

Υπολογισμοί φυσικών μεγεθών κατά την ευθύγραμμη κίνηση σώματος. Εφαρμογή και αξιολόγηση διδακτικού σεναρίου.

Κυριακόπουλος Νικόλαος

Φυσικός, M.Sc

nkyriak@gmail.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία βασίζεται σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 74 μαθητές της Α΄ τάξης του Γενικού Λυκείου κατά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής δυο διαδοχικές σχολικές χρονιές (2012-2014). Συγκεκριμένα οι μαθητές μελέτησαν την ευθύγραμμη κίνηση ενός σώματος και υπολόγισαν φυσικά μεγέθη, με τη βοήθεια ενός Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (ΣΣΛΑ) που ήταν προσαρμοσμένο κατάλληλα σε υφιστάμενη πειραματική διάταξη. Η διδακτική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η καθοδηγούμενη ανακάλυψη, και οι μαθητές δούλεψαν ομαδοσυνεργατικά. Παρουσιάζεται η πειραματική διάταξη με το ΣΣΛΑ που χρησιμοποιήθηκε, το διδακτικό σενάριο που εφαρμόστηκε στη σχολική τάξη, καθώς και τα ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του διδακτικού σεναρίου.

Λέξεις - κλειδιά: Φυσική, ευθύγραμμη κίνηση, Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης, καθοδηγούμενη ανακάλυψη, ομαδοσυνεργατικότητα

Εισαγωγή

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών στο μάθημα της Φυσικής στην Α΄ τάξη του Γενικού Λυκείου διδάσκονται οι ευθύγραμμες κινήσεις, η δυναμική σε μια διάσταση και στο επίπεδο καθώς και οι έννοιες του έργου και της ενέργειας (Βλάχος κ.α., 2014 · Κασσέτας, 2000). Για καθεμιά από τις παραπάνω θεματικές ενότητες υπάρχουν στη βιβλιογραφία αρκετά καλοσχεδιασμένα κλασικά πειράματα τα οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν εύκολα στο σχολικό εργαστήριο (Βλάχος κ.α, 2008 · Αρναουτάκης κ.α., 2005 · Schaim et al, 1985). Σύμφωνα με τα παραπάνω, και με βάση τις αρχές της ανακαλυπτικής μάθησης αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στην τάξη ένα διδακτικό σενάριο που συνδυάζει το κλασικό πείραμα και τις νέες τεχνολογίες. Σκοπός του συγκεκριμένου διδακτικού σεναρίου ήταν μέσα από ένα και μόνο πείραμα να μελετηθούν έννοιες και φυσικά μεγέθη από το σύνολο σχεδόν των θεματικών ενοτήτων της Φυσικής Α΄ Λυκείου. Για το λόγο αυτό το διδακτικό σενάριο εφαρμόστηκε προς το τέλος της σχολικής χρονιάς οπότε οι μαθητές είχαν διδαχθεί το σύνολο των απαιτούμενων εννοιών.

Η δομή του διδακτικού σεναρίου που εφαρμόστηκε στην τάξη

Σχέδιο μαθήματος

Διδακτικοί στόχοι:

Με τη διδασκαλία αυτού του μαθήματος οι μαθητές έπρεπε:

1. Να εκτελέσουν συγκεκριμένο πείραμα ευθύγραμμης κίνησης και να λάβουν πειραματικές μετρήσεις με τη βοήθεια του ΣΣΛΑ.
2. Να σχεδιάσουν γραφικές παραστάσεις και από αυτές να εξάγουν συμπεράσματα.
3. Να υπολογίσουν πειραματικά, φυσικά μεγέθη όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση, το έργο και η ενέργεια.
4. Να υπολογίσουν πειραματικά τη δύναμη της τριβής καθώς και το συντελεστή τριβής ολίσθησης.
5. Να εργάζονται σε ομάδες πραγματοποιώντας τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας.

Διδακτική μεθοδολογία:

Η διδακτική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η καθοδηγούμενη ανακάλυψη (Χαλκιά, 2012 · Ζησιμόπουλος κ.α., 2002). Οι μαθητές μέσω ενός φύλλου εργασίας καθοδηγήθηκαν ώστε να εκτελέσουν συγκεκριμένο πείραμα ευθύγραμμης κίνησης, να λάβουν πειραματικές μετρήσεις, να τις επεξεργαστούν και να εξάγουν τα συμπεράσματά τους.

Εκτιμώμενη διάρκεια διδασκαλίας:

Τρεις διδακτικές ώρες. Δυο ώρες για την πραγματοποίηση του φύλλου εργασίας και μια ώρα για τη συμπλήρωση του φύλλου αξιολόγησης.

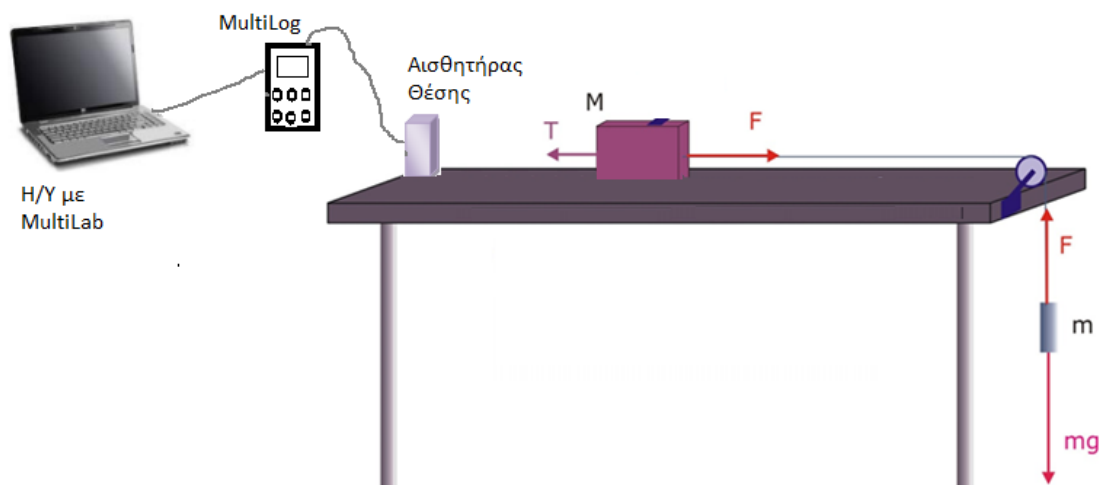
Προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών:

Για τη συγκεκριμένη διδασκαλία οι μαθητές όφειλαν να γνωρίζουν:

- Να χρησιμοποιούν την τεχνική της γραφικής παράστασης.
- Τις έννοιες/μεγέθη, μετατόπιση, ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη, τριβή, έργο και ενέργεια (Βλάχος κ.α., 2014).

Πειραματική διάταξη-Θεωρητικές επισημάνσεις:

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε η πειραματική διάταξη που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1 και η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον εξοπλισμό που υπάρχει στα περισσότερα Σχολικά Εργαστήρια Φυσικών Επιστημών των Γενικών Λυκείων.



Σχήμα 1: Πειραματική διάταξη με προσαρμοσμένο το ΣΣΛΑ.

Το σώμα που φαίνεται στο σχήμα 1 και χρησιμοποιείται στο πείραμα, έχει μάζα $M=234\text{g}$ και είναι δεμένο στο ένα άκρο νήματος που θεωρείται μη εκτατό και αμελητέας μάζας. Το νήμα διέρχεται από τροχαλία (που θεωρείται αμελητέας μάζας) και στο άλλο άκρο του κρεμάμε ένα βαρίδι μάζας $m=200\text{g}$. Αν αφήσουμε το σώμα να κινηθεί χωρίς να του δώσουμε αρχική ταχύτητα, τότε σύμφωνα με τη θεωρία (Βλάχος κ.α., 2014) το σώμα θα αποκτήσει σταθερή επιτάχυνση α , από τη δράση της συνισταμένης των δυνάμεων F και T , όπου F είναι η δύναμη που ασκεί το νήμα στο σώμα (τάση του νήματος) και T η τριβή ολίσθησης μεταξύ του σώματος και του οριζοντίου επιπέδου. Από την εφαρμογή του 2ου νόμου του Νεύτωνα για κάθε σώμα χωριστά, προκύπτουν οι εξισώσεις:

$$F - T = M \cdot \alpha$$

$$m \cdot g - F = m \cdot \alpha$$

από τις οποίες, με απαλοιφή της F , προκύπτει η σχέση:

$$T = m \cdot g - (M + m) \cdot \alpha \quad (1)$$

Επίσης η τριβή ολίσθησης T δίνεται από τη σχέση:

$$T = \mu \cdot N$$

όπου N είναι η κάθετη δύναμη που ασκεί η επιφάνεια επαφής στο σώμα και μ ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ του σώματος και του οριζοντίου ξύλινου πάγκου. Στην πειραματική διάταξη που χρησιμοποιείται η κάθετη αντίδραση της επιφάνειας N , ισούται με το βάρος $M \cdot g$ του αμαξιού. Επομένως ισχύει:

$$T = \mu \cdot M \cdot g \Rightarrow \mu = \frac{T}{M \cdot g} \quad (2)$$

Προκειμένου να προσδιορίζεται η θέση του σώματος μάζας M σε σχέση με το χρόνο, στον εργαστηριακό πάγκο και πίσω από το σώμα βρίσκεται ένας αισθητήρας θέσης ο οποίος στέλνει τις μετρήσεις που λαμβάνει στον καταγραφέα MultiLog. Ο καταγραφέας στη συνέχεια στέλνει τις μετρήσεις στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τον οποίο επικοινωνεί μέσω του λογισμικού MultiLab. Το λογισμικό επιτρέπει με κατάλληλη ρύθμιση την ταυτόχρονη λήψη και απεικόνιση των πειραματικών μετρήσεων σε αντίστοιχη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου. Επίσης το MultiLab διαθέτει και τα κατάλληλα μαθηματικά εργαλεία για επεξεργασία των μετρήσεων και των γραφικών παραστάσεων. Να σημειωθεί ότι ο αισθητήρας θέσης που χρησιμοποιήθηκε ανιχνεύει τη θέση οποιουδήποτε σώματος που βρίσκεται σε απόσταση 0,4 έως 5m (Αμαξοτεχνική ΑΕΒΕ, 1999).

Οργάνωση της τάξης και διαχείριση διδακτικού χρόνου:

Οι μαθητές ήταν χωρισμένοι σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων και δούλευαν ομαδοσυνεργατικά. Η σύνθεση των ομάδων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα κοινωνιομετρικά τεστ που είχαν συμπληρωθεί από τους μαθητές (Ματσαγγούρας, 2000) καθώς και την

ανομοιογένεια που έπρεπε να διακρίνει κάθε ομάδα, τόσο ως προς τις δεξιότητες των μελών της, όσο και ως προς τις πολιτισμικές τους καταβολές (Ματσαγγούρας, 2005).

Στην πρώτη διδακτική ώρα ο διδάσκων παρουσίασε στους μαθητές το θέμα με το οποίο θα ασχολούνταν, την πειραματική διάταξη την οποία θα χρησιμοποιούσαν καθώς και τον τρόπο λειτουργίας του ΣΣΛΑ. Επίσης επειδή στο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών (ΣΕΦΕ) των περισσότερων Γενικών Λυκείων υπάρχει μόνο ένα ΣΣΛΑ, κάθε ομάδα περνούσε κυκλικά από την πειραματική διάταξη, πραγματοποιούσε τα πειράματα που περιγραφόταν στο φύλλο εργασίας και λάμβανε με το ΣΣΛΑ τις πειραματικές μετρήσεις τις οποίες εκτύπωνε. Στη δεύτερη ώρα οι μαθητές προχώρησαν στην επεξεργασία των μετρήσεων και στον υπολογισμό των φυσικών μεγεθών. Στην τρίτη ώρα ζητήθηκε από τους μαθητές να συμπληρώσουν ένα φύλλο αξιολόγησης.

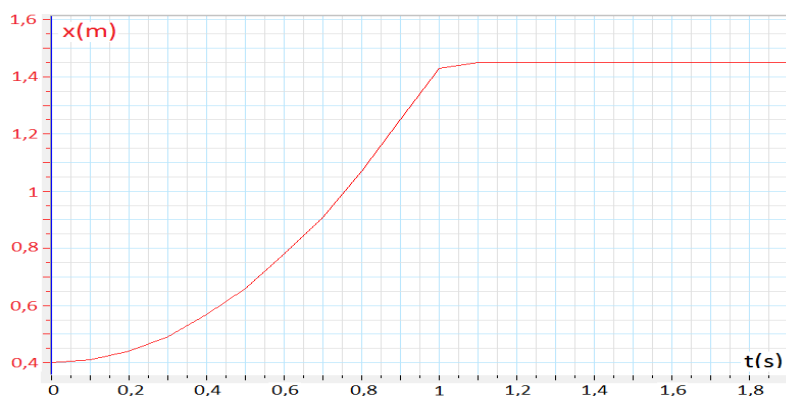
Περιγραφή του φύλλου εργασίας

Στάδιο αφόρμησης:

Η διδασκαλία ξεκίνησε ρωτώντας τους μαθητές να διατυπώσουν σκέψεις για το πώς θα μπορούσαν πειραματικά να υπολογίσουν το συντελεστή τριβής ολίσθησης ενός σώματος που ολισθαίνει πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια. Οι περισσότεροι μαθητές αρκέστηκαν στη διατύπωση κάποιων εξισώσεων επηρεασμένοι από τις ασκήσεις που έλυναν, χωρίς όμως να τις συνδέσουν με μια συγκεκριμένη πειραματική διάταξη.

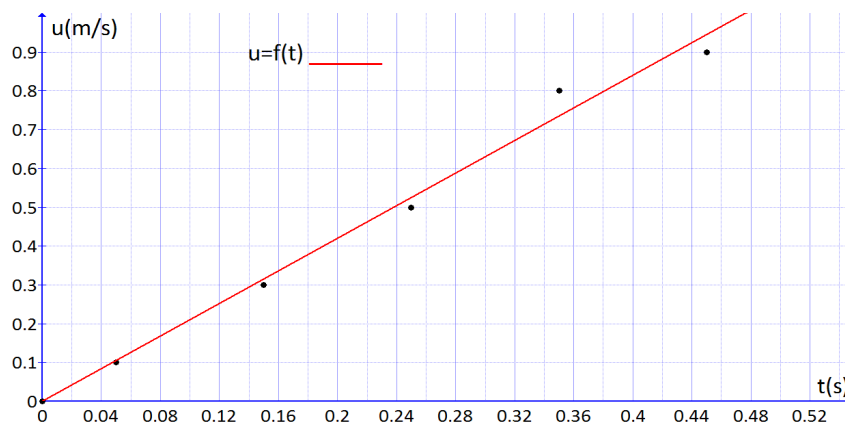
Δραστηριότητες:

1. Για την εκτέλεση της πρώτης δραστηριότητας κάθε ομάδα πέρασε κυκλικά από την πειραματική διάταξη. Από κάθε ομάδα δυο μαθητές έθεταν σε κίνηση το σώμα μάζας M ενώ οι άλλοι δυο χειρίζονταν το ΣΣΛΑ για την ταυτόχρονη λήψη και απεικόνιση των πειραματικών ζευγών (χρόνου t , θέσης x) σε διάγραμμα $x-t$. Το ΣΣΛΑ ήταν ρυθμισμένο να λαμβάνει 10μετρήσεις/s για χρονικό διάστημα καταγραφής 2s. Όταν κάθε ομάδα ολοκλήρωνε το πείραμα, εκτύπωνε τις πειραματικές μετρήσεις και το διάγραμμα $x-t$ (διάγραμμα 1) και επέστρεφε στο πάγκο εργασίας για να πραγματοποιήσει τις υπόλοιπες δραστηριότητες του φύλλου εργασίας. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε με επιτυχία από όλες τις ομάδες, παρά τις όποιες μικρές τεχνικές δυσκολίες οι οποίες ξεπεράστηκαν γρήγορα με την καθοδήγηση του καθηγητή.



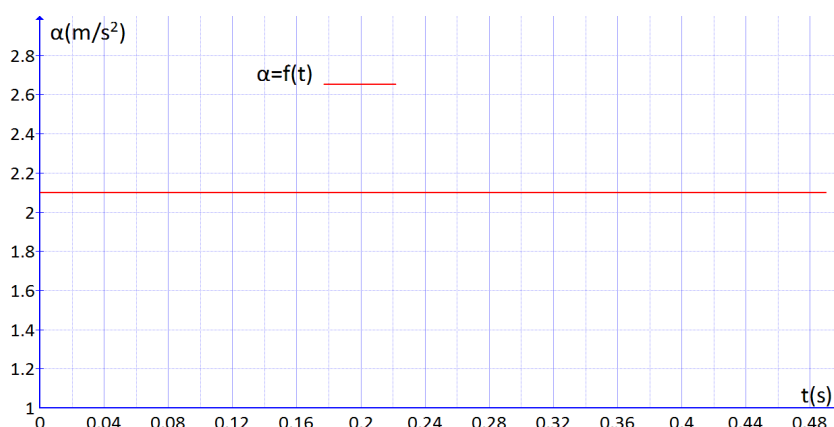
Διάγραμμα 1: Διάγραμμα $x-t$.

2. Στη 2^η δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να υπολογίσουν την κλίση του διαγράμματος $x-t$ σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, να καταχωρίσουν τα ζεύγη τιμών (χρόνου t , ταχύτητας u) σε κατάλληλο πίνακα και να σχεδιάσουν το διάγραμμα $u-t$ (διάγραμμα 2). Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα το 73% βρήκε σωστά τα ζεύγη τιμών (t, u) και σχεδίασε σωστά τη γραφική παράσταση $u-t$. Το υπόλοιπο 27% των μαθητών φάνηκε να μη χειρίζεται σωστά την τεχνική της γραφικής παράστασης και να μη μπορεί εξάγει συμπεράσματα από αυτή. Με την καθοδήγηση του καθηγητή, αλλά και τη συνεργασία μεταξύ των μελών κάθε ομάδας, η δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε τελικά από όλους τους μαθητές.



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα $u-t$.

3. Στην 3^η δραστηριότητα οι μαθητές από την κλίση του διαγράμματος $u-t$ υπολόγισαν την επιτάχυνση a του σώματος μάζας M ($a=2,1\text{m/s}^2$) και σχεδίασαν τη γραφική παράσταση $a-t$ (διάγραμμα 3). Και σε αυτή τη δραστηριότητα τα ποσοστά των μαθητών που απάντησαν σωστά ή που δυσκολεύτηκαν να απαντήσουν ήταν παρόμοια με αυτά της 2^{ης} δραστηριότητας.



Διάγραμμα 3: Διάγραμμα $a-t$.

4. Στην 4^η δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να δείξουν τις σχέσεις (1) και (2) και να υπολογίσουν την τριβή T και το συντελεστή τριβής ολίσθησης μ , χρησιμοποιώντας $g=9,81\text{m/s}^2$ και την τιμή της επιτάχυνσης $a=2,1\text{m/s}^2$ που την είχαν υπολογίσει από την 3^η

δραστηριότητα. Συγκεκριμένα προέκυψε $T=1,05N$ και $\mu=0,46$. Στη δραστηριότητα αυτή το 68% απάντησε σωστά, το 14% αν και ξεκίνησε από σωστές εξισώσεις δεν έφθασε στις σχέσεις (1) και (2), ενώ το 18% έκανε εξαρχής λάθος χειρισμούς. Και εδώ όμως με την κατάλληλη καθοδήγηση όλοι οι μαθητές υπολόγισαν την τριβή T και τον συντελεστή τριβής ολίσθησης μ .

Περιγραφή του φύλλου αξιολόγησης

Με την ολοκλήρωση και του φύλλου εργασίας, δόθηκε σε κάθε μαθητή να συμπληρώσει το φύλλο αξιολόγησης. Στο φύλλο αξιολόγησης δόθηκαν έτοιμα πειραματικά ζεύγη τιμών (t,x) από πείραμα ίδιο με αυτό του φύλλου εργασίας αλλά με διαφορετικό σώμα μάζας M' που εμφάνιζε και ένα διαφορετικό συντελεστή τριβής ολίσθησης με το οριζόντιο ξύλινο επίπεδο. Από τους μαθητές ζητήθηκε να υπολογίσουν μια σειρά φυσικών μεγεθών αξιοποιώντας τη μεθοδολογία του φύλλου εργασίας.

Το 90% των μαθητών αντιλήφθηκε ότι για τον υπολογισμό των μεγεθών έπρεπε να ακολουθήσει τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας, ενώ το υπόλοιπο 10% σχεδίασε κάποιες λανθασμένες γραφικές παραστάσεις με λανθασμένους υπολογισμούς που δεν είχαν κάποια ιδιαίτερη συνοχή. Έτσι το 84% σχεδίασε σωστά το διάγραμμα $x-t$ και στη συνέχεια το 78% σχεδίασε σωστά τα διάγραμμα $u-t$ και $a-t$. Σε ένα επόμενο στάδιο το 70% έδειξε τις σχέσεις (1) και (2) και επομένως υπολόγισε σωστά και τον συντελεστή τριβής ολίσθησης. Μάλιστα συγκρίνοντας την τιμή που βρήκαν με τιμές από πίνακα που τους δόθηκε, βρήκαν ότι το υλικό της επιφάνειας που ολίσθαινε, ήταν από αλουμίνιο.

Μετά την παραπάνω δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να επαληθεύσουν πειραματικά το Θεώρημα Μεταβολής Κινητικής Ενέργειας (ΘΜΚΕ) και να υπολογίσουν την ενέργεια που προσφέρθηκε στο σώμα μάζας M' καθώς και την αύξηση της θερμικής του ενέργειας από τη χρονική στιγμή $t_1=0,2s$ έως την $t_2=0,4s$. Συγκεκριμένα δόθηκε η διατύπωση του ΘΜΚΕ καθώς και η αντίστοιχη εξίσωση. Σύμφωνα με το ΘΜΚΕ, αν σε σώμα μάζας M που τη στιγμή t_1 έχει ταχύτητα u_1 ενεργήσει συνισταμένη δύναμη ΣF κατά τη διεύθυνση της κίνησής του, τότε η ταχύτητά του μεταβάλλεται και γίνεται u_2 τη στιγμή t_2 , έτσι ώστε η μεταβολή της κινητικής του ενέργειας να ισούται με το έργο της συνισταμένης δύναμης ΣF , δηλαδή $K_2 - K_1 = W_{\Sigma F}$ όπου K_1, K_2 , η αρχική και τελική κινητική ενέργεια αντίστοιχα και $W_{\Sigma F}$ το έργο της συνισταμένης δύναμης. Στην περίπτωση της ευθύγραμμης κίνησης με ΣF σταθερό και κατά τη διεύθυνση της ταχύτητας ισχύει:

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot u_2^2 - \frac{1}{2} \cdot M \cdot u_1^2 = \Sigma F \cdot \Delta x$$

όπου $\Delta x = x_2 - x_1$ η μετατόπιση του σώματος που αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα $\Delta t = t_2 - t_1$. Εφαρμόζοντας τον 2^ο Νόμο του Νεύτωνα η προηγούμενη σχέση γίνεται:

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot u_2^2 - \frac{1}{2} \cdot M \cdot u_1^2 = M \cdot a \cdot \Delta x \quad (3)$$

Για παράδειγμα με βάση τις μετρήσεις του φύλλου εργασίας προκύπτει ότι:
Για $t_1=0,2s$ είναι $x_1=0,44m$ και $u_1=0,42m/s$ ενώ, για $t_2=0,4s$ είναι $x_2=0,57m$ και $u_2=0,84m/s$.

Άρα:

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot u_2^2 - \frac{1}{2} \cdot M \cdot u_1^2 = 0,062J$$

$$M \cdot a \cdot \Delta x = 0,063J$$

Οπότε πράγματι το ΘΜΚΕ επαληθεύεται και πειραματικά.

Επίσης στο ίδιο χρονικό διάστημα $\Delta t=t_2-t_1=(0,4-0,2)s$ έχουμε:

$$F=T+M \cdot a=1,54N, \text{ \acute{a}\rho\alpha } E_{\text{ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΗ}}=W_F=F \cdot (x_2-x_1)=1,54 \cdot 0,13=0,2J$$

$$\Delta E_{\text{ΘΕΡΜΙΚΗ}} = |W_T| = T \cdot (x_2-x_1)=1,05 \cdot 0,13=0,14J.$$

Το ΘΜΚΕ επαληθεύτηκε από το 64% των μαθητών ενώ ο υπολογισμός των ενεργειών έγινε από το 60% των μαθητών.

Με τις δραστηριότητες του φύλλου αξιολόγησης αξιολογήθηκε το κατά πόσο οι μαθητές ήταν σε θέση να συνδυάσουν τις θεωρητικές τους γνώσεις με την εργαστηριακή πρακτική για να υπολογίσουν μια σειρά φυσικών μεγεθών που αναφέρονται ακόμα και στην καθημερινή τους ζωή όπως η τριβή και ο συντελεστής τριβής ολίσθησης. Μάλιστα οι δραστηριότητες του φύλλου εργασίας και αξιολόγησης ήταν έτσι δομημένες, ώστε οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι η εργαστηριακή πρακτική όχι μόνο δεν είναι αποκομμένη από τις ασκήσεις και τα προβλήματα που έχουν συνηθίσει να λύνουν αλλά διευρύνει και προάγει συνολικά τις δεξιότητες των μαθητών.

Συμπεράσματα-Συζήτηση

Συνεκτιμώντας τις παρατηρήσεις του καθηγητή κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και τα ευρήματα από την εφαρμογή του φύλλου εργασίας και του φύλλου αξιολόγησης, το συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο κρίνεται επιτυχές, αφού οι γνωστικοί στόχοι επετεύχθησαν σε ένα ποσοστό περίπου 70%, ενώ οι συναισθηματικοί και οι ψυχοκινητικοί στόχοι σε ποσοστό πάνω από 85% (λειτουργία ομάδων και σύνδεση της νέας γνώσης με την καθημερινή ζωή). Επίσης φάνηκε ότι οι μαθητές εξοικειώθηκαν σχετικά σύντομα με τη χρήση του ΣΣΛΑ και τη λήψη των πειραματικών μετρήσεων. Έτσι προτείνεται η αξιοποίηση των ΣΣΛΑ και σε άλλες πειραματικές δραστηριότητες ευθύγραμμης κίνησης, όπως οι διαδοχικές κινήσεις, η κίνηση σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο, η ελεύθερη πτώση κλπ.

Επίλογος

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 συνδυάζεται και η χρήση νέων τεχνολογιών αλλά και η εργαστηριακή πρακτική. 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 εμπυχωτή (Ματσαγγούρας, 2005). Έτσι σε ένα νέο σχολείο που θα είναι απαλλαγμένο από την στείρα απομνημόνευση και την πολυδαίδαλη ασκησιολογία, 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.
- Αρναουτάκης, Ι., Καρανίκας, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Κουρελής, Ι. (2005). Πειράματα Φυσικής για το Δημοτικό, το Γυμνάσιο και το Λύκειο. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ. (2014). Φυσική Α΄Τάξης Γενικού Λυκείου. Αθήνα: ΙΤΥΕ-Διόφαντος.
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ. (2008). Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Α΄Τάξης Γενικού Λυκείου. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Ζησιμόπουλος, Γ., Καφετζόπουλος, Κ., Μουτζούρη-Μανούσου, Ε., Παπασταματίου, Ν. (2002). Θέματα διδακτικής για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα: Πατάκης.
- Κασσέτας, Α. (2000). Το μακρόν Φυσική προ του βραχέως διδάσκω. Αθήνα: Σαββάλας.
- Ματσαγγούρας, Η. (2000). Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Ματσαγγούρας, Η., (2005). Η σχολική τάξη. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Schaim, H., Dodge, J., Walter, J. (1985). Εργαστηριακός Οδηγός PSSC Φυσική. (Ν. Παπασταματίου, Μτφρ.). Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Χαλκιά, Κ. (2012), Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Αθήνα: Πατάκης.