

"Ο 1^{ος} και 2^{ος} Νόμος του Newton" στο ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Ματθαίος Πατρινόπουλος, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης
*Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών*
mpatrin@primedu.uoa.gr, kalkanis@primedu.uoa.gr, <http://micro-kosmos.uoa.gr>

Περίληψη. Για να μπορέσουν να επιτευχθούν οι σύνθετοι στόχοι που έχουν τεθεί, για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, από τα ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα, θα πρέπει οι εκπαιδευτικές πρακτικές που θα εφαρμοστούν να βασίζονται σε δομημένη μεθοδολογία και να υποστηρίζονται από ερευνητικές ανακαλυπτικές δραστηριότητες των μαθητών. Το λογισμικό ΟΛΟΤΕΧΝΟ (ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών) προσφέρει ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον, που επεκτείνει τη χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών στο χώρο του εκπαιδευτικού εργαστηρίου των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και σε νέους ρόλους πέρα από την καταξιωμένη μέχρι σήμερα χρήση τους ως εργαλεία πειραματισμού, επεξεργασίας και παρουσίασης των πειραματικών δεδομένων, με χρήσεις που αφορούν τη διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού, την παρακολούθηση των δράσεων και των διαδικασιών που ακολουθούν οι μαθητές και προτείνει την μεταφορά του μεγαλύτερου μέρους της εκπαιδευτικής διαδικασίας στο χώρο του εκπαιδευτικού εργαστηρίου εξοπλισμένου με υπολογιστές. Ως παράδειγμα εφαρμογής παρουσιάζεται το εκπαιδευτικό υλικό που έχουμε δημιουργήσει για την διδασκαλία του 1ου και του 2ου Νόμου του Newton.

Εισαγωγή

Σύμφωνα με τα ισχύοντα προγράμματα σπουδών για τις φυσικές επιστήμες, σκοποί της διδασκαλίας της Φυσικής στο Λύκειο εκτός από την προσέγγιση (ποιοτική, ποσοτική και πειραματική) των βασικών εννοιών και νόμων της φυσικής, είναι και η εξάσκηση των μαθητών στην παρατήρηση, περιγραφή, ερμηνεία και πρόβλεψη των φυσικών φαινομένων, η ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων και η καλλιέργεια νοητικών δεξιοτήτων για αντιμετώπιση προβλημάτων με κριτική και δημιουργική σκέψη (Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικής Λυκείου 1997). Για την επίτευξη των παραπάνω ως κύριο χαρακτηριστικό της ανάπτυξης της ύλης θεωρείται η πειραματική / εργαστηριακή ανάπτυξη της ύλης. Από αυτά τα προγράμματα προτείνονται για το λύκειο σαράντα πέντε εργαστηριακές ασκήσεις για τη φυσική της γενικής παιδείας και άλλες σαράντα έξι για τη θετική ή και την τεχνολογική κατεύθυνση, από τις οποίες θεωρούνται υποχρεωτικές οι είκοσι μία για την γενική παιδεία και δεκατρείς για τις κατευθύνσεις. Σχεδόν δέκα χρόνια από την συγγραφή αυτών των προγραμμάτων σπουδών και επτά από την εφαρμογή τους οι οδηγίες που δίνονται από το Υπουργείο Παιδείας (ΥΠΕΠΘ 2006) περιορίζουν τον ελάχιστο αριθμό των εργαστηριακών ασκήσεων σε οκτώ για τη γενική παιδεία και τρεις για τις κατευθύνσεις, γεγονός που ίσως υπαγορεύεται από την εφαρμοζόμενη πρακτική με βάση την οποία η διδασκαλία της φυσικής περιορίζεται στην από καθέδρας διδασκαλία και την επίλυση θεωρητικών ασκήσεων που περιγραφούν ιδανικά σώματα με εξαιρετικές ιδιότητες και δεν συνδέονται με την πραγματικότητα.

Η απαιτούμενη αλλαγή στις εφαρμοζόμενες πρακτικές δεν πρέπει να περιορίζεται στην επέκταση της εργαστηριακής πρακτικής σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος της διδακτέας ύλης. Ίσως η σημαντικότερη αλλαγή που θα πρέπει να γίνει είναι, η διαμόρφωση ασκήσεων που δεν θα έχουν απλώς επιβεβαιωτικό χαρακτήρα των φυσικών νόμων ή θα αποσκοπούν στη μέτρηση φυσικών ποσοτήτων με βάση τους νόμους που έχουν ήδη διδαχτεί οι μαθητές αλλά να έχουν ανακαλυπτικό χαρακτήρα και να οδηγούν στη διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν τα φυσικά φαινόμενα.

Οι ψηφιακές τεχνολογίες (ΨΤ) με την ανάπτυξη και τη διάδοσή τους έχουν επηρεάσει όλους τους τομείς της ζωής μας και τείνουν να οδηγήσουν σε αντίστοιχες αλλαγές και στην εκπαίδευση. Οι εφαρμογές των ψηφιακών τεχνολογιών πειραματισμού στο χώρο του εκπαιδευτικού εργαστηρίου των φυσικών επιστημών με κύριους εκπροσώπους τα συστήματα MBL ή συσκευές συγχρονικής λήψης απεικόνισης, έχουν επιτρέψει την διεύρυνση των ασκήσεων που μπορούν να υλοποιηθούν στο σχολικό εργαστήριο και την εξοικονόμηση χρόνου στοιχείο που επιτρέπει τον έλεγχο πολλαπλών παραμέτρων για κάθε φυσικό σύστημα. Ιδιαίτερα σημαντική για την εκπαίδευση είναι η δυνατότητα άμεσου απεικόνισης των πειραματικών δεδομένων και των εργαστηριακών παρατηρήσεων σε γραφικές αναπαραστάσεις συσχέτισης των μεγεθών.

Η πρότασή μας

Οι προτάσεις που συνήθως συναντάμε για την εφαρμογή των ΨΤ στις ΦΕ περιορίζονται στην χρήση τους ως εργαλεία πειραματισμού για την υλοποίηση πειραμάτων πραγματικών ή εικονικών, προσομοιώσεων ή και στην εύρεση πληροφοριακού υλικού εργασίες που καλούνται να υλοποιήσουν οι μαθητές καθοδηγούμενοι από τους εκπαιδευτικούς άμεσα ή και με φύλλα εργασίας που καλούνται να συμπληρώσουν.

Το λογισμικό ΟΛΟΤΕΧΝΟ (Πατρινόπουλος 2006) μέσα από ένα δομημένο περιβάλλον, επιτρέπει την παρακολούθηση και καταγραφή των δράσεων των μαθητών σε όλη την πορεία της εκπαιδευτικής διαδικασίας μέσω της δημιουργίας ψηφιακών φακέλων για κάθε μαθητή (e_ portfolio). Κάθε χρήστης (μαθητής φοιτητής) όταν εισέρχεται στο λογισμικό χρησιμοποιεί τον προσωπικό του κωδικό που εξασφαλίζει ότι οι δραστηριότητές του καταγράφονται στον φάκελό του ανάλογα με την ενότητα που έχει επιλέξει και με την πάροδο του χρόνου διαμορφώνουν ένα προφίλ του, αλλά επιτρέπουν και στον μαθητή να συγκρίνει τις απόψεις του κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η δυνατότητα του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ χρησιμοποιεί εκπαιδευτικό υλικό που βρίσκεται εγκατεστημένο τοπικά ή βρίσκεται στο διαδίκτυο, επιτρέπει την συνεχή ανανέωσή του ή την προσαρμογή του στις ανάγκες κάθε τάξης. Το εκπαιδευτικό υλικό με μορφή ιστοσελίδων (html) μπορεί να ενσωματώνει στατικές ή δυναμικές ιστοσελίδες με χρήση αρχείων πολυμέσων που το καθιστούν ιδιαίτερα ευέλικτο και θελκτικό για τους μαθητές, αλλά επιτρέπει και στους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν νέες ενότητες ή να συμπληρώσουν και να διαμορφώσουν τις ήδη υπάρχουσες χωρίς να δεσμεύονται από τις επιλογές του όποιου συγγραφέα.

Η χρήση του πρωτοκόλλου HTML παρόλα τα πλεονεκτήματα που προσφέρει έχει και δεσμεύσεις που είτε προέρχονται από τις απαιτήσεις για ασφάλεια από τα προγράμματα ανάγνωσης που χρησιμοποιούμε (φυλλομετρητές-Browser) που εμποδίζουν το άνοιγμα ενεργών στοιχείων, αλλά και τη χρήση εξωτερικών προγραμμάτων και έχουν περιορισμένες δυνατότητες καταγραφής στοιχείων από τους χρήστες. Μέσα από το περιβάλλον του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ, το εκπαιδευτικό υλικό που έχει ελεγχθεί η αξιοπιστία του, μπορεί και να χρησιμοποιείται ανεμπόδιστα, ενώ δίνεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης εξωτερικών προγραμμάτων για την καταγραφή των δραστηριοτήτων των μαθητών σε μορφή κειμένου, σχεδίων – απεικονίσεων, ηχογραφήσεων και βιντεοσκοπήσεων που πραγματοποιούν στα πλαίσια του μαθήματος. Μέσα από το ΟΛΟΤΕΧΝΟ γίνεται η άμεση έναρξη των

προγραμμάτων λήψης, καταγραφής και απεικόνισης των πειραματικών δεδομένων που χρησιμοποιούμε.

Για να μπορέσει να υλοποιηθεί μια τέτοια πρόταση θα πρέπει να μεταφερθεί η διαδικασία στο χώρο του εργαστηρίου. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες, με ιδανική σύνθεση των ομάδων τρεις μαθητές ανά ομάδα. Η πραγματοποίηση από τους μαθητές πραγματικών πειραμάτων είναι πολύ πιο ισχυρή εκπαιδευτικά σε σχέση με την παρακολούθηση εικονικών ή πραγματικών πειραμάτων από την οθόνη του υπολογιστή, για αυτό προτείνουμε και εφαρμόζουμε σχεδόν καθολικά την πραγματοποίηση πειραματικών διαδικασιών χωρίς να αποκλείουμε την συμπληρωματική παρουσίαση αναπαραστάσεων πειραμάτων και ειδικότερα προσομοιώσεων διαδικασιών του μικρόκοσμου που δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστούν αλλιώς.

Μια πρόταση - την οποία σε καμία περίπτωση δεν θεωρούμε δέουσα - για τις περιπτώσεις που δεν υπάρχει ο απαιτούμενος εξοπλισμός στην πολλαπλότητα που θα επιθυμούσαμε, η πειραματική διαδικασία πραγματοποιείται από μια ομάδα μαθητών και τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας μέσω βίντεο - προβολέα (που έχει σταλεί σε όλα τα λύκεια) να παρουσιάζονται έτσι ώστε όλοι οι μαθητές να μπορούν να τα παρακολουθήσουν και σχολιάζουν. Η ομάδα που εκτελεί την πειραματική άσκηση, είναι διαφορετική κάθε φορά και έχει να ενημερωθεί από πριν ενώ ταυτόχρονα οι άλλες ομάδες / μαθητές εργάζονται στους υπολογιστές τους.

Για την επιτυχία μιας τέτοιας πρότασης είναι απαραίτητη η αλλαγή των εκπαιδευτικών πρακτικών οι εκπαιδευτικοί έχουν το ρόλο του συντονιστή και του συζητητή, με τους μαθητές να αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο προσπαθώντας με βάση τις παρατηρήσεις τους από την πειραματική διαδικασία να διερευνήσουν του φυσικούς νόμους και να ελέγξουν τις παραμέτρους που επηρεάζουν το σύστημα.

Η οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού είναι καθοριστική για την καθοδήγηση της διδασκαλίας και την επίτευξη των γνωστικών στόχων κάθε ενότητας. Η χρήση του Ερευνητικά Εξελισσόμενου μοντέλου / πρότυπου και πορεία που μπορεί να εξελίσσεται σε συγκεκριμένα στάδια με χρονική συνέχεια και συνέπεια. «... Η επιλογή του ερευνητικά εξελισσόμενου προτύπου εξυπηρετεί ... την -κατά προτίμηση- ανάπτυξη της γνώσης των διαδικασιών αντί της ανάπτυξης της γνώσης των εννοιών.» (Καλκάνης 2002) για να μπορούμε να ελπίζουμε στην ανάπτυξη από τους μαθητές δεξιοτήτων εκμάθησης και κατανόησης νέων εννοιών.

Θα μπορούσαμε να σχηματοποιήσουμε τα βασικά βήματα που μπορεί να ακολουθήσει η ερευνητική / επιστημονική μέθοδος, ανεξάρτητα της θεματικής ή του αντικειμένου που μελετώνται :

1. Έναυσμα Ενδιαφέροντος
2. Διατύπωση Υποθέσεων
3. Πειραματισμός
4. Διατύπωση Θεωρίας / Συμπερασμάτων
5. Συνεχής Έλεγχος (Επιβεβαίωση ή Διάψευση) / Γενίκευση (Καλκάνης 2002)

Παρουσίαση εφαρμογών

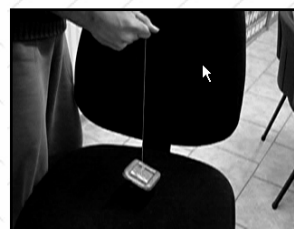
Δείγμα των δυνατοτήτων που παρουσιάζει η δόμηση του εκπαιδευτικού υλικού σύμφωνα με το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο και στα πλαίσια των δυνατοτήτων που μας δίνει το ΟΛΟΤΕΧΝΟ αποτελεί η ενότητα που αναφέρεται στην μελέτη του 1^{ου} και του 2^{ου} Νόμου του Newton και οι οθόνες του εκπαιδευτικού υλικού που έχουν σχεδιαστεί για αυτή παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες.

Τα εναύσματα αποσκοπούν στην πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών. Σε αυτή την ενότητα ως εναύσματα, χρησιμοποιούμε τρία βίντεο, τα δύο που παρουσιάζουν απλά πειράματα τα οποία ζητάμε από τους μαθητές να επαναλάβουν.

Εικόνες 1 -3: Σελίδες Εναυσμάτων

2ο Έναυσμα

Παρατηρήστε την διαφοροποίηση στο σύστημα, όταν τραβάμε το νήμα αργά και στη συνέχεια απότομα.



3ο Έναυσμα

Στο παρακάτω βίντεο βλέπουμε τους νεαρούς, να προσπαθούν να σπρώξουν ένα αυτοκίνητο, παρατηρήστε την προσπάθειά τους.



Το τρίτο έναυσμα είναι ένα βίντεο που έχουμε τραβήξει με μαθητές μας και παρουσιάζει τη μεταβολή της κίνησης ενός αυτοκινήτου όταν αλλάξει η συνολική δύναμη που ασκούμε σε αυτό.

Υποθέσεις

- Υ₁ Σε ένα φύλλο του χαρτιού, τοποθετήστε ένα άλλο μικρό κομμάτι χαρτί, και επαναλάβετε το πείραμα που περιγράφεται στο πρώτο έναυσμα. Τι παρατηρήτε;
- Υ₂ Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί όταν ο μαθητής τραβάει σηκώνει σιγά - σιγά το νήμα μπορεί και το σηκώνει το βαριδί ενώ όταν προσπαθεί να το κάνει γρήγορα, σπάει το νήμα.
- Υ₃ Γιατί, όσο αυξάνεται ο αριθμός των ανθρώπων που σπρώχνουν το αυτοκίνητο, στο βίντεο του τρίτου εναύσματος, επιτυγχάνεται η πιο γρήγορη κίνησή του;
- Υ₄ Σχεδιάστε (ποιοτικά) τις δυνάμεις που ασκούν οι νεαροί στο αυτοκίνητο και τη συνολική δύναμη που ασκείται σε αυτό.
- Υ₅ Αν από το εμπρός μέρος του αυτοκινήτου ένας, ακόμη, νεαρός έσπρωχνε προς τα πίσω τι διαφοροποίηση θα είχαμε στο τελικό αποτέλεσμα;
- Υ₆ Αν μέσα στο αυτοκίνητο καθόντουσαν μερικοί επιβάτες πώς θα επηρεάζονταν η κίνησή του;
- Υ₇ Αν αντί για ένα αυτοκίνητο, οι νεαροί έσπρωχναν ένα κιβώτιο με την ίδια μάζα, με το αυτοκίνητο ποιο θα ήταν το τελικό αποτέλεσμα; Σε αυτή την περίπτωση τι θα συνέβαινε αν ένας νεαρός έσπρωχνε το κιβώτιο από το πλάι;

Εικόνα 4: Σελίδα Υποθέσεων

Ο προβληματισμός για το συγκεκριμένο θέμα, όπως έχει προκύψει από την πρόκληση που έχει τεθεί από το έναυσμα και η συζήτηση οδηγεί στη διατύπωση – καταρχήν– υποθέσεων για τα αίτια, αρχές λειτουργίας και τις παραμέτρους που το επηρεάζουν – ή που επηρεάζονται από αυτό. Η προσέγγιση αυτή συνίσταται να γίνεται μέσω της αλληλεπίδρασης των μαθητών με συζήτηση και προβληματισμό.

Η σχηματοποίηση των υποθέσεων σε αυτή την ενότητα γίνεται μέσω παραγωγικών ερωτήσεων και επιδιώκουν οδηγήσουν σε συσχετίσεις της δύναμης, με την επιτάχυνση και τη μάζα των σωμάτων μέσω πολλαπλών προσεγγίσεων και ζητούν από τους μαθητές να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους με

μορφή αρχείων κειμένου ή να σχεδιάσουν τα σώματα που μελετάμε και τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά. Οι ερωτήσεις αυτές θα διερευνηθούν κατά την πειραματική διαδικασία.

Η ερευνητική διαδικασία από / για τους μαθητές / φοιτητές μπορεί να συνδυάζει την πειραματική πρακτική, με τη διερευνητική εργασία είτε επί του πεδίου

είτε από τη βιβλιογραφική αναζήτηση είτε ακόμα με την επαφή με φορείς ειδικούς ή ότι άλλο θεωρήσουμε κατάλληλο ανάλογα με τη θεματική που επιθυμούμε να προσεγγίσουμε.

Η πειραματική διαδικασία είναι προσαρμοσμένη στην ηλικία και στις ικανότητες των μαθητών, ξεκινώντας από πειραματικές διαδικασίες στις οποίες οι μαθητές παρατηρούν τις διαδικασίες / μεταβολές / καταστάσεις με έμφαση στις πιο μικρές ηλικίες στην ποιοτική περιγραφή φαινομένων, ενώ για μεγαλύτερους σε ηλικία μαθητές οι διαδικασίες μεταβαίνουν σε πιο ποσοτικοποιημένες προσεγγίσεις που περιλαμβάνουν τη λήψη μετρήσεων, την επεξεργασία τους, μέσω πιο ποσοτικών και μαθηματικοποιημένων προσεγγίσεων, την αξιολόγηση των δεδομένων και τελικά την επιλογή και τη σύνθεσή τους.

Επειδή οι ασκήσεις που απαιτούνται για αυτή την ενότητα παρουσιάζουν αυξημένη δυσκολία δυσκολία στην εκτέλεση και απαιτείται η απάντηση περισσότερων ερωτήσεων, θα πρέπει να υπάρξει καλή οργάνωση της τάξης ή αν το θεωρήσει σκόπιμο ο εκπαιδευτικός της τάξης να γίνει σε δύο μαθήματα με περισσότερες επαναλήψεις σε κάποιες από τις διαδικασίες.

Εικόνες 6 –7: Σελίδες Πειραματισμού


Πειραματισμός

Στη προηγούμενη ενότητα γνωρίσαμε την δύναμη, τα αποτελέσματα της άσκησης περισσότερων από μία δυνάμεων ίδιας διεύθυνσης στο ίδιο σώμα και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ δύο σωμάτων.

Είδαμε ότι οι δυνάμεις αποτελούν το κοινό αίτιο παραμόρφωσης ενός σώματος ή αλλαγής της κινητικής του κατάστασης και καταλήξαμε στον 3ο Νόμο του Newton που μας δίνει τη σχέση των δυνάμεων μεταξύ δύο σωμάτων που αλληλεπιδρούν.


Στον πειραματισμό που ακολουθεί θα προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την μεταβολή της κινητικής κατάστασης ενός σώματος και της συνισταμένης των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό.


Η πειραματική διαδικασία με απλά υλικά και αισθητήρες συνδεδεμένους σε ηλεκτρονικό υπολογιστή θα μας επιτρέψει να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά της δύναμης ως φυσικού μεγέθους τα αποτελέσματα της εφαρμογής περισσότερων από μίας δύναμης σε ένα σώμα.

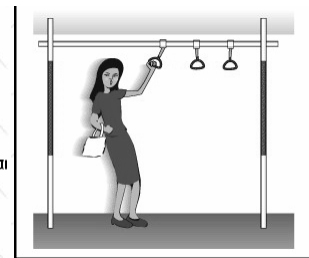
Για τη λήψη των μετρήσεων μπορείτε είτε να χρησιμοποιήσετε έτοιμες δραστηριότητες (μπορείτε να βρείτε έτοιμη την αντίστοιχη δραστηριότητα αν ανοίξετε το πρόγραμμα Coach στο φάκελο "Πολυμορφικές Εργαστηριακές Ασκήσεις" και επιλέξετε τη δραστηριότητα "Δύναμη 4" ) είτε να τις δημιουργήσετε μόνοι σας αρκετά εύκολα (αν χρειάζεστε αναλυτικές οδηγίες για το πρόγραμμα μετρήσεων πατήστε στο εικονίδιο [Αισθητήρες](#)).

Σε περίπτωση που δεν έχετε στη διάθεση σας αισθητήρες δύναμης, μπορείτε να πραγματοποιήσετε κάποια από τα πειράματα που περιγράφονται χρησιμοποιώντας δυναμόμετρα με ελατήριο.



Υ₈ ● Μπορείτε να περιγράψετε πως κινείται το τρένο μέσα στο οποίο βρίσκεται η κυρία του διπλανού σχήματος. 

Υ₉ ● Πώς μας βοηθούν να προστατευτούμε, οι ζώνες ασφαλείας και οι αερόσακοι στα αυτοκίνητα; 





Εικόνα 5: Συνέχεια σελίδας υποθέσεων

1ο Πείραμα


Από το άκιστρο του αισθητήρα δύναμης ή του δυναμόμετρου κρεμάστε ένα πλαστικό ποτηράκι με μερικά βαράδια. Αρχίστε να σηκώνετε και να κατεβάζετε το σύστημα στην αρχή με σταθερή ταχύτητα και στη συνέχεια κινούμενοι με μεταβλητή ταχύτητα.


Στο πρόγραμμα Coach ανοίξτε τη δραστηριότητα "Δύναμη 4"

Π_{1α} ● Η τιμή της δύναμης που εμφανίζεται κρατάμε ακίνητο το σώμα με τι είναι ίση; 


Π_{1β} ● Όταν το σύστημα κινείται με σταθερή ταχύτητα μεταβάλλεται η τιμή της δύναμης σε σχέση με αυτή που μετρήσαμε όταν ήταν ακίνητο; 

Π_{1γ} ● Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα και υπολογίστε τη συνισταμένη των δυνάμεων. 

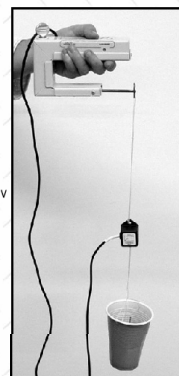
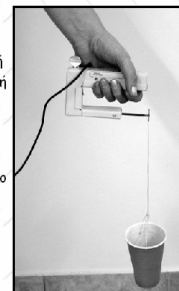
Π_{1δ} ● Από το διάγραμμα δύναμης - χρόνου συσχετίστε τα χρονικά διαστήματα στα οποία μεταβάλλεται η δύναμη με τις αλλαγές στην κίνηση του; 

Π_{1ε} ● Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα σε αυτή την περίπτωση και προσδιορίστε την φορά της συνισταμένης των δυνάμεων. 

Τοποθετήστε το επιταχυνσιόμετρο πάνω στο νήμα και επαναλάβετε τη διαδικασία.

Π_{1η} ● Από το κοινό διάγραμμα δύναμης - χρόνου και επιτάχυνσης - χρόνου μπορείτε να συσχετίσετε τα χρονικά διαστήματα στα οποία έχουμε την μεταβολή της δύναμης με την μεταβολή της επιτάχυνσης κατά την κίνηση του ποτηριού; 

Σημείωση: Είναι πιθανόν το επιταχυνσιόμετρο όταν τοποθετηθεί κάθετα και είναι ακίνητο καταγράψει μια σταθερή τιμή της επιτάχυνσης διαφορετική του μηδενός. Αυτό είναι κατασκευαστικό στοιχείο του και η ένδειξη που δίνει είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, μπορείτε να το αντιμετωπίσετε αν κατά την δημιουργία του διαγράμματος επιλέξετε η τιμή της επιτάχυνσης που εμφανίζεται να είναι αυτή που έχουμε μετρήσει μείων την τιμή της επιτάχυνσης που έχουμε στη θέση ισορροπίας ή χρησιμοποιήστε τις τιμές του διαγράμματος που έχουμε στη δραστηριότητα που προτείνεται.



Εικόνες 8 –11: Σελίδες Πειραματισμού

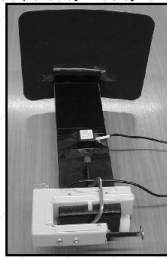
2ο Πείραμα

Στη μια πλευρά δύο αμαξιδίων τοποθετήστε από έναν αισθητήρα δύναμης όπως φαίνεται στην εικόνα, έτσι ώστε τα ελασμάτα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της δύναμης να προεξέχουν, στα αμαξίδια μπορείτε να τοποθετήσετε και από ένα επιταχυνσιόμετρο

Τοποθετήστε το ένα αμαξίδιο πάνω στο τραπέζι ή τον εργαστηριακό πάγκο. Σπρώξτε το αμαξίδιο προς ένα ακλόνητο εμπόδιο, θα πρέπει το ένα άκρο του που βρίσκεται ο αισθητήρας δύναμης να συγκρούεται με το εμπόδιο, ενώ το άλλο του άκρο να βρίσκεται απέναντι από έναν αισθητήρα απόστασης.

Ανοίγουμε το πρόγραμμα Coach επιλέγουμε τη δραστηριότητα "Δύναμη 6"

Σπρώξτε το αμαξίδιο προς το εμπόδιο και καταγράψτε, κατά τη σύγκρουση, τη δύναμη και την επιτάχυνση σε κοινό διάγραμμα. (Πιθανόν να χρειαστεί να εστιάσετε στο χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα της κρούσης.)



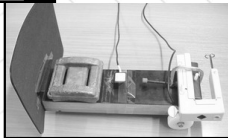
Π_{2α} Πώς συσχετίζονται αυτές οι τιμές;

Επαναλάβετε το πείραμα σπρώχνοντας με διαφορετική ταχύτητα το αμαξίδιο.

Π_{2β} Τι παρατηρείτε για τις τιμές της δύναμης και της επιτάχυνσης;

Επαναλάβετε τη διαδικασία προσθέτοντας μερικά βάρη πάνω στο αμαξίδιο.

Π_{2γ} Τι αλλάζει σε αυτή την περίπτωση στη σχέση δύναμης και επιτάχυνσης;



3ο Πείραμα

Στο άκρο δύο αμαξιδίων τοποθετήστε από έναν αισθητήρα δύναμης έτσι ώστε τα ελασμάτα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της δύναμης να προεξέχουν, όπως είχαμε κάνει και στο προηγούμενο πείραμα, ακόμα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και επιταχυνσιόμετρα τοποθετημένα στα αμαξίδια. Στα άκρα του πάγκου τοποθετήστε δύο αισθητήρες απόστασης σε απόσταση περίπου 50 cm από τα αμαξίδια. (Αν η κονσόλα σας διαθέτει μόνο μια ψηφιακή είσοδο για αισθητήρα απόστασης μπορείτε να χρησιμοποιήσετε διακλαδωτήρα).



Π_{3α} Ζυγίστε τα αμαξίδια κρεμώντας τα από τον αισθητήρα δύναμης και καταγράψτε τις τιμές που βρίσκете.

Τοποθετήστε τα αμαξίδια πάνω στο τραπέζι ή έτσι ώστε να συγκρουστούν στο σημείο που βρίσκονται οι αισθητήρες δύναμης και το άλλο άκρο τους να είναι απέναντι από τον αισθητήρα απόστασης.

Ανοίξτε το πρόγραμμα Coach και επιλέξτε τη δραστηριότητα "Δύναμη 7"

Βάλτε τα αμαξίδια να συγκρουστούν σπρώχνοντας αρχικά μόνο το ένα και στην συνέχεια και τα δύο έτσι ώστε να συγκρουστούν.

Π_{3β} Συγκρίνετε τις τιμές της δύναμης που καταγράφουν οι δύο αισθητήρες δύναμης

Π_{3γ} Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στα δύο αμαξίδια κατά τη σύγκρουσή τους.

Π_{3δ} Κατά τη σύγκρουση των δύο αμαξιδίων ποια είναι η μεταβολή στην ταχύτητά τους;

Π_{3ε} Πώς συνδέονται οι τιμές που καταγράφουν, οι αισθητήρες επιτάχυνσης στα δύο αμαξίδια τι σχέση έχουν;

Τοποθετήστε ένα βαριδί στο ένα αμαξίδιο και επαναλάβετε.

Π_{3ζ} Συγκρίνετε τις νέες τιμές των μεγεθών που εξετάσαμε παραπάνω και για τα δύο αμαξίδια

Οι υπολογισμοί που απαιτούνται γίνονται με χρήση control Active X που έχουν δημιουργηθεί από το Excel.

Η συμπλήρωση των τιμών στα δύο πρώτα κελιά μας δίνει την τιμή της επιτάχυνσης όπως προκύπτει με εφαρμογή της θεωρίας, που

Συνέχεια 2ου Πειράματος

Η ορμή είναι το φυσικό διανυσματικό μέγεθος που έχει μέτρο ίσο με τη μάζα του σώματος επί την ταχύτητά του και διεύθυνση αυτή της ταχύτητας.

Η μάζα των σωμάτων υπολογίζεται αν διαρέσουμε την τιμή του βάρους των αμαξιδίων που βρήκαμε με την ζύγιση των σωμάτων προς την επιτάχυνση της βαρύτητας (μπορεί με αρκετά καλή προσέγγιση να θεωρηθεί ίση με 9,8 m/s²).

Π_{2ζ} Ζυγίστε το αμαξίδιο κρεμώντας το από τον αισθητήρα δύναμης και καταγράψτε την τιμή που βρίσκете.

Π_{2ε} Υπολογίστε την μάζα των σωμάτων.

Ορίστε μια φορά κίνησης ως θετική και την αντίθετη της ως αρνητική.

Με βάση τις τιμές της μάζας που υπολογίσαμε παραπάνω και της ταχύτητας από το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου υπολογίστε την ορμή του αμαξιδίου πριν και μετά την κρούση.

Με βάση τη γενικότερη διατύπωση του 2ου νόμου του Newton, η δύναμη ορίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της ορμής :

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Π_{2γ} Χρησιμοποιώντας τις τιμές της ορμής που υπολογίσαμε παραπάνω και του χρόνου που διήρκεσε η κρούση υπολογίστε μεταβολή της ορμής του αμαξιδίου p και τη μέση δύναμη F που ασκήθηκε στο σώμα κατά την σύγκρουσή του με τον τοίχο.

Π_{2η} Συγκρίνετε την τιμή της δύναμης που υπολογίσατε από την προηγούμενη σχέση με την τιμή της δύναμης που κατέγραψε ο αισθητήρας δύναμης, που πιστεύετε ότι οφείλετε η οποία διαφοροποίηση;

Π_{2θ} Επαναλάβετε τοποθετώντας μερικά βαριδιά στο αμαξίδιο. Τι αλλάζει στις μετρήσεις των μεγεθών που υπολογίσατε;



4ο Πείραμα

Για το πείραμα αυτό θα χρησιμοποιήσουμε την ίδια διάταξη που είχαμε φτιάξει στο δεύτερο πείραμα της μελέτης της επιτάχυνσης.



Η διάταξη αποτελείται από μια τροχαλία στερεωμένη στο άκρο του τραπεζιού μέσα από την οποία περνάει ένα νήμα που το ένα του άκρο το συνδέουμε με το αμαξίδιο και το άλλο το δένουμε σε ένα πλαστικό ποτηράκι, μέσα στο οποίο βάζουμε βαριδιά.

Πάνω στο αμαξίδιο στερεώνουμε τον αισθητήρα επιτάχυνσης έτσι ώστε ο άξονας στον οποίο γίνονται οι μετρήσεις να ταυτίζεται με τον άξονα κίνησης του σώματος.

Π_{4α} Ανοίγουμε το πρόγραμμα Coach επιλέγουμε τη δραστηριότητα "Δύναμεις 3"

Π_{4β} Με τον αισθητήρα δύναμης ζυγίζουμε το καρτσάκι και καταγράφουμε την ένδειξη στην πρώτη στήλη πίνακα που ακολουθεί.

Π_{4γ} Εκτελούμε το πείραμα καταγράφοντας την επιτάχυνση του συστήματος για διάφορες τιμές του βάρους.

Π_{4δ} Ποια σχέση έχει η τιμή που εξάγεται από τον πίνακα με βάση τις τιμές του βάρους και της τιμής της επιτάχυνσης που έχουμε από τον αισθητήρα;

Π_{4ε} Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα.

	A	B	C	D	E
1	Βάρος Αμαξιδίου	Βάρος ποτηριού	Ολική μάζα = αλ.βάρους/	Βάρος ποτηριού με βαριδιά	Επιτ. που μετρήσαμε
2	Σε (N)	με βαριδιά (N)	επιτ. της βαρύτητας (g)	Ολική μάζα	
3			0,00	0,00	
4			0,00	0,00	
5			0,00	0,00	
6			0,00	0,00	
7			0,00	0,00	
8			0,00	0,00	
9			0,00	0,00	
10			0,00	0,00	

Υπόμνημα για τον πίνακα

Πάνω στο καρτσάκι τοποθετούμε διάφορα αντικείμενα (βαριδιά ή βιβλία) τα οποία έχουμε πρώτα ζυγίσει ή αλλάζουμε τον αριθμό των βαριδιών στο ποτηράκι.

Π_{4γ} Επαναλαμβάνουμε το πείραμα και σημειώνοντας τις τιμές που προκύπτουν, καταγράφοντας στην πρώτη στήλη του πίνακα το συνολικό βάρος του ποτηριού ΑΛΛΑ ΜΟΝΟ την ένδειξη της δύναμης που ασκείται από το ποτήρι στο αμαξίδιο και στο συνολικό βάρος θα λαμβάνουμε υποψη μας μόνο αυτό του αμαξιδίου.

Π_{4η} Τι παρατηρείτε;

Εναλλακτικά η παραπάνω διαδικασία μπορεί να απλοποιηθεί αν στο αμαξίδιο τοποθετήσουμε τον αισθητήρα δύναμης και στο άκρο του συνδέσουμε το νήμα από το οποίο κρεμάται το ποτηράκι τότε δεν απαιτείται να καταγράφουμε το βάρος του ποτηριού ΑΛΛΑ ΜΟΝΟ την ένδειξη της δύναμης που ασκείται από το ποτήρι στο αμαξίδιο και στο συνολικό βάρος θα λαμβάνουμε υποψη μας μόνο αυτό του αμαξιδίου.

συγκρίνουμε άμεσα με την τιμή που μετρήσαμε πειραματικά. Με αφορμή αυτή τη σύγκριση μπορούμε να κάνουμε συζήτηση στην τάξη για τα πειραματικά σφάλματα και τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη μέτρηση και να θέσουμε τους μαθητές σε διαδικασία διερεύνησης μεθόδων ελάττωσής τους.

Τα υλικά που απαιτούνται για όλες αυτές τις διαδικασίες είναι: Ηλεκτροκίνητο αμαξάκι (π.χ. ένα παιδικό τρενάκι), εργαστηριακό αμαξάκι, ένα κομμάτι χαρτόνι, τροχαλία, νήμα, μερικά βαρίδια, σφιγκτήρας τύπου C, ηλεκτρονικός υπολογιστής, κονσόλα διασύνδεσης ηλεκτρονικού υπολογιστή με αισθητήρες, αισθητήρας θέσης, αισθητήρας δύναμης, αισθητήρας επιτάχυνσης. Σε κάθε φάση της εφαρμογής προσφέρεται βοήθεια για τη χρήση των αισθητήρων και του υλικού που χρησιμοποιούμε.

Η επεξεργασία, η αξιολόγηση, η επιλογή και η σύνθεση του συγκεντρωθέντος υλικού, των πειραματικών παρατηρήσεων, των μετρήσεων και των δεδομένων οδηγεί στη διατύπωση και την καταγραφή των συμπερασμάτων που προκύπτουν από αυτή. Η διαδικασία αυτή σε συνδυασμό με τις καταγεγραμμένες υποθέσεις των μαθητών αποτελεί διαδικασία αυτοελέγχου και συνειδητοποίησης της γνωστικής τους πορείας.

Για τον έλεγχο των συμπερασμάτων των μαθητών και για την παρουσίαση της θεωρίας και του συμβολισμού που δεν είναι δυνατόν να παράγουν οι μαθητές σε επόμενη των συμπερασμάτων σελίδα παρουσιάζονται δομημένα τα στοιχεία της θεωρίας.

Εικόνες 12 –13: Σελίδες Συμπερασμάτων

Συμπεράσματα	Συνολικά
<p>Σ₁ Όταν το σύστημα είναι ακίνητο ή κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα, με τι ισούται η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό:</p>	<p>Οι δυνάμεις είναι τα αίτια στα οποία οφείλεται παραμόρφωση των σωμάτων ή και η μεταβολή στην κινητική τους κατάσταση.</p>
<p>Σ₂ Για να κινηθεί ένα αρχικά ακίνητο σώμα, ποια πρέπει να είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό:</p>	<p>Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος για να προσδιοριστεί απαιτείται να γνωρίζουμε εκτός από το μέτρο της, τη διεύθυνση, τη φορά της (κατεύθυνση) αλλά και το σημείο εφαρμογής της.</p>
<p>Σ₃ Ένα σώμα κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα, πόση είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό:</p>	<p>Το σύμβολο για την δύναμη είναι το F (από το Force)</p>
<p>Σ₄ Μπορείτε να συσχετίσετε την ύπαρξη και την τιμή της επιτάχυνσης με την μεταβολή της συνισταμένης δύναμης:</p>	<p>Η μονάδα δύναμης στο SI είναι το 1 Newton (1N) προς τιμή του Isaac Newton και ισούται με 1 [kg·m/s²].</p>
<p>Σ₅ Σχεδιάστε (ποιοτικά) τις δυνάμεις που ασκούνται στο αμαξίδιο του δεύτερου πειράματος και την επιτάχυνση που αποκτά:</p>	<p>Ο 1ος Νόμος του Newton ή νόμος της αδράνειας εκφράζει την τάση των σωμάτων να διατηρούν την αρχική κατάσταση της κίνησής τους:</p>
<p>Σ₆ Αν ασκήσουμε την ίδια συνολική δύναμη σε δύο σώματα διαφορετικής μάζας πως θα διαφοροποιηθεί η τιμή της επιτάχυνσής τους:</p>	<p>"Ένα σώμα που ηρεμεί, παραμένει σε ηρεμία και ένα σώμα που κινείται, συνεχίζει να κινείται με σταθερή ταχύτητα, εκτός αν επδράσει πάνω του εξωτερική δύναμη."</p>
<p>Σ₇ Προσπαθήστε να καταλήξετε σε μια σχέση που θα συνδέει τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα και την επιτάχυνση που αποκτά:</p>	<p>Ο 2ος Νόμος του Newton συσχετίζει την συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα με την επιτάχυνση και τη μάζα του σώματος:</p>
<p>Σ₈ Αν μεταβάλουμε την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης πώς θα μεταβληθεί η επιτάχυνσή του:</p>	<p>"Όταν σε ένα σώμα σταθερής μάζας δρα μια δύναμη προσδίδει σε αυτό επιτάχυνση που έχει τη φορά της δύναμης και μέτρο αντιστρόφως ανάλογο προς τη μάζα του σώματος."</p>
<p>Σ₉ Γιατί όταν βρισκόμαστε όρθιοι σε ένα όχημα που επιταχύνεται ή επιβραδύνεται κινδυνεύουμε να πέσουμε:</p>	<p>Η δύναμη ορίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της ορμής:</p> $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ <p>ή για ένα σύστημα σταθερής μάζας δίνεται από τη σχέση και είναι γνωστή ως δεύτερος νόμος του Newton</p> $F = ma$ <p>Η δύναμη που προκαλεί την ελαστική παραμόρφωση ενός ελατηρίου δίνεται από τον νόμο του Hooke και ισούται με:</p> $F = kx$

Μετά τη διατύπωση των συμπερασμάτων γίνεται προσπάθεια εφαρμογής τους και σε άλλες παρόμοιες διαδικασίες και φαινόμενα του φυσικού μας κόσμου και συσχετισμού τους και με άλλες παρατηρήσεις / φαινόμενα / συμπεράσματα ώστε με τη σύνθεσή τους να προκύψει η γενικότερη δυνατή θεωρία περιγραφής και ερμηνείας τους. Επιλογή θεμάτων στα οποία μπορεί να υπάρξει εφαρμογή να γίνει μέσα από θέματα της σύγχρονης ζωής και της τεχνολογίας ή οτιδήποτε Η διαδικασία αυτή διευκολύνει την εμπέδωση, γιατί μέσα από τη συσχέτιση με άλλες καταστάσεις και γεγονότα επιτυγχάνεται η ενδυνάμωση της γνώσης και η άμεση ανάκλησή της όποτε απαιτηθεί.

Στην συγκεκριμένη ενότητα οι γενικεύσεις που προτείνουμε αναφέρονται στις ζώνες ασφαλείας των αυτοκινήτων και παραπομπή στο λογισμικό «Ανακαλύπτω τις Μηχανές».

Εικόνες 14 –15: Σελίδες Γενικεύσεων

Γενικεύσεις

Χρειάζεται να χρησιμοποιούμε τη ζώνη ασφαλείας:

Ο βασικότερος τρόπος πρόληψης των βαριών συνεπειών των τροχαίων ατυχημάτων είναι η σωστή χρήση της ζώνης ασφαλείας και για τα μικρά παιδιά του παιδικού καθίσματος αυτοκινήτου.

Έχει υπολογιστεί ότι οι ζώνες ασφαλείας και τα παιδικά καθίσματα αυτοκινήτου, όταν χρησιμοποιούνται σωστά, μειώνουν κατά 70% τον κίνδυνο θανάτου ή σοβαρού τραυματισμού σε παιδιά ηλικίας κάτω των 5 ετών και κατά 60% σε μεγαλύτερους.

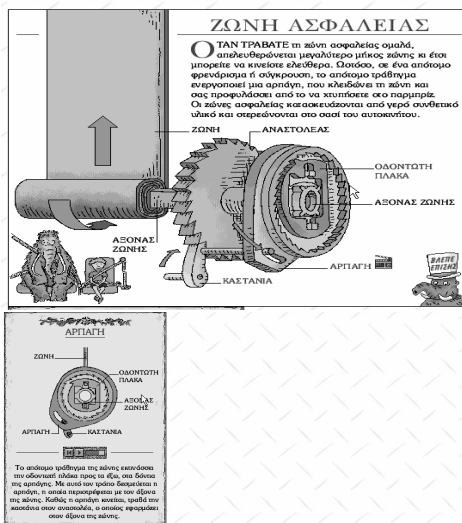
Η δύναμη που δεχόμαστε σε μια σύγκρουση με μέτρια ταχύτητα με ακίνητο εμπόδιο ή άλλο αυτοκίνητο μπορεί να είναι μέχρι 30 φορές μεγαλύτερο από το βάρος μας, δηλαδή ένας άνθρωπος με βάρος 80kg δεχεται δύναμη που μπορεί να φτάσει και τα 24000 N.

Έχει βρεθεί ότι ο οδηγός αντιδρά καλύτερα σε μια δύσκολη στιγμή, εάν ο ίδιος είναι δεμένος με τη ζώνη ασφαλείας και ξέρει ότι και οι συνεπιβάτες του είναι δεμένοι με ασφάλεια.

Πολλοί γονείς θεωρούν ότι με το να κρατάνε το μωρό τους στην αγκαλιά το προστατεύουν, όμως ακόμη και σε σύγκρουση μέτριας βαρύτητας, αν το παιδί κρατιέται στην αγκαλιά, μπορεί:

- να εκσφενδονιστεί μέσα ή έξω από το αυτοκίνητο,
- να λειτουργήσει σαν "αερόσκακος" για τον ενήλικα που το κρατάει, με αποτέλεσμα βαρύτερες αμυχτικές κακώσεις.

Πώς λειτουργούν οι ζώνες ασφαλείας; (από το CD "Ανακαλύπτω τις Μηχανές")



Η σωστή εφαρμογή της ζώνης ασφαλείας του αυτοκινήτου απαιτεί:

- Η ζώνη να περνάει πάνω από τον ώμο, το διαγώνιο τμήμα της ζώνης να περνάει στη μέση της απόστασης από το λαιμό μέχρι την ακμή του ώμου και κατά μήκος του στήθους (η κλειδα είναι αρκετά δυνατή για να αντέξει τις δυνάμεις της σύγκρουσης ενώ οι πλευρές μπορούν εύκολα να σπάσουν προκαλώντας βλάβες στα εσωτερικά όργανα).

Συμπεράσματα

Το λογισμικό ΟΛΟΤΕΧΝΟ αποτελεί μια πρόταση που φιλοδοξεί να μεταφέρει την εκπαιδευτική διαδικασία στο χώρο εκπαιδευτικού εργαστηρίου με πολλαπλές δυνατότητες για τον εκπαιδευτικό και το μαθητή. Όμως προκύπτουν ερωτήματα για την εφικτότητα της εφαρμογής μιας τέτοιας πρότασης.

Η περιορισμένη εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας όπως γίνεται σήμερα στα σχολεία μας έρχεται σε αντίθεση με την καταγεγραμμένη αντίληψη (Γλαμπεδάκης 2002) των καθηγητών του κλάδου ΠΕ4 που η συντριπτική τους πλειοψηφία πιστεύει στην αναγκαιότητα της εργαστηριακής άσκησης στα μαθήματα των ΦΕ και ένα σημαντικό ποσοστό τους θεωρεί ότι πρέπει να καλύπτεται εργαστηριακά όλη η ύλη. Παράλληλα στις περισσότερες περιπτώσεις το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού που απαιτείται (H/Y, συστήματα αισθητήρων και απτήρων) υπάρχει στα σχολεία που όμως για διάφορους λόγους μένει ανεκμετάλλευτος ή χρησιμοποιείται ελάχιστα. Σημαντικά προβλήματα είναι η έλλειψη χρόνου για την κάλυψη της ύλης και οι δυσκολίες και ο φόβος που έχουν οι εκπαιδευτικοί στην ενσωμάτωση των ΨΤ στην εκπαιδευτική διαδικασία αλλά και την εφαρμογή εργαστηριακών πρακτικών. Για την κάλυψη της ύλης θεωρούμε πως η συνεχής χρήση των ιδίων εκπαιδευτικών εργαλείων σε επίπεδο τάξης οδηγεί σε δραματική μείωση του χρόνου που απαιτείται για την εφαρμογή τους. Οι δυσκολίες στη χρήση των τεχνολογικών μέσων περιορίζονται με την εξοικείωση με αυτά και ίσως με υποστήριξη που θα πρέπει να έχουν κατά την πρώτη εφαρμογή τους.

Η επιτυχία μιας τέτοιας πρότασης μπορεί να υπάρξει μόνο αν διακρίνουμε σε αυτή στοιχεία που θα μας επιτρέψουν να βελτιώσουμε το μαθησιακό και παιδαγωγικό κλίμα της τάξης μας, όχι βασιζόμενοι στο στοιχείο του εντυπωσιασμού συνήθως εμπεριέχουν οι εφαρμογές των ΨΤ, αλλά στην ουσιαστική βοήθεια που θα μας προσφέρουν.

Παραπομπές

- Γλαμπεδάκης Μ. «Τα εργαστήρια Φυσικής – Χημείας – Βιολογίας στα Σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης» Παιδαγωγική Εταιρία Ελλάδος – Ελληνική Παιδαγωγική και Εκπαιδευτική Έρευνα 3^ο Πανελλήνιου Συνεδρίου 2002
- Καλκάνης Γ.Θ. “Εκπαιδευτική Τεχνολογία Εκπαιδευτικές Εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφόρησης (και) στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες”, Αθήνα 2002.
- Πατρινόπουλος Μ. ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά Εκπαιδευτικό Εργαστήριο Σχεδίαση Ανάπτυξη Εφαρμογές στις Φυσικές Επιστήμες» Διδακτορική Διατριβή ΠΤΔΕ Εθν. Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών 2006
- «Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικής Λυκείου» Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 1997
- ΥΠΕΠΘ 2006 «Εργαστηριακή Διδασκαλία των Φυσικών Μαθημάτων στα Γενικά Λύκεια»