

Μια Διεπιστημονική Διδακτική Προσέγγιση των Συναρτήσεων με τη βοήθεια Εργαστηριακών Πειραμάτων Φυσικής και με την Αξιοποίηση Εκπαιδευτικού Λογισμικού για τα Μαθηματικά

Γραμμένος Δελιγκάς, Μαθηματικός, M.Sc
Ελληνογαλλική Σχολή 'Καλαμαρί', g_deligk@otenet.gr

Γρηγόριος Δρακόπουλος, Φυσικός
Ελληνογαλλική Σχολή 'Καλαμαρί', drakopoulos@kalamari.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αδιαμφισβήτητη αλήθεια είναι η επιστημονικά στενή σχέση των Μαθηματικών και της Φυσικής. Πιστεύουμε ότι η συνεργασία των δυο αυτών επιστημών σε επίπεδο διδακτικής, μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση τόσο των μαθηματικών εννοιών, όσο και των φαινομένων της Φυσικής. Αυτό μπορεί να γίνει με την εφαρμογή κατάλληλων εργαστηριακών πειραμάτων για την επαλήθευση νόμων της Φυσικής και στη συνέχεια με την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων για τη μελέτη των αντίστοιχων συναρτήσεων. Αν, επιπλέον, το διδακτικό σενάριο προβλέπει συνεργατικές δραστηριότητες, καθώς και αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών, τότε μπορούμε να πούμε ότι έχουμε δημιουργήσει ένα σύγχρονο μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο κυριαρχούν η δράση, ο διάλογος – επιχειρηματολογία, η βιωματική μάθηση, η έκφραση, η αναπαράσταση, η αλληλεπίδραση, η διερεύνηση και ο πειραματισμός.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Η διεπιστημονικότητα, η συνάρτηση της υπερβολής, ο νόμος του Boyle, το λογισμικό *Function Probe*.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εργασία αυτή η οποία πραγματοποιήθηκε κατά το σχολικό έτος 2010-2011, παρουσιάζεται μια πιλοτική διδακτική προσέγγιση διεπιστημονικού χαρακτήρα και συνεργατικής μάθησης από αντιπροσωπευτικό δείγμα πέντε μαθητών της Β' τάξης του Ιδιωτικού Λυκείου της Ελληνογαλλικής Σχολής 'Καλαμαρί' Θεσσαλονίκης. Το σενάριο περιελάμβανε:

- A. Την πειραματική επαλήθευση του νόμου της ισόθερμης μεταβολής (Νόμος Boyle) για τα ιδανικά αέρια, σύμφωνα με τον οποίο: «όταν η θερμοκρασία μιας ποσότητας αερίου διατηρείται σταθερή ($T = \text{σταθ.}$) τότε το γινόμενο της πίεσης και του όγκου του αερίου παραμένει σταθερό ($p \cdot V = \text{σταθερό}$)».
- B. Την επεξεργασία με το εκπαιδευτικό λογισμικό για τα μαθηματικά, **Function Probe**, των αποτελεσμάτων και τη μελέτη της γραφικής παράστασης της υπερβολής που προέκυψε. Τα βήματα εργασίας των μαθητών καθορίζονταν μέσα από ένα φύλλο εργασίας, στο οποίο υπήρχαν και οι ερωτήσεις στις οποίες έπρεπε να απαντήσουν οι μαθητές.

Διδακτικοί στόχοι

A. Από πλευράς Μαθηματικών:

- Η κατανόηση της σχέσης των αντιστρόφως ανάλογων ποσών και η συσχέτισή τους με τη γραφική παράσταση της υπερβολής $y = a/x$.
- Η ερμηνεία της συμπεριφοράς της γραφικής παράστασης της υπερβολής, καθώς αυτή πλησιάζει τους άξονες (ασύμπτωτοι άξονες της υπερβολής).
- Η γεωμετρική ερμηνεία της μονοτονίας φθίνουσας συνάρτησης.

B. Από πλευράς Φυσικής:

- Η κατανόηση του νόμου του Boyle για τα αέρια.
- Η διαπίστωση της απόκλισης των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών πειραμάτων σε σχέση με τη θεωρητική γνώση.

Παιδαγωγικοί στόχοι

- Η καλλιέργεια πνεύματος συνεργασίας και συνεισφοράς στην ομάδα..
- Η δημιουργία ουσιαστικών σχέσεων συνεργασίας και διαλόγου μαθητών-καθηγητών.
- Η τόνωση του ενδιαφέροντος για τη Φυσική και τα Μαθηματικά.
- Η ενθάρρυνση για ερευνητική δραστηριότητα.
- Η δημιουργία ενός επιστημονικού τρόπου σκέψης.

Μεθοδολογία εφαρμογής του σεναρίου

Το συντονισμό και την καθοδήγηση των μαθητών, κυρίως ως προς την επιστημονική μεθοδολογία και ορθότητα, την είχαν οι καθηγητές τους των μαθηματικών και της φυσικής. Οι μαθητές εργάζονταν συνεργατικά, αλλά με διακριτούς ρόλους μέσα στην ομάδα και στις δυο φάσεις της δραστηριότητας. Έτσι, στην εργαστηριακή εφαρμογή της Φυσικής, οι τρεις μαθητές εκτελούσαν το πείραμα και οι άλλοι δυο κατέγραφαν τις μετρήσεις στο φύλλο εργασίας. Στην εφαρμογή με το λογισμικό, δυο μαθητές χειριζόταν το πρόγραμμα, δυο διαχειρίζονταν το φύλλο εργασίας και ένας παρακολουθούσε συνολικά τη διαδικασία για τυχόντα λάθη ή παραλείψεις.

Η χρονική διάρκεια υλοποίησης ήταν μια διδακτική ώρα για το εργαστηριακό πείραμα και δυο διδακτικές ώρες για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων με το λογισμικό, τη μελέτη της συνάρτησης και τη συμπλήρωση του φύλλου εργασίας. Η συνολική χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης της δραστηριότητας, ήταν μια εβδομάδα.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Η διδακτική προσέγγιση του σεναρίου, στηρίχθηκε στις **σύγχρονες αντιλήψεις** για τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι μαθητές, οι οποίες έχουν τη βάση τους στην παραδοχή ότι η γνώση δε «μεταφέρεται» από τον δάσκαλο στο μαθητή, αλλά αντίθετα, η γνώση και ο μαθητής, είναι έννοιες αλληλένδετες. Ο μαθητής συμμετέχει ενεργά στην οικοδόμηση ανάπτυξης της γνώσης του (υπόθεση της κατασκευής της γνώσης). Μάλιστα, με βάση την κοινωνική θεώρηση της μάθησης, τη θεωρία του Vygotsky, κυρίαρχο στοιχείο πρέπει να είναι η ανθρώπινη κοινότητα μέσα στην οποία αναπτύσσεται η νόηση. Πώς όμως υπηρετούνται αυτές οι αρχές μέσα από τη συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση;

Όπως αναφέρεται από τους Δελιγκά και Τουμπεκτσή (2010): «**Το πείραμα** στο εργαστήριο του σχολείου, είναι μια διαδικασία μετασχηματισμού της πραγματικότητας σε ελεγχόμενες συνθήκες χώρου και αναπαραγωγής ενός φαινομένου ρυθμίζοντας τις συνθήκες εξέλιξής του, σύμφωνα με το σκοπό μας. Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, ο μαθητής παρακολουθεί με όλες τις αισθήσεις του τα αντικείμενα και τα φαινόμενα σε πραγματικές συνθήκες».

Επίσης, όπως προκύπτει από τον Κυνηγό (2007, σ.36), σύμφωνα με τον Papert (1980), τα **τεχνολογικά εργαλεία** για τη διδακτική των μαθηματικών θεωρούνται ως μέσο έκφρασης της ανθρώπινης λογικής, ότι δηλαδή αποτελούν μια πολιτισμική έκφραση, όπως είναι η ανθρώπινη γλώσσα. Το **Function Probe**, είναι ένα λογισμικό εργαλείο για τη σύγχρονη Άλγεβρα και σύμφωνα με τους συγγραφείς του: «έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία των

μαθητών στο να αναγνωρίζουν και να μαθαίνουν να εργάζονται με συναρτήσεις, σε ένα περιβάλλον όμοιο με τον πραγματικό κόσμο», (Function Probe, 2002).

Στη διδακτική μας προσέγγιση αξιοποιήθηκε και η **συνεργατική μάθηση**, βασική αρχή της οποίας είναι η δημιουργία ομάδων, με στόχο την εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και την κοινωνικοποίηση των μαθητών. Το αποτέλεσμα της μάθησης, απορρέει από την αλληλεπίδραση των μελών της ομάδας, καθώς οι μαθητές εκφράζουν τις ιδέες τους και διευρύνουν τη σκέψη τους μέσω του διαλόγου (Παμουκτσόγλου, 2009).

Η **διεπιστημονικότητα**, είναι ένας τρόπος προσέγγισης των θεματικών ενοτήτων, ένα είδος σύμπραξης των ποικίλων επιστημονικών κλάδων (στη συγκεκριμένη περίπτωση Μαθηματικών και Φυσικής) διατηρώντας διακριτά τα μαθήματα και προσπαθώντας με διαφορετικούς τρόπους να συσχετίζει το περιεχόμενό τους. Όπως επισημαίνεται από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2007), ένας από τους σκοπούς του μαθήματος των Μαθηματικών είναι να έρθουν οι μαθητές σε επαφή με τις ποικίλες εφαρμογές των Μαθηματικών στις άλλες επιστήμες και στη σύγχρονη πραγματικότητα.

Τέλος, η επιλογή μας για τη μελέτη συνάρτησης μέσα από τη συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση, οφείλεται στη διαπίστωσή μας, από διδακτική εμπειρία, ότι υπάρχει **δυσκολία στην κατανόησή της έννοιας της συνάρτησης** από τους μαθητές. Όπως προκύπτει από τις επιστημονικές έρευνες, ένας παράγοντας που επηρεάζει ιδιαίτερα τη μάθηση των συναρτήσεων, είναι η δυνατότητα των πολλαπλών αναπαραστάσεών τους (τύπος, πίνακας τιμών, γραφική παράσταση). Καθεμιά από τις αναπαραστάσεις αυτές, μολονότι έχει διαφορετικά πλεονεκτήματα, δεν μπορεί να περιγράψει πλήρως μια μαθηματική έννοια. Γι' αυτό το λόγο, η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων για την ίδια μαθηματική έννοια ή κατάσταση, μπορεί να θεωρηθεί η βάση της μαθηματικής κατανόησης (Duvall, 2002).

ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Το εργαστηριακό πείραμα επαλήθευσης του νόμου του Boyle για τα ιδανικά αέρια, πραγματοποιήθηκε σε δυο διαφορετικές καταστάσεις θερμοκρασίας (20° C και 50° C). Τα υλικά που χρειάστηκαν, ήταν:

- ένας βραστήρας για την παραγωγή ζεστού νερού,
- ένα θερμόμετρο και
- μια συσκευή του νόμου των αερίων (GLA01).

Αφού έγινε η συναρμολόγηση της συσκευής των αερίων, ρυθμίστηκαν οι στρόφιγγες με τέτοιο τρόπο, ώστε να έχει τη δυνατότητα ο αέρας να εισέλθει στο μεταλλικό δοχείο. Οι μαθητές πίεσαν προς τα κάτω το μοχλό απελευθέρωσης που υπάρχει στον μεταλλικό κύλινδρο και τράβηξαν προς τα πάνω το στέλεχος ώστε, να εισέλθει αέρας στο θάλαμο. Ανέβασαν το στέλεχος μέχρι τον όγκο 300 ml και στη συνέχεια γύρισαν τις στρόφιγγες έτσι ώστε να μην εισέρχεται αέρας στον θάλαμο, αλλά αυτός να επικοινωνεί μόνο με το μανόμετρο.



Την πρώτη φορά που εκτελέστηκε το πείραμα, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασία του αέρα στο θάλαμο ήταν 20° C. Το πείραμα άρχισε πιέζοντας αργά τη χειρολαβή, ώστε να μειώνεται ο όγκος κατά 20 ml κάθε φορά (Σχήμα 1). Έτσι, σημειώνονταν η ένδειξη του μανόμετρου και ο όγκος του αέρα στο θάλαμο. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε όταν ο όγκος έφτασε 160 ml. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε σε μεγαλύτερη θερμοκρασία, ζεσταίνοντας νερό.

Για την πίεση του αέρα στο δοχείο, ισχύει: $P_{αέρα} = P_{atm} + P_{μαν} = 1,01 + P_{μαν}$, (σε bar), όπου P_{atm} η ατμοσφαιρική πίεση και $P_{μαν}$ η ένδειξη του μανομέτρου. Επειδή η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι $1atm = 1,01325$ bar, όταν το μεταλλικό μανόμετρο έδειχνε 0 bar, γινόταν διόρθωση στην ένδειξη προσθέτοντας 1,01 bar. Οι μαθητές κατέγραφαν τα αποτελέσματα σε κατάλληλα διαμορφωμένο φύλλο εργασίας.

Σχήμα 1. Η συσκευή αερίων





Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Σύμφωνα με τις οδηγίες, αρχικά οι μαθητές άνοιξαν το παράθυρο 'Πίνακας' του λογισμικού, όρισαν τις μεταβλητές του προβλήματος και έκαναν την εισαγωγή των δεδομένων στις αντίστοιχες στήλες. Ακολούθως, άνοιξαν το παράθυρο 'Γράφημα' και το μεγάλωσαν στο επιθυμητό μέγεθος. Από το μενού 'Γράφημα', επιλέγοντας την εντολή 'Μεταβλητές' όρισαν τις μεταβλητές των δυο αξόνων, ενώ από την εντολή 'Αλλαγή κλίμακας', μπορούσαν να καθορίσουν τα άκρα των αξόνων (min x, max x, min y, max y), καθώς και το διάστημα μεταξύ των γραμμών πλέγματος. Στη συνέχεια, τοποθέτησαν τα εικονίδια  και  στις στήλες της ανεξάρτητης και εξαρτημένης μεταβλητής αντίστοιχα και έκαναν αποστολή των σημείων στο γράφημα, χρησιμοποιώντας την εντολή 'Σημεία σε Γράφημα' του μενού 'Αποστολή' του παραθύρου 'Πίνακας'. Τέλος, στο παράθυρο 'Γράφημα' δημιούργησαν τη γραφική παράσταση και έκαναν τη μελέτη της.

Το Παράθυρο 'Πίνακας' του Function Probe

Στο σχήμα 2, παρουσιάζεται ο 'Πίνακας' του λογισμικού συμπληρωμένος με τις μεταβλητές και τα αποτελέσματα του πειράματος της ισόθερμης μεταβολής - Νόμος Boyle στις δυο καταστάσεις (από πλευράς θερμοκρασίας) του πειράματος.

Σχήμα 2. Το παράθυρο 'Πίνακας' με τα δεδομένα του πειράματος Boyle

Πίνακας						
Αρχείο Επεξεργασία Αποστολή Παράθυρα Πίνακας						
						
V	p	q=Vp		V'	p'	q'=V'p'
Όγκος (ml) (Θερμ. 20 βαθμ. C)	Πίεση (bar) (Θερμ. 20 βαθμ. C)	Γινόμενο		Όγκος (ml) (Θερμ. 50 βαθμ. C)	Πίεση (bar) (Θερμ. 50 βαθμ. C)	Γινόμενο
320	1.07	342.4		320	1.07	342.4
300	1.13	339		300	1.13	339
280	1.21	338.8		280	1.23	344.4
260	1.31	340.6		260	1.31	340.6
240	1.41	338.4		240	1.43	343.2
220	1.53	336.6		220	1.55	341
200	1.69	338		200	1.7	340
180	1.87	336.6		180	1.89	340.2
160	2.12	339.2		160	2.13	340.8

Οι ερωτήσεις στις οποίες απάντησαν οι μαθητές μετά τη συμπλήρωση του πίνακα ήταν:

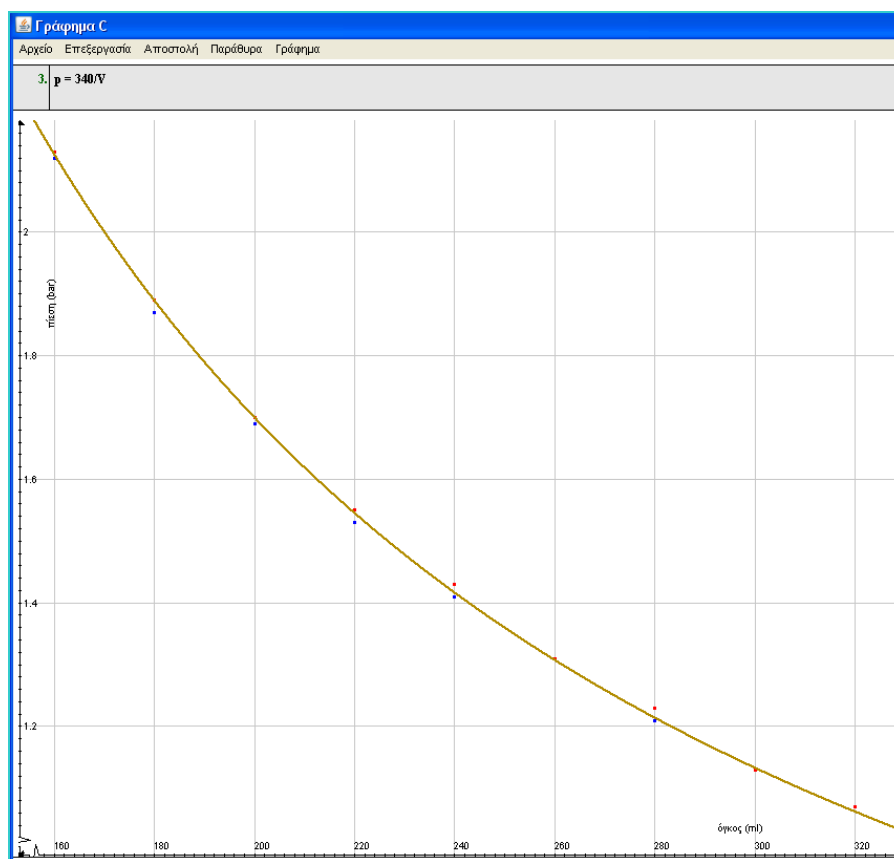
1. Τι παρατηρείτε για το γινόμενο της πίεσης με τον όγκο σε καθεμιά από τις δυο καταστάσεις θερμοκρασίας του αερίου; Συμφωνούν τα αποτελέσματα αυτά με τη θεωρητική σας γνώση; Αν όχι, που νομίζεται ότι οφείλεται αυτό;

2. Συγκρίνεται τα αποτελέσματα του γινομένου στη στήλη pV (στους 20ο C) με τα αντίστοιχα της στήλης $p'V'$ (στους 50ο C). Τι παρατηρείται; Συμφωνούν τα αποτελέσματα με τη θεωρητική σας γνώση; Αν όχι, που νομίζεται ότι οφείλεται αυτό;

Το Παράθυρο 'Γράφημα' του Function Probe

Στο γράφημα του σχήματος 3, με μπλε χρώμα απεικονίζονται τα σημεία (V, p) , που αντιστοιχούν στη θερμοκρασία των 20° C, με κόκκινο χρώμα τα σημεία (V', p') , που αντιστοιχούν στη θερμοκρασία των 50° C, ενώ η γραφική παράσταση της υπερβολής αντιστοιχεί στον τύπο $p=340/V$. Η τιμή 340 είναι η μέση τιμή του γινομένου της πίεσης και του όγκου του αερίου. Οι μαθητές δημιούργησαν τη γραφική παράσταση ακολουθώντας την οδηγία του φύλλου εργασίας τους: «Από την 'Εργαλειοθήκη' του παραθύρου 'Γράφημα', κάντε κλικ στο 'εικονίδιο νέου τύπου' (' $y=$ '), πληκτρολογήστε στο 'Πλαίσιο Τύπων' τον τύπο $p=340/V$ και πατήστε το 'ENTER'».

Σχήμα 3. Η γραφική παράσταση πίεσης - όγκου



Με βάση τη γραφική παράσταση, οι μαθητές μας κλήθηκαν να επιλέξουν τη σωστή λέξη σε καθεμία από τις παρενθέσεις των παρακάτω προτάσεων:

1. Καθώς αυξάνει ο όγκος του αερίου η πίεση (*αυξάνει/ελαττώνεται*) και αντίστροφα. Η συνάρτηση αυτή ως προς τη μονοτονία της είναι (*αύξουσα/φθίνουσα*) και η γραφική της παράσταση (*ανέρχεται/κατέρχεται*) από αριστερά προς τα δεξιά.
2. Αν αυξηθεί 'πολύ' ο όγκος του αερίου, η πίεση θα πλησιάσει (*την τιμή 0 / την τιμή 1,2*) και η γραφική παράσταση θα πλησιάσει 'πολύ' τον άξονα (*του όγκου / της πίεσης*), ενώ αν ελαττωθεί 'πολύ' ο όγκος η πίεση (*θα μεγαλώσει πολύ / θα πάρει την τιμή 1,8*) και η γραφική παράσταση θα πλησιάσει 'πολύ' τον άξονα (*του όγκου / της πίεσης*).

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Η δραστηριότητα εξελίχθηκε κανονικά, τόσο όσο ως προς το χρονοδιάγραμμα όσο και ως προς τη διαδικασία. Οι συνθήκες εργασίας ήταν ιδανικές, αφού υπήρχε όλη η κατάλληλη υλικοτεχνική υποδομή, αλλά και η διευκόλυνση από τη διεύθυνση του σχολείου ως προς τη διάθεση των απαραίτητων διδακτικών ωρών για την πραγματοποίηση της δραστηριότητας. Το πιο σημαντικό όμως, είναι το κλίμα συνεργασίας που δημιουργήθηκε μεταξύ των μαθητών οι οποίοι καλλιέργησαν και συσφίξαν τις σχέσεις με τους καθηγητές τους. Ο γόνιμος διάλογος μεταξύ μαθητών και καθηγητών και η αλληλοαποδοχή των μαθητών που συνεργάστηκαν στο εργαστήριο, η εξοικείωση των μαθητών με το εργαστηριακό υλικό και με το λογισμικό, έδωσαν ισχυρή ανατροφοδότηση και αποτέλεσαν αφορμή αναστοχασμού, ώστε να εκτελεστούν με επιστημονική ορθότητα τα πειράματα και να κατανοηθούν απόλυτα οι μαθηματικές έννοιες που υπονοούνταν. Όπως δήλωσαν οι ίδιοι οι μαθητές, απέκτησαν μια σημαντική εμπειρία, αυτή της επαφής με την επιστημονική μεθοδολογία. Επίσης, δήλωσαν ότι από τη μια πλευρά κατανόησαν καλύτερα το συγκεκριμένο νόμο της Φυσικής τον οποίο πειραματικά επαλήθευσαν και από την άλλη την υπερβολή που μελέτησαν. Έτσι, μπόρεσαν να συσχετίσουν μαθηματικές έννοιες με έννοιες της φυσικής επιστήμης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από αυτή τη διδακτική προσέγγιση, ενισχύεται η άποψη ότι η κατανόηση των μαθηματικών εννοιών μέσω φαινομένων της Φυσικής δίνει πληρέστερη γνώση. Επίσης, η χρήση εργαστηριακού πειράματος και η αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού στην εκπαιδευτική διαδικασία, μπορούν να αυξήσουν το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή των μαθητών. Τέλος, η συνεργατική μάθηση μπορεί να προσφέρει πρόσθετη διδακτική και παιδαγωγική αξία.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους Σχολικούς μας Συμβούλους, τον Μαθηματικό κ. Γ. Καρατάσιο και τη Φυσικό κα Σ. Λευκοπούλου, για το ενδιαφέρον που επέδειξαν, την ενθάρρυνση, την υποστήριξη τους και τον ζήλο με τον οποίο περιέβαλαν την προσπάθειά μας αυτή. Ευχαριστίες και για τους μαθητές μας που πλαισίωσαν τη δραστηριότητα και εργάστηκαν με ενθουσιασμό και υπευθυνότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Duval, R. (2002). L' apprentissage de l' algèbre et le problème cognitif de la désignation des objets. In *J.Ph. Drouhard and M. Maurel (eds), Actes des Séminaires SFIDA, 13-16 (IV)* (pp 67-94). Nice :IREM.

Function Probe. «Εγχειρίδιο χρήστη, καθηγητή και μαθητή», ΙΤΥ-ΠΙ, EXODUS 2002.

Δελιγκάς, Γ., & Τουμπεκτσής, Σ. (2010). Μια Διεπιστημονική Διδακτική Προσέγγιση της Διδασκαλίας της Συνάρτησης $y = a \cdot x$ με τη βοήθεια Εργαστηριακών Δραστηριοτήτων βασισμένων στο Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης και στο Λογισμικό Function Probe. Στο *Ψηφιακές και Διαδικτυακές Εφαρμογές στην Εκπαίδευση: 2ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ημαθίας, 23-25 Απριλίου 2010* (σελ. 1166-1179). Βέροια-Νάουσα, Ελλάδα.

Κυνηγός, Χ. (2007). *Το μάθημα της διερεύνησης: Παιδαγωγική αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών για τη διδακτική των μαθηματικών*. Αθήνα, Ελλάδα: Ελληνικά Γράμματα.

Παμουκτσόγλου, Α. (2009). Διαθεματικότητα & Μέθοδος Project. Στην *Επιστημονική Ημερίδα για Εκπαιδευτικούς*, 28 Νοεμβρίου 2009. Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Employ.

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. *Οδηγίες για τη διδασκαλία των Μαθηματικών του Γενικού Λυκείου*. Ανακτήθηκε 10 Δεκεμβρίου 2010, από

http://www.pi-schools.gr/lessons/mathematics/odigies_did_math_lyk.pdf