεκτρονικά κυκλώματα;

### Το breadboard

Έως τώρα, είδαμε και φτιάξαμε κάποια απλά κυκλώματα, για τα οποία χρησιμοποιήσαμε τα κροκοδειλάκια προκειμένου να συνδέσουμε τα στοιχεία του κυκλώματος μεταξύ τους. Υπάρχουν όμως κυκλώματα που είναι πιο πολύπλοκα και απαιτούν περισσότερα στοιχεία και συνδέσεις μεταξύ τους. Για αυτό τον σκοπό, αντί για δεκάδες ξεχωριστά καλώδια, χρησιμοποιούνται κάποιες πλακέτες, οι οποίες ονομάζονται πλακέτες δοκιμών, στα αγγλικά breadboard. Οι πλακέτες αυτές έχουν ενσωματωμένα μέσα τους τα καλώδια (και το μονωτικό υλικό) σε κάθετες και οριζόντιες γραμμές και έτσι τα στοιχεία προσαρμόζονται απευθείας πάνω σε αυτές και μας επιτρέπουν να κάνουμε γρήγορα προσωρινές συνδέσεις, έτσι ώστε να δοκιμάσουμε ένα κύκλωμα. Ονομάζονται έτσι στα αγγλικά, επειδή παλιά οι ηλεκτρονικοί για να φτιάξουν ένα δοκιμαστικό κύκλωμα χρησιμοποιούσαν μια ξύλινη επιφάνεια που είτε έμοιαζε, είτε ήταν πράγματι μια επιφάνεια κοπής ψωμιού. Πάνω της τοποθετούσαν καρφιά και σε αυτά έπιαναν τα διάφορα καλώδια και τα άλλα υλικά για να φτιάξουν ένα δοκιμαστικό κύκλωμα. Ονομάζεται δοκιμαστικό, γιατί τα στοιχεία που του συνδέουμε είναι εύκολο να αλλάξουν, ώστε να γίνονται οι απαραίτητες δοκιμές προτού καταλήξουμε στο τελικό κύκλωμα (το τελικό φτιάχνεται με κολλήσεις, οπότε δεν γίνεται να αλλάξει εύκολα).



Εικόνα 5.02. Δοκιμαστικά κυκλώματα πάνω σε «πλάκες ψωμιού».



Εικόνα 5.03. Δοκιμαστικές πλακέτες breadboard.

Σε αυτή την ενότητα θα φτιάξουμε ένα πιο πολύπλοκο κύκλωμα από αυτά που έχουμε φτιάξει έως τώρα, οπότε θα χρησιμοποιήσουμε μια τέτοια πλακέτα.

### Το συνθεσάιζερ (synthesizer)

Το συνθεσάιζερ είναι ένα ηλεκτρονικό όργανο, που αποτελείται από πολλά διαφορετικά κυκλώματα με τα οποία δημιουργούμε αρχικά μια ηλεκτρική ταλάντωση, χωρίς να υπάρχει φυσική ηχητική πηγή. Η ταλάντωση αυτή δίνει έναν συνθετικό ήχο – έναν απλό τόνο. Ανάλογα με τα κυκλώματα που περιέχει, μπορούμε να επέμβουμε, να επεξεργαστούμε αυτό τον τόνο και να αλλάξουμε όλες τις παραμέτρους που έχει ένας ήχος: χροιά, ένταση, διάρκεια κ.λπ. Δημιουργούμε έτσι πιο περίπλοκους ήχους, που πολλές φορές μπορεί να θυμίζουν ή ακόμα και να είναι ακριβώς ίδιοι με αυτούς των φυσικών οργάνων που ξέρουμε, ενώ άλλες φορές δεν έχουν καμία σχέση με αυτούς. Συχνά, τα συνθεσάιζερ διαθέτουν πλήκτρα σαν αυτά του πιάνου, χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο. Όπως θα δούμε και στο εργαστήριο αυτό, μπορούμε να βρούμε άλλους τρόπους παιχνιδιού, χωρίς πλήκτρα!

### Το ολοκληρωμένο κύκλωμα (chip)

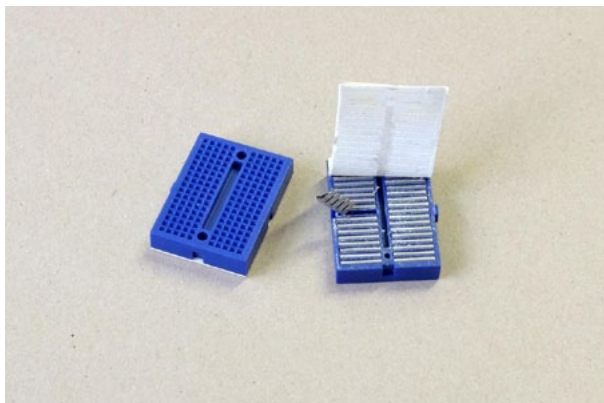
Το βασικό στοιχείο που θα τοποθετήσουμε στο breadboard είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα ή, αλλιώς, «τσιπάκι», και πιο συγκεκριμένα το cd40106. Τέτοια τσιπάκια υπάρχουν παντού σήμερα, από τα κινητά τηλέφωνα μέχρι τα πλυντήρια και τα αυτοκίνητα. Αυτό λοιπόν είναι ένα περίπλοκο κύκλωμα, που αποτελείται από διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία κατασκευασμένα από πυρίτιο, το οποίο εμπεριέχεται σε μια μικρή συσκευασία. Υπάρχουν αμέτρητα τέτοια τσιπάκια με διαφορετική λειτουργία το καθένα και τα «πόδια» τους –οι απολήξεις τους (pins)– μπορούν να είναι από 4 και άνω. Κάθε τέτοιο πόδι πρέπει να συνδεθεί σε διαφορετικό σημείο του εξωτερικού κυκλώματός μας. Τη θέση και τη λειτουργία τους μάς την αναφέρει ο κατασκευαστής του τσιπ στο αντίστοιχο εγχειρίδιο.



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

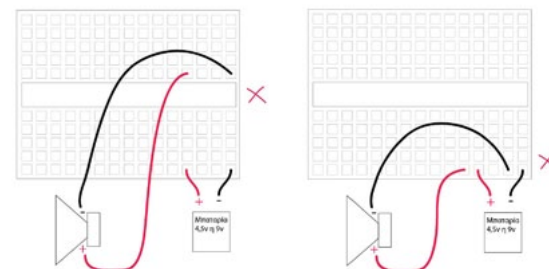
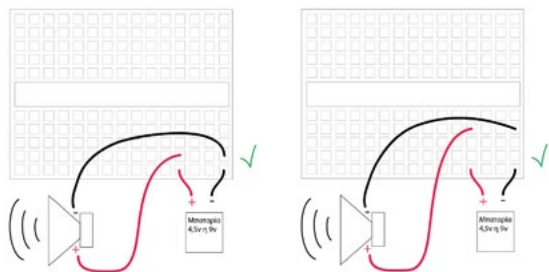
### Μια απλή σύνδεση στο breadboard

Προκειμένου να καταλάβουμε καλύτερα τη λειτουργία της πλακέτας, μπορούμε να φτιάξουμε τα γνωστά μας κυκλώματα χρησιμοποιώντας την πλακέτα δοκιμών. Εκτός από την πλακέτα δοκιμών, θα χρειαστούμε μία μπαταρία, τα καλωδιάρια διασύνδεσης (jumper wires), κροκοδειλάκια και ένα μεγάφωνο.



Εικόνα 5.04. Μικρή πλακέτα δοκιμών (mini breadboard) και το εσωτερικό της.

Στην Εικόνα 5.04 βλέπουμε τη μικρή πλακέτα, αριστερά την πάνω της πλευρά και δεξιά την κάτω της πλευρά, αφού την ανοίξαμε για να δούμε πώς είναι μέσα. Οι τρυπίτσες που βλέπουμε είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους κάθετα, σε σχέση με το κενό που υπάρχει στη μέση. Στο κενό αυτό διακόπτεται η σύνδεση, ενώ οριζόντια δεν υπάρχει καμία σύνδεση. Έτσι λοιπόν θα συνδέσουμε την μπαταρία μας σε δύο παράλληλες τρύπες και μετά το μεγαφώνάκι μας σε δύο τρύπες από πάνω από αυτές που βάλαμε την μπαταρία, στην ίδια κάθετη στήλη. Στο breadboard θα χρησιμοποιήσουμε καλώδια διασύνδεσης, διότι είναι τα μόνα που χωρούν στις μικρές αυτές τρύπες. Στη συνέχεια, πιάνουμε την άλλη άκρη των καλωδίων με τα κροκοδειλάκια, για να κάνουμε τη σύνδεση με το μεγάφωνο ή την μπαταρία.



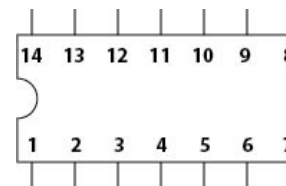
Εικόνα 5.05. Σωστές και λάθος συνδέσεις στην πλακέτα δοκιμών.

Θα δούμε πως σε όποια τρύπα της ίδιας σειράς βάσουμε τα καλώδια σύνδεσης του μεγαφώνου, πάνω ή κάτω από αυτές όπου συνδέσαμε την μπαταρία μας, το κύκλωμα θα κλείσει και θα ακούσουμε το γνωστό μας κλακ από το μεγάφωνο. Αν τα βάσουμε αριστερά και δεξιά από εκεί όπου τοποθετήσαμε την μπαταρία, το κύκλωμα δεν θα κλείσει, γιατί ο αγωγός, όπως είδαμε, πάει κάθετα και όχι παράλληλα. Το ίδιο θα γίνει και αν βάσουμε τα καλωδιάρια του μεγαφώνου στην ίδια κάθετη γραμμή, αλλά πέρα από το κενό που υπάρχει στη μέση. Και πάλι το κύκλωμα δεν θα κλείσει, γιατί ο αγωγός μας διακόπτεται από το κενό. Δοκιμάζουμε λοιπόν διαφορετικές συνδέσεις με τα καλώδιά μας, για να τα διαπιστώσουμε όλα αυτά και μόνοι μας!



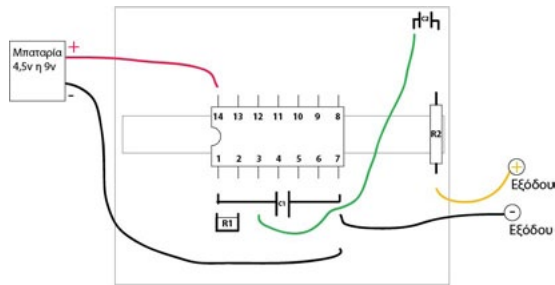
## ΦΤΙΑΧΝΩ: BREADBOARD SYNTHESIZER (BBS)

Ας ξεκινήσουμε λοιπόν να φτιάξουμε το κύκλωμά μας. Για κάθε τσιπάκι, έχουμε κατά νου την αρίθμηση για τα πόδια του, ανάλογα με το πόσα είναι αυτά, κάτι που θα μας βοηθήσει πολύ να κάνουμε σωστά τις συνδέσεις μας. Παρατηρούμε πως κάθε τσιπάκι έχει μία εγκοπή, ένα ημικύκλιο. Αν τοποθετήσουμε το ημικύκλιο έτσι ώστε να κοιτάει αριστερά, τότε ξεκινάμε να μετράμε κάτω από το ημικύκλιο. Στην κάτω αριστερή γωνία βάζουμε πάντα τον αριθμό 1 και πάνω από το ημικύκλιο, στην πάνω αριστερή γωνία, τον τελευταίο αριθμό, στην περίπτωση μας το 14.



Εικόνα 5.06. Το τσιπάκι και η αρίθμηση των ποδιών του, δηλαδή των pins.

Αφού μοιράσουμε τα απαραίτητα υλικά σε κάθε ομάδα/μαθητή, καλό είναι να σχεδιάσουμε αρχικά το τσιπάκι μας στον πίνακα αριθμημένο και σιγά σιγά να προχωράμε στο σχέδιο και στην κάθε σύνδεση, έτσι ώστε να καταλήξουμε σε κάτι τέτοιο:



Εικόνα 5.07. Σχέδιο κυκλώματος για το Breadboard Synthesizer.

Αρχικά, τοποθετούμε το τσιπάκι μας παράλληλα με το κενό της πλακέτας, έτσι ώστε τα πόδια 1-7 να είναι από τη μια πλευρά του κενού και τα πόδια 8-14 από την άλλη. Πριν το σπρώξουμε για να εφαρμόσει καλά μέσα στις τρυπίτσες της πλακέτας, προσέχουμε να είναι όλα τα ποδαράκια ακριβώς πάνω στις τρυπίτσες, για να μην τα τσαλακώσουμε. Αν δεν ταιριάζουν ακριβώς, μπορούμε να τα λυγίσουμε ελάχιστα και πολύ απαλά με τα δάχτυλά μας, για να έρθουν στη σωστή θέση. Αφού σιγουρευτούμε ότι ταιριάζουν όλα ακριβώς, σπρώχνουμε το τσιπ προσεκτικά, για να βυθιστούν καλά τα ποδαράκια του μέσα στις τρύπες.

Ξεκινάμε με την πρώτη σύνδεση, την οποία και ζωγραφίζουμε στον πίνακα. Στην τρυπίτσα που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το πόδι No 1 θα βάλουμε το ένα πόδι του μικρού πυκνωτή  $C1=100\text{nF}$  και το άλλο του πόδι κάτω από το No 7. Καλό είναι να βάζουμε τα καλώδια στις τρύπες που είναι πιο κοντά στο τσιπάκι, γιατί αν ξεκινήσουμε από τις πιο μακρινές, σιγά σιγά θα γεμίσουν και θα μας εμποδίζουν τα καλώδια.

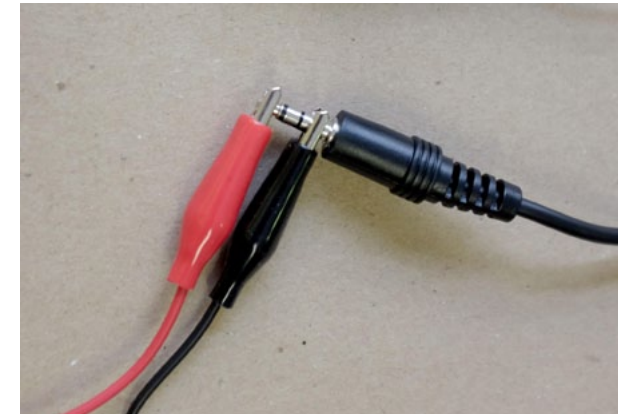
Η δεύτερή μας σύνδεση θα είναι με τη φωτοευαίσθητη αντίσταση  $R1=10\text{K}$ . Το ένα πόδι της πάει και αυτό στο No 1, ακριβώς κάτω από τον πυκνωτή, και το άλλο της πόδι δίπλα, κάτω από το No 2.

Μετά παίρνουμε ένα καλώδιο διασύνδεσης και τοποθετούμε τη μία του άκρη κάτω από το No 3 και την άλλη στην προτελευταία τρύπα της πλακέτας πάνω δεξιά, έτσι ώστε να αφήσουμε μία τρύπα από πάνω και μία από δεξιά.

Ακριβώς από πάνω τοποθετούμε το κοντό πόδι του μεγάλου πυκνωτή  $C2=10\text{nF}$  και το άλλο πόδι του δεξιά, ακριβώς δίπλα στο πρώτο, στην πάνω δεξιά γωνιακή τρύπα της πλακέτας.

Λίγο πιο κάτω από εκεί, στην ίδια κάθετη στήλη, θα βάλουμε και τη σταθερή αντίστασή μας,  $R2=1\text{K}$ , το ένα πόδι κάτω από τον πυκνωτή πριν το χώρισμα και το άλλο μετά το χώρισμα της πλακέτας.

Από εκεί, την ίδια στήλη, θα πάρουμε και τον θετικό πόλο της εξόδου μας προς το ηχείο, βάζοντας ένα καλωδιάκι διασύνδεσης σε μία τρυπίτσα κάτω από την αντίσταση και πιάνοντας την άλλη άκρη του σε ένα κροκοδειλάκι και μετά στην κορυφή του βύσματός μας (μικρό καρπί/ jack) για να πάει τελικά στο ενισχυτάκι/ηχείο μας.



Εικόνα 5.08. Το βύσμα του καλωδίου του ηχείου με το θετικό και το αρνητικό κροκοδειλάκι.

Στο κάτω μέρος του βύσματος θα πιάσουμε ένα άλλο κροκοδειλάκι που θα καταλήξει σε μία τρυπίτσα κάτω από το No 7 της πλακέτας μας – τον αρνητικό πόλο.

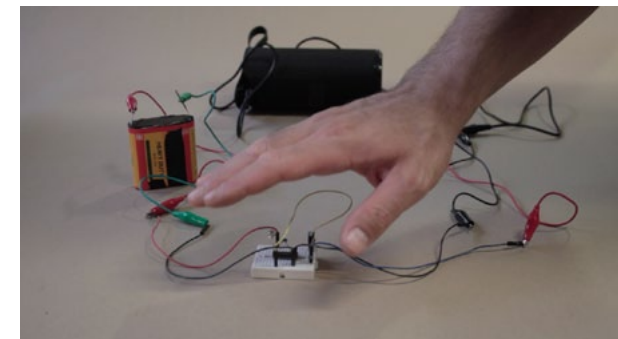
Τέλος, για να λειτουργήσει το κύκλωμά μας και να έχουμε ήχο, θα πρέπει να συνδέσουμε την μπαταρία. Το + πρέπει να πάει σε τρύπα πάνω από το No 14 και το - κάτω από το No 7.

Όταν ολοκληρώσουμε τις δύο τελευταίες συνδέσεις, θα πρέπει να έχουμε ήχο. Αν δεν ακούγεται, πρέπει να ελέγξουμε προσεκτικά την πλακέτα και τις συνδέσεις μας, να βεβαιωθούμε ότι έχουν γίνει με τη σωστή αρίθμηση και ότι έχουν μπει όλα καλά μέσα στις τρυπίτσες, έτσι ώστε να κάνουν επαφή.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Βλέπουμε στο βίντεο που ακολουθεί το συνθεσάιζερ που κατασκευάσαμε σε λειτουργία και παρατηρούμε πώς αλλάζει ο ήχος με την κίνηση του χεριού, επειδή αλλάζει το φως.



Παίζοντας με το BBS.

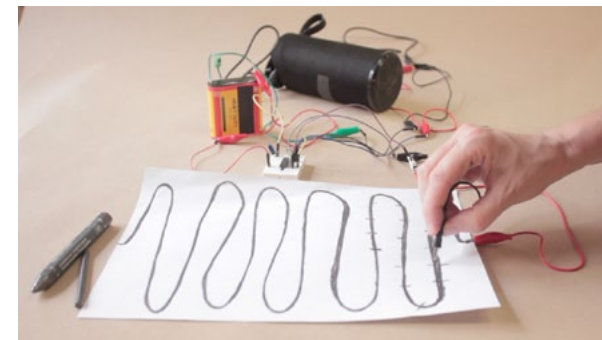


## ΦΤΙΑΧΝΩ: ΠΑΡΑΛΛΑΓΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ / ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΜΕ ΓΡΑΦΙΤΗ

Αν αφαιρέσουμε τη φωτοαντίσταση, το κύκλωμά μας θα ανοίξει, άρα δεν θα παράγει ήχο. Θα δοκιμάσουμε τώρα το ίδιο όργανο με μια διαφορετική αντίσταση: πρόκειται για μια γραμμή ζωγραφισμένη με μολύβι!

Σε μια κόλλα A4 σχεδιάζουμε μια συνεχόμενη γραμμή (μονοκοντυλιά), με τη μία άκρη της να ακουμπάει στο όριο της σελίδας. Για παράδειγμα, σχεδιάζουμε μία σπείρα, μία ίσια ή μία κυματιστή γραμμή, από τη μία άκρη του χαρτιού έως την άλλη. Με ένα παχύ και μαλακό μολύβι ή γραφίτη, αν έχουμε, την πατάμε καλά, για να είναι παχιά και συμπαγής σε όλο το μήκος της.

Αντικαθιστούμε τη φωτοαντίσταση R1 στα No 1 και No 2 με δύο καλωδιάκια διασύνδεσης και πιάνουμε δύο κροκοδειλάκια στην άλλη άκρη τους. Το ένα κροκοδειλάκι (δεν έχει σημασία ποιο) το πιάνουμε στην άκρη του χαρτιού, πάνω στην αρχή της ζωγραφισμένης γραμμής. Με το άλλο κροκοδειλάκι ακουμπάμε σε διάφορα σημεία πάνω στη γραμμή μας, κλείνοντας έτσι το κύκλωμα με τη ζωγραφιά μας. Η γραμμή από γραφίτη, που είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, παίζει τον ρόλο της αντίστασης και ακούγεται ήχος! Όσο πιο κοντά είναι το ένα κροκοδειλάκι στο άλλο πάνω στη γραμμή, τόσο πιο ψηλό ήχο έχουμε. Όσο απομακρύνονται, η αντίσταση μεγαλώνει και ο ήχος γίνεται μπάσος!



Παίζοντας νότες με το BBS.

### Επέκταση κατασκευής

Με τους παραπάνω τρόπους ελέγχουμε μόνο την τονικότητα του ήχου μας, ενώ η ένταση παραμένει ίδια. Με μια μικρή προσθήκη στο κύκλωμά μας, μπορούμε να ελέγξουμε και την ένταση. Αυτό θα μας βοηθήσει στο παίξιμο και θα κάνει το όργανό μας πολύ πιο ενδιαφέρον.

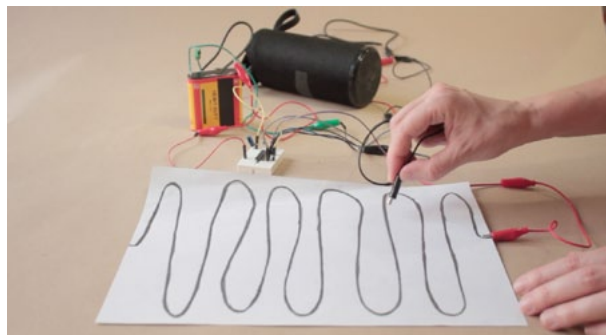
Για να το κάνουμε, αφαιρούμε τη σταθερή αντίσταση της εξόδου R2 και στη θέση της βάζουμε μια δεύτερη φωτοαντίσταση.

Την αντίσταση που βγάλαμε πριν, θα την βάλουμε σε άλλη θέση: το ένα πόδι ακριβώς κάτω από το καλωδιάκι της εξόδου και το άλλο κάτω από το No 7.

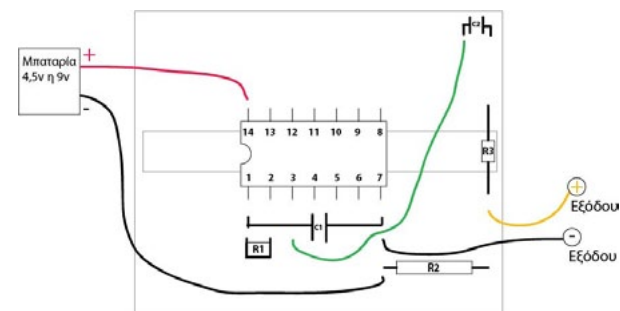


## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Βλέπουμε στα βίντεο που ακολουθούν το breadboard με αγωγή σχέδια. Παρατηρούμε τη διαφοροποίηση των ήχων με την αλλαγή της απόστασης ανάμεσα στα κροκοδειλάκια. Στο δεύτερο σχέδιο έχουμε σημειώσει στη γραμμή συγκεκριμένες νότες. Έτσι θα μπορούσαμε να παίξουμε και μελωδίες!



Παίζοντας το BBS με το σχέδιο.

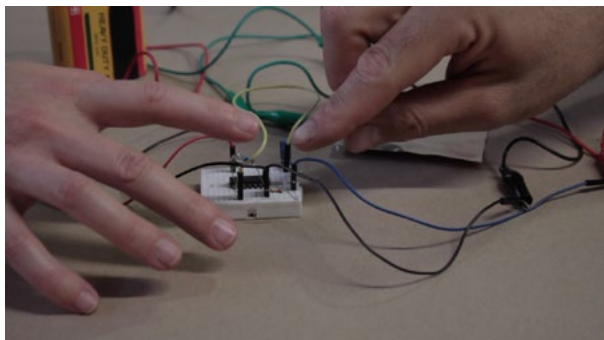


Εικόνα 5.09. Όπου R1 και R3 είναι οι φωτοευαίσθητες αντιστάσεις και R2 η σταθερή μας αντίσταση.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

Βλέπουμε στο βίντεο την επέκταση και παρατηρούμε τη διαφορά στον ήχο.



Παίζοντας το BBS με έλεγχο της έντασης.

### Άλλες επεκτάσεις

Αν έχουμε κατανόηση καλά τη λειτουργία του απλού αυτού κυκλώματος και θέλουμε να εμβαθύνουμε σε αυτό, μπορούμε να επεκτείνουμε το κύκλωμά μας σε κάτι λίγο πιο περίπλοκο. Μέχρι τώρα χρησιμοποιήσαμε το πρώτο ζευγάρι ποδιών του τσιπ μας, No 1 και No 2 (και τα πόδια της τροφοδοσίας, No 7 και No 14) για να φτιάξουμε ένα απλό συνθεσάιζερ με έναν ταλαντωτή (oscillator), τον οποίο ελέγχουμε είτε με το φως είτε με τον γραφίτη. Υπάρχουν άλλα 5 ζευγάρια ποδιών διαθέσιμα (3-4, 5-6, 8-9, 10-11, 12-13). Χρησιμοποιώντας και τα υπόλοιπα πόδια του τσιπ μας, μπορούμε να φτιάξουμε ένα συνθεσάιζερ με συνολικά έξι ταλαντωτές, οι οποίοι μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, παράγοντας έτσι πολύ πιο σύνθετους και ενδιαφέροντες ήχους. Μια πολύ καλή παρουσίαση τέτοιων κυκλωμάτων και πολλά σχετικά links μπορούμε να βρούμε [εδώ](#).

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

1. Χωρισμένοι σε ομάδες, εξερευνούμε για λίγη ώρα τις δυνατότητες του καινούριου μας οργάνου. Όπως αναφέραμε, ο ήχος του είναι ο βασικός συνεχής ήχος του ηλεκτρισμού.

Παρατήρηση: Ο ήχος του Breadboard Synthesizer είναι συνεχής και σκληρός και μπορεί να γίνει κουραστικός ή εκνευριστικός, οπότε χρειάζεται να είμαστε προσεκτικοί και να μην το αφήνουμε συνεχώς να παίζει. Όταν δεν δοκιμάζουμε κάτι συγκεκριμένο, προσέχουμε ώστε να μην είναι συνδεδεμένο με την μπαταρία ή, έστω, να έχουμε την ένταση του ηχείου στο 0. Επίσης, έχει σημασία να εντάξουμε παύσεις στο παίξιμο του οργάνου αυτού, να ψάξουμε τους τρόπους που μπορεί να σιωπήσει ή να αυξομειωθεί η έντασή του. Προσέχουμε να μην έχουμε δυνατά την έντασή του όλη την ώρα, τόσο για να μην κουραστούμε (ειδικά όταν παίζουν όλοι μαζί) όσο και για να μην καλύπτουμε τον ήχο των υπόλοιπων οργάνων (όταν παίζουμε και με άλλα όργανα).

## Πώς ελέγχουμε τον ήχο στο Breadboard Synthesizer

1. Μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την επέκταση της κατασκευής (βλ. παραπάνω), με την οποία θα μπορούμε να ελέγχουμε την ένταση του ήχου μας.
2. Η ένταση ελέγχεται επίσης μέσω του ενισχυτή ή του ηχείου που το έχουμε συνδέσει.
3. Δοκιμάζουμε πώς ακούγεται όταν παίζουμε με έναν φακό, είτε απλό, είτε με λειτουργία φλας (δίνει σταθερό ρυθμό).
4. Παρεμβαίνουμε και με το χέρι μας ή με ένα κουτί, για να το συσκοτίζουμε ελεγχόμενα. Τι θα συμβεί όταν κλείσουμε τελείως τη φωτοαντίσταση με το δάχτυλο; Παρατηρούμε πως η παράμετρος που αλλάζει είναι αυτή του τονικού ύψους.
5. Δοκιμάζουμε να δούμε τι γίνεται εάν αλλάξουμε τον πυκνωτή με άλλους διαφορετικών χωρητικότητων.

2. Τοποθετούμε κάπου κεντρικά ένα ή περισσότερα BBS και δοκιμάζουμε να ανοιγοκλείσουμε τον κεντρικό φωτισμό της αίθουσας (καλό είναι να έχουμε κλείσει πριν τις κουρτίνες). Αν τα φώτα της αίθουσας έχουν πολλούς διακόπτες, δοκιμάζουμε να τους ανάψουμε έναν έναν και μετά να τους αναβοσβήσουμε με συνδυασμούς! Δείτε για παράδειγμα το βίντεο:



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Πόσους διαφορετικούς ήχους μπορούμε να έχουμε από το BBS (μελωδία, θόρυβο, ρυθμό);

Τι χαρακτηριστικά έχει ο ήχος του BBS; Πώς ακούγεται αυτό το όργανο; Μας αρέσει; Μας θυμίζει κάτι; Μας εμπνέει να σκεφτούμε ένα ηχητικό κομμάτι (ή μια ηχητική εγκατάσταση/ περφόρμανς) με αυτό; Με ποιο άλλο από τα όργανά μας θα ταίριαζε το BBS; Πώς/γιατί;



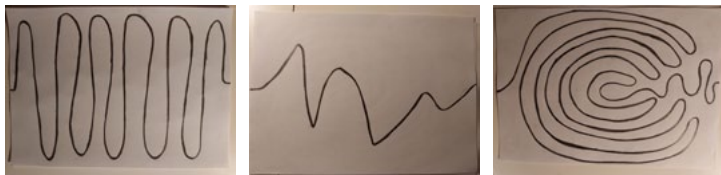
## ΠΑΙΖΩ

### 1. Δραστηριότητα: Παρτιτούρες για Breadboard Synthesizer με φωτοαντίσταση

Ζωγραφίζουμε από μία μακριά γραμμή σε μια κόλλα A4, που θα χρησιμεύσει ως παρτιτούρα για ένα μικρό σόλο BBS (π.χ. Εικόνα 5.10). Μπορεί να είναι ίσια γραμμή, αλλά καλύτερα για το παιχνίδι να είναι πιο «περιπετειώδης». Σκεφτόμαστε τα χαρακτηριστικά των ήχων που μπορούμε να πετύχουμε με αυτό το όργανο (αυτά που συζητήσαμε πριν). Σκεφτόμαστε επίσης πώς, με μία γραμμή, μπορούμε να οδηγήσουμε κάποιον να παίξει κάτι που φανταζόμαστε. Αφού ανακατέψουμε τα χαρτιά, παίρνει ο καθένας τυχαία κάποιο, το οποίο και θα «ερμηνεύσει» με το BBS. Μετά, ο δημιουργός της κάθε γραμμής αποκαλύπτει τι είχε στο μυαλό του όταν την σχεδίαζε (αυτό που έπαιξε ο ερμηνευτής ή κάτι άλλο;).

### 2. Ομαδικό παιχνίδι σε κύκλους, με φωτοαντίσταση

Τοποθετούμε στο κέντρο όλα τα BBS και χωριζόμαστε σε δύο ομάδες. Η μία ομάδα φτιάχνει έναν κύκλο γύρω από τα όργανα και τα στοχεύει με φακούς, ενώ τα παιδιά της άλλης ομάδας μπαίνουν εσωτερικά στον κύκλο και προσπαθούν με τα σώματα και τα χέρια τους να εμποδίσουν το φως των φακών προς τα BBS.



Εικόνα 5.10. Σχέδια με γραφίτη.

### 3. Φτιάχνω μια μελωδία, με τον γραφίτη

Πάνω στη γραμμή μας από γραφίτη (στην κόλλα A4) ψάχνουμε και σημειώνουμε σημεία της γραμμής που αντιπροσωπεύουν κάποιες «νότες»<sup>43</sup>. Φτιάχνουμε μία μελωδία με αυτές τις νότες και την παίζουμε.

Στη συνέχεια, σκεφτόμαστε μια ενορχήστρωση<sup>44</sup>, μαζί με ήχους από τα άλλα όργανα που έχουμε, και παίζουμε μαζί τους τη μελωδία μας.

<sup>43</sup> Αν θέλουμε να βρούμε με ακρίβεια όλες τις νότες της δυτικής μουσικής πάνω στη γραμμή μας, θα χρειαστούμε ένα κουρδιστήρι για έγχορδο όργανο. Αν δεν έχουμε, υπάρχουν αντίστοιχες εφαρμογές για κινητό/tablet.

<sup>44</sup> Όταν ένας μουσικός συνθέτει ένα κομμάτι, επιλέγει τα διαφορετικά όργανα που θα ακούγονται σε αυτό και τα μουσικά μέρη που θα παίζει κάθε όργανο, για να έχει στο τέλος το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα ανάλογα με την ιδέα του. Αυτή η διαδικασία λέγεται ενορχήστρωση.



## ΑΚΟΥΩ ΚΑΙ ΒΛΕΠΩ

1. Μαθαίνουμε για το συνθεσάιζερ της Daphne Oram, το [Oramics](#), που «διαβάζει γραμμές» και παράγει ήχους. Ακόμει στο ηχητικό αρχείο ένα απόσπασμα από τους ήχους που παράγει.

2. Κάποιοι συνθέτες χρησιμοποιούν τα συνθεσάιζερ για να παράγουν πολύ έντονους και τραχείς ήχους, σχεδόν ενοχλητικούς. Εδώ δεν έχει σημασία η μελωδία, αλλά η αίσθηση που μας δημιουργούν. Ο Ιάnnης Ξενάκης στο [Gendy3](#) χρησιμοποιεί ήχους που ακούγονται σαν σειρήνες, πολύ αντίστοιχους με τους ήχους του BBS.

3. Ένα από τα πρώτα συνθεσάιζερ που παίζεται με κινήσεις των χεριών στον αέρα είναι το [Theremin](#).

4. Εάν δεν έχει παιχτεί προηγουμένως, ακόμει το [Rainforest](#) του David Tudor.



## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ BBS

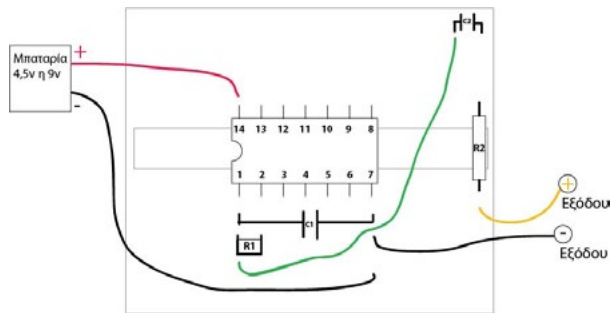
Τα πιο καθοριστικά στοιχεία στο κύκλωμά μας είναι ο πυκνωτής C1 και η αντίσταση R1.

Ο πυκνωτής C1 είναι αυτός που θα καθορίσει το συνολικό εύρος των συχνοτήτων του BBS. Αν βάλουμε πυκνωτή μεγαλύτερης χωρητικότητας αντί για 100nF, δηλαδή 1000nF ή και παραπάνω, θα έχουμε πολύ πιο μπάσους ήχους, τόσο χαμηλών συχνοτήτων που πλέον θα ακούγονται ρυθμοί και όχι τόνοι. Αν τον αλλάξουμε με μικρότερης χωρητικότητας, π.χ. 10nF ή 1nF, θα έχουμε πολύ πιο ψηλές συχνοτήτες.

Η αντίσταση R1 είναι αυτή που μας επιτρέπει να παίζουμε τις διαθέσιμες συχνοτήτες με μεγαλύτερη ή μικρότερη ακρίβεια μέσα σε αυτό το εύρος των συχνοτήτων. Μια αρκετά μικρότερη αντίσταση από τα 10K, δηλαδή 1K ή ακόμα και 0,1K, θα είχε πολύ μικρό εύρος συχνοτήτων, αλλά θα μπορούσαμε να μεταβούμε από τη μια συχνότητα στην άλλη με μεγάλη ακρίβεια. Αντίθετα, μια μεγάλη αντίσταση, 100K ή και 1000K, θα μας έδινε μεγάλο εύρος συχνοτήτων, αλλά θα μεταπηδούσαμε από τη μια συχνότητα στην άλλη πολύ πιο απότομα. Αν έχουμε χρόνο και όρεξη, μπορούμε να πειραματιστούμε με τις διάφορες τιμές σε πυκνωτές και αντιστάσεις και να ανακαλύψουμε έτσι τους διαφορετικούς ήχους που προτιμάμε.

Υπάρχει επίσης άλλο ένα σημείο από όπου μπορούμε να πάρουμε τον ήχο που πάει στην έξοδο προς το ηχείάκι μας, αντί για το Νο 3 που χρησιμοποιήσαμε αρχικά: κάτω από το ποδαράκι Νο 1, εκεί όπου πιάνει η αντίσταση R1 και ο πυκνωτής C1.





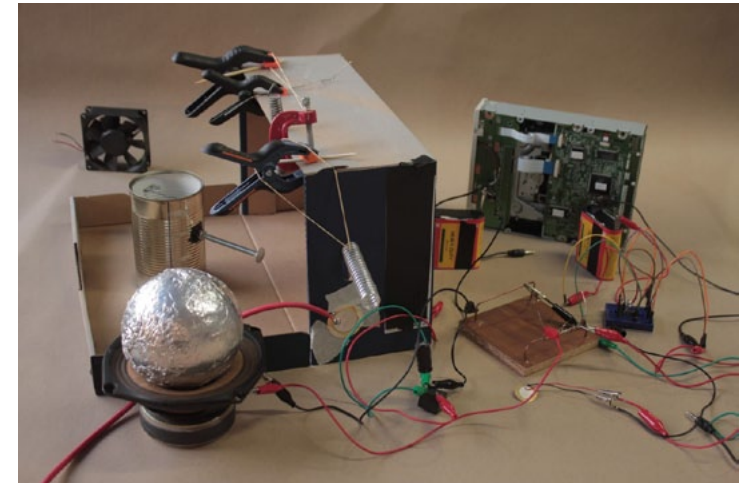
Εικόνα 5.11. Σχέδιο παραλλαγής κυκλώματος για το Breadboard Synthesizer.

Από εκείνη την τρυπίτσα, θα έχουμε έναν πολύ πιο ήπιο ήχο, τόσο σε ένταση όσο και σε χροιά, το οποίο μπορεί να είναι και προτιμότερο. Ο πειραματισμός είναι και εδώ φίλος μας!

Γενικά, θα πρέπει να προσέχουμε με τις συνδέσεις που κάνουμε στην πλακέτα, γιατί είναι αρκετά ευαίσθητες, δεν μπαίνουν πάντοτε καλά τα ποδαράκια των υλικών ή ακουμπάνε το ένα με το άλλο κ.λπ. Μπορούμε πρώτα να ρίξουμε μια καλή ματιά στο τι συμβαίνει, να κουνήσουμε λίγο με το δάχτυλό μας τυχόν χαλαρές συνδέσεις, προτού απογοητευτούμε επειδή δεν έχουμε ήχο!

## 6. ΜΙΞΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία κατασκευής των αυτοσχέδιων οργάνων μας, και αφού έχουμε πειραματιστεί και παίξει μαζί τους, μπορούμε πλέον να βρούμε πιθανούς τρόπους για την οργάνωση των ήχων και την παρουσίασή τους.



Εικόνα 6.01. Όλα τα DIY μουσικά όργανα στον μείκτη έτοιμα για πειραματισμούς.

## Υ

### ΥΛΙΚΑ

- Επιφάνειες μονωτικές (κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού), από ξύλο ή πλαστικό, όσες και οι ομάδες.
- Χοντρό σύρμα (ιδανικά από χαλκό) σε κομμάτια, δύο για κάθε μείκτη/ομάδα.
- Αντιστάσεις 1K ohm, 4-5 για κάθε μείκτη/ομάδα.
- Ξυλόκολλα.
- Πένσα, σφυράκι και καρφί.



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Τις δραστηριότητες και τις ασκήσεις της ενότητας αυτής μπορείτε να τις δοκιμάσετε σε όλες τις προηγούμενες ενότητες με κατάλληλες προσαρμογές.

### Ονοματοδοσία

Για κάθε όργανο που έχουμε κατασκευάσει, μπορούμε να σκεφτούμε δικιά μας ονόματα! Συζητάμε στις μικρές ομάδες μας τα χαρακτηριστικά της κάθε κατασκευής, τους ήχους που μπορεί να κάνει, τις δυνατότητες που έχει. Σκεφτόμαστε επίσης αν μας θυμίζει κάτι από τη φύση – κάποιον ζώο, έντομο κ.λπ. – και του δίνουμε ένα αντίστοιχο όνομα. Μπορούμε να του δώσουμε και ένα εντελώς φανταστικό όνομα, να φτιάξουμε μια καινούρια δική μας λέξη, που θεωρούμε ότι του ταιριάζει<sup>45</sup>. Στο τέλος, μπορούμε να ανακοινώσουμε όλα τα ονόματα στην τάξη και να διαλέξουμε όλοι μαζί ποιο ταιριάζει περισσότερο σε κάθε όργανο!



## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

### Είδη οργάνων/ήχων

Το πρώτο βήμα σε αυτή τη διαδικασία είναι να έχουμε εξερευνήσει πολύ καλά τα διάφορα οργανάκια μας, ώστε να μπορούμε να ξεχωρίσουμε τις δυνατότητες και τις διαφορές τους.

Κάποια όργανα μπορούν πιο εύκολα να παράγουν κοφτούς ήχους. Τέτοια όργανα είναι πιο κατάλληλα για να μας δίνουν ρυθμικά στοιχεία όταν παίζουμε. Τα μεγαφωνάκια, τα τριζόνια και τα μικρόφωνα επαφής προσφέρονται για να μας δώσουν τέτοιους ήχους που δεν έχουν μεγάλη διάρκεια, είναι κοφτοί και έχουν απότομες, καθαρές ατάκες. Οι ήχοι που παράγουν όταν παίζουμε, δηλαδή, έχουν απότομο ξεκίνημα και μικρή διάρκεια.

Κάποια άλλα μπορούν να δώσουν ήχους με διάρκεια. Αυτά τα όργανα προσφέρονται για να φτιάχνουν μελωδίες πάνω στους ρυθμούς ή να κρατάνε έναν συνεχόμενο τόνο σαν φωνές από χορωδία ή σαν ορχήστρα με έγχορδα. Τα Breadboard Synthesizers (BBS), τα Sudophone, τα τριζόνια (όταν έχουν μικρούς πυκνωτές), τα victorian synthesizers και τα μικρόφωνα επαφής δίνουν τέτοιους ήχους. Τα μικρόφωνα επαφής, ανάλογα με την κατασκευή και τον τρόπο που θα τα παίξουμε, μπορούν να παράγουν επίσης μακρόσυρτους και κοφτούς ήχους.

Αν θέλουμε να ενσωματώσουμε καθαρές μελωδίες, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε όργανα όπως ξυλάκια με διαφορετικά μήκη ή BBS με σχέδιο γραφίτη, και καλό είναι να αποφύγουμε τα όργανα που δεν έχουν ποικιλία σε ηχοχρώματα και τονικά ύψη, π.χ. τα μεγαφωνάκια.

### Μουσικά Σχήματα

Αφού παρατηρήσουμε τι ήχους έχουμε στη διάθεσή μας, μπορούμε να πάρουμε μια σειρά αποφάσεων για τα μουσικά σχήματα που θέλουμε να φτιάξουμε και το πώς θέλουμε να δομήσουμε τα μουσικά κομμάτια.

<sup>45</sup> Για παράδειγμα, μια ομάδα σε δημοτικό σχολείο της Αθήνας είχε «βαπτίσει» ένα όργανο φτιαγμένο από παλιό DVD player με το όνομα Viciado.

Επίσης, τι τύπους οργάνων θέλουμε να έχει κάθε σχήμα. Κάποια κομμάτια λειτουργούν καλύτερα αν έχουμε ομοιόμορφα σχήματα, όπου όλοι οι παίκτες έχουν ίδια ή παρεμφερή όργανα. Αν θέλουμε, για παράδειγμα, να φτιάξουμε ένα μουσικό κομμάτι μόνο με απότομα τονικά ανεβοκατεβάσματα, σαν σειρήνες, θα διαλέξουμε ένα μουσικό σχήμα μόνο με BBS.

Άλλες φορές, μπορεί να θέλουμε να φτιάξουμε κομμάτια με πιο ποικιλόμορφους ήχους, π.χ. ένα κομμάτι με κάποιους κρουστούς ρυθμικούς ήχους, σε συνδυασμό με μακρόσυρτους τόνους. Εδώ, θα πρέπει να κάνουμε μια μικρή ενορκήστρωση και να φτιάξουμε ένα σχήμα με πολλά διαφορετικά οργανάκια που δουλεύουν μαζί, κάποια πιο ρυθμικά και κάποια με μεγαλύτερης διάρκειας ήχους. Τέτοια σχήματα που έχουν ποικιλία προσφέρονται για ασκήσεις αυτοσχεδιασμού, καθώς το αποτέλεσμα είναι πιο πλούσιο σε ηχοχρώματα.



## ΦΤΙΑΧΝΩ

### DIY Μείκτης: Πώς παίζουμε πολλοί σε ένα ηχείο



Εικόνα 6.02 Αυτοσχέδιος μείκτης για τέσσερα οργανάκια.

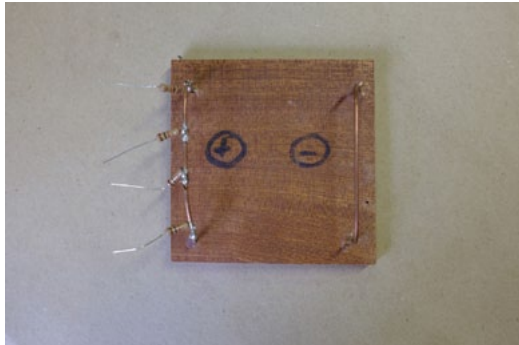
Για να συνδέσουμε περισσότερα από ένα όργανα σε ένα ηχείο, πρέπει να φτιάξουμε έναν απλό μείκτη. Όπως υποδηλώνει και το όνομά του, ο μείκτης είναι μια συσκευή που συγκεντρώνει διαφορετικούς ήχους από πολλά όργανα και τους αναμειγνύει σε μία έξοδο. Ανάλογα με τον αριθμό των αυτοενισχυόμενων ηχείων και τις ομάδες παιδιών που έχουμε, θα πρέπει να φτιάξουμε και τον αντίστοιχο αριθμό από μείκτες. Για να τους φτιάξουμε, χρειαζόμαστε μια μονωτική επιφάνεια, σύρμα και αντιστάσεις (βλ. παραπάνω, «Υλικά»).

Λυγίζουμε τα χοντρά σύρματα στις άκρες τους (Εικόνα 6.02) και τα στερεώνουμε πολύ καλά στην επιφάνεια. Για να το κάνουμε αυτό, πρέπει να τρυπήσουμε το πλαστικό/ξύλο στη θέση που θέλουμε –καλό είναι να είναι μακριά το ένα από το άλλο– και να χρησιμοποιήσουμε και λίγη κόλλα (π.χ. ξυλόκολλα) για να τα σταθεροποιήσουμε στις τρυπούλες. Η κόλλα πρέπει να μείνει αρκετή ώρα για να σφίξει (βλ. οδηγίες της κόλλας).

Το σύρμα χρειάζεται προσοχή, γιατί στις άκρες όπου είναι κομμένο μπορεί να είναι πολύ κοφτερό. Καθένα από τα δύο σύρματα αντιστοιχεί

με τον θετικό και τον αρνητικό πόλο του ηχείου μας, καθώς και με τον αντίστοιχο πόλο από την έξοδο του κάθε οργάνου.

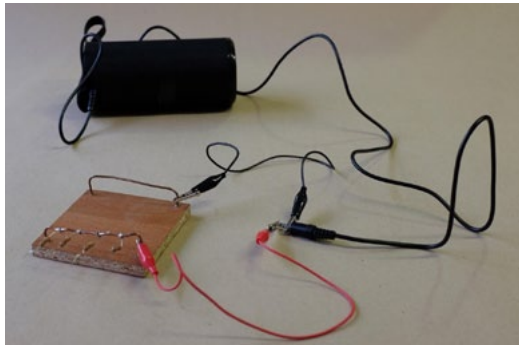
Στο σύρμα που θα λειτουργήσει ως θετικός πόλος, θα κολλήσουμε με κολλητήρι και καλά μια σειρά από αντιστάσεις. Μπορούν να είναι γύρω στα 1K ohm η καθεμία, αλλά δεν έχει μεγάλη σημασία, αρκεί να έχουν όλες την ίδια αξία. Καθεμία από αυτές αντιστοιχεί στο κάθε όργανο που θα συνδεθεί.



Εικόνα 6.03. Μείκτης - θετικό & αρνητικό.

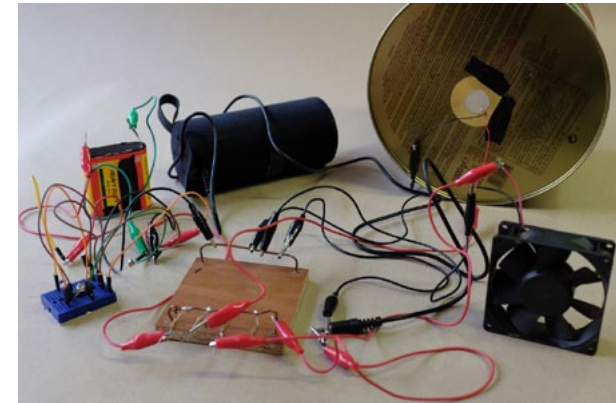
Ο μείκτης μας είναι έτοιμος και τώρα πρέπει να δούμε πώς θα κάνουμε τις συνδέσεις μας.

Συνδέουμε τον μείκτη με κροκοδειλάκια στο καλώδιο ήχου του ηχείου μας με τον εξής τρόπο: το αρνητικό σύρμα συνδέεται με τη βάση του καλωδίου και το θετικό με τη μύτη (Εικόνα 6.04).



Εικόνα 6.04. Μείκτης συνδεδεμένος με το ηχείο.

Στη συνέχεια, συνδέουμε με κροκοδειλάκια την έξοδο κάθε οργάνου. Συνδέουμε το θετικό της εξόδου του οργάνου με μία από τις αντιστάσεις του μείκτη και το αρνητικό με το σκέτο σύρμα (Εικόνα 6.05).



Εικόνα 6.05. Μείκτης συνδεδεμένος με πολλά όργανα.



## ΓΝΩΡΙΖΩ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ

### Συναυλία

Σκοπός είναι να εξερευνήσουμε τρόπους για να παίξουμε όλοι μαζί και να συνδυάσουμε τους ήχους μας φτιάχνοντας μουσικά κομμάτια. Για να το πετύχουμε αυτό, μπορούμε:

- I. Να αυτοσχεδιάσουμε βάζοντας κάποιους περιορισμούς και κανόνες.
- II. Να φτιάξουμε μια ηχητική αφήγηση/ιστορία.
- III. Να φτιάξουμε απλές γραφικές παρτιτούρες.

### I. Αυτοσχεδιασμός

Ο αυτοσχεδιασμός είναι ένας αυθόρμητος, πηγαίος τρόπος παραγωγής τέχνης χωρίς προηγούμενη δοκιμή. Σε όλες τις μορφές τέχνης μπορεί να υπάρχει αυτοσχεδιασμός: στη μουσική, στον χορό, στο θέατρο, στα εικαστικά. Μπορεί να είναι τελείως ελεύθερος, χωρίς τίποτα προσυμφωνημένο, αλλά συνήθως βάζουμε περιορισμούς και κανόνες που μας βοηθούν να συντονιστούμε και να έχουμε ενδιαφέρον αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρχει χρονικό όριο (π.χ. παίζουμε όλοι μαζί για ένα λεπτό δυνατά, μετά σταματάμε απότομα και παίζουν μόνο δύο για άλλο ένα λεπτό) ή ένα επιθυμητό συναισθηματικό αποτέλεσμα (π.χ. παίζουμε θυμωμένα ή λυπημένα). Όταν ο αυτοσχεδιασμός υπακούει σε τέτοιου είδους περιορισμούς, ονομάζεται δομημένος αυτοσχεδιασμός, έχει δηλαδή κάποιο προκαθορισμένο σχήμα και απαιτεί συγκεκριμένους χειρισμούς από τους συμμετέχοντες. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα παιξίματος με τέτοιους απλούς κανόνες για αυτοσχεδιασμούς σε μικρά ή μεγάλα γκρουπάκια. Όλα αυτά τα μικρά ηχητικά παιχνίδια είναι καλύτερο να τα σκεφτόμαστε ως αφετηρίες για εξερεύνηση παρά ως ολοκληρωμένα έργα. Γι' αυτό, ενθαρρύνουμε τις τάξεις να τροποποιήσουν κάποια από αυτά κατά βούληση και να τα φέρουν στα μέτρα τους.

Σε καθεμία από αυτές τις ασκήσεις έχει πολύ μεγάλη σημασία όσοι παίζουν να ακούνε με προσοχή τι ήχους κάνουν οι συμπαίκτες, τι ήχους κάνουν οι ίδιοι και πώς μπλέκονται οι ήχοι μεταξύ τους.



## ΠΑΙΖΩ

### 1. Ο κύκλος

*Για μικρή ομάδα 3-5 ατόμων / Διάρκεια: 5-10 λεπτά ανά ομάδα*

Αφού τοποθετήσουμε τα θρανία σε κύκλο ή σε σχήμα Π, ετοιμάζουμε το όργανο που θέλουμε να παίξουμε και κάθηννας/μία από μας επιλέγει μόνο έναν ήχο που θα παίξει με αυτό. Το πρώτο παιδί αριστερά ξεκινάει να παίζει κάνοντας τον ήχο του. Μετράμε μέχρι το 4 και ξεκινάει το δεύτερο παιδί. Μόλις ξεκινήσει το δεύτερο παιδί, σταματάει το πρώτο. Μετράμε μέχρι το 4 και ξεκινάει το τρίτο παιδί και, μόλις ξεκινήσει το τρίτο, σταματάει το δεύτερο. Συνεχίζουμε με αυτό τον τρόπο μέχρι οι ήχοι να κάνουν τρεις φορές τον κύκλο όλης της ομάδας.

Στη συνέχεια, ξεκινάμε πάλι τον κύκλο, αλλά τα παιδιά που παίζουν δεν σταματούν όταν ξεκινάει ο/η επόμενος/η τους. Δηλαδή, το πρώτο παιδί αριστερά ξεκινάει να παίζει κάνοντας έναν ήχο (αν ο ήχος είναι κρουστός/κοφτός τον επαναλαμβάνει, αν έχει μεγάλη διάρκεια τον αφήνει να πάρει χρόνο). Μετά από 4 δευτερόλεπτα ξεκινάει το δεύτερο παιδί και συνεχίζουν να παίζουν οι δύο ήχοι μαζί. Μετά από 4 δευτερόλεπτα ξεκινάει το τρίτο παιδί και παίζουν και οι τρεις μαζί και μετά και οι τέσσερις κ.ο.κ., μέχρι να φτάσουν στο σημείο να παίζουν όλοι μαζί. Μόλις φτάσουμε σε εκείνο το σημείο, το πρώτο παιδί μετράει μέχρι το 4 και σταματάει. Στη συνέχεια, το δεύτερο παιδί μετράει μέχρι το 4 και σταματάει κ.ο.κ., μέχρι να σταματήσουν όλοι.

### 2. Ερώτηση & Απάντηση

*Για μικρή ομάδα 3-5 ατόμων / Διάρκεια: 5-10 λεπτά ανά ομάδα*

Χωριζόμαστε σε ομάδες (3-5 άτομα η κάθε ομάδα) και καθόμαστε κυκλικά (θρανία σε σχήμα Π). Επιλέγουμε τι όργανο θα χρησιμοποιήσουμε και το προετοιμάζουμε. Σε αυτό τον αυτοσχεδιασμό, σκοπός είναι να παίζουμε μικρές μουσικές φράσεις σε διάλογο, σαν ερώτηση και απάντηση.

Ξεκινάει κάποιος πρώτος και παίζει μια μικρή μουσική φράση (μπορεί να είναι ένας γρήγορος ρυθμός, μια μικρή μελωδία ή απλώς ένας ήχος). Το δεύτερο παιδί προσπαθεί να μιμηθεί αυτό που έπαιξε το πρώτο και μετά ακολουθεί το τρίτο παιδί κ.ο.κ. Αφού παίξουν όλοι, ξεκινάει πάλι το πρώτο παιδί με κάποιον άλλο ήχο, διαφορετικό και λίγο πιο περιπλοκό.

Μπορούν να μουν διάφορες παράμετροι σε αυτή την άσκηση. Μπορεί, για παράδειγμα, να συμφωνήσουμε από την αρχή ότι θα επιταχύνουμε όσο προχωράμε ή ότι θα χωριστούμε σε ντουέτα που θα κάνουν ερωταπαντήσεις μεταξύ τους (δηλαδή, το πρώτο παιδί απαντά στο δεύτερο παιδί και το τρίτο απαντά στο τέταρτο).

### 3. Ο μάεστρος

*Για μικρή ομάδα 3-5 ατόμων / Διάρκεια: 5-10 λεπτά ανά ομάδα*

Χωριζόμαστε σε μικρές ομάδες και κάθε παιδί επιλέγει το όργανο που θα χρησιμοποιήσει και το προετοιμάζει. Ο/Η εκπαιδευτικός αναλαμβάνει πρώτος/-η τον ρόλο του μάεστρου. Σε συνεργασία με τον/την εκπαιδευτικό συμφωνεί όλη η τάξη τι θα σημαίνουν οι κινήσεις του μάεστρου. Για παράδειγμα, όταν ο μάεστρος δείχνει κάποιο παιδί, εκείνο ξεκινάει να παίζει και, όταν ο μάεστρος του κάνει νόημα με μια κοφτή κίνηση, εκείνο σταματάει. Ο ρυθμός που κουνάει τα χέρια ο μάεστρος είναι αυτός που θα ακολουθεί ο κάθε παίκτης που δείχνει. Όσο πιο ψηλά είναι τα χέρια του, τόσο πιο δυνατά παίζει ο κάθε παίκτης – και το ανάποδο. Αφού συμφωνήσουμε σε αυτές τις απλές εντολές –ή όποιες άλλες επιλέξουμε–, μπορούμε να παίξουμε ακολουθώντας όλοι τον μάεστρο. Εκείνος αποφασίζει πώς θα εξελιχθεί το κομμάτι που θα παίξουμε.

Αφού το κάνει αυτό 1-2 φορές ο/η εκπαιδευτικός, αναλαμβάνει τον ρόλο του μάεστρου κάποιο από τα παιδιά. Το ιδανικό είναι ο ρόλος αυτός να περάσει από πολλά παιδιά.

### 4. Ο μάεστρος II

*Για ολόκληρη την τάξη / Διάρκεια: 10-15 λεπτά*

Κάθε παιδί επιλέγει το όργανο που θα χρησιμοποιήσει και το προετοιμάζει. Καλό είναι να αφήσουμε χρόνο στα παιδιά να σκεφτούν τι ήχους θέλουν να παράγουν και πώς θα τους πετύχουν με τα όργανά τους. Για αρχή, ένας απλός επαναλαμβανόμενος ήχος είναι αρκετός. Ο ρόλος του μάεστρου σε αυτή την άσκηση είναι κυρίως να ελέγχει με τα χέρια του ποια παιδιά παίζουν τον ήχο τους. Ο μάεστρος χρησιμοποιεί τις παλάμες του ως παρενθέσεις<sup>46</sup>. Όσοι βρίσκονται νοητά μέσα στην παρένθεση τη δεδομένη στιγμή, παράγουν ήχο με το όργανο που έχουν επιλέξει, ενώ όσοι είναι εκτός παρένθεσης είναι σε παύση. Ο μάεστρος μπορεί έτσι να επιλέξει να ακούγεται μόνο ένα όργανο, ή περισσότερα, ακόμα και όλα μαζί, αλλά και να ελέγχει κάθε στιγμή τους ήχους και την ένταση.

### 5. Το δάσος

*Για μεγάλη ομάδα, ίσως και όλη την τάξη / Διάρκεια: 5-10 λεπτά*

Σε αυτό το παιχνίδι, θα προσπαθήσουμε όλοι μαζί να φτιάξουμε ένα ηχητικό περιβάλλον που να μοιάζει με τους ήχους ενός δάσους. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε όλα τα όργανα που έχουμε. Η μεγάλη ποικιλία σε ήχους θα μας βοηθήσει.

Επιλέγουμε ποιο όργανο θα παίξουμε, το ετοιμάζουμε και είμαστε έτοιμοι να παίξουμε.

Κάνουμε όλοι μαζί ησυχία και ακούμε για λίγο τους ήχους της αίθουσας όπου βρισκόμαστε. Όσο κάνουμε ησυχία, σκεφτόμαστε τους

<sup>46</sup> Το συγκεκριμένο [παιχνίδι αυτοσχεδιασμού](#) το έχει εμπνεύσει ο μουσικός Brian Irvine.

μικρούς ήχους που ακούμε όταν είμαστε μέσα στο δάσος: τα έντομα που βουίζουν· τα πουλιά· τα ζώα που ακούγονται από μακριά· τον αέρα στα κλαδιά· το θρόισμα των φύλλων. Για να το φανταστούμε πιο ζωντανά, μπορούμε να κλείσουμε τα μάτια μας για λίγο.

Μετά από περίπου ένα λεπτό ησυχίας, ο/η εκπαιδευτικός κάνει νόημα και ξεκινάμε σιγά σιγά να κάνουμε ήχους πολύ αρατά – μικροί σιγανοί ήχοι με μεγάλα κενά ενδιάμεσα. Προσπαθούμε να διατηρήσουμε το παίξιμό μας αρατό για περίπου 1-2 λεπτά.

Σιγά σιγά αρχίζουμε να πυκνώνουμε, όταν μας κάνει νόημα ο/η εκπαιδευτικός. Τα κενά και οι παύσεις γίνονται πιο σύντομα και οι ήχοι μας όλο και πιο συνεχόμενοι και επαναλαμβανόμενοι. Το φανταζόμαστε σαν να ζυπνούν σιγά σιγά, το ένα μετά το άλλο, τα πλάσματα του δάσους και να ξεκινούν τη μέρα τους. Συνεχίζουμε μέχρι να ακούγονται όλοι οι ήχοι και να μπλέκονται μεταξύ τους σφυρίγματα, τριξίματα, χτυπήματα, όλα μαζί. Μένουμε για 1-2 λεπτά εκεί μέσα στον θόρυβο του δάσους.

Όταν μας κάνει νόημα ο/η εκπαιδευτικός, αρχίζουμε και αραιώνουμε πάλι σιγά σιγά. Η μέρα τελειώνει και το δάσος έχει αρχίσει να κουράζεται. Οι ήχοι αραιώνουν, τα ζώα και τα έντομα πάνε για ύπνο μέχρι που σταματούν όλα τα όργανα και όλοι οι ήχοι.

Παίρνουμε μια ανάσα κάνοντας για λίγο απόλυτη ησυχία όλοι μαζί και η βόλτα στο δάσος ολοκληρώνεται.

Αυτή η άσκηση μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές. Μετά την πρώτη φορά, δεν χρειάζεται η συμμετοχή του/της εκπαιδευτικού. Τα παιδιά από μόνα τους, έχοντας στο μυαλό τους τη δομή του κομματιού, μπορούν να αποφασίζουν πότε θα μεταβαίνουν από το ένα μέρος στο επόμενο.

Χρειάζεται να προσέχουμε να υπάρχει σχετική ισορροπία στις εντάσεις, ώστε τα πιο δυνατά όργανα να μην επικαλύπτουν τους σιγανούς ήχους.

Μπορούμε επίσης να ηχογραφήσουμε το παίξιμο και μετά να το ακούσουμε όλοι μαζί και να το συζητήσουμε. Ακολουθήσαμε τις οδηγίες; Θέλουμε να αλλάξουμε κάτι στην εξέλιξη του αυτοσχεδιασμού; Υπάρχουν ήχοι που μας αρέσουν πιο πολύ;

## II. Ηχητική Ιστορία

Ένας άλλος τρόπος οργάνωσης του κομματιού που θα φτιάξουμε είναι να το σκεφτούμε σαν μια ηχητική αφήγηση, μια μικρή ιστορία που την χτίζουμε με ήχους.

Όλες οι ιστορίες που διαβάζουμε στα βιβλία και βλέπουμε σε ταινίες και σειρές έχουν μια συγκεκριμένη μορφή, με αρχή, μέση και τέλος. Μια τέτοια μορφή θα πάρει και αυτή η ηχητική ιστορία που θα φτιάξουμε.

Η αρχή, όπως και το τέλος, είναι πολύ βασικό να γίνουν με κάποια συνεννόηση. Το πρώτο που πρέπει να σκεφτούμε είναι πώς θα αρχίσουμε. Πρέπει να συμφωνήσουμε αν θα ξεκινήσουμε όλοι μαζί ή αν θα

αρχίσουν πρώτα κάποιοι και ποιοι θα είναι αυτοί. Μετά, πρέπει να δούμε αν θα σταματήσουμε απότομα όλοι μαζί ή αν θέλουμε να σταματάμε ένας ένας και ο τελευταίος να κλείνει το κομμάτι. Μπορεί να θέλουμε να κάνουμε ένα αργό σβήσιμο στο κομμάτι μας.

Κατόπιν, μπορούμε να σκεφτούμε τι θέλουμε να συμβεί στο ενδιάμεσο μέρος, μέσα στο κομμάτι. Για παράδειγμα, μπορούμε να συμφωνήσουμε αν θέλουμε να βάλουμε παύσεις σε συγκεκριμένα σημεία. Ή να έχουμε μέρη που να είναι πιο αρατά ή πιο πυκνά, πιο γρήγορα ή πιο αργά. Επίσης, για κάθε εναλλαγή που θα συμφωνήσουμε, θα πρέπει να δούμε πώς θα συντονιστούμε. Ένας τρόπος είναι κάποιος από τους παίκτες να δώσει σήμα.

Σε γενικές γραμμές είναι πιο ωραίο να μην παίζουμε όλοι μαζί συνεχώς. Οπότε καθώς αποφασίζουμε ποια θα είναι η δομή της ηχητικής μας αφήγησης μπορούμε να αποφασίσουμε και ποιοι/ες θα παίζουν και σε ποια σημεία. Επίσης μπορούμε να αποφασίσουμε αν κάποιοι θα έχουν συγκεκριμένο ρόλο πχ. κάποιος μπορεί να είναι υπεύθυνος να κρατάνε τον ρυθμό, ενώ οι υπόλοιποι να φτιάχνουν μελωδίες και ατμόσφαιρα.

Κάπως έτσι μπορούμε να σκεφτούμε κάποια δική μας ιδέα «πάνω» στην οποία να παίζουμε. Π.χ. παίζω τη μουσική που θα με συνοδεύει όταν πηγαίνω σχολείο ή την ώρα του διαλείμματος. Παίζω τους ήχους που συνοδεύουν έναν αγώνα αυτοκινήτων. Παίζω τη μουσική που κάνουν τα κύματα της θάλασσας κ.λπ.

Για παράδειγμα, μπορούμε να παίξουμε ένα κομμάτι με τίτλο «Περπατάω και τρέχω». Σε αυτό, παίζοντας προσπαθούμε να ακολουθήσουμε τον ρυθμό ενός ανθρώπου ο οποίος περπατάει αργά στην αρχή, τρέχει στη συνέχεια και σιγά σιγά σταματάει. Ένα κομμάτι δηλαδή που ξεκινάει αργά, συνεχίζει γρήγορα και μετά πάει πάλι αργά.

## III. Γραφική Παρτιτούρα

Ένας άλλος τρόπος που μπορούμε να οργανώσουμε τους ήχους μας είναι να φτιάξουμε παρτιτούρες με απλά σχήματα, γραμμές και χρώματα. Και πάλι, εφόσον δεν χρησιμοποιούμε το παραδοσιακό σύστημα με τις νότες, πρέπει να συμφωνήσουμε σε τι αντιστοιχεί καθένα από αυτά τα σύμβολα. Οι γραμμές (ευθείες και καμπυλωτές) προσφέρονται πολύ για κάτι τέτοιο, μια και μπορούν εύκολα να συμβολίζουν ήχους που ανεβαίνουν ή κατεβαίνουν τονικά, δυναμώνουν και χαμηλώνουν σε ένταση κ.λπ.

Έτσι, τα παιδιά μπορούν να φτιάξουν τις δικές τους ζωγραφιές, ομαδικά ή ατομικά, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν σαν παρτιτούρες, και να συμφωνήσουν πώς θα τις παίξουν, αποφασίζοντας τι σημαίνουν τα διαφορετικά σχήματα και χρώματα και τη θέση που έχουν στη σελίδα.

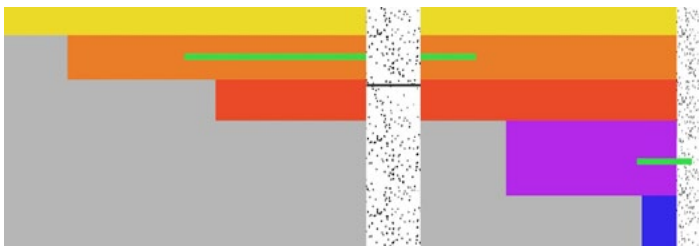


Εικόνα 6.06. Παραδείγματα από ζωγραφιές παιδιών, από το μάθημα των καλλιτεχνικών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παρτιτούρες με διάφορους τρόπους, είτε μία μία είτε σε συνδυασμό. (Μαθητές ΣΤ΄ τάξης, 3ο Δημοτικό Σχολείο Γαλατσίου, Φεβρουάριος 2020).

Πέρα από αυτό, όμως, μπορούμε πολύ εύκολα να χρησιμοποιήσουμε σαν παρτιτούρες εικόνες που να μας φέρνουν ήχους στο μυαλό. Τέτοιες εικόνες μπορούν να γίνουν το ξεκίνημα και η έμπνευση για ένα ελεύθερο παιχνίδι στην προσπάθειά μας να επενδύσουμε ηχητικά την εικόνα που βλέπουμε. Εδώ, δεν χρειάζεται να περιορίσουμε με αυστηρούς κανόνες αυτό που θα κάνουμε. Αρκεί μόνο να γίνει μια ωραία κουβέντα για το τι ήχους μας φέρνει στο μυαλό αυτή η εικόνα. Και μετά, απλώς να παίξουμε.

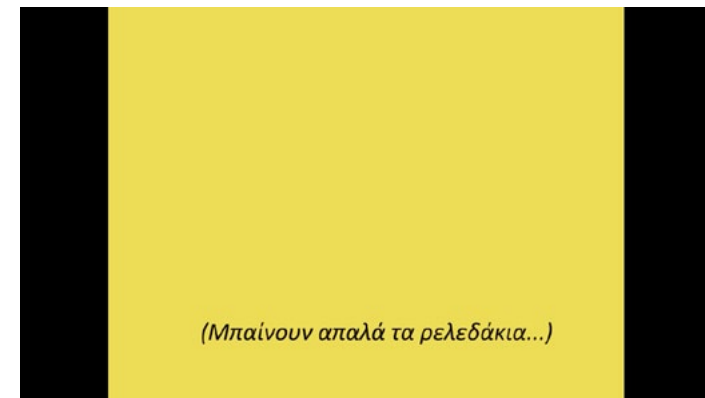


Εικόνα 6.07. Άλλα παραδείγματα από ζωγραφιές παιδιών, από το μάθημα των καλλιτεχνικών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παρτιτούρες με το παραπάνω σκεπτικό (Μαθητές ΣΤ΄ τάξης, 3ο Δημοτικό Σχολείο Γαλατσίου, Φεβρουάριος 2020).



Εικόνα 6.08. Παράδειγμα γραφικής παρτιτούρας.

Στο παρακάτω βίντεο ακούμε την εκτέλεση ενός μουσικού έργου βασισμένου στην παραπάνω παρτιτούρα (παραλλαγή με χρώματα στην οθόνη) από τους μαθητές της ΣΤ΄ τάξης του 5ου Δημοτικού Σχολείου Ηρακλείου Αττικής (Απρίλιος 2019).





## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Οι ασκήσεις αυτοσχεδιασμού που προτείνουμε μπορούν να αποτελέσουν υλικό για μία παρουσίαση-συναυλία στο σχολείο, στο τέλος της χρονιάς ή σε άλλη χρονική στιγμή. Επίσης, μπορούν και να ηχογραφηθούν ως μίνι άλμπουμ και να γίνουν ένα μικρό ξεκίνημα για μουσικά σχήματα. Οι ηχητικές συνθέσεις με τα αυτοσχέδια όργανα θα μπορούσαν επίσης να συνοδεύσουν μια θεατρική παράσταση με αφηγηματικό τρόπο, ως μουσική επένδυση, ή να εμπλουτίσουν μια σχολική γιορτή με «ειδικά ηχητικά εφέ». Μια άλλη ιδέα είναι η δημιουργία ολόκληρης περφόρμανς με ήχο, κίνηση, κείμενα και θεατρικά δρώμενα, με τη συνεργασία εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων. Το εκπαιδευτικό υλικό «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα» θα μπορούσε να προσαρμοστεί ανάλογα με τα ενδιαφέροντα των παιδιών και των εκπαιδευτικών και να αποτελέσει αφορμή για εξερευνήσεις, συνεργασία και δημιουργία στο σχολείο. Ευχόμαστε να είναι μια ψυχαγωγική και αποκαλυπτική εμπειρία για τα παιδιά και τους εκπαιδευτικούς που θα το υλοποιήσουν στην τάξη τους!

Μερικά παραδείγματα από ασκήσεις και αυτοσχεδιαστικά παιχνίδια, όπως αυτά που αναφέρουμε παραπάνω, από τάξεις δημοτικών σχολείων στην Αθήνα, τα σχολικά έτη 2018-19 και 2019-20.

1. Αυτοσχεδιασμός σε ομάδες:

[Ηχητικό αρχείο](#) από το 4ο Δημοτικό Σχολείο Γαλατίου, 2020.

2. Αυτοσχεδιασμός με όλη την τάξη:

[Ηχητικό αρχείο](#) από το 8ο Δημοτικό Σχολείο Δάφνης.

3. Παίξιμο με «μαέστρο»:

[Βίντεο](#) από το 21ο Δημοτικό Σχολείο Αθήνας «Λέλα Καραγιάννη», 2019.

4. Αυτοσχεδιασμός σε ομάδες:

[Βίντεο](#) από το 1ο Δημοτικό Σχολείο Ψυχικού.



## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Θα θέλαμε να μεταφέρουμε στους εκπαιδευτικούς που θα πραγματοποιήσουν το πρόγραμμα κάποιες παρατηρήσεις που συγκεντρώσαμε κατά την εφαρμογή του και οι οποίες πιθανώς να φανούν χρήσιμες.

Αρχικά, να επισημάνουμε τον σημαντικό ρόλο του εκπαιδευτικού ως συντονιστή και εμπυκτική, ειδικά όταν τα παιδιά διστάζουν να δοκιμάσουν κάποιον πειραματισμό και αυτοσχεδιασμούς. Είναι καλό να δηλώνουμε τακτικά ότι έχει αξία η δοκιμή και το παιχνίδι και όχι το τέλειο αποτέλεσμα, για να τονώσουμε την αυτοπεποίθηση των παιδιών ώστε να συμμετέχουν ενεργά. Επίσης, είναι σημαντικό να αφιερώνουμε κάθε φορά αρκετό χρόνο στον αυτοσχεδιασμό –δηλαδή στον ελεύθερο πειραματισμό– κάθε παιδιού με τα ηχητικά αντικείμενα και τα μουσικά όργανα, αλλά και στα οργανωμένα παιχνίδια, είτε σε μικρές ομάδες είτε με όλους μαζί. Αφιερώνοντας χρόνο, τα παιδιά εξοικειώνονται με τα όργανα, βρίσκουν τον δικό τους τρόπο, αποκτούν προτιμήσεις και σκέφτονται ιδέες, συνεργάζονται, χαίρονται και αναπτύσσουν σχέσεις. Είναι εξίσου καίριο να τονίζουμε την ελευθερία που μπορούν να έχουν. Τα παραδείγματα πειραματικής μουσικής παίζουν σημαντικό ρόλο στην απελευθέρωση της πιθανώς στενής αντίληψης των παιδιών για τη μουσική.

Οι μικρές ομάδες συνεργασίας των παιδιών καλό είναι να αποτελούνται από τρία έως τέσσερα μέλη, τα οποία μπορούν να επιλέγουν κάποιον/-α σε ρόλο συντονιστή-«μαέστρου». Τα μέλη της ομάδας/μπάντας μπορούν να εναλλάσσονται σε αυτό τον ρόλο, αν και κάποια παιδιά αναλαμβάνουν με μεγαλύτερη υπευθυνότητα τέτοια καθήκοντα και λειτουργούν καταλυτικά για την ομαλή λειτουργία της ομάδας. Οι ομάδες μπορούν να σχηματιστούν είτε βάσει των προτιμήσεων των παιδιών, είτε με κλήρωση, είτε, τέλος, με επιλογή του/της εκπαιδευτικού, ανάλογα με τους παιδαγωγικούς στόχους και τη σύνθεση της ομάδας, ενώ θα προτείνουμε να είναι σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος, για να αναπτυχθούν οι σχέσεις και να «δέσει» η μπάντα!

Όλες οι κατασκευές και τα κυκλώματα είναι καλό να έχουν δοκιμαστεί από τους εκπαιδευτικούς πριν από την κατασκευή στην τάξη. Επίσης, θα πρέπει να έχουν ελεγχθεί τα υλικά για τυχόν ελαττώματα. Είναι σημαντικό να ενημερώσουμε τα παιδιά ότι τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα είναι ευαίσθητα και απαιτούν προσεκτικό χειρισμό, αλλά και ότι είναι αρκετά συνηθισμένο κάποιο εξάρτημα να είναι ελαττωματικό ή να χαλάσει και ότι μπορεί να αντικατασταθεί σχετικά εύκολα. Επειδή είναι πιθανό κάτι να μη λειτουργήσει σωστά, προτείνουμε να προμηθευτείτε λίγα παραπάνω υλικά από όσα θα χρειαστούν – το κόστος τους, εξάλλου, είναι σχετικά μικρό.

Η επανάληψη όρων και γνώσεων από προηγούμενες ενότητες στην αρχή κάθε καινούριας συνάντησης είναι χρήσιμη. Θα μπορούσε να ανατεθεί σε μία ομάδα κάθε φορά η δραστηριότητα της επανάληψης στην αρχή της συνάντησης, ώστε να έρχονται στη μνήμη όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για να συνεχιστεί το εργαστήριο. Η ολιγόλεπτη συζήτηση-επανάληψη έχει μεγάλη αξία ως εναρκτήρια διαδικασία και βοηθάει στη συγκέντρωση. Μπορεί να γίνεται με μορφή ερωτήσεων, κουίζ ή με όποιο άλλο τρόπο επινοήσει η κάθε ομάδα.

Για την εξοικονόμηση χρόνου και χώρου, αλλά και για την ανάπτυξη της αυτονομίας και του αισθήματος ευθύνης, τα εργαλεία και τα υλικά είναι σημαντικό να τακτοποιούνται από τα ίδια τα παιδιά σε συνεργασία με τον/την εκπαιδευτικό. Στο τέλος της κάθε συνάντησης, όλα τα μέλη της ομάδας συγκεντρώνουν και τακτοποιούν τα υλικά για την επόμενη φορά.

Οι ενότητες περιέχουν πλούσιο θεωρητικό υλικό, προτάσεις για συζητήσεις, δραστηριότητες, και ασκήσεις. Ο/Η εκπαιδευτικός, ανάλογα με τον χρόνο και τη ροή του μαθήματος, μπορεί να επιλέξει να τροποποιήσει τη σειρά, να ελαχιστοποιήσει ή να αυξήσει τον χρόνο κάποιας δραστηριότητας, να παραλείψει ορισμένες δραστηριότητες, για να αξιοποιήσει άλλες που φαίνονται καταλληλότερες για το δικό του/της μάθημα, και να επανέλθει σε αυτές αργότερα. Είναι σημαντικό να ακολουθείται η ροή της ομάδας και του μαθήματος και να εφαρμόζεται αυτό που ο/η εκπαιδευτικός κρίνει πιο ταιριαστό κάθε στιγμή.

Σε ό,τι αφορά την ακρόαση ηχητικών παραδειγμάτων, παρατηρήσαμε ότι τα παιδιά συγκεντρώνονται και προσέχουν περισσότερο όταν τους ζητάμε να κλείσουν τα μάτια. Με κλειστά μάτια, η ακοή γίνεται κυρίαρχη αίσθηση, δεν υπάρχουν οπτικά ερεθίσματα που να αποσπούν την προσοχή και ενεργοποιείται η φαντασία. Δημιουργείται με αυτό τον τρόπο μια παύση για ξεκούραση και ηρεμία. Καλό είναι να ακολουθεί συζήτηση μετά από κάθε παράδειγμα (ήχο ή βίντεο), σε σχέση με τους ήχους και τα όργανα που ακούστηκαν. Μερικές ενδεικτικές ερωτήσεις για να ξεκινήσει μια συζήτηση μετά από ακρόαση ή προβολή παραδείγματος:

- Αν τα παιδιά αναγνώρισαν κάποιους ήχους ή κάποια όργανα, υλικά, αντικείμενα.
- Αν οι ήχοι δημιούργησαν εικόνες ή ανέσυραν μνήμες από εμπειρίες, εικόνες, τοπία, ιστορίες.
- Αν οι ήχοι προκάλεσαν κάποιο συναίσθημα.
- Αν υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα σε αυτό που άκουσαν και σε δικούς τους ήχους, αυτούς που παράγουν στο εργαστήριο με τα αυτοσχέδια μουσικά όργανα.

Κάποια παραδείγματα θα μπορούσαν να ακουστούν περισσότερες από μία φορές, καθώς εξελίσσεται το εργαστήριο, έτσι ώστε τα παιδιά να έχουν την ευκαιρία να ακούνε κάθε φορά με την πρόσθετη εμπειρία που απέκτησαν μέσα από τις δραστηριότητες.

Είναι χρήσιμο επίσης να ηχογραφούνται με κάποια συσκευή οι πειραματισμοί των ομάδων και να ακούγονται σε επόμενες συναντήσεις, ώστε τα παιδιά να παρατηρούν ως ακροατές τους αυτοσχεδιασμούς τους και να αντιλαμβάνονται θετικά στοιχεία ή άλλα που χρειάζονται διαφορετική προσέγγιση.

Για την καταγραφή και την παρουσίαση της δράσης, προτείνουμε τη δημιουργία ιστοτόπου για την ανάρτηση παραδειγμάτων σχετικά με το κάθε μάθημα, αλλά και φωτογραφιών ή ηχογραφήσεων από κάθε εργαστήριο, ώστε τα παιδιά να μπορούν να ανατρέχουν εκεί αν θέλουν. Η δυνατότητα επίσκεψης του διαδικτυακού χώρου, ανά πάσα στιγμή, θα βοηθήσει να εμπεδώσουν αυτά που κάνουν, να θυμηθούν ή να επαναλάβουν κάτι, να λύσουν κάποια απορία, αλλά και να δείξουν σε γονείς ή φίλους τα έργα τους.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κατερίνα Αποστολίδου & Χριστίνα Ζεπάτου, *Μουσική, Ε΄ Δημοτικού*, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, [e-book](#).

*Εγκυκλοπαίδεια Επιστήμη & Ζωή*, Εκδόσεις Χατζηιακώβου, 1982.

Δημήτρης Σαρρής, *Ανακυκλωμένη Μουσική*, Εκδόσεις Fagotto, 2011.

*Φυσικά Ε΄ Δημοτικού, Ερευνώ και ανακαλύπτω*, Βιβλίο μαθητή, ΙΤΥΕ Διόφαντος [e-book](#).

Nicolas Collins, *Handmade Electronic Music: The Art of Hardware Hacking*, Routledge, 2009.

Paul Hindemith, *Σύστημα Βασικής Μουσικής Εκπαίδευσης: Η διδασκαλία της θεωρίας με ασκήσεις*, μτφρ. Κ. Νάσος, Εκδόσεις Νάσος, 1985.

John Richards, *Music for DIY Electronics: A collection of workshops, pieces and projects*, De Montfort University, Interfaces, 2018, [online pdf](#).

R. Murray Schafer, *Hearing-Ακουλαλείτε. 75 Ασκήσεις Μουσικής Ακρόασης και Δημιουργίας*, Edition Orpheus-M. Νικολαΐδης & Σια Ο.Ε., 2011.

## ΠΗΓΕΣ ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Τα βίντεο που περιλαμβάνονται στο εκπαιδευτικό υλικό είναι πρωτότυπα, εκτός από εκείνα για τα οποία υπάρχει αναφορά σε άλλον δημιουργό. Στη δεύτερη περίπτωση, οι σύνδεσμοι οδηγούν σε δικτυακούς τόπους των δημιουργών τους. Οι εικόνες που περιλαμβάνονται είναι επίσης πρωτότυπες, εκτός από:

Εικόνα 1.06

<https://www.youtube.com/watch?v=T9QwiBFN9gI>

Εικόνα 1.07

<https://www.simplifyingtheory.com/timbre/timbre-of-the-instruments-2/>

Εικόνα 1.08

[https://www.atas.gr/product.php?products\\_id=5283](https://www.atas.gr/product.php?products_id=5283)

Εικόνα 2.09

<https://coolweb.gr/leitourgia-mikrofonou/>

Εικόνα 2.13

ΛΑΙΦ-Επιστημονική βιβλιοθήκη-Ήχος και Ακοή, Time inc. 1976

Εικόνα 3.02.1 [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Wooden\\_hourglass\\_3.jpg](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Wooden_hourglass_3.jpg)

Εικόνα 3.02.2 [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Greenwich\\_clock\\_1-manipulated.jpg](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Greenwich_clock_1-manipulated.jpg)

Εικόνα 3.02.3

[https://en.wikipedia.org/wiki/Metronome#/media/File:Metronome\\_Nikko.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Metronome#/media/File:Metronome_Nikko.jpg)

Εικόνα 3.04

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/PortoCovoJan07-4.jpg>

Εικόνα 4.04

© Hannes Grobe 09:30, 23 June 2007 (UTC), Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany.

Εικόνα 5.02

[https://en.wikipedia.org/wiki/Breadboard#/media/File:Wooden\\_Breadboard\\_Circuits.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Breadboard#/media/File:Wooden_Breadboard_Circuits.jpg)

Το εγχειρίδιο αναπτύχθηκε ως υποστηρικτικό υλικό του εκπαιδευτικού προγράμματος «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα» που πραγματοποιήσε η Στέγη του Ιδρύματος Ωνάση σε 8 σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης τις σχολικές χρονιές 2018-19 & 2019-20.

Το εγχειρίδιο και τα εργαστήρια είναι εμπνευσμένα από το πρόγραμμα "DIY making and hacking" (DIY κατασκευάζω και χακάρω) που διοργάνωσε στην Αγγλία το Πανεπιστήμιο De Montfort στο Λέστερ, και συντονίστηκε από τον John Richards (Dirty Electronics).

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα και το υποστηρικτικό υλικό εντάσσονται στο ευρωπαϊκό δίκτυο Interfaces που συγχρηματοδοτείται από το πρόγραμμα «Δημιουργική Ευρώπη» της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το οποίο συνενώνει εννέα εταίρους από οκτώ ευρωπαϊκές χώρες και αποσκοπεί να φέρει τη σύγχρονη μουσική σε ένα εκτεταμένο φάσμα νέων ακροατηρίων στην Ευρώπη.

Τον συντονισμό του δικτύου Interfaces έχει η Στέγη του Ιδρύματος Ωνάση, σε συνεργασία με τους οργανισμούς De Montfort University (Ηνωμένο Βασίλειο), European University Cyprus | EUC (Κύπρος), IRCAM (Γαλλία), ZKM | Centre for Art & Media (Γερμανία), CREMAC (Ρουμανία), Q-02 (Βέλγιο), Ictus (Βέλγιο), Klangforum Wien (Αυστρία).

Η υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στην παραγωγή της παρούσας έκδοσης δεν συνιστά αποδοχή του περιεχομένου, το οποίο αντικατοπτρίζει αποκλειστικά τις απόψεις των συντακτών, και η Επιτροπή δεν μπορεί να αναλάβει την ευθύνη για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτήν.

© 2020 Ίδρυμα Ωνάση, με επιφύλαξη κάθε νομίμου δικαιώματος.

Το παρόν έργο, εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά, προσδιορίζεται ειδικώς με την άδεια Creative Commons Αναφορά Μη Εμπορική Χρήση Όχι Παράγωγα Έργα CC BY-NC-ND 4.0.

Το έργο δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «DIY-Φτιάχνουμε τα δικά μας μουσικά όργανα». Το Ίδρυμα Ωνάση δεν φέρει καμία ευθύνη για περιεχόμενο το οποίο δεν φιλοξενείται στους διαδικτυακούς του τόπους.

**ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ**  
Άρης Δρουκόπουλος, Τεχνικός ήχου, κατασκευαστής ηλεκτρονικών συσκευών ήχου/ηχείων  
Θάλεια Ιωαννίδου, Μουσικός, sound artist  
Γιάννης Κοτσώνης, Μουσικός, sound artist  
Τζελίνα Πάλλα, Μουσικός/sound artist, εικαστικός/εκπαιδευτικός

Επιμέλεια κειμένων, Βασίλης Δουβίτσας

**ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ & ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ**  
Μιρτώ Λάβδα, Υπεύθυνη Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων Στέγης Ιδρύματος Ωνάση

**ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ & ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
Ελεάννα Σεμιτέλου, Βοηθός Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων Στέγης Ιδρύματος Ωνάση  
Δεωνίδας Παναγόπουλος, Βοηθός Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων Στέγης Ιδρύματος Ωνάση  
Βέρα Πετμεζιά, Βοηθός Τμήματος Δικτύων Στέγης Ιδρύματος Ωνάση

**ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ INTERFACES**  
Χρήστος Καρράς, Γενικός Διευθυντής & Καλλιτεχνικός Διευθυντής Μουσικής Στέγης του Ιδρύματος Ωνάση  
Ντόρα Βουγιούκα, Υπεύθυνη Δικτύωσης & Στρατηγικών Συνεργασιών Στέγης Ιδρύματος Ωνάση

ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΜΕ ΤΗ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

ONASSIS  
STEGI

interf|aces



**ONASSIS**  
**STEGI**