

Η οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή ως μέσο αλλά και αντικείμενο εκπαιδευτικής προσέγγισης των φαινομένων της θερμοϊονικής εκπομπής, της επίδρασης ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου σε δέσμη ηλεκτρονίων, του φθορισμού και της δημιουργίας των χρωμάτων με τη βοήθεια αισθητήρων, απτήρων και οπτικών αναπαραστάσεων του μικρόκοσμου

Δημήτρης Ι. Σωτηρόπουλος, Αθανάσιος Βελέντζας, Βασιλική Σερέπα, Κυριακή Δημητριάδη, Βασίλειος Δημόπουλος, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης (*)

Δημήτρης Ι. Σωτηρόπουλος, sotiropoulos@mail.com
Αθανάσιος Βελέντζας, velentz@miland.gr
Βασιλική Σερέπα, vserepa@hotmail.com
Κυριακή Δημητριάδη, kdimitr@primedu.uoa.gr
Βασίλειος Δημόπουλος, bdimo@primedu.uoa.gr
Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης (*) kalkanis@primedu.uoa.gr

(*)Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ναυαρίνου 13^Α, 4^{ος} όροφος, 106 80 Αθήνα, Τηλ: 010 3688027 / fax: 010 3688041, kalkanis@primedu.uoa.gr

Θεματική Ενότητα: Προσομοιώσεις και Ειδικά περιβάλλοντα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.
Επίπεδο Εκπαίδευσης: Δεύτερη Σχολική Ηλικία (Δημοτικό), Γυμνάσιο, Λύκειο, Τριτοβάθμια Εκπαίδευση.
Κατηγορία Εργασίας: Εμπειρική – Πειραματική έρευνα.

Περίληψη: Η εκπαιδευτική μας προσέγγιση / πρόταση θεωρεί την οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή ως ένα έτοιμο "εργαστήριο" για τη μελέτη φαινομένων Κλασικής και Μετακλασικής Φυσικής χρησιμοποιώντας αισθητήρες / απτήρες και προσομοίωση / οπτικοποίηση της δομής και των διαδικασιών του μικρόκοσμου στον Η/Υ. Μέσα από την προσέγγισή μας τα φαινόμενα δε μελετώνται αποσπασματικά και αποκομμένα από την πραγματική ζωή, όπως ορίζουν τα υπάρχοντα αναλυτικά προγράμματα, αλλά συνδυάζονται, παρουσιάζοντας έτσι μια ενοποιημένη εικόνα για την ίδια τη Φυσική.

Λέξεις Κλειδιά : Οθόνη, Βιωματικό εργαστήριο, εκπαιδευτική μέθοδος, μικρόκοσμος, αισθητήρες, απτήρες.

The computer monitor as a medium, but also as a subject of the educational approach of the thermionic emission, the influence of electric and magnetic field to a beam of electrons, the fluorescence and the creation of the colors using sensors / actuators and simulation / visualization of the structure and the procedures of microcosm with the computer

Dimitrios Sotiropoulos, sotiropoulos@mail.com
Athanasios Veletzas, velentz@miland.gr
Vasiliki Serepa, vserepa@hotmail.com
Kyriaki Dimitriadi, kdimitr@primedu.uoa.gr
Vasilios Dimopoulos, bdimo@primedu.uoa.gr
George Kalkanis (*) kalkanis@primedu.uoa.gr

(*)Physics, Technology and Environment Section, Pedagogical Dept. P. E., University of Athens, Greece

Conference Theme: Simulations and Special Environments in Science Teaching and Learning
Educational Level: Primary School, C-3 Lower Secondary
Paper Classification: Empirical Investigation

Abstract: Our educational approach / suggestion considers the computer monitor as an available "laboratory" for the study of the phenomena in Classical and Neoclassical Physics, using sensors / actuators and simulation / visualization of the structure and the procedures of microcosm with the computer. In our approach the phenomena are not studied separately and abstracted from the everyday life, as the existing curricula determine, but they are combined, displaying a unified aspect of Physics itself.

Keywords: educational method, microcosmos, laboratory exercises, simulation, sensors/actuators.

ΥΠΟΒΑΘΡΟ, ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι σύγχρονες ηλεκτρονικές συσκευές αποτελούν απτά παραδείγματα εφαρμογής της Φυσικής στη καθημερινή ζωή. Η σύνδεση, λοιπόν, μέσα στην τάξη και στο εργαστήριο, της Φυσικής με τις εφαρμογές της θεωρείται

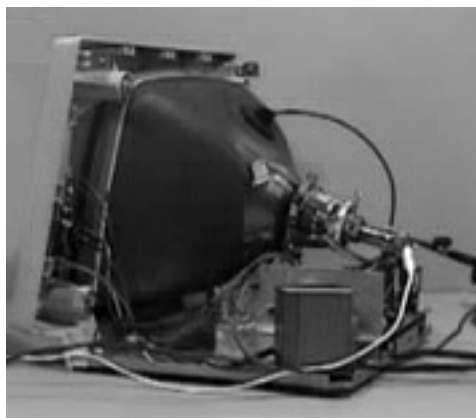
αναγκαία, όχι μόνο γιατί συμβάλλει στον τεχνολογικό εναλλακτισμό αλλά και γιατί μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση βασικών φυσικών φαινομένων με πιο ελκυστικό και ενδιαφέροντα τρόπο.

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, μέγιστο τεχνολογικό επίτευγμα της εποχής μας, χρησιμοποιείται ήδη ως μέσο για την υποβοήθηση της διδασκαλίας είτε με τη χρήση αισθητήρων διασυνδεδεμένων με αυτόν, είτε με τη μελέτη οπτικών αναπαραστάσεων του μικρόκοσμου. Μια επιμέρους συσκευή του όμως, μπορεί να αποτελέσει και αντικείμενο εκπαιδευτικής προσέγγισης διαφόρων φαινομένων της κλασικής και μετακλασικής Φυσικής, τα οποία δεν υποπίπτουν άμεσα στην αντίληψή μας, ενώ ταυτόχρονα δεν είναι δυνατή η προσέγγισή τους μέσα από τις υπάρχουσες πειραματικές ασκήσεις.

Συγκεκριμένα, στο μάθημα της Φυσικής στα Παιδαγωγικά τμήματα διδάσκονται θεωρητικά κάποια από τα προαναφερθέντα Φυσικά φαινόμενα χωρίς όμως να πραγματοποιούνται αντίστοιχα πειράματα στο εργαστήριο.

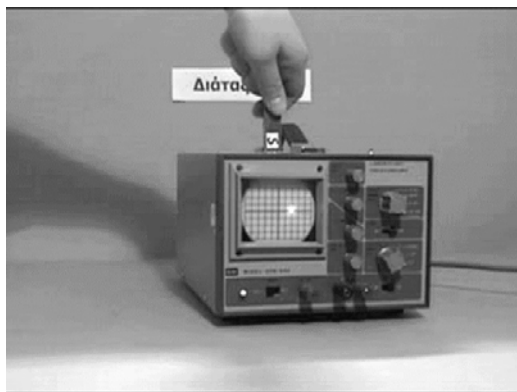
ΠΡΟΤΑΣΗ

Στην πρότασή μας η οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή προτείνεται ως ένα έτοιμο εργαστήριο με σκοπό τη μελέτη των φαινομένων της θερμιονικής εκπομπής, της επίδρασης του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου σε δέσμη ηλεκτρονίων, του φθορισμού και του τρόπου δημιουργίας των χρωμάτων. Με τη χρήση διάταξης που περιλαμβάνει ανοιχτή οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή, βασικό τμήμα της οποίας είναι ο καθοδικός σωλήνας, είναι δυνατό να διαπιστωθεί το φαινόμενο της θερμιονικής εκπομπής (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Η ανοιχτή οθόνη του υπολογιστή

Για την κατανόηση της θερμιονικής εκπομπής θεωρούμε απαραίτητη την οπτικοποίηση των μικροσκοπικών διαδικασιών μέσα από σχετικό βίντεο (εικόνα 2).

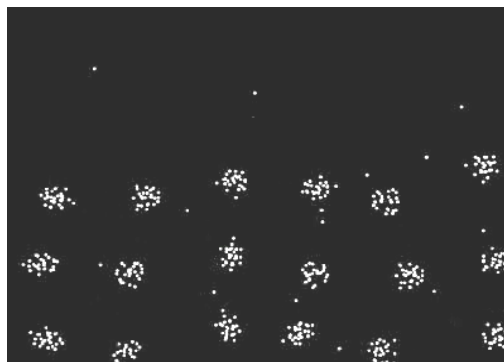


Εικόνα 3: Το πείραμα με το ταλαντοσκόπιο

επιταχύνονται με εφαρμογή υψηλής τάσης και εκτρέπονται με σύστημα πηνίων και στη συνέχεια προσπίπτουν πάνω στην οθόνη όπου λαμβάνει χώρα το φαινόμενο του φθορισμού.

Το εσωτερικό της οθόνης αποτελείται από πολύ μεγάλο αριθμό pixel που το καθένα έχει τρία είδη επιστρώσεων και με την πρόσπτωση των ηλεκτρονίων, δημιουργούνται τα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο και μπλε, **Red-Green-Blue**) αντίστοιχα.

Αρχικά, για το φαινόμενο της σύνθεσης των χρωμάτων χρησιμοποιούνται δύο λάμπες που με τα κατάλληλα φίλτρα δίνουν κόκκινο και πράσινο φως και από τη σύνθεσή τους προκύπτει κίτρινο φως (Εικόνα 4). Στη συνέχεια, με ένα σύστημα μεγεθυντικών φακών και με την τοποθέτησή του πάνω



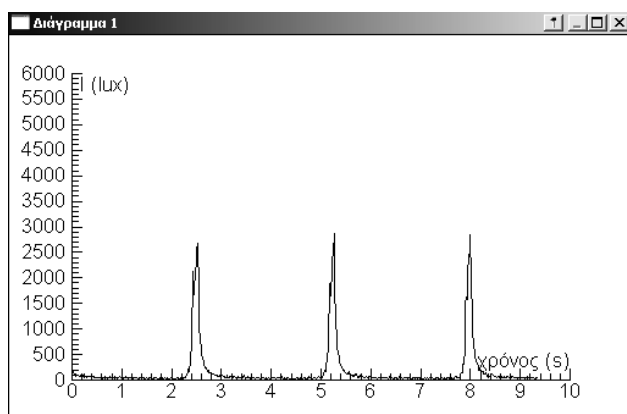
Εικόνα 2. Οπτικοποίηση των μικροσκοπικών διαδικασιών κατά την θερμιονική εκπομπή.

Προκειμένου να διαπιστωθεί ότι τα σωματίδια που εκπέμπονται κατά τη θερμιονική εκπομπή είναι ηλεκτρόνια, χρησιμοποιείται ταλαντοσκόπιο και ένας ραβδόμορφος μαγνήτης. Πλησιάζοντας το μαγνήτη στο ταλαντοσκόπιο παρατηρείται εκτροπή της φωτεινής κηλίδας άρα και της δέσμης των ηλεκτρονίων (εικόνα 3). Με την παρατήρηση της εκτροπής της φωτεινής κηλίδας, και γνωρίζοντας τη φορά του μαγνητικού πεδίου, είναι δυνατόν να προσδιορισθεί με επιτυχία το είδος του φορτίου των σωματιδίων.

Τα ηλεκτρόνια μέσα στον καθοδικό σωλήνα της οθόνης του υπολογιστή

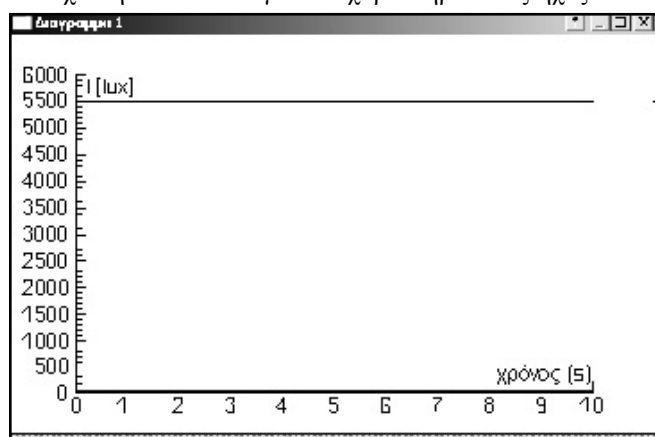


Εικόνα 4. Η διάταξη με τις λάμπες



Εικόνα 5: Η γραφική παράσταση που προκύπτει από τις μετρήσεις πάνω στην οθόνη του υπολογιστή.

συχνότητα που ακούγεται ο χαρακτηριστικός ήχος. Έτσι ο φοιτητής που ανοιγοκλείνει τα μάτια του βλέπει το



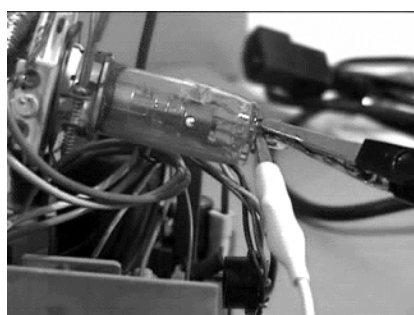
Εικόνα 6: Η γραφική παράσταση του αισθητήρα έντασης φωτός πάνω σε λαμπάκι που φωτοβολεί.

συνεχώς) θα παρατηρηθεί η ευθεία που δηλώνει σταθερή ένταση φωτός (εικόνα 6).

στην οθόνη είναι δυνατή η παρατήρηση της σύνθεσης όλων των χρωμάτων από τα τρία βασικά. Για τη μελέτη του τρόπου σάρωσης της οθόνης (δηλαδή της συχνότητας με την οποία προσπίπτουν οι δέσμες των ηλεκτρονίων πάνω στο υλικό της οθόνης) προτείνεται να πραγματοποιηθεί βιωματική άσκηση. Σκοπός της είναι η εξοικείωση με τον τρόπο λειτουργίας του αισθητήρα φωτός με την παρακάτω διαδικασία: στον πρώτο από μια ομάδα τριών φοιτητών, ζητείται να καταγράψει τις χρονικές στιγμές φωτοβολίας ενός μικρού λαμπτήρα, στο δεύτερο τις στιγμές που ακούει κάποιο χαρακτηριστικό ήχο και στον τρίτο (που ουσιαστικά βιώνει την διαδικασία) να έχει κλειστά τα μάτια του και να τα ανοίγει κάθε φορά που ακούει το χαρακτηριστικό ήχο. Η συχνότητα που φωτοβολεί ο λαμπτήρας είναι διαφορετική από τη

συχνότητα που ακούγεται ο χαρακτηριστικός ήχος. Έτσι ο φοιτητής που ανοιγοκλείνει τα μάτια του βλέπει το λαμπτήρα να φωτοβολεί κάποιες συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, αυτές που αντιστοιχούν στα κοινά πολλαπλάσια των δύο συχνοτήτων. Η γραφική παράσταση που προκύπτει από τη σύμπτωση ή όχι της φωτοβολίας του λαμπτήρα και του ακούσματος του ήχου με το χρόνο, έχει την ίδια μορφή, με τη γραφική παράσταση που παίρνουμε όταν μετράμε την ένταση του φωτός πάνω στην οθόνη με τον αισθητήρα έντασης φωτός (όπως θα φανεί στη συνέχεια, εικόνα 5).

Ο φοιτητής που βιώνει την άσκηση παίρνει το ρόλο του αισθητήρα που άλλοτε «βλέπει» και άλλοτε δε «βλέπει» φως στο μπροστινό μέρος της οθόνης. Μπορεί να οδηγηθεί, έτσι, στο συμπέρασμα ότι η οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν είναι συνεχώς φωτεινή αλλά «ανάβει» με συγκεκριμένη συχνότητα. Τοποθετώντας τον αισθητήρα πάνω σε ένα λαμπτήρα πυράκτωσης (που φωτοβολεί



Εικόνα 7: Πυράκτωση νήματος

παρατηρήσουν την πυράκτωση του νήματος θέρμανσης και να κάνουν υποθέσεις για το είδος των εκπεμπόμενων σωματιδίων (εικόνα 7).

Στη δεύτερη ενότητα, κλήθηκαν να ελέγξουν πειραματικά τις υποθέσεις αυτές, χρησιμοποιώντας ταλαντοσκόπιο και ένα ραβδόμορφο μαγνήτη. Συγκεκριμένα πλησιάζοντας το μαγνήτη και παρατηρώντας τη φορά εκτροπής της κηλίδας, με τον κανόνα των τριών δακτύλων ήταν σε θέση να διαπιστώσουν ότι το φορτίο των σωματιδίων είναι αρνητικό οπότε πρόκειται για ηλεκτρόνια.

Δεύτερο Φύλλο Εργασίας

Στην πρώτη ενότητα, εξετάστηκε η προσθετική μίξη των χρωμάτων. Έχοντας δύο πορτατίφ με πράσινο και κόκκινο φίλτρο, αντίστοιχα, παρατηρήθηκε το χρώμα που προκύπτει από την σύνθεση του φωτός τους. Διαπίστωσαν έτσι ότι με τη μίξη του πράσινου και του κόκκινου χρώματος, προκύπτει το κίτρινο.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Οι παραπάνω δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν πιλοτικά σε ομάδες φοιτητών του εργαστηρίου φυσικών επιστημών που πραγματοποιείται στο Παιδαγωγικό τμήμα. Ο μικρός αριθμός του δείγματος, μας επιτρέπει μια ποιοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αλλά ταυτόχρονα μας ενθαρρύνει για περαιτέρω μελέτη. Αφού χωρίσαμε τους φοιτητές σε ομάδες των τριών, δόθηκαν σε κάθε φοιτητή, κατάλληλα φύλλα εργασίας που συνοδεύονταν από αντίστοιχα φύλλα οδηγιών:

Πρώτο Φύλλο Εργασίας

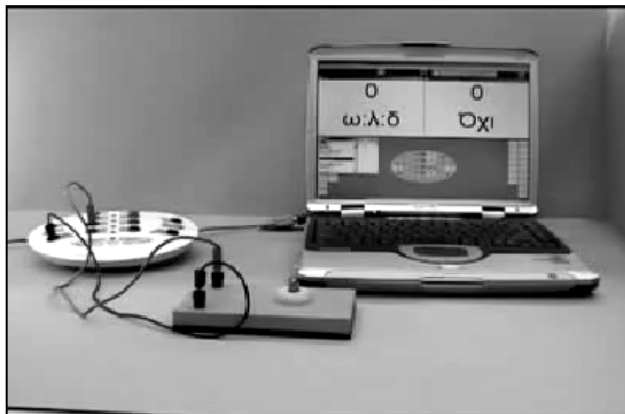
Στην πρώτη ενότητα, με μία ανοιχτή οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή ζητήθηκε από τους φοιτητές να εφαρμόσουν κατάλληλη τάση, να

Στη δεύτερη ενότητα, παρατήρησαν με ένα σύστημα μεγεθυντικών φακών χρωματιστά τετραγωνάκια πάνω στην οθόνη. Το σημαντικό σε αυτή την δραστηριότητα είναι ότι δίνεται η ευκαιρία στους φοιτητές να παρατηρήσουν τα χρώματα που περιέχει το καθένα από τα pixel της οθόνης για τα αντίστοιχα χρώματα (για τα οποία τους είχαμε ήδη μιλήσει στα φύλλα οδηγιών).

Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον των φοιτητών παρατηρήθηκε όταν με τους φακούς εξέτασαν το λευκό τετράγωνο και είδαν φωτεινές και τις τρεις περιοχές/ χρώματα μαζί, δηλαδή το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε (**Red-Green-Blue**). Αντίστοιχα στο πράσινο τετράγωνο είδαν φωτεινή μόνο την περιοχή με το πράσινο χρώμα, στο κόκκινο την περιοχή με το κόκκινο κ.ο.κ, στα δευτερεύοντα χρώματα όπως στο κίτρινο (η εφαρμογή της προηγούμενης ενότητας) φαίνονταν μόνο οι περιοχές με πράσινο και κόκκινο χρώμα, ενώ η μπλε περιοχή δεν είναι ορατή (είναι σκοτεινή), και τέλος στο μαύρο χρώμα όλες οι περιοχές παρατηρήθηκαν σκοτεινές.

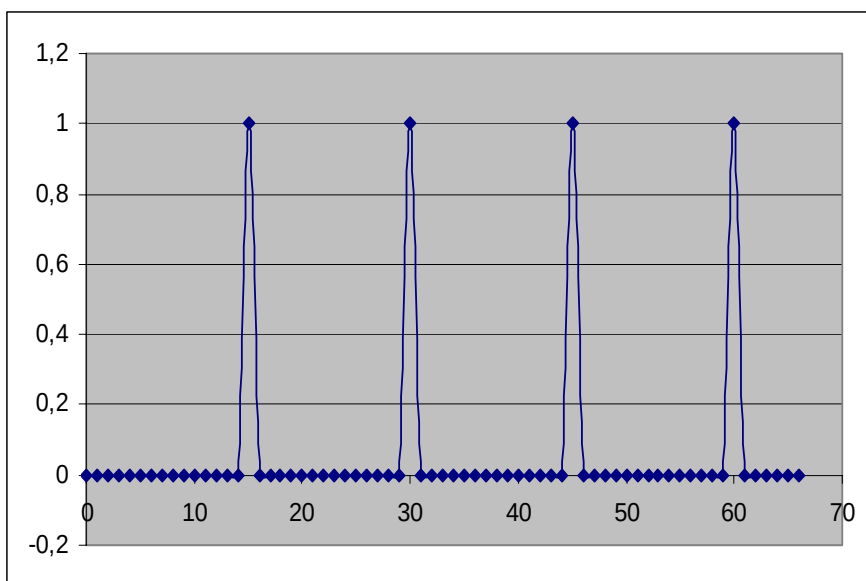
Τρίτο Φύλλο Εργασίας

Στην πρώτη ενότητα, ακολούθησε το βιωματικό εργαστήριο μέσα από το οποίο οι φοιτητές προσδοκούσαμε να βιώσουν τον τρόπο σάρωσης της οθόνης, τον τρόπο δηλαδή που ανάβει και σβήνει το κάθε pixel. Η διαδικασία περιελάμβανε ένα πρόγραμμα στον υπολογιστή όπου με συγκεκριμένες (διαφορετικές), συχνότητες που έχουμε εμείς προκαθορίσει, ανάβει ένας λαμπτήρας και ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος. Από την κάθε ομάδα των τριών φοιτητών, ο πρώτος φοιτητής κατέγραφε κατάλληλο πίνακα τις χρονικές στιγμές που φωτοβολεί το λαμπάκι (υπήρχε χρονόμετρο στην οθόνη του υπολογιστή για το σκοπό αυτό).



Εικόνα 8: Η διάταξη βιωματικής άσκησης.

Ο δεύτερος σημείωνε σε ξεχωριστό πίνακα τις χρονικές στιγμές που ακουγόταν ο χαρακτηριστικός ήχος και ο τρίτος που ουσιαστικά βίωνε την διαδικασία είχε συνεχώς κλειστά τα μάτια του και τα άνοιγε μόνο στο άκουσμα του χαρακτηριστικού ήχου παρατηρώντας αν την ίδια χρονική στιγμή το λαμπάκι φωτοβολούσε ή όχι. Ο τελευταίος είναι αυτός που τελικά είχε την αίσθηση την σύμπτωσης στιγμών ήχου και φωτός κάτι που αναλογικά συμβαίνει και στον αισθητήρα φωτός όταν παίρνει μετρήσεις. Σημειώνουμε εδώ ότι η άσκηση αυτή πραγματοποιήθηκε άλλες δύο φορές ώστε να βιώσουν την ίδια εμπειρία και οι τρεις φοιτητές. Η διαδικασία αυτή τελείωσε όταν ζητήθηκε από όλη την ομάδα να φτιάξουν ένα διάγραμμα της σύμπτωσης ή όχι (με αντίστοιχες τιμές 1 και 0) του ακούσματος του ήχου και της φωτοβολίας του λαμπτήρα σε συνάρτηση με το χρόνο. Το διάγραμμα που προέκυψε είναι το παρακάτω:



Εικόνα 9: Το διάγραμμα από την βιωματική άσκηση.

Στη δεύτερη ενότητα, η ομάδα πήρε μετρήσεις με τον αισθητήρα έντασης φωτός μπροστά από την οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, με το πρόγραμμα Coach Lab II. και η γραφική παράσταση των μετρήσεων που παίρνει ο αισθητήρας είναι αυτή της εικόνας 5. Κάνοντας αμέσως την σύγκριση με την εικόνα 9 οι φοιτητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η οθόνη έχει κάποια συχνότητα σάρωσης δηλαδή τα pixel δεν είναι φωτεινά

συνεχώς, αλλά ανάβουν με κάποια συχνότητα που είναι διαφορετική από τη συχνότητα λήψης των μετρήσεων του αισθητήρα έντασης φωτός.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ξανά η μέτρηση πάνω σε ένα λαμπάκι πυρακτώσεως και προέκυψε η σταθερή ευθεία που φαίνεται στην εικόνα 6. Παρόμοια ευθεία προέκυψε με μέτρηση πάνω σε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων ενός φορητού υπολογιστή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ενδιαφέρον των φοιτητών φάνηκε να αυξάνεται κατά την διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας στο εργαστήριο.

Οι φοιτητές γνώριζαν κάποιες βασικές έννοιες γύρω από την επίδραση μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου πάνω σε φορτισμένα σωματίδια, πράγμα που βοήθησε την εκπαιδευτική διαδικασία/ προσέγγιση παρότι δυσκολεύτηκαν να χρησιμοποιήσουν ικανοποιητικά τον κανόνα των τριών δακτύλων.

Η δραστηριότητα με τις λάμπες και το σύστημα των φακών φάνηκε να βοηθά σημαντικά τους φοιτητές στην κατανόηση της δημιουργίας των διαφόρων χρωμάτων

Η βιωματική δραστηριότητα εισήγαγε τους φοιτητές στην κατανόηση της αρχής λειτουργίας του αισθητήρα φωτός βοηθώντας τους να ερμηνεύσουν ικανοποιητικά τη σάρωση της οθόνης. Έν γένει, τεχνολογικές εφαρμογές όπως μια οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή, φαίνεται να διευκολύνουν τους φοιτητές στη σύνδεση φαινομένων που διδάσκονται αποσπασματικά και αποκομμένα.

ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

Η συγκεκριμένη εργασία αποτέλεσε την αρχή για την μελέτη των φυσικών φαινομένων που βρίσκουν εφαρμογή μέσα σε μια οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Τα φαινόμενα που μελετήθηκαν απαντώνται σε ένα πλήθος εφαρμογών της καθημερινής ζωής όπως :

το φαινόμενο του φθορισμού που υπάρχει στις γνωστές σε όλους λάμπες φθορισμού αλλά και στην παραγωγή των ακτίνων X.

το φαινόμενο της θερμοϊονικής εκπομπής, που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρονικά μικροσκόπια.

η επιτάχυνση των ηλεκτρονίων αλλά και άλλων σωματιδίων, που εφαρμόζεται σε όλα τα μεγάλα ερευνητικά κέντρα παγκοσμίως.

Σκοπός μας είναι να προτείνουμε την εφαρμογή αυτών των ασκήσεων στα πλαίσια εργαστηρίων για φοιτητές του Φυσικού αλλά και του Παιδαγωγικού Τμήματος.

Θεωρούμε ότι το σημαντικότερο στοιχείο που προσφέρεται σε μια τέτοια εργασία, ίσως πέρα από την πρωτοτυπία του θέματος της, είναι η μελέτη φυσικών φαινομένων με μια τάση ενοποίησης με χρήση υλοποιημένων εφαρμογών του άμεσου περιβάλλοντός μας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γ.Θ Καλκάνης, «μικρο-Προσεγγίσεις», Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 1998.

Γ.Θ Καλκάνης, «Εκπαιδευτική Τεχνολογία-Εκπαιδευτικές Εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφορικής (και) στις Φυσικές Επιστήμες», σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 1998.

G. Kalkanis, “Which (and How) Science and Technology Education for Future Citizens?”, proceedings of the 1st IOSTE Symposium “Science and Technology Education Preparing Future Citizens”, invited paper, vol II, Paralimni, Cyprus, 2001

Γ.Θ Καλκάνης, «Ενέργεια/Επιστήμη-Τεχνολογία-Περιβάλλον», Αθήνα 1999.

Κ.Δ.Αλεξόπουλου- Δ.Ι.Μαρίνου, ΦΥΣΙΚΗ (Οπτική- Ηλεκτρομαγνητισμός- Ατομική και Πυρηνική Φυσική), τόμος δεύτερος, Αθήνα 1985.

H.D.Young, “University Physics- Electromagnetism, Optics, Modern Physics”, Addison- Wesley Publ. Comp., 1992.

R. Serway, “Physics-Electromagnetism”, Saunders Golden Sunburst Series, 1990.