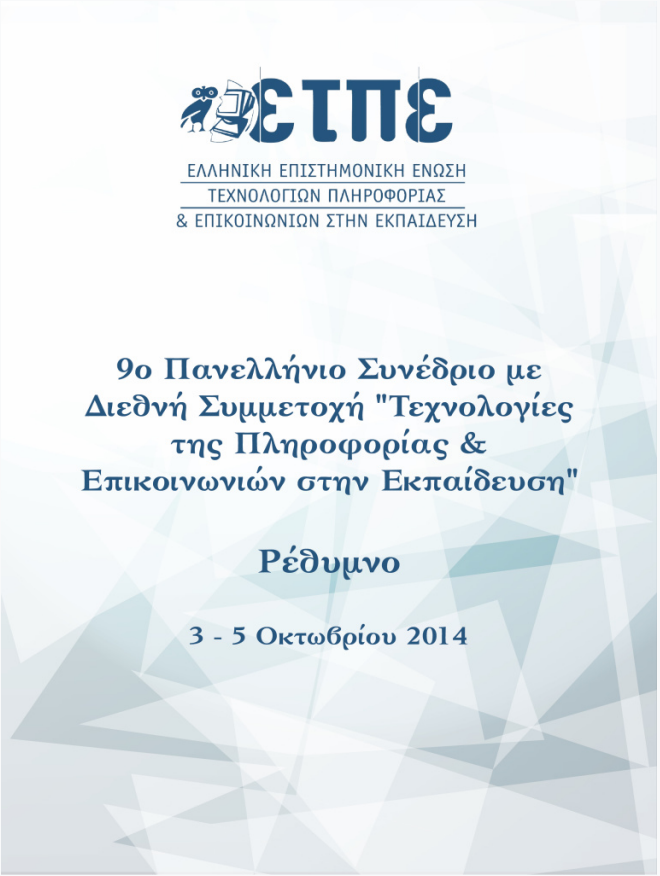
ePublishing

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

(2014)

9ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή "Τεχνολογίες της Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση"



Αξιοποίηση και αξιολόγηση μιας διδακτικής πρακτικής στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση. Λύση προβλημάτων κινηματικής σε ψηφιακό περιβάλλον

Γεώργιος Πολυζώης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Πολυζώης Γ. (2022). Αξιοποίηση και αξιολόγηση μιας διδακτικής πρακτικής στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση. Λύση προβλημάτων κινηματικής σε ψηφιακό περιβάλλον. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 698–707. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3988

Αξιοποίηση και αξιολόγηση μιας διδακτικής πρακτικής στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση. Λύση προβλημάτων κινηματικής σε ψηφιακό περιβάλλον

Γεώργιος Πολυζώης[1]
gpolizois@edc.uoc.gr
[1] Δρ. Διδακτικής και Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών, Ζάννειο Π.Π.ΓΕΛ.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην αξιολόγηση μιας καινοτόμου διδακτικής πρακτικής, *στο μαθημα της Φυσικής*, η οποία πραγματοποιήθηκε το πρώτο τετράμηνο (5 εβδομάδες-15ώρες) του σχολικού έτους 2012-2013 σε *δυο (2) τμήματα* (*πειραματικά τμήματα*) των είκοσι πέντε παιδιών Α΄ τάξης του Πειραματικού Λυκείου, στο Ρέθυμνο. Αξιοποιεί εγκεκριμένο από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο εκπαιδευτικό λογισμικό με το όνομα «ΠΟΛΛΑΠΛΑΝ», Πολλαπλές Αναπαραστάσεις. Το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας στηρίζεται στη μάθηση τη βασισμένη στη διερώτηση (inquiry based learning-IBL) και τα έργα της παρέμβασης εστιάζουν: α) στην επίλυση προβλήματος (problem solving), β) στις πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις (Multiple External Representation-MER) και στη δράση πάνω σε αυτές, γ) στις εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για τις έννοιες της κινηματικής.

Λέξεις κλειδιά: visual learning, πολλαπλές αναπαραστάσεις, ΤΠΕ, Φυσική, κινηματική.

Εισαγωγή

Οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε) κατεξοχήν ευνοούν την εφαρμογή καινοτομιών. Προσεγγίστηκε λοιπόν, το κεφάλαιο της *ευθυγραμμης κίνησης (§ 1.1) – κινηματική στο μάθημα της Φυσικής της Α΄ Λυκείου*, σε δύο από τα τρία τμήματα στα οποία δίδασκα, με έναν εντελώς καινοτομικό τρόπο. Αξιοποιήθηκε στο μάθημα το εγκεκριμένο από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο εκπαιδευτικό λογισμικό με το όνομα «ΠΟΛΛΑΠΛΑΝ», Πολλαπλές Αναπαραστάσεις, (Βλάχος, κ.ά, 2000), του οποίου ο συγγραφέας ειναι και συνδημιουργός.

Θεωρητικό πλαίσιο

Η προσέγγιση του περιεχομένου της κινηματικής στα πειραματικά τμήματα ακολούθησε το πλαίσιο που θέτει η μάθηση με διερώτηση (IBL). Η μάθηση με διερώτηση (IBL) εμπλέκει τους μαθητές σε: έρευνα σχετικά με το φυσικό ή υλικό κόσμο, στη συλλογή δεδομένων για να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα, στην παραγωγή υποθέσεων και στην «αυστηρή» δοκιμή αυτών των υποθέσεων (de Jong, 2006).

Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση παραμένει αμφιλεγόμενη δεδομένου ότι καταγράφονται έρευνες που αμφισβητούν την αποτελεσματικότητά της (Klahr & Nigram 2004; Hmelo - Silver, et. al., 2007).

Σε ένα τυπικό (μέσω υπολογιστή) έργο IBL, οι μαθητές διεξάγουν πειράματα ή μετρήσεις για να ελέγξουν τις υποθέσεις τους σχετικά με τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών σε ένα συγκεκριμένο τομέα της γνώσης (de Jong, 2006). Σε ένα τυπικό μάθημα κινηματικής, μεγαλύτερη προσοχή δίνεται στο πώς θα εκτελέσουν οι μαθητές υπολογισμούς και αλγεβρικούς χειρισμούς, παρά στον τρόπο με τον οποίο αυτοί εργάζονται (Clement, 1982).

Π. Αναστασιάδης, Ν. Ζαράνης, Β. Οικονομίδης & Μ. Καλογιαννάκης, (Επιμ.), *Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Τεχνολογίες της Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση»*. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο, 3-5 Οκτωβρίου 2014.

Εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές εργάζονται πάνω σε προβλήματα τα οποία αφορούν στην κίνηση, προκύπτουν τρία ζητήματα: α) Η ανάγκη οι μαθητές να φαντάζονται την κίνηση διαφόρων σωμάτων, στόχος θεμιτός μεν, γιατί οξύνει την φαντασία τους και διεγείρει την σκέψη τους, αφηρημένος δε, άρα ακατάλληλος για πολλούς από αυτούς, αλλά και με πολλούς περιορισμούς, μιας και δεν μπορούμε να έχουμε την απαίτηση να αντιλαμβάνονται μια ποικιλία κινήσεων. Η εποπτική παρουσίαση που δημιουργούν οι προσομοιώσεις (Roth &Tobin1997) φαντάζει, λοιπόν, ως μία ελκυστική λύση. β) Η δυσκολία των μαθηματικών λύσεων. Το σημείο αυτό θέλει ιδιαίτερη προσοχή γιατί, είναι απαραίτητη η εκμάθηση των μαθηματικών ως εργαλείο-γλώσσα για τη Φυσική. Κάτι τέτοιο, όμως, είναι απαιτητικό, άρα απωθεί και αποθαρρύνει τους μαθητές και μάλιστα περισσότερο αυτούς που σκοπεύουν να ακολουθήσουν θεωρητική κατεύθυνση. γ) Οι γραφικές παραστάσεις. Εδώ το πρόβλημα είναι διαφορετικό. Οι μαθητές κατανοούν τα γραφήματα, αλλά επειδή δυσκολεύονται να τα υλοποιήσουν, δεν θεωρούν ότι μπορούν μέσω αυτών να δώσουν πλήρεις και ολοκληρωμένες λύσεις. Πρέπει, λοιπόν, να πεισθούν να τα χρησιμοποιήσουν (Roth & McGinn, 1997).

Προκειμένου να αντιμετωπισθούν τα παραπάνω ζητήματα, στο πλαίσιο που θέτει η μάθηση με διερώτηση (IBL) οι μαθησιακές στρατηγικές – ενέργειες που υιοθετήθηκαν βασίστηκαν στην επίλυση προβλήματος (problem solving), στις πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις (Multiple External Representation-MER) και στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών Λυκείου στην κινηματική.

Επίλυση προβλήματος (problem solving)

Η επίλυση προβλημάτων, βασική συνιστώσα της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, σε επίπεδο Λυκείου (High School) μοιάζει συχνά με μια μυστηριώδη διαδικασία. Τόσο στα βιβλία όσο και στην τάξη η διαδικασία αυτή εμφανίζεται ως να πρέπει να γνωρίζει ο μαθητής τη λύση του προβλήματος πριν ακόμη ξεκινήσει η επίλυση (!). Έτσι, οι μαθητές αναπτύσσουν μια διαισθητική προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων ή απομνημονεύουν τις λύσεις διαφόρων τύπων προβλημάτων. Και οι δύο προσεγγίσεις αποτυγχάνουν, όταν οι μαθητές έχουν να αντιμετωπίσουν μια εντελώς νέα κατάσταση που περιγράφεται από ένα πρόβλημα που δεν το έχουν συναντήσει στο παρελθόν (Dolmans, et. al., 2001).

Στη Φυσική, ειδικότερα, παρότι ερευνητικά έχουν προταθεί μια ποικιλία μεθόδων για τη διδασκαλία επίλυσης προβλήματος, συχνά αυτές αποτυγχάνουν, γιατί οι μαθητές συνηθίζουν να απομνημονεύουν διαδικασίες ρουτίνας (routine procedures), παρά να σκέφτονται και να αναλύουν τη λύση ενός προβλήματος. Συνηθίζουν να επικεντρώνονται στην παραγωγή της σωστής απάντησης και όχι σε διαδικασίες μάθησης από το πρόβλημα. Γι' αυτούς η διαδικασία επίλυσης προβλήματος είναι 'answer-oriented' και όχι 'process-oriented'. Εργασίες μεταανάλυσης των ερευνών του πεδίου (Lyle & Robinson, 2001; Taconis, et. al, 2001) προτείνουν ότι διδακτικές στρατηγικές, οι οποίες ενσωματώνουν γνωστικές δραστηριότητες (cognitive activities) που περιλαμβάνουν γνώση (knowledge) και δεξιότητες (skills), είναι αποτελεσματικές. Οι πίνακες εννοιών (concept maps) έχουν προταθεί για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος (Novak & Gowing, 1984; Selvaratnam & Canagaratna, 2008). Τέλος αναφέρουμε την προσπάθεια κατασκευής «έμπειρων συστημάτων» από το χώρο της τεχνητής νοημοσύνης (artificial intelligence, AI) για τη διδασκαλία επίλυσης προβλημάτων Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε) (Johnson & Holder, 2002).

Μια άλλη παράμερος που συνδέεται με την επίλυση προβλήματος στις Φ.Ε. είναι η ίδια η φύση του προβλήματος. Οι ερευνητές προτείνουν η φύση των προβλημάτων που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία των Φ.Ε. να είναι οι ίδιες οι Φ.Ε. και όχι τα Μαθηματικά. Οι αλγεβρικές μέθοδοι συχνά είναι μηχανιστικές, περίπλοκες και «συσκοτίζουν» τις έννοιες των

Φ.Ε. Αυτή η άποψη, όμως, έχει ισχύ μόνον στη διδασκαλία πολύ βασικών εννοιών στις Φ.Ε. Σε ανώτερο επίπεδο, όπως αυτό του Λυκείου, είναι βασικό οι μαθητές να έχουν μια "αίσθηση" άνεσης με τα Μαθηματικά που παρουσιάζονται στις Φ.Ε. Η μαθηματική γλώσσα πρέπει να θεωρείται συμπληρωματική της γλώσσας της επιστήμης και έτσι η ταυτόχρονη χρήση τους να δίνει "λύσεις" και όχι "απαντήσεις" στα προβλήματα των Φ.Ε (Meija & Bisenieks, 2004).

Οι αλγεβρικές μέθοδοι, οι οποίες καταλήγουν σε αλγορίθμους (algorithmic formulas), δεν συμβάλλουν σε βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση ούτε ενεργοποιούν δεξιότητες σκέψης υψηλού επιπέδου (higher-level thinking skills) (Polizois & Valanides, 2010). Συγκεκριμένα, ο αλγεβρικός τρόπος αντιμετώπισης (έστω x ο άγνωστος ή εξισώσεις της μορφής $x=u_0t-1/2at^2$) θεωρείται πολύ αφηρημένος για πολλούς μαθητές (Barb & Quinn, 1997). Τα παραπάνω συνδέονται και με τη διαφορά μεταξύ "εννοιολογικού προβλήματος" και "αλγοριθμικού προβλήματος" (Nakhleh & Mitchell, 1993). Η εφαρμογή τέτοιων αλγοριθμικών τύπων, όπως προαναφέρθηκε, "συσκοτίζει" γενικότερες αρχές των Φ.Ε. Τέτοιου είδους καταστάσεις έρχονται, εκτός των άλλων όσων αναφέρθηκαν, σε αντίθεση και με δεδομένα της σύγχρονης βιβλιογραφίας, που συνιστούν ότι όλες οι προϋποθέσεις χρήσης τύπων (formulas) πρέπει να αναλύονται και να χρησιμοποιούνται ρητά (Making Assumption Explicit) (DeMeo, 2001).

Πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις (Multiple External Representation-MER)

Στην παρούσα διδακτική πρακτική αξιοποιήθηκε, για την αισθητοποίηση της λύσης προβλήματος, η γραφική αναπαράσταση (Glazer, 2011). Η αναπαράσταση αυτή "απαλλάσσει" τους μαθητές από τον αλγεβρικό λογισμό (algebraic manipulations) και επιτρέπει στον καθηγητή να επιλέξει από ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων κινηματικής, τα οποία μπορεί να έχουν και αξιόλογη αλγεβρική περιπλοκότητα. Οι απαιτούμενες γραφικές παραστάσεις μπορούν να κατασκευαστούν εύκολα με τη βοήθεια υπολογιστή. Επίσης, κατά τη διαδικασία της γραφικής αναπαράστασης είναι δυνατόν να πραγματεύονται "διάφανα" έννοιες που χρησιμοποιούνται (explicit assumptions).

Το υλικό (προβλήματα), που προτάθηκε, λαμβάνει υπόψη του το μαθηματικό υπόβαθρο των Φυσικών Επιστημών και προσπαθεί, χρησιμοποιώντας τη σύγχρονη τεχνολογία των Η/Υ, να προσεγγίσει απλές ή δύσκολες έννοιες, που είναι απαραίτητες για την παραγωγή διερευνήσεων, οι οποίες και θα καταλήγουν στην επίλυση προβλημάτων.

Σημαντικό ρόλο παίζουν τα εργαλεία δράσης πάνω στις αναπαραστάσεις (Παλίλης et. al, 1998), που στην παρούσα εργασία ηταν:

- Χρονοεξέλιξη μιας αρχικής αναπαράστασης (προσομοιώσεις).
- Εξειδικευμένα εργαλεία όπως: υπολογισμός κλίσης, πρόβλεψη τιμών μεγεθών στο χρόνο, υπολογισμός εμβαδών, κριτήρια επιλογής αναπαράστασης διαδικασιών.

Οι κυριότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών Λυκείου στην Κινηματική.

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την Κινηματική καταλαμβάνουν έναν πολύ μεγάλο όγκο της βιβλιογραφίας της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Για λόγους πληρότητας, συνοψίζουμε τις κυριότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, βασιζόμενοι στα βιβλία των Arons (1992) και Knight (2006).

Εναλλακτικές ιδέες σχετιζόμενες με έννοιες:

- Οι μαθητές δεν διαχωρίζουν τις έννοιες θέση, ταχύτητα και επιτάχυνση, έχουν, δηλαδή, μια «θολή» ιδέα για την κίνηση.

Εναλλακτικές ιδέες σχετιζόμενες με τις γραφικές παραστάσεις:

- Οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν το νόημα της φράσης *γραφική παράσταση x-t, v-t*.
- Οι μαθητές δυσκολεύονται στην ιδέα της κλίσης μιας ευθείας και ακόμη περισσότερο στην ιδέα της κλίσης σε μια καμπύλη.
- Δεν είναι εξοικειωμένοι με την έννοια του εμβαδού που περικλείει μία καμπύλη.

Εναλλακτικές ιδέες στη συσχέτιση γραφικών παραστάσεων και κίνησης:

- Οι μαθητές συναντούν ιδιαίτερη δυσκολία στο να καταφέρουν να συσχετίσουν μια κίνηση με τη γραφική της αναπαράσταση. Η σύγχυση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι, ενώ μετράμε π.χ. τη θέση ενός σώματος που κινείται οριζόντια, στη γραφική παράσταση, η θέση αναπαρίσταται με πλάγιες ευθείες ή γενικότερα με οποιαδήποτε καμπύλη.

Εναλλακτικές ιδέες σχετιζόμενες με την ορολογία:

- Οι εκφράσεις Δx, Δν προκαλούν σύγχυση στους μαθητές.

Περιγραφή της Διδακτικής Πρακτικής

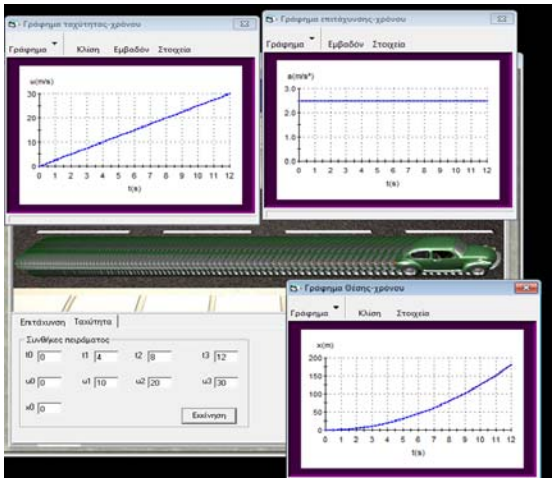
Η διδακτική πρακτική, πραγματοποιήθηκε το πρώτο τετράμηνο (5 εβδομάδες-15ώρες) του σχολικού έτους 2012-2013 σε *δυο (2) τμήματα* (*πειραματικά τμήματα*) των είκοσι πέντε παιδιών της Α΄ τάξης, του Πειραματικού Λυκείου, στο Ρέθυμνο. Σε ένα τρίτο τμήμα (*τμήμα ελέγχου*) ακολουθήθηκε η παραδοσιακή διδασκαλία του κεφαλαίου της κινητικής. Στα πειραματικά τμήματα η πορεία για την προσπέλαση του περιεχομένου της κινηματικής και την επίλυση προβλημάτων ακλούθησε τρία στάδια.

Στο πρώτο στάδιο, πριν να εμπλακούν οι μαθητές με τα προβλήματα κινηματικής, ολοκληρώσαμε *μόνο* τις βασικές έννοιες του Κεφαλαίου (θέση, μετατόπιση - διάστημα, ταχύτητα, μεταβολή της ταχύτητας, επιτάχυνση). *Δεν* διδαχτήκαν οι τύποι των τριών απλών ευθύγραμμων κινήσεων (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση) παρά *μόνο* οι γραφικές τους παραστάσεις x-t, u-t, a-t. Έτσι, οι μαθητές *δεν* έχουν εμπλακεί σε διαδικασίες λύσης απλών ασκήσεων, όπως αυτές που συναντάει κανείς στα περισσότερα διδακτικά βιβλία (π.χ. όπως οι ασκήσεις 6,7,8,11 του σχολικού βιβλίου στις σελίδες 69-70). Έχουν ασχοληθεί με το σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων της θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης ως συναρτήσεις του χρόνου σε μια κίνηση. Έχουν σχεδιάσει ποιοτικά διαγράμματα, στα οποία εμφανίζονται η θέση, τα διανύσματα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης κατά τη διάρκεια μιας κίνησης.

Στο δεύτερο στάδιο, οι μαθητές εξοικειωθήκαν με τις δυνατότητες του λογισμικού ΠΟΛΛΑΠΛΑΝ εργαζόμενοι σε ομάδες των δύο (2) μαθητών στο εργαστήριο Πληροφορικής. Η εξοικείωσή τους περιλάμβανε την εκμάθηση εισαγωγής δεδομένων στην διεπαφή του λογισμικού. Πραγματοποίησαν προσομοιώσεις και παρήγαγαν τις ζητούμενες γραφικές παραστάσεις (Goldstone & Son, 2005). Συζητήθηκε ότι η παραγόμενη φωτογραφία-βίντεο της προσομοίωσης της κίνησης αντιστοιχεί στην πραγματική κίνηση του κινητού και όχι οι παραγόμενες γραφικές παραστάσεις, που αποτελούν τεχνήματα των επιστημόνων. Στο Σχήμα 1 δίνεται η «οθόνη» της υλοποίησης μιας άσκησης εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό. Στο σημείο αυτό τονίστηκε:

- Ο ρόλος των στιγμιότυπων. Επιλέγουμε λίγα στιγμιότυπα (20-25), όταν θέλουμε να παρατηρήσουμε την προσομοίωση, ενώ επιλέγουμε εκατό στιγμιότυπα, όταν θέλουμε να κατασκευάσουμε τις γραφικές παραστάσεις, ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια
- Η κλίση στο διάγραμμα «Ταχύτητα-Χρόνος» δίνει την επιτάχυνση, ενώ το εμβαδόν τη θέση του κινητού
- Ο προσεγγιστικός τρόπος λύσης, ώστε ο μαθητής να εξοικειώνεται

και να αποκτά ευχέρεια στην ανάγνωση γραφικών παραστάσεων.



Σχήμα 1. Προσομοίωση και γραφικές παραστάσεις του λογισμικού

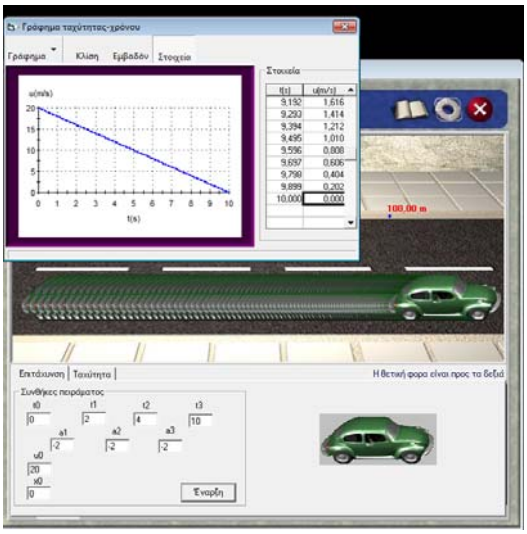
Στο τρίτο στάδιο, δόθηκαν στους μαθητές τυπικά και ρεαλιστικά προβλήματα κινηματικής. Ένα τυπικό πρόβλημα είχε την εκφώνηση: «Αυτοκίνητο κινείται σε οριζόντιο δρόμο με ταχύτητα 72 km/h. Κάποια χρονική στιγμή που την θεωρούμε για αρχή μέτρησης των χρόνων (t=0) αρχίζει να επιβραδύνει, με σταθερή επιβράδυνση 2 m/sec^2. Απαντήστε στα εξής ερωτήματα: α. Πόση απόσταση θα έχει διανύσει όταν η ταχύτητά του υποδιπλασιαστεί; β. Υπολογίστε το χρόνο και το διάστημα που θα διανύσει μέχρι να σταματήσει». Η λύση του (β) ερωτήματος με το λογισμικό φαίνεται στο Σχήμα 2

Μετά τη λύση των τυπικών προβλημάτων οι μαθητές είχαν αποκτήσει αυτοπεποίθηση για τον γραφικό τρόπο λύσης. Έτσι, κλήθηκαν να μεταφέρουν τις γνώσεις τους σε ρεαλιστικά προβλήματα (Pellegrino & Hilton, 2012). Η κατάσταση αυτή απαίτησε από τους μαθητές κατανόηση των κειμένων και μετάφραση των απαιτήσεων των ρεαλιστικών προβλημάτων σε επιλογές του λογισμικού. Η μετάφραση αυτή δεν είναι εύκολη και επιδιώχθηκε ενθάρρυνση και επικοινωνία σε επίπεδο ομάδας, καθώς και παρέμβαση του καθηγητή, για να μπορέσουν όλοι οι μαθητές να απεικονίσουν τα ρεαλιστικά προβλήματα με ορθό τρόπο. Ένα ρεαλιστικό πρόβλημα είχε την εκφώνηση: «Αυτοκίνητο κινείται σε οριζόντιο δρόμο με σταθερή ταχύτητα 36 km/h, όταν ο οδηγός αντιλαμβάνεται κάποιο εμπόδιο. Ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού είναι 2 s. Η επιβράδυνση του αυτοκινήτου λόγω του φρεναρίσματος είναι 2 m/s^2. Αν το εμπόδιο απείχε 50 m από το αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο τρακάρισε ή όχι;». Η λύση του προβλήματος με το λογισμικό δίνεται στο Σχήμα 3. Τέλος στους μαθητές δόθηκαν επτά παρόμοια προβλήματα (ένα από αυτά αναφέρεται στο Knight, 2006. σ.132), ως Φύλλο Αξιολόγησης για εργασία στο σπίτι, τα οποία λύθηκαν και στην τάξη.

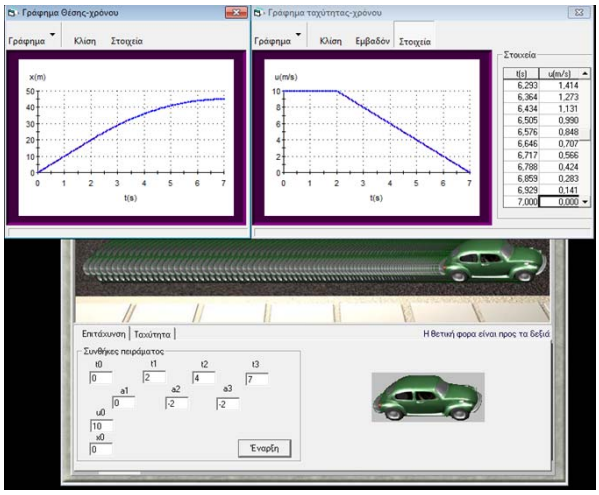
Διαγώνισμα Α΄ Τετραμήνου

Η αποτίμηση της προσπάθειας ολοκληρώθηκε με το διαγώνισμα του πρώτου τετραμήνου.

Οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων απάντησαν στα προβλήματα του διαγωνίσματος λύνοντάς τα εξολοκλήρου στον υπολογιστή. Μαγνητοσκόπησα την οθόνη του υπολογιστή και έτσι επεξεργάστηκα όλες τους τις προσπάθειες για την διαδικασία της λύσης.

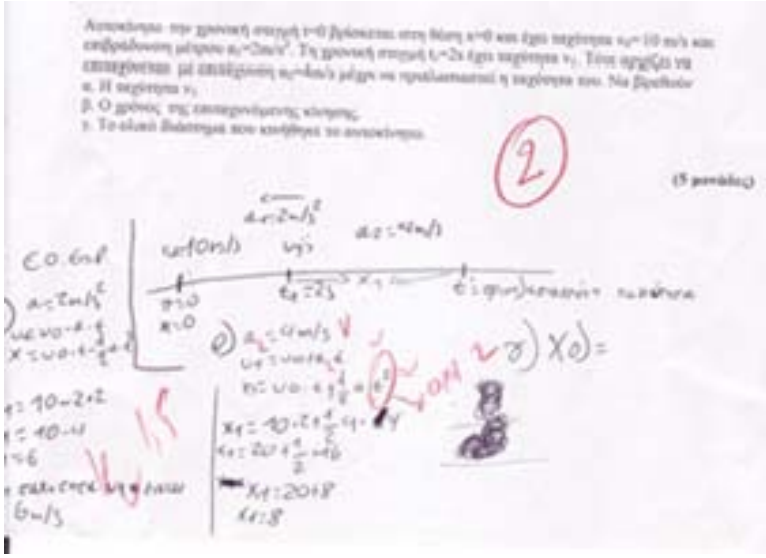


Σχήμα 2. Η λύση του (β) ερωτήματος του τυπικού προβλήματος της κινηματικής



Σχήμα 3. Η λύση του ρεαλιστικού προβλήματος «το φρενάρισμα του οδηγού»

Η επεξεργασία των προβλημάτων στο διαγώνισμα του τμήματος ελέγχου εξαντλείται στη λύση των αλγεβρικών σχέσεων των προβλημάτων. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται αποσπάσματα μιας μέτριας (μη ολοκληρωμένης) παραδοσιακής λύσης του προβλήματος που τέθηκε στο διαγώνισμα. Οι μορφές διαγωνισμάτων είναι αναμενόμενες, εμφανίζεται η κατάστρωση και η λύση των εξισώσεων που είναι η κύρια γνωστική απαίτηση από τους μαθητές.



Σχήμα 4. Μέτρια παραδοσιακή (αλγεβρική) λύση προβλήματος της κινηματικής

Είναι το αποτέλεσμα μιας διδασκαλίας που επικεντρώνεται σε φαινομενικά απλούς υπολογισμούς, ενώ άλλες αναπαραστάσεις δεν λογίζονται ως σημαντικές (πάντως στη λύση υπάρχει και η διαγραμματική αναπαράσταση της κίνησης και αυτό είναι θετικό). Αυτό μπορεί να είναι μία από τις αιτίες για τα προαναφερθείσες παρανοήσεις των μαθητών.

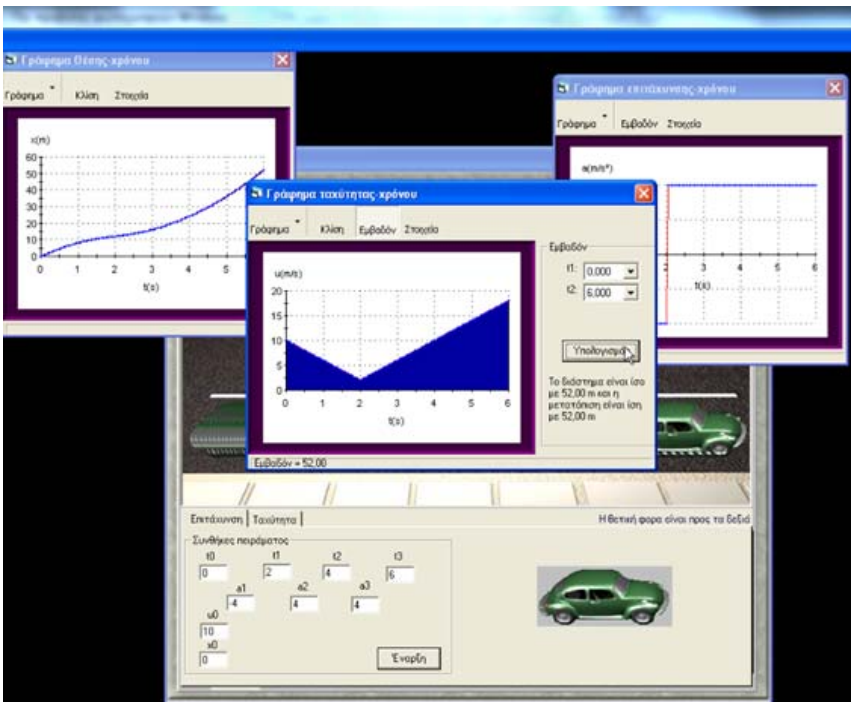
Στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται η μορφή ενός ανάλογου προβλήματος με τη βοήθεια του λογισμικού. Η εκφώνηση του προβλήματος είναι: «Αυτοκίνητο την χρονική στιγμή t=0 βρίσκεται στη θέση x=0 και έχει ταχύτητα v_0=10 m/s και επιβράδυνση α_1. Τη χρονική στιγμή t_1=2s έχει ταχύτητα v_1=6m/s. Τότε αρχίζει να επιταχύνεται με επιτάχυνση α_2=4m/s μέχρι να τριπλασιαστεί η ταχύτητα του. Να βρεθούν. Η επιβράδυνση α_1. β. Ο χρόνος της επιταχυνόμενης κίνησης. Το ολικό διάστημα που κινήθηκε το αυτοκίνητο.» (Μπορούμε να το συγκρίνουμε με το πρόβλημα της ομάδας ελέγχου που υπάρχει στο Σχήμα 4). Η μορφή της λύσης με το λογισμικό είναι ποιοτικά διαφορετική από την παραδοσιακή αλγεβρική λύση. Είναι τέτοιες οι διαφορές που μπορούμε να θεωρήσουμε ότι πρόκειται για «επιστημολογικά» διαφορετικές προσεγγίσεις (αν και ο όρος δεν είναι δόκιμός για την σχολική επιστήμη)

Συζήτηση-Υποδείξεις

Το λογισμικό δίνει την δυνατότητα για πολλαπλούς τρόπους λύσης ενός προβλήματος, πείθοντας τον μαθητή για τις δυνατότητες της γραφικής αναπαράστασης. Με την προσέγγιση αυτή οι μαθητές μπορούν να απαντήσουν σε πολύ δύσκολα αλγεβρικά ερωτήματα με έναν «επιστημολογικά» διαφορετικό τρόπο, που τους δίνει τη δυνατότητα να έρθουν σε επαφή με αναπαραστάσεις, που γι' αυτούς έχουν νόημα.

Αρχικά, οι γραφικές παραστάσεις χρησιμοποιήθηκαν για να περιγράψουν καταστάσεις και τις μετρήσεις που δίνονται για την περιγραφή αυτών των καταστάσεων (στάδιο 1ο της παρέμβασης). Σταδιακά, η προσοχή των μαθητών μετατοπίστηκε, με τη βοήθεια κατάλληλων προβλημάτων (στάδιο 2ο και 3ο), προς τη γραφική και εννοιολογική σχέση μεταξύ θέσεων (ή μετατοπίσεων), ταχυτήτων και επιταχύνσεων.

Η γραφική παράσταση που αρχικά αντιστοιχούσε σε μια καταγραφή μετρήσεων μετασχηματίζεται πλέον σε εργαλείο συλλογιστικής των σχέσεων μεταξύ ταχύτητας, επιτάχυνσης και θέσης (μετατόπισης) του κινούμενου σωματιδίου με τη πάροδο του χρόνου. Αυτό συνεπάγεται μια αλλαγή στον τρόπο που οι μαθητές σκέφτονται με το γραφικό τρόπο λύσης. Συγκεκριμένα, σηματοδοτεί τη μετατόπιση από την αρχική εκτίμηση των μαθητών ότι μία γραφική αναπαράσταση καταγράφει μια κατάσταση, στη τελική διαπίστωση και τον χειρισμό, από μέρους τους, της γραφικής παράστασης ως σε ένα εργαλείο διερεύνησης μαθηματικών σχέσεων και εννοιών της κινηματικής που επιβάλλονται από το συγκεκριμένο πρόβλημα. (Doorman & Gravemeijer, 2009).



Σχήμα 5. Μέτρια λύση προβλήματος της κινηματικής με τη βοήθεια του λογισμικού

Ένα άλλο βασικό στοιχείο του γραφικού τρόπου λύσης είναι η *αναδυόμενη μοντελοποίηση*, που έρχεται στο προσκήνιο μετά από κάθε υπόθεση για τις τιμές των θέσεων (ή μετατοπίσεων), των ταχυτήτων και των επιταχύνσεων. Η γραφική μοντελοποίηση του προβλήματος αξιοποιεί μια νέου τύπου «ευρετική» που δεν βασίζεται απλά στη «δοκιμή και στην πλάνη» αλλά στη διάφανη διατύπωση των αξιώσεων – περιορισμών (making assumption explicit) προβλημάτων και στη διακριτή επίδραση τους στα γραφήματα.

Η αξιολόγηση αυτών των δραστηριοτήτων μπορεί να γίνει μετά την ολοκλήρωση τους έξω από το μαθησιακό περιβάλλον, αλλά και on-line κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, με βάση την αλληλεπίδραση των μαθητών με το περιβάλλον του λογισμικού και των «προϊόντων» (π.χ. υποθέσεις, μοντέλα) που παράγονται μετά από κάθε επιλογή σχέσης ή τιμών των παραμέτρων.

Ολοκληρώνοντας αναφέρουμε ότι οι δραστηριότητες του υπολογιστή έδωσαν στους μαθητές την ευκαιρία να διερευνήσουν διάφορες καταστάσεις. Θελήσαμε να ελέγξουν σχέσεις

μεταξύ των γραφικών παραστάσεων κατά τη διάρκεια των υποθέσεων τους στη λύση προβλημάτων κινηματικής. Η εικόνα των πειραματικών τμημάτων ήταν καλύτερη από αυτή του τμήματος ελέγχου. Η ακριβής αποτίμηση δεν είναι έργο της παρούσας εργασίας. Παραπέμπεται να εξεταστεί μαζί με μια ειδική πρόκληση της on-line αξιολόγησης, αυτή του γεγονότος ότι δεν υπάρχει ένα ενιαίος «κανόνας» με τον οποίο μπορούν να συγκριθούν οι δράσεις των μαθητών σε ψηφιακό περιβάλλον μάθησης.

Αναφορές

Arons, B.,A. (1992). *A Guide to introductory Physics Teaching*. Wiley, New York, 1990, (Ελ. Μετ. Α.Δ. Βαλαδάκης). Αθήνα: Τροχαλία, 1992.

Barb, C., Quinn, A. L. (1997). Problem Solving Does Not Have to Be a Problem. *Mathematics Teacher,* 90 (7), 536-541.

de Jong, T. (2006). Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312(5773), 532-533.

DeMeo, S. (2001). Making assumptions explicit: How the law of conservation of matter can explain empirical formula problems. *Journal of Chemical education* 78 (8), 1050-1052.

Dolmans, H J M., D., Wolfhagen, H A P., I., Van der Vleuten, P M., C. & Wijnen, H. F. W. W. (2001). Solving problems with group work in problem-based learning: hold on to the philosophy. *Medical Education*, 35, 884-889.

Doorman, L., M. & Gravemeijer, K,. P., E. (2011). Emergent modeling: discrete graphs to support the understanding of change and velocity. *ZDM Mathematics Education* 41, 199–211.

Goldstone, L., R., Son, Y., J. (2005). The Transfer of Scientific Principles Using Concrete and Idealized Simulations. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(1), 69–110.

Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*. 47 (2), 183–210.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.

J.Clement, (1982) Preconception in Introductory Mechanics. *American Journal Physics* 50, 66-71.

Johnson, G., B., Holder, A., D. (2002). A Cognitive Modelling Tutor Supporting Stu-dent In-quiry for Balancing Chemical Equations. *The Chemical. Educator*, 7, 297-302.

Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction. Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661–667.

Knight, D., R. (2006) *Πέντε Εύκολα Κομμάτια.* (Μετ. Π. Γ. Τζαμαλής). Αθήνα: Δίαυλος.

Lyle, S., K., Robinson, R W. (2001). Teaching Science Problem Solving: An Overview of Experimental Work. *Journal of Chemical education*, 78 (9), 1162-1163.

Nakhleh, B., M., Mitchell, C., R. (1993). Concept Learning versus Problem Solving. *Journal of Chemical education* 70 (3).190-192.

Novak, J.D., Gowing, D.B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge Univ. Press.

Pellegrino, W., J. & Hilton L., M. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century.* The National Academies Press.

Polizois, G., Valanides, N. (2010). Visualizing the Solutions of Chemical Problems Relating to Solubility, 42nd Annual Conference of the International Visual Literacy Association: *Visual Literacy in the 21st Century: Trends, Demands and Capacities*, Cyprus, September 29th to October 3rd, 2010.

Roth, W., M., McGinn, K., M. (1997) Graphing: Cognitive Ability or Practice? *Science Education*, 81, 91–106.

Roth, W., M., Tobin, K. (1997). Cascades of inscriptions and the re-presentation of na-ture: how numbers, tables, graphs, and money come to re-present a rolling ball. *International Journal of Science Education*, 19 (9), 1075-1091.

Selvaratnam, M., Canagaratna, G., S. (2008). Using Problem-Solution Maps to Improve Students' Problem-Solving Skills. *Journal of Chemical education* 85 (3). 381-385

Taconis, R., Ferguson-Hessler, M. G. M., Broekkamp, H. (2001). Teaching Science Problem Solving: An Overview of Experimental Work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 442-468.

Βλάχος, Ι., Κόκκοτας, Π., Παλίλης, Β., Πολυζώης, Γ. (2000). Πολλαπλές Αναπαραστάσεις ΠΟΛΛΑ-ΠΛΑΝ, *Πρακτικά Πανελλήνιου Συνέδριου «Πληροφορική και Εκπαίδευση»* (σ. 353-355), Θεσσαλονίκη, 11-12 Νοεμβρίου 2000, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.

Παλίλης, Β., Πολυζώης, Γ., Τσιγαρίδας, Η. (1998). Προσομοιώσεις του (ηλεκτρικού) κεντρικού πεδίου (διδακτική προσέγγιση), *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη, 29-31 Μαΐου 1998.