

## Μελέτη ηχητικού διακροτήματος. Μια διδακτική πρόταση για μαθητές της Γ΄ Λυκείου

*Νικόλαος Κυριακόπουλος*  
*M.Sc. Φυσικός, Καθηγητής Β/θμιας Εκπαίδευσης*  
*nkyriak@gmail.com*

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα διδακτικό σενάριο που αφορά στο μάθημα της Φυσικής Θετικής Κατεύθυνσης της Γ΄ τάξης Γενικού Λυκείου. Η συγκεκριμένη εργασία έχει ως σκοπό να αναδείξει έναν τρόπο με τον οποίο μπορούν να αξιοποιηθούν τα Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (ΣΣΛΑ) κατά την εφαρμογή ενός διδακτικού σεναρίου για τη μελέτη του ηχητικού διακροτήματος. Τα ΣΣΛΑ αποτελούνται συνήθως από έναν καταγραφέα πειραματικών δεδομένων, στον οποίο προσαρμόζονται ανάλογα με το πείραμα κατάλληλοι αισθητήρες. Έτσι οι πειραματικές μετρήσεις που λαμβάνονται από τους αισθητήρες αποθηκεύονται στον καταγραφέα, ή στον συνδεδεμένο με αυτόν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο καταγραφέας επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω κατάλληλου λογισμικού. Τελικά αυτό που επιτυγχάνεται είναι να έχουμε μια σύγχρονη λήψη και απεικόνιση των πειραματικών μετρήσεων σε αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις. Στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο οι μαθητές με τη βοήθεια του ΣΣΛΑ μελετούν ηχητικό διακρότημα που δημιουργείται από δυο απλούς αρμονικούς ήχους ίδιου πλάτους και παραπλήσιας συχνότητας που παράγονται από δυο ξεχωριστές γεννήτριες ακουστών συχνοτήτων. Στη συνέχεια της εργασίας αναλύεται το διδακτικό σενάριο που προτείνεται καθώς και η πειραματική διάταξη με το ΣΣΛΑ.

**Λέξεις - κλειδιά:** Φυσική, αρμονικός ήχος, διακρότημα, Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης

### Εισαγωγή

Ένα από τα σημαντικότερα κεφάλαια της Φυσικής Θετικής Κατεύθυνσης στη Γ΄ Λυκείου είναι οι ταλαντώσεις. Ιδιαίτερο μάλιστα ενδιαφέρον αποτελεί η σύνθεση δυο αρμονικών ταλαντώσεων του ίδιου πλάτους των οποίων οι συχνότητες διαφέρουν λίγο μεταξύ τους. Η σύνθετη ταλάντωση που προκύπτει είναι μια ιδιόμορφη ταλάντωση της ίδιας περίπου συχνότητας με τις επιμέρους ταλαντώσεις και με πλάτος που μεταβάλλεται με αργό ρυθμό από μηδέν έως το διπλάσιο του πλάτους των επιμέρους ταλαντώσεων (Ιωάννου κ.α., 1999 · Young, 1992). Η ιδιόμορφη αυτή ταλάντωση παρουσιάζει όπως συνηθίζεται να λέμε διακρότημα. Στην περίπτωση που οι δυο αρμονικές ταλαντώσεις που συντίθενται είναι ακουστές συχνότητες, τότε το φαινόμενο γίνεται έντονα αντιληπτό καθώς ακούγεται ένας ήχος με ένταση που αυξομειώνεται περιοδικά.

Οι μαθητές είναι δύσκολο να αντιληφθούν την έννοια του διακροτήματος μόνο μέσα από τη θεωρητική μελέτη και τις αντίστοιχες εξισώσεις. Έτσι ο σκοπός του διδακτικού σεναρίου που προτείνεται είναι οι μαθητές να δημιουργήσουν, να ακούσουν, να «δουν» και να μελετήσουν ένα ηχητικό διακρότημα που παράγεται από τη σύνθεση δυο αρμονικών ήχων. Για το λόγο αυτό οι μαθητές δημιουργούν ηχητικό διακρότημα από τη σύνθεση δυο αρμονικών ήχων ίδιου πλάτους και παραπλήσιας συχνότητας που παράγονται από δυο ξεχωριστές γεννήτριες ακουστών συχνοτήτων. Το ηχητικό διακρότημα που δημιουργείται καταγράφεται από μικρόφωνο που είναι συνδεδεμένο με τον καταγραφέα ενός ΣΣΛΑ. Ο ήχος μέσω του μικροφώνου μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα και οδηγείται από τον καταγραφέα στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή σε ένα διάγραμμα τάσης V-χρόνου t. Ο καταγραφέας με τον υπολογιστή επικοινωνούν μέσω κατάλληλου λογισμικού.

Το ΣΣΛΑ που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο αποτελείται από έναν αισθητήρα μικροφώνου που προσαρμόζεται στον καταγραφέα MultiLog. Στο MultiLog αποθηκεύονται οι πειραματικές μετρήσεις που λαμβάνονται κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Το MultiLog συνδέεται με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή με τον οποίο επικοινωνεί μέσω του λογισμικού MultiLab. Με τη βοήθεια του λογισμικού γίνεται αφενός η γραφική απεικόνιση των πειραματικών μετρήσεων και αφετέρου η παραπέρα μαθηματική επεξεργασία των πειραματικών τιμών και των γραφικών παραστάσεων (Αμαξοτεχνική ΑΕΒΕ, 1999).

### Περιγραφή διδακτικού σεναρίου

#### Σχέδιο μαθήματος

##### Διδακτικοί στόχοι:

Με τη διδασκαλία αυτού του μαθήματος οι μαθητές θα πρέπει:

1. Να παράγουν και να ακούσουν ξεχωριστά δυο απλούς αρμονικούς ήχους ίδιας έντασης και παραπλήσιας συχνότητας, από δυο γεννήτριες ακουστών συχνοτήτων.
2. Να καταγράψουν τους δυο αρμονικούς ήχους σε κατάλληλο διάγραμμα με τη βοήθεια του ΣΣΛΑ.
3. Να υπολογίσουν την περίοδο, τη συχνότητα και το πλάτος κάθε αρμονικού ήχου.
4. Να δημιουργήσουν και να ακούσουν ηχητικό διακρότημα από τη σύνθεση των δυο αρμονικών ήχων παραπλήσιας συχνότητας.
5. Να καταγράψουν το ηχητικό διακρότημα σε κατάλληλο διάγραμμα με τη βοήθεια του ΣΣΛΑ.
6. Να προσδιορίσουν την εξίσωση του διακροτήματος και να υπολογίσουν την περίοδο, τη συχνότητα και το πλάτος του.
7. Να αναγνωρίζουν και να μελετούν ηχητικά διακροτήματα που παράγονται από διάφορα όργανα μουσικής.
8. Να χειρίζονται το ΣΣΛΑ για τη λήψη μετρήσεων καθώς και το κατάλληλο λογισμικό για την επεξεργασία τους, εργαζόμενοι σε ομάδες.

Διδακτική μεθοδολογία:

Η διδακτική μεθοδολογία που προτείνεται είναι η καθοδηγούμενη ανακάλυψη (Χαλκιά, 2012 · Ζησιμόπουλος κ.α., 2002). Οι μαθητές μέσω ενός φύλλου εργασίας καθοδηγούνται ώστε να εκτελέσουν συγκεκριμένα πειράματα, να λάβουν πειραματικές μετρήσεις, να τις επεξεργαστούν και να εξάγουν τα συμπεράσματά τους.

Εκτιμώμενη διάρκεια διδασκαλίας:

Τρεις διδακτικές ώρες.

Προαπαιτούμενες γνώσεις μαθητών:

Για τη συγκεκριμένη διδασκαλία οι μαθητές θα πρέπει να έχουν ως προαπαιτούμενες γνώσεις:

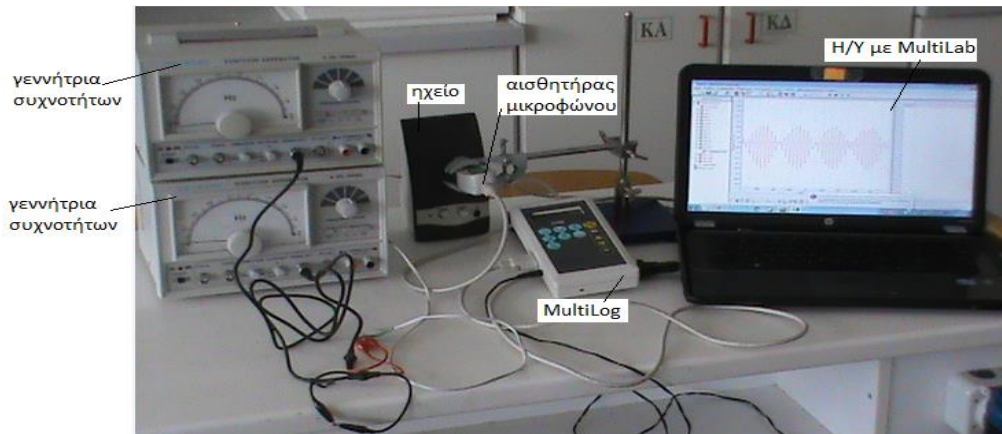
- Βασικές γνώσεις τριγωνομετρίας.
- Τα περιοδικά φαινόμενα και την απλή αρμονική ταλάντωση.
- Τις έννοιες/μεγέθη συχνότητα, περίοδο ηλεκτρική τάση.

Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

Η διδασκαλία πραγματοποιείται στο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών (ΣΕΦΕ) με τον εξής υλικοτεχνικό και εργαστηριακό εξοπλισμό:

- Ένα ΣΣΛΑ που αποτελείται από έναν αισθητήρα μικροφώνου, τον καταγραφέα MultiLog και ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή στον οποίο είναι εγκατεστημένο το λογισμικό MultiLab.
- Έναν φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή ανά ομάδα εργασίας, στον οποίο είναι εγκατεστημένο το λογισμικό MultiLab.
- Δυο γεννήτριες ακουστών συχνοτήτων με καλώδια σύνδεσης.
- Ένα ηχείο (το ζεύγος ηχείων του Η/Υ).

Στην παρακάτω εικόνα 1 φαίνεται η πειραματική διάταξη στην οποία είναι προσαρμοσμένο το ΣΣΛΑ. Στην είσοδο PORT I/01 του καταγραφέα συνδέεται ο αισθητήρας μικροφώνου ο οποίος είναι αυτόματα βαθμονομημένος. Κάθε φορά που καταγράφεται ένας αρμονικός ήχος ο ρυθμός δειγματοληψίας ρυθμίζεται από το MultiLab να είναι 2000μετρήσεις/sec, ενώ ο χρόνος καταγραφής 2,5sec. Έτσι σε κάθε καταγραφή λαμβάνονται συνολικά 5000 πειραματικά σημεία. Προκειμένου να έχουν το ίδιο πλάτος οι δυο αρμονικοί ήχοι, σε κάθε γεννήτρια τοποθετούμε την άντιγα του πλάτους (AMPLITUDE) στη μέγιστη τιμή.



Εικόνα 1: Πειραματική διάταξη με το ΣΣΛΑ

#### Οργάνωση της τάξης και διαχείριση διδακτικού χρόνου:

Οι μαθητές είναι χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ατόμων και εργάζονται ομαδοσυνεργατικά (Ματσαγγούρας, 2000). Κατά την πρώτη διδακτική ώρα ο διδάσκων παρουσιάζει στους μαθητές τον τρόπο λειτουργίας ενός ΣΣΛΑ και περιγράφει τη συναρμολογημένη πειραματική διάταξη από την οποία θα γίνει η συλλογή των πειραματικών δεδομένων. Ο διδάσκων προσεγγίζοντας ολιστικά το θέμα, προβαίνει στις κατάλληλες ενέργειες ώστε να εξηγήσει στους μαθητές τη χρήση του Multilab (ITY, 2010).

Στα ΣΕΦΕ των περισσότερων Γενικών Λυκείων υπάρχει μόνο ένα ΣΣΛΑ. Έτσι κατά τη δεύτερη διδακτική ώρα κάθε ομάδα χρησιμοποιεί διαδοχικά την πειραματική διάταξη, πραγματοποιεί τα πειράματα που περιγράφονται στο φύλλο εργασίας, καταγράφει και αποθηκεύει τις μετρήσεις της σε κατάλληλο αρχείο και τις μεταφέρει με ένα usb stick από τον υπολογιστή του ΣΣΛΑ στο δικό της υπολογιστή για παραπέρα επεξεργασία. Τέλος οι ομάδες καθοδηγούμενες από το φύλλο εργασίας επεξεργάζονται τις μετρήσεις τους, εξάγουν τα συμπεράσματά τους και τα ανακοινώνουν στην ολομέλεια, ώστε να γίνει και η κατάλληλη ανατροφοδότηση. Στην τρίτη διδακτική ώρα οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο αξιολόγησης εργαζόμενοι με παρόμοιο τρόπο όπως και στο φύλλο εργασίας.

#### Φύλλο εργασίας

##### Στάδιο αφόρμησης:

Στο στάδιο αυτό οι μαθητές ακούν συγκεκριμένα τραγούδια όπου μουσικά όργανα όπως η ηλεκτρική κιθάρα παράγουν ήχους-διακροτήματα. Σε πολλά τραγούδια του ο θρύλος της ροκ μουσικής Jimi Hendrix χρησιμοποιώντας την τεχνική Bending (σήκωμα) (Τουρκογιώργης, 1999), παρήγαγε με την κιθάρα του διακροτήματα. Αφού οι μαθητές ακούσουν αυτά τα ιδιόμορφα ηχητικά διακροτήματα, καλούνται να τα μελετήσουν μέσα από τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας.

Δραστηριότητες:

1. Στην πρώτη δραστηριότητα ζητούνται από τους μαθητές κάθε ομάδας τα εξής:

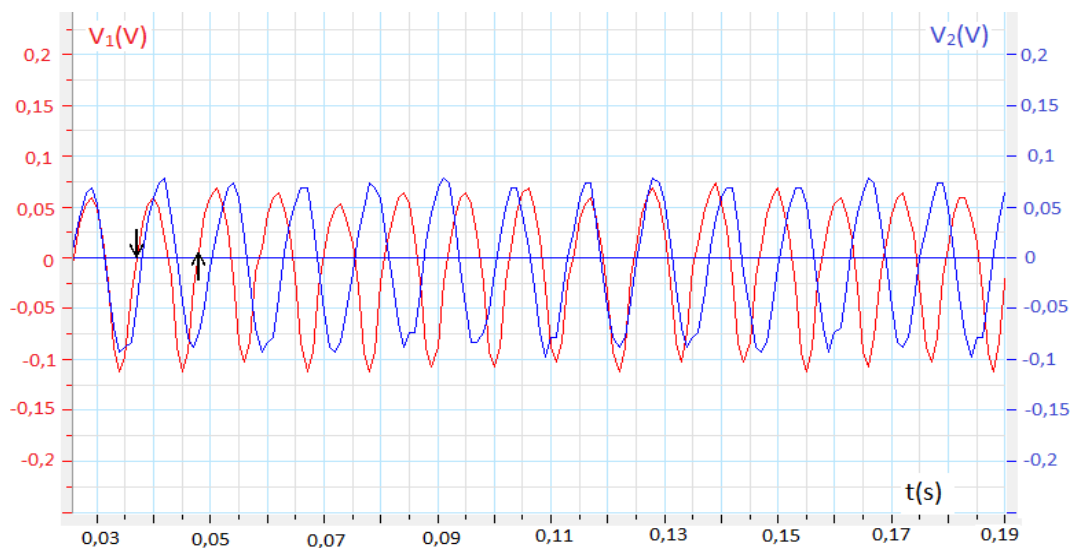
α) Να ανοίξουν τον πρώτο ενισχυτή και να επιλέξουν έναν ήχο μιας συγκεκριμένης συχνότητας περίπου στα 100Hz. Οι μαθητές ακούν τον ήχο και παράλληλα τον καταγράφουν σε διάγραμμα V-t στο περιβάλλον του λογισμικού MultiLab.

β) Αφού τελειώσει η καταγραφή του ήχου από τον πρώτο ενισχυτή, τον κλείνουν και ανοίγουν τον δεύτερο ενισχυτή. Επιλέγουν ήχο ίδιας έντασης και παραπλήσιας συχνότητας με τον πρώτο και όμοια με πριν τον καταγράφουν σε διάγραμμα V-t.

γ) Αφού κλείσουν και τον δεύτερο ενισχυτή, αποθηκεύουν τις μετρήσεις τους σε κατάλληλο αρχείο σε usb stick και τις μεταφέρουν στον υπολογιστή της ομάδας τους για περαιτέρω επεξεργασία.

2. Στη δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές αφού έχουν λάβει τις μετρήσεις τους, εργάζονται ως εξής:

α) Στο περιβάλλον του λογισμικού MultiLab προβάλλουν σε κοινό διάγραμμα V-t τους ήχους και από τις δυο πηγές (διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1: Οι γραφικές παραστάσεις  $V_1=f(t)$  και  $V_2=f(t)$  σε κοινό διάγραμμα V-t

β) Με τη βοήθεια των “εργαλείων” που προσφέρει το λογισμικό υπολογίζουν την περίοδο  $T$  τη συχνότητα  $f$  και τη γωνιακή συχνότητα  $\omega$  κάθε αρμονικού ήχου καθώς και το πλάτος  $V_0$  της ηλεκτρικής ταλάντωσης. Συγκεκριμένα για τον ήχο από τον πρώτο ενισχυτή είναι  $T_1=0,010s$  άρα  $f_1=1/T_1=100Hz$  και  $\omega_1=2\pi f_1=628rad/s$  ενώ για τον ήχο από τον δεύτερο ενισχυτή είναι  $T_2=0,011s$  άρα  $f_2=1/T_2=90,9Hz$  και  $\omega_2=2\pi f_2=570,85rad/s$ . Το πλάτος και των δύο ηλεκτρικών ταλαντώσεων είναι σχεδόν ίδιο με  $V_{0,1}=V_{0,2}=V_0=0,09V$ .

γ) Καταγράφουν τη γενική μορφή  $V=f(t)$  της κάθε ταλάντωσης δηλαδή,  $V_1=V_0\eta\mu\omega_1t$  και  $V_2=V_0\eta\mu\omega_2t$  και στη συνέχεια τις εξισώσεις  $V_1=0,09\eta\mu628t$  (S.I.) και  $V_2=0,09\eta\mu570,85t$  (S.I.).

3. Στην τρίτη δραστηριότητα ζητείται από τους μαθητές κάθε ομάδας να προσδιορίσουν για κάθε χρονική στιγμή τη συνολική τάση  $V$  της συνισταμένης ηλεκτρικής ταλάντωσης, όταν είναι ανοιχτοί και οι δυο ενισχυτές.

Εφαρμόζοντας τις γνωστές τριγωνομετρικές ταυτότητες προκύπτει ότι:

$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow V = 2V_0\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t\right) \cdot \eta\mu\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t\right) \quad (1)$$

Άρα:  $V=0,18\sigma\upsilon\nu28,6t\eta\mu599,4t$  (2) (S.I.)

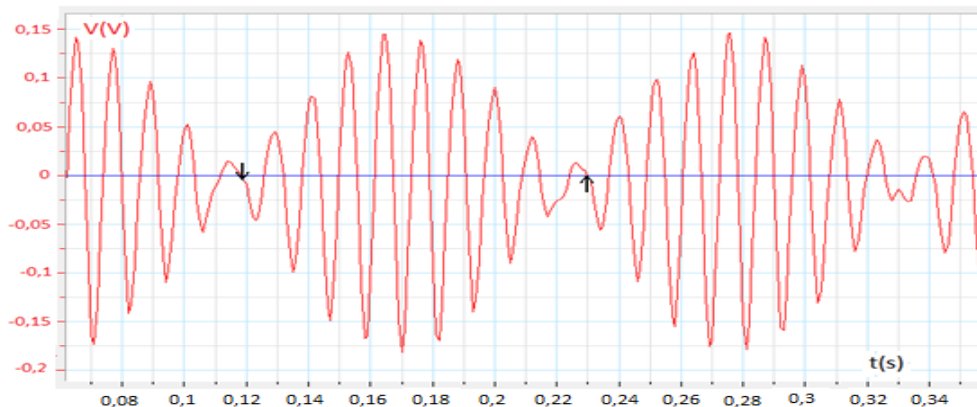
4. Στην τέταρτη δραστηριότητα οι μαθητές καθοδηγούνται αρκετά από τον διδάσκοντα για να διαπιστώσουν ότι η συνισταμένη ταλάντωση που περιγράφεται από τη σχέση (1) δεν είναι απλή αρμονική, αλλά μια ταλάντωση πολύπλοκης μορφής. Επίσης καθοδηγούνται να διαπιστώσουν ότι στη σχέση (1) ο παράγοντας  $\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t\right)$  μεταβάλλεται πολύ πιο αργά με το χρόνο από ό,τι ο παράγοντας  $\eta\mu\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t\right)$  ο οποίος μεταβάλλεται με γωνιακή συχνότητα  $\bar{\omega} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$  ίση με τη μέση τιμή των  $\omega_1$  και  $\omega_2$ . Επομένως την απόλυτη τιμή του παράγοντα  $2V_0\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t\right)$  μπορούμε να τη θεωρήσουμε ως πλάτος της συνισταμένης ταλάντωσης και άρα η εξίσωση μπορεί να γραφεί με τη μορφή:

$$V = V' \cdot \eta\mu\bar{\omega}t \quad (3) \quad \text{όπου} \quad V' = 2V_0\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t\right).$$

Η ιδιόμορφη αυτή ταλάντωση ονομάζεται διακρότημα (Ιωάννου κ.α., 1999 · Young, 1992).

5. Στην πέμπτη δραστηριότητα ζητούμε από τους μαθητές να επιστρέψουν στην πειραματική διάταξη και να ακούσουν το ηχητικό αποτέλεσμα όταν είναι ανοιχτοί ταυτόχρονα και οι δυο ενισχυτές. Αυτό που ακούγεται είναι ένας ήχος με ένταση που αυξομειώνεται περιοδικά. Στη συνέχεια ζητούμε από τους μαθητές με βάση τη σχέση (1) αλλά και το ηχητικό αποτέλεσμα να σχεδιάσουν πως φαντάζονται μια γραφική παράσταση  $V=f(t)$  για τη σύνθετη ταλάντωση. Αν και δεν έχουμε υψηλές προσδοκίες από αυτό το ερώτημα, εντούτοις κατορθώνουμε να εξάψουμε τη περιέργεια των μαθητών για το πώς τελικά απεικονίζεται αυτή η ιδιαίτερη ταλάντωση με το αντίστοιχο ηχητικό αποτέλεσμα σε ένα διάγραμμα  $V=f(t)$ .

6. Στην έκτη δραστηριότητα ζητείται από τους μαθητές να ανοίξουν και τους δυο ενισχυτές που παράγουν τους ήχους παραπλήσιας συχνότητας (τους ήχους της 1<sup>ης</sup> δραστηριότητας) και να καταγράψουν το παραγόμενο ηχητικό αποτέλεσμα σε διάγραμμα V-t στο περιβάλλον του λογισμικού MultiLab (διάγραμμα 2). Αφού κλείσουν και τους δυο ενισχυτές αποθηκεύουν τις μετρήσεις τους σε κατάλληλο αρχείο σε usb stick και τις μεταφέρουν στον υπολογιστή της ομάδας τους για περεταίρω επεξεργασία.



Διάγραμμα 2: Η γραφική παράσταση  $V=f(t)$  της σύνθετης ταλάντωσης

7. Στην έβδομη δραστηριότητα ζητούνται από τους μαθητές κάθε ομάδας τα εξής:

α) Να διαπιστώσουν με τη βοήθεια και του διαγράμματος 2, ότι η συνισταμένη ταλάντωση είναι μια ιδιόμορφη ταλάντωση που το πλάτος της μεταβάλλεται με αργό ρυθμό και συνημιτονοειδώς μεταξύ των τιμών 0 και 0,17V (Ιωάννου κ.α., 1999 · Young, 1992). Συγκρίνοντας τη μέγιστη τιμή του πλάτους με την τιμή  $2V_0=0,18V$  της σχέσης (2) οι μαθητές διαπιστώνουν ότι καλώς θεώρησαν ως πλάτος της ιδιόμορφης ταλάντωσης την απόλυτη τιμή του παράγοντα  $2V_0 \text{ συν} \left( \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \right)$ .

β) Να ορίσουν την περίοδο του διακροτήματος και να την υπολογίσουν. Ο χρόνος ανάμεσα σε δυο διαδοχικούς μηδενισμούς (ή δυο διαδοχικές μεγιστοποιήσεις) του πλάτους ονομάζεται περίοδος  $T_\delta$  του διακροτήματος. Μάλιστα από την απαίτηση το πλάτος  $V'$  να μηδενίζεται δηλαδή  $2V_0 \text{ συν} \left( \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \right) = 0$  δυο διαδοχικές χρονικές στιγμές, προκύπτει ότι η περίοδος του διακροτήματος δίνεται από τη σχέση  $T_\delta = \frac{1}{|f_1 - f_2|}$  (4) (Ιωάννου κ.α., 1999 · Young, 1992).

Με βάση τη σχέση (4) προκύπτει ότι  $T_\delta=0,101s$ .

γ) Να συγκρίνουν την τιμή  $T_\delta$  που υπολόγισαν από τη σχέση (4) με αυτή που προκύπτει από το διάγραμμα 2, αν μετρήσουν τη χρονική διάρκεια  $\Delta t$  μεταξύ δυο διαδοχικών μηδενισμών του πλάτους. Από τη μέτρηση προκύπτει ότι  $\Delta t=0,111s$ , τιμή που στα πλαίσια των πειραματικών σφαλμάτων είναι πολύ κοντά στην τιμή  $T_\delta=0,101s$ .

Η σύγκριση των τιμών των μεγεθών  $V_0$  και  $T_\delta$  όπως αυτές προκύπτουν από τις σχέσεις (1) και (4) αντίστοιχα, με αυτές που προκύπτουν από το διάγραμμα 2, είναι πολύ σημαντική στη συγκεκριμένη διδακτική πρακτική, διότι οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η θεωρητική προσέγγιση που ακολούθησαν για την περιγραφή του φαινομένου και οι αντίστοιχες εξισώσεις, ερμηνεύουν σωστά αυτή την ιδιόμορφη ταλάντωση-διακρότημα.

#### Φύλλο αξιολόγησης

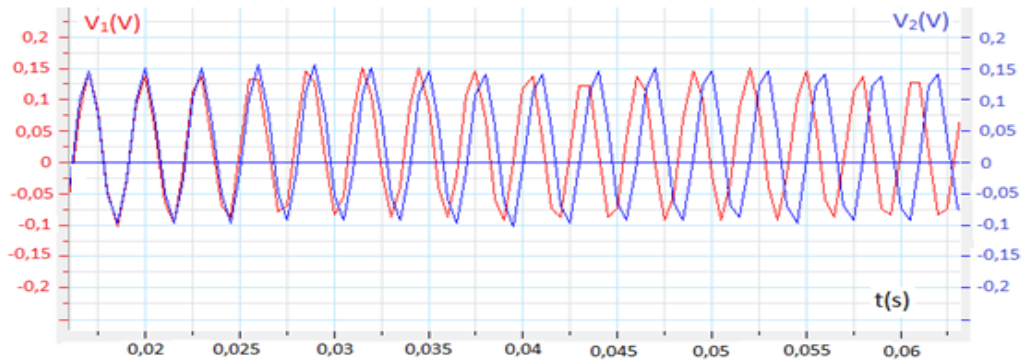
Η κεντρική ιδέα του φύλλου αξιολόγησης είναι κάθε ομάδα να ψάξει, να βρει και να ηχογραφήσει ένα ηχητικό διακρότημα από κάποιο μουσικό όργανο και να το φέρει στο σχολικό εργαστήριο για να το μελετήσει. Στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας προτείνεται η μελέτη ηχητικού διακροτήματος που παράγεται από μια ηλεκτρική κιθάρα χρησιμοποιώντας την τεχνική Bending (σήκωμα) (Τουρκογιώργης, 1999). Με τη συγκεκριμένη τεχνική ο χειριστής της κιθάρας παίζει ταυτόχρονα δυο νότες σε δυο διαφορετικές διαδοχικές χορδές. Η μια αντιστοιχεί σε μια κεντρική κύρια νότα (π.χ. ντο, ρε μι. κλπ) ενώ η δεύτερη αντιστοιχεί σε νότα παραπλήσιας συχνότητας με την κεντρική νότα.

#### Δραστηριότητες:

**1.** Ο κιθαριστής παίζει στην ίδια ένταση την κάθε νότα χωριστά και η ομάδα των μαθητών ηχογραφεί-ακόμα και με ένα κινητό τηλέφωνο-τον κάθε ξεχωριστό ήχο. Στη συνέχεια ο κιθαριστής παίζει ταυτόχρονα και τις δυο νότες παράγοντας το ηχητικό διακρότημα και όμοια με πριν οι μαθητές το καταγράφουν. Στη συνέχεια η ομάδα μεταφέρει τα ηχητικά δεδομένα στο σχολικό εργαστήριο για να τα μελετήσει όπως ακριβώς και στο φύλλο εργασίας.

**2.** Η ομάδα στο περιβάλλον του λογισμικού MultiLab προβάλλει σε κοινό διάγραμμα V-t τους ήχους και από τις δυο νότες (διάγραμμα 3).

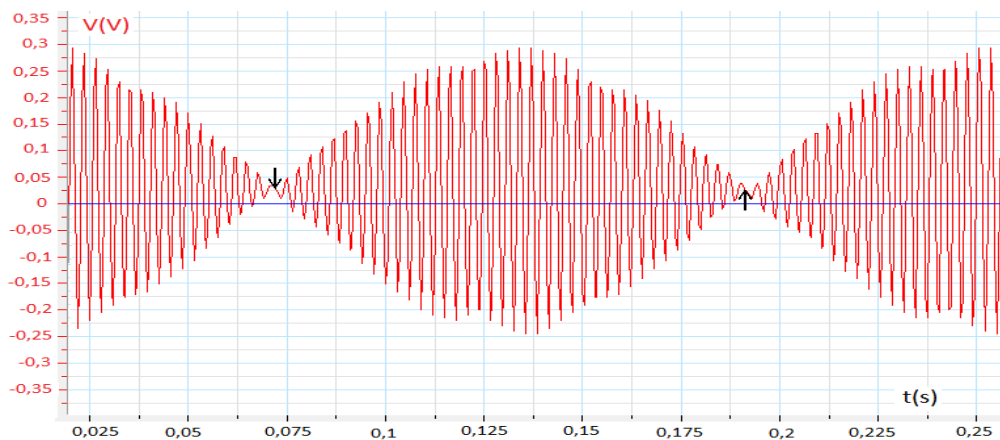




Διάγραμμα 3: Οι γραφικές παραστάσεις  $V_1=f(t)$  και  $V_2=f(t)$  σε κοινό διάγραμμα V-t

Με βάση το διάγραμμα 3 για την πρώτη ταλάντωση που αντιστοιχεί και στην κεντρική νότα, είναι  $T_1=0,0030s$ ,  $f_1=333,34Hz$  και  $\omega_1=2093,37rad/s$ , με  $V_1=0,12\eta\mu 2093,37t$  (S.I.). Όμοια για τη δεύτερη ταλάντωση είναι  $T_2=0,0031s$ ,  $f_2=322,58Hz$  και  $\omega_2=2025,80rad/s$ , με  $V_2=0,12\eta\mu 2025,80t$  (S.I.). Από τη σχέση (1) η εξίσωση της συνισταμένης ταλάντωσης είναι  $V=0,24\sigma\upsilon\nu 33,78t\eta\mu 2059,59t$  (S.I.) ενώ από τη σχέση (4) για την περίοδο του διακροτήματος προκύπτει  $T_\delta=0,093s$ .

3. Η ομάδα καταγράφει το ηχητικό διακρότημα από την κιθάρα σε διάγραμμα V-t στο περιβάλλον του λογισμικού MultiLab (διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4: Η γραφική παράσταση  $V=f(t)$  του ηχητικού διακροτήματος

Από το διάγραμμα (4) προκύπτει ότι  $2V_0=0,266V$  και  $T_\delta=0,112s$ , τιμές που στα πλαίσια των πειραματικών σφαλμάτων είναι πολύ κοντά σε αυτές που προέκυψαν στη 2<sup>η</sup> δραστηριότητα.

4. Στη τελευταία δραστηριότητα γίνεται ταυτοποίηση της κεντρικής νότας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι  $f_1=333,34Hz$ . Αντλώντας πληροφορίες από το Internet ή κάποιο βιβλίο μουσικής διαπιστώνεται ότι πρόκειται για τη νότα Μι. Μάλιστα στη μουσική ορολογία το παραγόμενο ηχητικό αποτέλεσμα καλείται “διακρότημα στη νότα Μι”.

## Συμπεράσματα-Συζήτηση

Τα ΣΣΛΑ αποτελούν μια ξεχωριστή περίπτωση ένταξης νέων τεχνολογιών στη διδακτική πράξη, αφού η αξιοποίησή τους ξεφεύγει από τη φιλοσοφία των περισσότερων διδακτικών εργαλείων ΤΠΕ όπως π.χ. τα προγράμματα προσομοίωσης, οι εγκυκλοπαίδειες γνώσης, το διαδίκτυο κλπ. Συγκεκριμένα τα ΣΣΛΑ απαιτούν έναν υφιστάμενο εργαστηριακό εξοπλισμό και έτσι αναδεικνύεται η καθοριστική συμβολή των ΤΠΕ στην εργαστηριακή πρακτική (Κυριακόπουλος, 2015). Επίσης η δυνατότητα των ΣΣΛΑ να σχηματίζουν γραφικές παραστάσεις σε πραγματικό χρόνο με την εξέλιξη των φαινομένων και να παρέχουν δυναμικούς τρόπους αλληλεπίδρασης και πειραματισμού, όχι μόνο βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων αλλά ταυτόχρονα ενισχύει και το ρόλο των νέων τεχνολογιών σαν εργαλεία που προάγουν την διερευνητική προσέγγιση των φαινομένων από τους μαθητές (Καλκάνης, 2000). Η συγχρονική λήψη και απεικόνιση πειραματικών δεδομένων σε γραφήματα, προσφέρει στους μαθητές τη δυνατότητα να επιβεβαιώσουν το θεωρητικό πλαίσιο που περιγράφει ένα φαινόμενο, όπως έγινε και στο προτεινόμενο διδακτικό σενάριο. Έτσι προτείνεται η αξιοποίηση των ΣΣΛΑ για τη μελέτη και άλλων τύπων ταλαντώσεων όπως οι μηχανικές και οι ηλεκτρικές ταλαντώσεις.

## Επίλογος

Η αξιοποίηση του πειράματος και των ΣΣΛΑ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, η ανακαλυπτική μάθηση και το ομαδοσυνεργατικό πνεύμα εργασίας στη σχολική τάξη αναδεικνύουν νέες διδακτικές πρακτικές για την οικοδόμηση της γνώσης, οι οποίες θέτουν στο κέντρο το μαθητή που ερευνά και ανακαλύπτει και καθιστούν τον καθηγητή καθοδηγητή και εμπνευστή (Ματσαγουράς, 2005). Άλλωστε σε ένα νέο σχολείο που έχει σκοπό να καλλιεργεί τις στάσεις και τις δεξιότητες των μαθητών και μεταξύ των άλλων να επενδύει και στον τεχνολογικό γραμματισμό τους (Χαλκιά, 2012), θα πρέπει να αναδεικνύονται όλες οι καινοτόμες προσπάθειες που λαμβάνουν υπόψη τους τα σύγχρονα διδακτικά εργαλεία και τις αρχές της παιδαγωγικής και διδακτικής επιστήμης.

## Βιβλιογραφία

Αμαξοτεχνική ΑΕΒΕ (1999). *Οδηγίες χρήσης και πειράματα MultiLog-Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης*. Θεσσαλονίκη: Αμαξοτεχνική ΑΕΒΕ.

Ζησιμόπουλος, Γ., Καφετζόπουλος, Κ., Μουτζούρη-Μανούσου, Ε., Παπασταματίου, Ν. (2002). *Θέματα διδακτικής για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Πατάκης.

ΙΤΥ (2010). *Επιμόρφωση εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη*. Πάτρα: ΙΤΥ.

Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., Ράπτης Σ. (1999). *Φυσική Θετικής & Τεχνολογικής κατεύθυνσης Γ' τάξης Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: ΙΤΥΕ Διόφαντος.

Καλκάνης, Γ. (2000). *Εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφορικής στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Παν/μιο Αθηνών

Κυριακόπουλος, Ν. (2015). *Υπολογισμοί φυσικών μεγεθών κατά την ευθύγραμμη κίνηση σώματος. Εφαρμογή και αξιολόγηση διδακτικού σεναρίου*. 2<sup>ο</sup> Συνέδριο Νέος Παιδαγωγός, 23-24 Μαΐου 2015, 1883-1890, Ίδρυμα Ευγενίδου: ebook

Ματσαγγούρας, Η. (2000). *Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση*. Αθήνα: Γρηγόρης.

Ματσαγγούρας, Η. (2005). *Η σχολική τάξη*. Αθήνα: Γρηγόρης.

Τουρκογιώργης, Α. (1999). *Η ηλεκτρική κιθάρα και η τεχνική της*. Αθήνα: Fagotto

Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Πατάκης.

Young, H. (1992). *Πανεπιστημιακή Φυσική τόμος Β', (μετάφραση από ομάδα πανεπιστημιακών)*. Αθήνα: Παπαζήσης.