

Διδασκαλία της Φυσικής με χρήση Η/Υ στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Η χρονοφωτογραφία στη διδασκαλία της Μηχανικής.

Φανίδης Χρήστος, Καθηγητής Φυσικών Επιστημών,
Γυμνάσιο Αρεόπολης – Λακωνία, filareop@otenet.gr
Πύρζα Θεοφανή, Καθηγήτρια Πληροφορικής,
Γυμνάσιο Αρεόπολης – Λακωνία, pfan@in.gr

Λέξεις Κλειδιά

Διδασκαλία φθίνουσών ταλαντώσεων μέσω Νέων Τεχνολογιών, Δημιουργία χρονοφωτογραφιών με Η/Υ, Επεξεργασία χρονοφωτογραφιών με Η/Υ, Ψηφιοποίηση εικόνων με Η/Υ, Πειραματική διάταξη για φθίνουσες ταλαντώσεις, Χρονική εξέλιξη πλάτους σε φθίνουσα ταλάντωση.

Περίληψη

Διδακτική προσέγγιση για την μελέτη φθίνουσών ταλαντώσεων με την χρήση Νέων Τεχνολογιών της Πληροφορικής εφαρμόστηκε από ομάδα 6 μαθητών της Γ' Γυμνασίου. Η μέθοδος συνίσταται στην δημιουργία και επεξεργασία χρονοφωτογραφιών με Η/Υ από πείραμα φθίνουσας ταλάντωσης. Με τη χρήση βιντεοκάμερας οι μαθητές κατέγραψαν το πείραμα και επεξεργάστηκαν την ταινία με τη βοήθεια Η/Υ. Τα πειραματικά δεδομένα πλάτους ταλάντωσης - χρόνου που προέκυψαν προσεγγίστηκαν με εκθετική καμπύλη από τον Η/Υ και επιβεβαιώθηκε η εκθετική εξάρτηση του πλάτους από το χρόνο. Η μέθοδος ανέλυσε με ακρίβεια το φαινόμενο και μπορεί να επεκταθεί στη διδασκαλία και άλλων θεμάτων της Μηχανικής. Οι μαθητές απέκτησαν δεξιότητες στον χειρισμό εργαλείων των Νέων Τεχνολογιών και αντιμετώπισαν με ενδιαφέρον τη διδακτική προσέγγιση.

Abstract

A group of 6 students aged 14-15 years has studied damped oscillations using digital video capture and analysis under the instruction of the authors. Especially they sought the exact dependence of the oscillation amplitude from time. They constructed a simple apparatus for damped oscillations and they used a video camera to record the motion of the damped oscillator. The videotape was then digitized with a computer equipped with a video capture card. In this way they created a video file from which, with the help of a video analysis program, they extracted a time sequence of images similar to stroboscopic photographs. From these images with the help of image processing software they obtained experimental data of the amplitude as a function of time. Using the built in functions for curve fitting of a spreadsheet the exponential dependence of the amplitude from time was proved with very good accuracy.

This instructional method succeeded in the accurate analysis and description of the part of the phenomenon we were concerned and furthermore it stimulated the interest of the students in experimental techniques in Physics and in this non-traditional teaching method. In addition students' skills, related with Informatics, were developed and improved. This instructional method can also be extended in other subjects of Mechanics.

1. Εισαγωγή.

Η μαθησιακή διαδικασία γίνεται αποτελεσματικότερη, αν οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά σε αυτήν και δεν μετέχουν απλώς ως παθητικοί δέκτες. Στις Φυσικές Επιστήμες η ενεργή συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία είναι δυνατή με συμμετοχή τους σε πειραματικές δραστηριότητες καθοδηγούμενες ή ερευνητικές (projects ή investigations).

Από έρευνες των τελευταίων χρόνων αποδεικνύεται ότι η χρήση ερευνητικών πειραματικών δραστηριοτήτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών υπερέχει των καθοδηγούμενων πειραματικών δραστηριοτήτων.¹ Κατά τη διδασκαλία της Μηχανικής, η συμμετοχή των μαθητών σε πειραματικές δραστηριότητες βοηθά στην αλλαγή του προϋπάρχοντος λανθασμένου εννοιολογικού τους πλαισίου.²

Για την καταγραφή και ανάλυση των φυσικών φαινομένων της Μηχανικής η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η χρονοφωτογραφία, η οποία γίνεται αποκλειστική μέθοδος για τα δισδιάστατα φαινόμενα. Η λήψη χρονοφωτογραφιών είναι επομένως απαραίτητη για τις ερευνητικές πειραματικές δραστηριότητες στη Μηχανική. Η αξία της χρονοφωτογραφίας είναι γνωστή στους Έλληνες εκπαιδευτικούς και από τη διδασκαλία της Μηχανικής μέσω του PSSC³.

Ανάλογες «χρονοφωτογραφίες» μπορούν να παραχθούν και με λογισμικά προσομοιώσεων (π.χ. Interactive Physics), αλλά οι προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται συνήθως

όταν είναι αδύνατη η εκτέλεση πειραματικής δραστηριότητας. Επιπλέον, η πειραματική δραστηριότητα είναι προτιμητέα, αν επιδιώκεται και η ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων των μαθητών.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζουμε μία διδακτική προσέγγιση για τη διδασκαλία των ταλαντώσεων με απόσβεση, με τη βοήθεια των Νέων Τεχνολογιών της Πληροφορικής. Η προσέγγιση χρησιμοποιεί τις Νέες Τεχνολογίες της Πληροφορικής για τη λήψη και επεξεργασία χρονοφωτογραφιών και εφαρμόστηκε από ομάδα μαθητών της Γ' τάξης του Γυμνασίου Αρεόπολης.

Με αυτή τη διδακτική μέθοδο επιδιώχθηκαν συγκεκριμένοι διδακτικοί στόχοι καθώς και ανάπτυξη συγκεκριμένων δεξιοτήτων από τους μαθητές.

Η ίδια μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα προβλήματα Μηχανικής, όπως π.χ. σε μονοδιάστατες και δισδιάστατες κινήσεις ή σε μονοδιάστατες και δισδιάστατες κρούσεις.

2. Διδακτική προσέγγιση για τη διδασκαλία των ταλαντώσεων με απόσβεση.

Στη διδακτική προσέγγιση, που εφαρμόσαμε, χρησιμοποιήσαμε μία καθοδηγούμενη πειραματική δραστηριότητα για τη διδασκαλία των φθινουσών ταλαντώσεων σε ομάδα μαθητών της Γ' Γυμνασίου του Γυμνασίου Αρεόπολης. Το θέμα των φθινουσών ταλαντώσεων επελέγη, γιατί είναι ένα μονοδιάστατο πρόβλημα και γιατί είναι ένα φαινόμενο που δεν διδάσκεται στους μαθητές του Γυμνασίου. Της πειραματικής δραστηριότητας προηγήθηκε θεωρητική εισαγωγή μίας διδακτικής ώρας, για να έρθουν οι μαθητές σε πρώτη επαφή με τις έννοιες των φθινουσών ταλαντώσεων.

Η παιδαγωγική προσέγγιση δεν ήταν η παραδοσιακή αλλά μέσω της ομαδοσυνεργατικής μάθησης οι διδάσκοντες προσπάθησαν να καθοδηγήσουν τους μαθητές στην κατασκευή των εννοιών των φθινουσών ταλαντώσεων, όπως αυτές είχαν καθοριστεί στους παιδαγωγικούς στόχους.

Κατά την εκτέλεση της πειραματικής δραστηριότητας οι διδάσκοντες είχαν καθοδηγητικό και συμβουλευτικό ρόλο και παρενέβαιναν μόνο όταν οι μαθητές έρχονταν σε γνωστικό αδιέξοδο, χωρίς να περιορίζουν την αυτενέργειά τους.

Η πειραματική δραστηριότητα στηρίχθηκε στη δημιουργία και επεξεργασία χρονοφωτογραφιών με την βοήθεια των Νέων Τεχνολογιών της Πληροφορικής. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές αναπαρήγαγαν την φθίνουσα ταλάντωση στο εργαστήριο και το φαινόμενο κατεγράφη σε βιντεοταινία. Από τη βιντεοταινία μέσω του Η/Υ δημιούργησαν χρονοφωτογραφίες. Τις χρονοφωτογραφίες αυτές τις επεξεργάστηκαν με τον Η/Υ και εξήχθησαν συμπεράσματα για τη χρονική εξέλιξη του πλάτους σε ταλάντωση με απόσβεση.

3. Στόχοι της διδακτικής προσέγγισης.

Οι κύριοι διδακτικοί στόχοι της διδακτικής προσέγγισης ήταν, μετά το πέρας της δραστηριότητας, να μπορούν οι μαθητές να :

- α) περιγράφουν τη χρονική εξέλιξη ταλαντώσεων με απόσβεση, μέσω παραδειγμάτων
- β) διαφοροποιούν τις ταλαντώσεις με απόσβεση από τις αμείωτες ταλαντώσεις, αντιδιαστέλλοντας παραδείγματα
- γ) περιγράφουν τον ακριβή τρόπο μείωσης του πλάτους της ταλάντωσης γ1) σχεδιάζοντας τη γραφική παράσταση θέσης του ταλαντωτή - χρόνου και σημειώνοντας πάνω της τα φθίνοντα πλάτη γ2) σχεδιάζοντας τη γραφική παράσταση πλάτους - χρόνου γ3) γράφοντας την εξίσωση πλάτους - χρόνου.
- δ) αναπτύζουν δεξιότητες πάνω στη χρήση εργαλείων των Τεχνολογιών της Πληροφορίας.
- ε) επιλύουν προβλήματα με συστηματικό και μεθοδικό τρόπο χρησιμοποιώντας τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας.

Οι διδακτικοί στόχοι α,β,γ δόθηκαν στους μαθητές μετά τη θεωρητική εισαγωγή όπως και οι σημειώσεις από τη θεωρητική εισαγωγή.

4. Μέθοδος δημιουργίας χρονοφωτογραφιών μέσω Η/Υ - Γενικά.

Η χρήση της βιντεοκάμερας για την καταγραφή πειραματικών δραστηριοτήτων και την ανάλυσή τους, με πάγωμα της εικόνας κατά την αναπαραγωγή του βίντεο, είναι μία μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως από εκπαιδευτικούς και ερευνητές.⁴ Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ευκολία εφαρμογής της και το μειονέκτημά της η δυσχέρεια επεξεργασίας της πληροφορίας των εικόνων χωρικά αλλά και χρονικά.

Μία άλλη μέθοδος ανάλυσης της πειραματικής δραστηριότητας είναι η ψηφιοποίηση της ταινίας, στην οποία έχει καταγραφεί η πειραματική δραστηριότητα, με τη βοήθεια του Η/Υ. Αυτό είναι δυνατό με την εισαγωγή της ταινίας από την βιντεοκάμερα στον Η/Υ μέσω κάρτας αποτύπωσης βίντεο (video capture) με καθορισμένο αριθμό πλαισίων ανά δευτερόλεπτο. Δημιουργείται, έτσι ένα αρχείο βίντεο, το οποίο είναι επεξεργάσιμο με την χρήση προγραμμάτων που μας δίνουν τη δυνατότητα να τροποποιήσουμε τα περιεχόμενα του αλλά και να εξάγουμε τα πλαίσια σε αρχεία εικόνας.

Κάθε μία από αυτές τις εικόνες αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, η οποία μπορεί να προσδιορισθεί από τον αύξοντα αριθμό του πλαισίου και τη συχνότητα δειγματοληψίας (αριθμός πλαισίων ανά δευτερόλεπτο).

Από κάθε εικόνα η θέση του σώματος, το οποίο μελετάμε, μπορεί να προσδιορισθεί, βρίσκοντας την αντιστοιχία του αριθμού των εικονοστοιχείων με μία γνωστή απόσταση, μέσω ενός προγράμματος επεξεργασίας εικόνας.

Ψηφιοποιημένες εικόνες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται και από ειδικευμένα προγράμματα ανάλυσης βίντεο^{5,6} με εφαρμογές που εκτείνονται και στις φυσικές επιστήμες. Η μέθοδος παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με την κλασσική χρονοφωτογραφία γιατί α) έχει καλύτερη χρονική διακριτική ικανότητα. (30 πλαίσια το δευτερόλεπτο σε σύγκριση με 10 πλαίσια το δευτερόλεπτο που έχουν οι συνήθεις διατάξεις χρονοφωτογραφίας) β) έχει καλύτερη ποιότητα εικόνας γ) έχει μηδενικό κόστος λειτουργίας.

5. Η πειραματική δραστηριότητα.

5.1 Στάδιο καταγραφής χρονοφωτογραφιών

Μετά τη θεωρητική εισαγωγή οι μαθητές συναρμολόγησαν την πειραματική διάταξη που περιελάμβανε μία γυάλινη λεκάνη με νερό, μέσα στο οποίο μπορούσε να ταλαντωθεί ελεύθερα μάζα κρεμασμένη σε ελατήριο. Η άκρη του ελατηρίου ήταν σταθερά στερεωμένη σε ορθοστάτη. Δίπλα στον ταλαντωτή είχε στερεωθεί χάρακας (εικ. 1).

Ο ταλαντωτής τέθηκε σε ταλάντωση με πλάτος $A_0 = 4.4$ εκ. και το φαινόμενο καταγράφηκε με βιντεοκάμερα 8χιλ (εικ. 2).



Εικόνα 1. Η πειραματική διάταξη

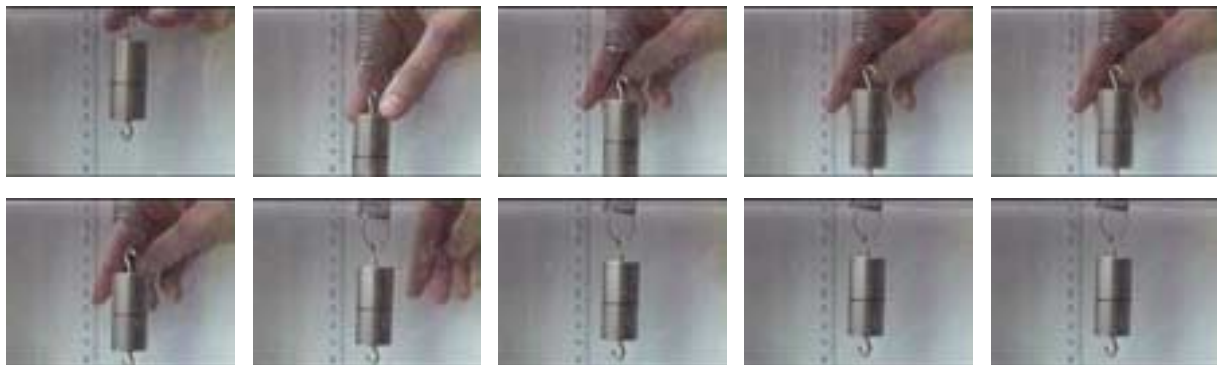


Εικόνα 2. Οι μαθητές μαγνητοσκοπούν το πειραματικό φαινόμενο.

Η διάρκεια της εγγραφής ήταν 1 λεπτό και 22 δευτερόλεπτα. Οι μαθητές, κατόπιν, συνέδεσαν τη βιντεοκάμερα στον Η/Υ μέσω της κάρτας αποτύπωσης βίντεο του Η/Υ και ψηφιοποίησαν την ταινία με συχνότητα δειγματοληψίας 28 πλαίσια το δευτερόλεπτο δημιουργώντας ένα αρχείο τύπου avi. Η εγκατάσταση της κάρτας και των οδηγών της στον Η/Υ έγινε από τους μαθητές.

Στη συνέχεια, ακολούθησε ο χωρισμός σε ομάδες, γιατί, σύμφωνα με τους παιδαγωγικούς στόχους της διδακτικής προσέγγισης, οι μαθητές έπρεπε να λειτουργήσουν ομαδικά και να συνεργαστούν με σκοπό την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Επιπλέον με αυτό τον τρόπο δόθηκε η δυνατότητα να εξοικονομηθεί χρόνος, καθώς η πειραματική δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε στον ελεύθερο χρόνο των μαθητών, πολλών εκ των οποίων η κατοικία απέχει αρκετά χιλιόμετρα από το σχολείο. Η επιλογή των μελών κάθε ομάδας εργασίας έγινε με πρωτοβουλία των ίδιων των μαθητών.

Κατόπιν, επεξεργάστηκαν το αρχείο βίντεο με το Adobe Premiere αποκόπτοντας τα τμήματα της ταινίας, τα οποία δεν ήταν χρήσιμα για τη μελέτη. Παρατηρώντας το βίντεο επέλεξαν τα πλαίσια που αντιστοιχούσαν στις ακραίες θέσεις του ταλαντωτή και τα εξήγαγαν σε εικόνες τύπου tiff.



Εικόνα 3. Από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω η θέση ισορροπίας του ταλαντωτή, το αρχικό του πλάτος και έξι διαδοχικές εικόνες της κάτω ακραίας θέσης του ταλαντωτή.

Η μείωση του πλάτους με την πάροδο του χρόνου είναι εμφανής.

Στην εικόνα 3 παρουσιάζονται από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω η θέση ισορροπίας του ταλαντωτή, το αρχικό του πλάτος και έξι διαδοχικές εικόνες της κάτω ακραίας θέσης του ταλαντωτή.

5.2 Επεξεργασία χρονοφωτογραφιών - Αποτελέσματα.

Οι μαθητές βρήκαν το πλάτος από τις εικόνες που δημιούργησαν χρησιμοποιώντας τον χάρακα από το Photoshop. Υπολόγισαν τον αριθμό εικονοστοιχείων που αντιστοιχούσε σε ένα εκατοστό, κατόπιν μέτρησαν το πλάτος σε εικονοστοιχεία και μετέτρεψαν την μέτρηση σε εκατοστά. Το πλάτος μπορεί να βρεθεί και από απ' ευθείας ανάγνωση του χάρακα της πειραματικής διάταξης, με προφανώς μικρότερη ακρίβεια.

Ο χρόνος, στον οποίο αντιστοιχούσε η κάθε εικόνα βρέθηκε από τον αριθμό του κάθε πλαισίου και την περίοδο δειγματοληψίας (1/28 δευτερόλεπτα). Η αριθμητική επεξεργασία των μετρήσεων έγινε χρησιμοποιώντας το MS Excel.

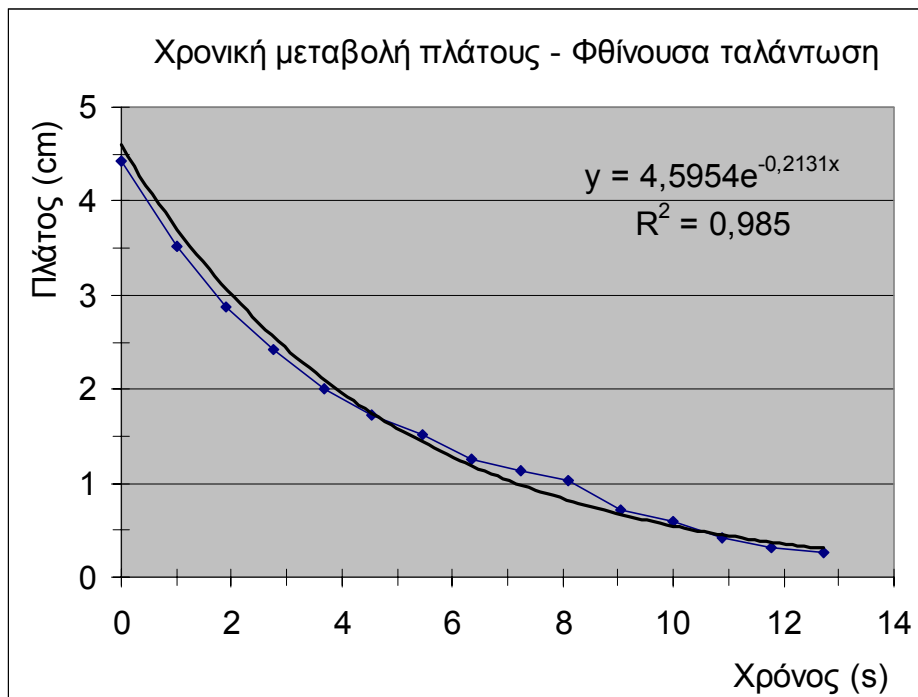
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Χρόνος (s)	Πλάτος Ταλάντωσης σε εκ.
0,00	4,42
1,00	3,53
1,89	2,88
2,75	2,42
3,68	2,00
4,54	1,73
5,46	1,51

6,36	1,26
7,25	1,13
8,11	1,03
9,04	0,72
10,00	0,59
10,89	0,42
11,79	0,32
12,71	0,26

Πίνακας 1. Οι μετρήσεις της χρονικής μεταβολής του πλάτους που πραγματοποίησαν οι μαθητές.

Με τα αποτελέσματα κατασκευάστηκε γραφική παράσταση πλάτους-χρόνου στο MS Excel. Κατόπιν, με το ίδιο λογισμικό προσεγγίσθηκε η πειραματική καμπύλη με μία εκθετική καμπύλη. Η εξίσωση που προέκυψε είναι $A(t) = A_0 e^{-0,2131t}$ όπου $A(t)$ το πλάτος της ταλάντωσης την χρονική στιγμή t και A_0 το αρχικό πλάτος ($t=0$).



Γραφική Παράσταση 1. Χρονική εξέλιξη πλάτους σε φθίνουσα ταλάντωση. Η πειραματική καμπύλη προσεγγίζεται με εκθετική που αναγράφεται η εξίσωσή της. Αναγράφεται και η τιμή του στατιστικού κριτηρίου της προσέγγισης R^2

Όπως αποδεικνύεται από το στατιστικό κριτήριο R^2 και από το πλάτος A_0 , που υπολόγισε το πρόγραμμα (βλ. γραφ. παρ. 1), η καταγραφή και η ανάλυση του φαινομένου είναι επιτυχής.

Όλη η πειραματική δραστηριότητα διήρκεσε τρεις διδακτικές ώρες. Μέρος του χρόνου καταναλώθηκε στην προσπάθεια λήψης βιντεοταινίας κατάλληλης για επεξεργασία.

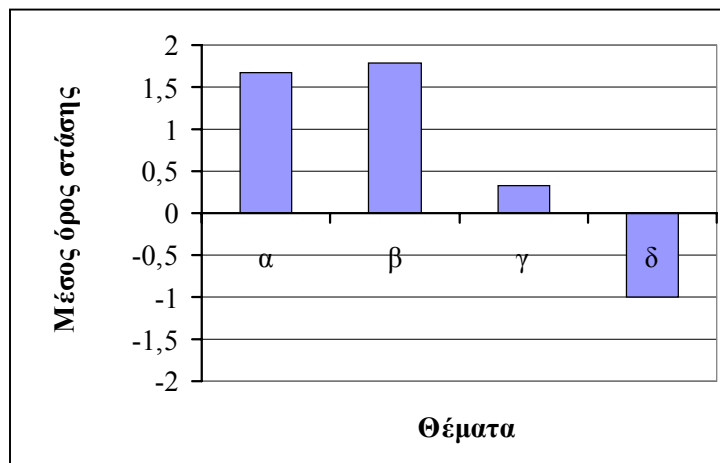
6. Απόψεις των μαθητών για τη διδακτική προσέγγιση.

Οι απόψεις των μαθητών για τη διδακτική προσέγγιση αποτιμήθηκαν μέσω ενός ερωτηματολογίου. Η γνώμη των μαθητών καταγράφηκε σε κλίμακα πέντε διαβαθμίσεων. Η απόλυτα θετική στάση σε κάθε ερώτηση βαθμολογήθηκε με +2 και η απόλυτα αρνητική με -2.

Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε οκτώ ερωτήσεις που διερευνούσαν τη στάση των μαθητών στα ακόλουθα τέσσερα θέματα :

- α) στο ενδιαφέρον που αποκόμισαν από την εμπλοκή σε όλη την διδακτική προσέγγιση.
- β) στο ενδιαφέρον και την ευχαρίστηση που αποκόμισαν από τη συναρμολόγηση και το χειρισμό της πειραματικής διάταξης.
- γ) στη δυσχέρεια της χρήσης του Η/Υ και του λογισμικού για τη δημιουργία και την επεξεργασία των χρονοφωτογραφιών.
- δ) στη συνολική γνώση και κατανόηση των βημάτων της μεθόδου για τη δημιουργία και επεξεργασία των χρονοφωτογραφιών με τον Η/Υ.

Ο μέσος όρος που υπολογίστηκε για κάθε μία από τις τέσσερις κατηγορίες, παρουσιάζεται στη γραφική παράσταση 2.



Γραφική παράσταση 2. Η στάση των μαθητών απέναντι στη διδακτική προσέγγιση.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η διδακτική προσέγγιση ήταν πολύ ενδιαφέρουσα για τους μαθητές, η διαδικασία της συναρμολόγησης και του χειρισμού της πειραματικής διάταξης τούς ήταν επίσης πολύ ενδιαφέρουσα και ευχάριστη, ενώ έχουν ουδέτερη στάση σχετικά με τη δυσκολία του χειρισμού του Η/Υ και του λογισμικού για την επεξεργασία των χρονοφωτογραφιών. Προκύπτει ακόμη ότι δεν κατέχουν συνολικά τη διαδικασία της δημιουργίας και επεξεργασίας των χρονοφωτογραφιών με τον Η/Υ. Αυτό οφείλεται στο ότι οι μαθητές κατά την επεξεργασία των επιλεγμένων πλαισίων χωρίστηκαν κατά τυχαίο τρόπο σε δύο ομάδες και κάθε μία εργάστηκε ξεχωριστά στην επεξεργασία των χρονοφωτογραφιών και στην καταχώρηση των αποτελεσμάτων. Εκτιμούμε ότι το πρόβλημα θα εξαλειφθεί σε επαναληπτική χρήση της μεθόδου.

7. Συμπεράσματα.

Όπως αποδείχθηκε από τα αποτελέσματα που παρήγαγαν οι μαθητές, η προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση μπορεί με το συνδυασμό πειραματικής δραστηριότητας και Νέων Τεχνολογιών να περιγράψει με ακρίβεια τη χρονική εξέλιξη του πλάτους στις φθίνουσες ταλαντώσεις και να θεμελιώσει τη μαθηματική της έκφραση.

Για να εξαχθούν κάποια ενδεικτικά συμπεράσματα για την επάρκεια της διδακτικής προσέγγισης, μετά την θεωρητική εισαγωγή ακολούθησε γραπτή εξέταση. Οι ερωτήσεις στη γραπτή εξέταση ήταν ανοικτού και κλειστού τύπου και δομήθηκαν επί των δοθέντων στόχων.

Λόγω ανειλημμένων υποχρεώσεων των μαθητών η ίδια γραπτή εξέταση επαναλήφθηκε ενάμιση μήνα μετά την πειραματική δραστηριότητα, μετά το τέλος των εξετάσεων του Ιουνίου. Ο μέσος όρος της βαθμολογίας που πέτυχαν οι μαθητές, με άριστα το 20, ήταν μετά την θεωρητική εισαγωγή 14,2 ενώ ενάμιση μήνα μετά την πειραματική δραστηριότητα πέτυχαν μέσο όρο 13,6. Λόγω της καθυστέρησης της δεύτερης εξέτασης σε σχέση με την πειραματική δραστηριότητα, πιστεύουμε ότι τα αποτελέσματα δεν είναι αξιόπιστα και προτιθέμεθα να επαναλάβουμε όλη τη διαδικασία τη νέα σχολική χρονιά.

Τα οφέλη της συγκεκριμένης προσέγγισης για τους μαθητές, όπως προκύπτει και από το ερωτηματολόγιο, είναι ότι

- α) εμπλέκονται σε μια ενδιαφέρουσα μαθησιακή διαδικασία.
- β) αποκτούν ευχάριστες εμπειρίες για τις πειραματικές διαδικασίες μελέτης των Φυσικών Επιστημών. Η θετική αυτή στάση παραμένει και επηρεάζει τους μαθητές μακροχρόνια⁷.
- γ) αποκτούν δεξιότητες στο χειρισμό εργαλείων των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και επομένως η χρήση αυτών των εργαλείων δεν τους φοβίζει ούτε τους απωθεί.
- δ) αντιλαμβάνονται ποια είναι η επιστημονική μέθοδος εργασίας.

Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία περαιτέρω θεμάτων των ταλαντώσεων όπως π.χ. στη μελέτη της συνάρτησης θέσης – χρόνου του ταλαντωτή, στον

υπολογισμό του συντελεστή απόσβεσης του υλικού μέσα στο οποίο ταλαντώνεται η μάζα αλλά και διαφορετικών θεμάτων της Μηχανικής.

Ευχαριστίες :

α) Ευχαριστούμε τον αναπληρωτή καθηγητή του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Πάτρας κύριο Β. Κουλαϊδή για τις παρατηρήσεις του.

β) Ευχαριστούμε θερμά τους μαθητές της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου Αρεόπολης Ανδρεάκου Νίκη, Καλαντώνη Μενέλαο, Καλαποθαράκου Χριστίνα, Κελασίδα Ελένη, Στρατάκου Πούλια, Τσίνα Μιχάλη οι οποίοι αφιέρωσαν αρκετές ώρες από τον ελεύθερο χρόνο τους για να πραγματοποιήσουν την πειραματική δραστηριότητα.

Βιβλιογραφικές παραπομπές

1. Brian E. Woolnough, Motivating students or teaching pure science, *School Science Review*, 78(285), 67-72, (Jun. 1997)
2. Audrey B. Champagne et al., Factors influencing the learning of classical mechanics, *American Journal of Physics* 48(12), 1074-1079, (Dec. 1980)
3. Εργαστηριακός οδηγός PSSC Φυσική, Έκτη έκδοση, Ίδρυμα Ευγενίδου Αθήνα 1993, σελ. 19-21
4. E. Roger Cowley et al., Another Surprise in Mechanics, *The Physics Teacher* 37(3), 188-191, (Mar. 1999)
5. P. Laws and H. Pfister, Using digital video analysis in introductory mechanics projects. *The Physics Teacher* 36(5), 282-287, (May 1998)
6. John W. Chow et al., A Web-Based Video Digitizing System for the Study of Projectile Motion, *The Physics Teacher* 38(1), 37-40, (Jan. 2000)
7. Jonathan Osborne et al., Attitudes to science: issues and concerns. *School Science Review*, 79(288), 27-33, (Mar. 1998)