ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2003)

2ο Συνέδριο Σύρου στις ΤΠΕ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ VIDEO ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ

Κωνσταντίνος Φρειδερίκος, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Φρειδερίκος Κ., & Χατζηκρανιώτης Ε. (2025). ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ VIDEO ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ . *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 581–592. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7175

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ VIDEO ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ

Φρειδερίκος Κωνσταντίνος
Μεταπτυχιακός Φοιτητής στο ΠΜΣ «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες» του Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ.
kfrei@eled.auth.gr

Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης
Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
evris@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι δυνατότητες που προσφέρονται σήμερα μέσα από τις τεχνολογίες video ανάλυσης, επιτρέπουν τόσο μια νέα μορφή οπτικοποίησης των φαινομένων κίνησης, όσο και νέες τεχνικές μελέτης αυτών. Η παρούσα εργασία σκοπεύει να παρουσιάσει την ανάπτυξη μιας εφαρμογής JAVA, η οποία επιτρέπει στους μαθητές να παρακολουθούν βιντεοσκοπημένα φαινόμενα κίνησης, είτε σε πραγματικό χρόνο, είτε καρέ-καρέ. Επιτρέπεται έτσι, σε αντίθεση με ένα τυπικό σχολικό εργαστήριο, η μελέτη καθημερινών φαινομένων κίνησης, που εξελίσσονται ταχύτατα. Ειδικότερα, προσφέρεται η δυνατότητα στο μαθητή να πραγματοποιεί πρωτογενείς μετρήσεις θέσης του κινητού που παρουσιάζει το video, ενώ παράλληλα οι πειραματικές του τιμές καταγράφονται συγχρονικά σε πίνακα και σε αντίστοιχα διαγράμματα. Η εφαρμογή παρέχει με απλή διαδικασία την επιλογή απεικόνισης πολλαπλών επάλληλων διαγραμμάτων, με ταυτόχρονη ενημέρωση του πίνακα. Η λήψη μιας τυπικής μέτρησης είναι ιδιαίτερα σύντομη και συνεπώς προσφέρεται περισσότερος χρόνος στη διδακτική πράξη που αποσκοπεί στη σύνδεση φαινομένου και γραφικών παραστάσεων. Η δυνατότητα αυτή κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να ενεργοποιήσουν νοητικές δεξιότητες, που συνήθως δύσκολα αναπτύσσονται μέσα από μια παραδοσιακή διδασκαλία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *ενεργή μάθηση, διαδικτυακό εκπαιδευτικό λογισμικό, εκπαιδευτική τεχνολογία, εργαστηριακή διδασκαλία, ανάλυση και επεξεργασία video μετρήσεων, Web εφαρμογή.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη φαινομένων κίνησης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που καλύπτουν τα μαθήματα Φυσικής στη μέση εκπαίδευση. Συχνά όμως η διδασκαλία θεμάτων που αφορούν την κίνηση, βρίσκεται μπροστά σε ένα διπλό πρόβλημα όταν πραγματοποιείται σε μια τυπική αίθουσα διδασκαλίας. Η πρώτη συνιστώσα του προβλήματος, αφορά την οπτικοποίηση των φαινομένων, καθώς οι περισσότερες κινήσεις που μελετώνται, όπως η ελεύθερη πτώση μίας σφαίρας, η ανάκρουση, ή η κίνηση δύο σωμάτων με τροχαλία, διαδραματίζονται σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Επομένως, η απλή επίδειξη τους, όποτε αυτή πραγματοποιείται, δεν

επιτρέπει στους μαθητές να αποκτούν μια σαφή άποψη για το εκάστοτε φαινόμενο (Robert *et al.*, 1990). Η δεύτερη πτυχή του προβλήματος, συνίσταται στην ανάγνωση, χρήση και ερμηνεία γραφικών παραστάσεων από τους μαθητές, για την περιγραφή και αναπαράσταση φαινομένων της κινηματικής. Οι προηγούμενες έρευνες όμως, αναδεικνύουν πως οι μαθητές αδυνατούν να υιοθετήσουν τα διαγράμματα κινηματικής (θέσης-χρόνου, ταχύτητας-χρόνου) για να ερμηνεύσουν με συνέπεια απλές κινήσεις (McDermott *et al.*, 1987). Στη συνέχεια, να αναφερθούμε εν συντομία στις σημαντικότερες πτυχές των δύο αυτών διδακτικών προβλημάτων, αλλά και στο πως είναι δυνατόν αυτές να αντιμετωπιστούν με τα σύγχρονα εκπαιδευτικά λογισμικά *Video ανάλυσης*.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ & ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ

α. Οπτικοποίηση των Φαινομένων Κίνησης

Η οπτικοποίηση φαινομένων συνιστά ένα σημαντικότατο τμήμα της μάθησης Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), ενώ παράλληλα η επίδειξη φαινομένων σε μια τυπική διδασκαλία, συχνά στοχεύει στη σύνδεση των νοητικών εικόνων των μαθητών με τις αντίστοιχες αρχές της Φυσικής που διέπουν τα εκάστοτε φαινόμενα. Οι επιδείξεις δεν επιτρέπουν μόνο στους μαθητές να κατανοήσουν το πώς εξελίσσονται κάποια φαινόμενα, αλλά ταυτόχρονα τους προσφέρουν έναν οπτικό σύνδεσμο των κινήσεων με τις πιο αφηρημένες περιγραφές τους, στις οποίες αρκούνται συνήθως οι παραδοσιακές διαλέξεις μηχανικής (Robert *et al.*, 1990). Συχνά όμως η διδασκαλία των Φ.Ε. στη μέση εκπαίδευση διαπραγματεύεται φαινόμενα που εξελίσσονται σε υπερβολικά μικρά χρονικά διαστήματα. Κατά συνέπεια η απλή επίδειξη των κινήσεων αυτών διαφαίνεται πως δεν είναι δυνατό να προσφέρει σημαντική βοήθεια στην κατανόηση τους, καθώς η ταχύτατη εξέλιξη τους δεν επιτρέπει στους μαθητές να προλάβουν να δημιουργήσουν τους απαραίτητους νοητικούς συνδέσμους μεταξύ οπτικού ερεθίσματος και των αρχών που το περιγράφουν (Beichner, 1995). Έτσι, ακόμη και αν η παρουσίαση ανάλογων κινήσεων πραγματοποιηθεί κατά τη διδασκαλία, οι μαθητές δεν είναι σε θέση να αποκτήσουν μια σαφή ακολουθία των διαδοχικών «στιγμιοτύπων» της κίνησης, και συνεπώς αδυνατούν να διακρίνουν τα λεπτά σημεία της εξέλιξής της.

Οι δυνατότητες οπτικοποίησης μιας απλής επίδειξης φαινομένων κίνησης, είναι σαφές ότι περιορίζονται επίσης από την υφή των υπό μελέτη φαινομένων. Ο τυπικός χώρος παρατήρησης τους (εργαστήριο Φ.Ε.), δεν επιτρέπει για παράδειγμα την παρουσίαση κινήσεων από τη καθημερινότητα, όπως θα ήταν η κίνηση ενός ποδηλάτη, το φρενάρισμα ενός αυτοκινήτου, η βολή ενός καλαθοσφαιριστή, το σουτ ενός ποδοσφαιριστή, κινήσεις ο οποίες θα μπορούσαν να αναπτύξουν σημαντικά κίνητρα ενεργοποίησης των μαθητών και να συνδέσουν παράλληλα τις Φ.Ε. με την καθημερινή ζωή (Zollman *et al.*, 1994). Η παραπάνω σύντομη ανάλυση θέτει εύλογα τον προβληματισμό για εξεύρεση λειτουργικών μεθόδων παρουσίασης, τόσο φαινομένων που εξελίσσονται δραματικά γρήγορα, όσο και φαινομένων που είναι εξοικειωμένοι οι μαθητές από την καθημερινή τους εμπειρία, αλλά που δεν επιτρέπεται η μελέτη τους μέσα σε μια τυπική διδασκαλία Φ.Ε.

β. Χρήση και Ερμηνεία Γραφικών Παραστάσεων

Η ικανότητα της χρήσης διαγραμμάτων ίσως αποτελεί σημαντικό βήμα για την απόκτηση ικανοτήτων στην περιοχή της επίλυσης προβλημάτων Φ.Ε. γενικότερα (Brungard *et al.*, 1995). Φαίνεται πως μια σημαντική διαφορά που εμφανίζουν οι ειδικοί (επιστήμονες) από τους μη ειδικούς (μαθητές) όσον αφορά τη διαχείριση προβλημάτων Φ.Ε., βρίσκεται στην ικανότητα τους να κατασκευάζουν και να αναπαριστούν τα φυσικά φαινόμενα με τις αντίστοιχες επιστημονικές τους αναπαραστάσεις (σχήματα, πίνακες, διαγράμματα) (Beichner, 1994). Έτσι, από τη στιγμή που ο διδακτικός ρόλος των γραφικών παραστάσεων διαγράφεται τόσο σημαντικός, η έρευνα στη περιοχή της διδακτικής των Φ.Ε. προσπάθησε να διερευνήσει, τόσο τις ικανότητες των μαθητών σε σχέση με τη χρήση, ερμηνεία και κατασκευή διαγραμμάτων κινηματικής, όσο και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στα θέματα αυτά (Leinhardt *et al.*, 1990; Thorton *et al.*, 1990).

Η βιβλιογραφία αναδεικνύει πως δυστυχώς οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν με συνέπεια το απαιτούμενο «λεξιλόγιο» των γραφικών παραστάσεων και συχνά εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες και παρανοήσεις όταν τους ζητείται να διαχειριστούν διαγραμματικές αναπαραστάσεις (McDermott *et al.*, 1987). Ο Beichner (1995) και οι Mokros & Tinker (1987), αναφέρουν πως η πιο κοινή παρανόηση των μαθητών βρίσκεται στην άποψη πως οι γραφικές παραστάσεις αποτελούν ένα είδος «φωτογραφίας» ("*graph as picture*"). Όταν τους ζητείται για παράδειγμα να σχεδιάσουν το διάγραμμα της ταχύτητας-χρόνου για ένα ποδήλατο που κατηφορίζει σε ένα λόφο και στο τέλος υπερπηδά ένα μικρό εμπόδιο, κατασκευάζουν ένα διάγραμμα που θα ταίριαζε περισσότερο στην τροχιά του, παρά στη ταχύτητα του. Φαίνεται πως οι μαθητές έχουν μια αρκετά εστιασμένη άποψη για τα διαγράμματα κινηματικής, παρά την επιζητούμενη αντίληψη πως αποτελούν αναπαραστάσεις των φυσικών μεγεθών μιας κίνησης. Μια δεύτερη κοινή παρανόηση εμφανίζεται στους μαθητές όταν τους ζητείται να προσδιορίσουν τη μέγιστη κλίση σε ένα διάγραμμα θέσης-χρόνου, δηλαδή το σημείο στο οποίο το κινητό τους έχει τη μέγιστη ταχύτητα (Thorton *et al.*, 1990). Στην περίπτωση αυτή οι μαθητές αναγνωρίζουν λανθασμένα το σημείο όπου το διάγραμμα εμφανίζει μέγιστη τιμή (ακρότατο) και επομένως εκεί η ταχύτητα θα είναι ελάχιστη. Οι δυσκολίες τέλος των μαθητών να κατασκευάσουν γραφικές παραστάσεις κινηματικής, που αφορούν πραγματικά φαινόμενα, όπως η ελεύθερη πτώση ή κίνηση ενός οχήματος είναι επίσης σημαντικές (Beichner, 1990).

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω δυσκολιών προτάθηκαν αρκετές διδακτικές προσεγγίσεις που βασίστηκαν στη χρήση συγχρονικών πειραματικών διατάξεων με Η/Υ (MBL: Microcomputer Based Laboratory), με τις οποίες οι μαθητές μπορούν να μελετούν σε πραγματικό χρόνο κινήσεις, ενώ οι γραφικές παραστάσεις δημιουργούνται συγχρονικά με την εξέλιξη τους στην οθόνη του Η/Υ. Η έρευνα έδειξε πως οι δεξιότητες των μαθητών στη διαχείριση και ερμηνεία γραφικών παραστάσεων αυξάνονται σημαντικά με τη χρήση διατάξεων MBL (Mokros *et al.*, 1987; Thorton *et al.*, 1990). Παρόλα αυτά, οι δυνατότητες των προσεγγίσεων αυτών περιορίζονται αρκετά, τόσο από το μικρό εύρος μελέτης φαινομένων, καθώς οι υπό μελέτη κινήσεις θα πρέπει να πραγματοποιηθούν σε ένα τυπικό σχολικό εργαστήριο, όσο και από την αδυναμία του μαθητή να ελέγξει το χρόνο εξέλιξης της κίνησης ο οποίος είναι συνήθως πολύ μικρός. Το γεγονός αυτό, φαίνεται συχνά πως δεν επιτρέπει στους

μαθητές να συνδέουν με συνέπεια την εξέλιξη της κίνησης με τα αντίστοιχα κρίσιμα σημεία της γραφικής παράστασης (Beichner, 1995). Η ταχύτατη εξέλιξη επομένως των περισσοτέρων προς διδασκαλία κινήσεων στις Φ.Ε., δεν διευκολύνει με κανένα τρόπο τους μαθητές στη δημιουργία κατάλληλων *νοητικών συνδέσεων*, μεταξύ φαινομένου και διαγράμματος.

γ. Δυνατότητες που Προσφέρουν οι Εφαρμογές Video Ανάλυσης

Οι σύγχρονες διδακτικές εφαρμογές Video ανάλυσης αποτελούν ολοκληρωμένα εργαστηριακά περιβάλλοντα βασισμένα σε Video (VBL: Video Based Laboratory), με τα οποία οι μαθητές είναι δυνατόν να παρατηρήσουν οποιοδήποτε ψηφιοποιημένο video κίνησης στον Η/Υ, και εν συνεχεία με τα εργαλεία που παρέχει το εκάστοτε περιβάλλον να αναλύσουν και να μελετήσουν διεξοδικότερα το φαινόμενο (Gamboa *et al.*, 2001). Έτσι, με την απλότητα που προσφέρει η χρήση του ποντικιού είναι δυνατόν να καταγράψουν τις διαδοχικές θέσεις του όποιου κινητού σώματος παρουσιάζει το υπό μελέτη video καρέ-καρέ. Οι πειραματικές τιμές παρουσιάζονται αυτόματα σε πίνακα και διάγραμμα τιμών. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα παρατήρησης του video είτε σε πραγματικό χρόνο, είτε καρέ-καρέ, με αποτέλεσμα να τους δίνεται έτσι ο απαραίτητος χρόνος για να έχουν μια σαφή άποψη για την εξέλιξη της κίνησης αλλά και για τα κρίσιμα σημεία της. Ταυτόχρονα προσφέρεται η δυνατότητα για παράλληλη εμφάνιση γραφικών παραστάσεων τροχιάς, θέσης-χρόνου, ταχύτητας-χρόνου και επιτάχυνσης-χρόνου, όπου οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν το συσχετισμό τους, αλλά και να κατανοήσουν τα σημαντικά σημεία ενός διαγράμματος καθώς παρατηρούν την εξέλιξη της κίνησης.

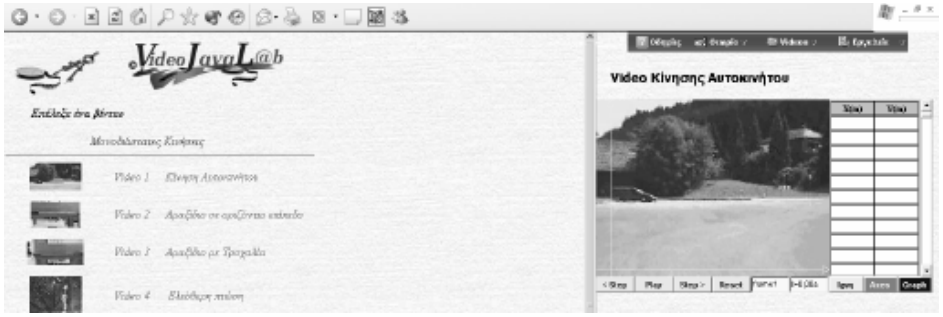
Διαφαίνεται επομένως, πως οι διδακτικές δυνατότητες που προσφέρονται από τα περιβάλλοντα VBL για τη μελέτη κινήσεων και τη σύνδεση τους με τις γραφικές παραστάσεις είναι αρκετά σημαντικές. Με τα περιβάλλοντα αυτά είναι δυνατόν να μελετηθούν οποιεσδήποτε βιντεοσκοπημένες κινήσεις από την καθημερινή ζωή, όπως η κίνηση ενός δρομέα, ή η εκτόξευση ενός πυραύλου, με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση των μαθητών καθώς θα μελετήσουν κινήσεις πραγματικές και όχι φαινόμενα που προσεγγίζονται πάντα από ιδεατές καταστάσεις. Η έρευνα έχει αναδείξει πως η ένταξη περιβαλλόντων VBL στη διδασκαλία των Φ.Ε. είναι δυνατόν αυξήσει σημαντικά τα κίνητρα των μαθητών για την ενασχόληση τους με θέματα κινήσεων (Escalada *et al.*, 1996; Zollman *et al.*, 1994), ενώ το ενδιαφέρον τους αναπτύσσεται εξίσου, καθώς διερευνούν με ενεργό και αλληλεπιδραστικό τρόπο φαινόμενα που τους κινούν την περιέργεια ή που συχνά έχουν τη δυνατότητα να βιντεοσκοπήσουν μόνοι τους (Austen *et al.*, 1999). Ο σχεδιασμός εφαρμογών που θα επιτυγχάνουν την ενεργό εμπλοκή των μαθητών με τα υπό μελέτη φαινόμενα, αποτελεί άλλωστε ζητούμενο για τις σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις των Φ.Ε., καθώς μόνο με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να αναδειχθούν οι συχνά εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για τα φαινόμενα της κίνησης αλλά και τις αναπαραστάσεις τους (Martin *et al.*, 1999). Με τον τρόπο αυτό φαίνεται πως η χρήση εργαστηρίων βασισμένα σε video, είναι δυνατόν να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση των μαθητών σε δεξιότητες που αφορούν την ερμηνεία και τη χρήση γραφικών παραστάσεων (Beichner, 1990; Zollman, 1996).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ "VIDEO JAVA LAB"

Η εφαρμογή VideoJavaLab (VJL) υλοποιεί ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον ανάλυσης βιντεοσκοπημένων κινήσεων και καθώς αποτελεί μία JAVA εφαρμογή, ως ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της αναδεικνύεται η διαδικτυακή της χρήση. Φιλοξενείται στο δικτυακό τόπο http://zeus.physics.auth.gr/genlab/ του «Εργαστηρίου Διδακτικής και Νέων Τεχνολογιών» του τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ. Στις επόμενες ενότητες επιχειρείται μια παρουσίαση των σημαντικότερων χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων της εν λόγω εφαρμογής.

α. Το περιβάλλον διεπαφής

Η εφαρμογή VideoJavaLab (VJL) βασίζεται σε περιβάλλον Web, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει με ευέλικτο τρόπο πολλαπλά εργαλεία διαχείρισης και ανάλυσης των παρατηρούμενων φαινομένων κίνησης. Ο χρήστης διαχειρίζεται το χώρο παρατήρησης δυναμικά, προσαρμόζοντας τον ο ίδιος στις απαιτήσεις του.



Σχήμα 1: *Η εισαγωγική διεπαφή της εφαρμογής VideoJavaLab. Στο αριστερό πλαίσιο παρουσιάζεται τμήμα της συλλογής βιντεοσκοπημένων κινήσεων, ενώ στο δεξί πλαίσιο έχει επιλεγεί η μελέτη της κίνησης ενός αυτοκινήτου.*

Ο μαθητής (χρήστης) κατά την είσοδό του στο περιβάλλον VJL, έχει τη δυνατότητα να επιλέξει εύκολα και σύντομα το προς μελέτη βιντεοσκοπημένο φαινόμενο, μέσα από μια συλλογή 20 κινήσεων. Τα φαινόμενα είναι χωρισμένα σε 4 θεματικές ενότητες και αφορούν είτε εργαστηριακά φαινόμενα με αμαξίδια, τροχαλίες και σφαίρες, είτε κινήσεις από την καθημερινή ζωή, όπως φρενάρισμα αυτοκινήτου, σουτ ποδοσφαιριστή, πτώση "bungee jumping", άλμα εις ύψος, εκτόξευση πυραύλου κ.α., όπως παρουσιάζει το σχήμα 2. Παράλληλα του προσφέρεται η δυνατότητα να προβάλει σε διπλανό πλαίσιο, τις οδηγίες εκτέλεσης μιας πειραματικής μέτρησης, ή την αντίστοιχη θεωρία ανάλογα με την κίνηση που έχει επιλέξει ή τέλος κάποια δυναμικά μαθηματικά εργαλεία διαχείρισης, όπως calculator, μετατροπέα φυσικών μεγεθών, υπολογιστή % σφάλματος κ.α. Στη συνέχεια ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει την εξέλιξη της επιλεγμένης κίνησης είτε σε πραγματικό χρόνο, είτε καρέ-καρέ, χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα πλοήγησης του video, γνωρίζοντας ταυτόχρονα σε πιο στιγμιότυπο της κίνησης βρίσκεται κάθε χρονική στιγμή. Του

παρέχεται επίσης η δυνατότητα να σταματήσει σε κάποιο συγκεκριμένο στιγμιότυπο και ακολούθως να συνεχίσει την εξέλιξη του σε επόμενα ή προηγούμενα στιγμιότυπα.

Σχήμα 2: *Επιλογή φαινομένου κίνησης, μέσα από 4 θεματικές ενότητες.*

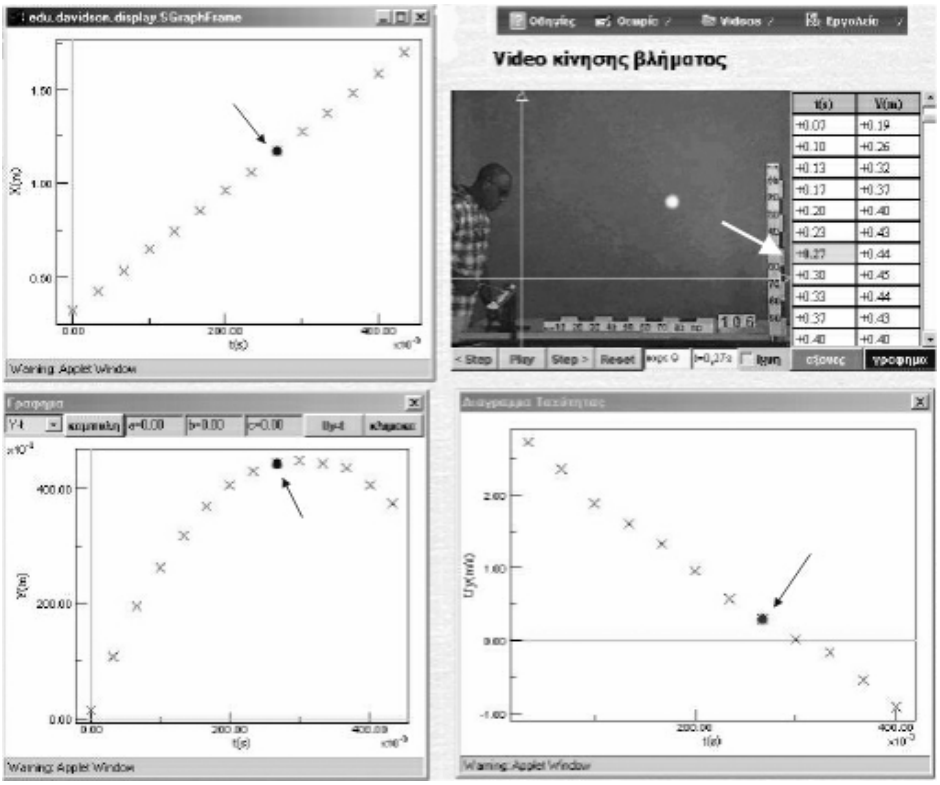
Με ιδιαίτερα εύκολο τρόπο (κλικ του ποντικιού), ο χρήστης μπορεί να λαμβάνει πειραματικές μετρήσεις της θέσης του κινητού για κάθε στιγμιότυπο, ενώ ταυτόχρονα αυτές καταχωρούνται σε πίνακα αριθμητικών τιμών και παρουσιάζονται συγχρονικά σε διάγραμμα θέσης-χρόνου (σχήμα 3). Τα «παράθυρα» των διαγραμμάτων εμφανίζονται ή όχι, με το πάτημα ενός πλήκτρου, ενώ το μέγεθος και η θέση τους αλλάζει εύκολα αναλόγως με τις ανάγκες του χρήστη. Παρέχεται επίσης η επιλογή ή όχι, της εμφάνισης των «ιχνών» του κινητού του, ώστε να είναι δυνατή η προβολή των διαδοχικών καταγεγραμμένων θέσεων του κινητού στην οθόνη του video, δηλαδή οι διακριτές θέσεις της τροχιάς του, όπως παρουσιάζει το σχήμα 3.

Σχήμα 3: *Καταγραφή της βιντεοσκοπημένης κίνησης μιας μπαλαρίνας, με δυνατότητα συγχρονικών πολλαπλών αναπαραστάσεων: Διάγραμμα τιμών θέσης-χρόνου (X-t), video εξέλιξης φαινομένου, πίνακας αριθμητικών τιμών (X-t). Διακρίνονται στο παράθυρο του video τα «ίχνη» των διαδοχικών θέσεων της μπαλαρίνας (τροχιά κίνησης του κέντρου μάζας της).*

β. Δυνατότητες διαχείρισης του περιβάλλοντος

Καθώς η καταγραφή της εκάστοτε κίνησης έχει ολοκληρωθεί, το περιβάλλον VJL, προσφέρει στο χρήστη μια σειρά από δυναμικά εργαλεία διαχείρισης τόσο των μετρήσεών του, όσο και των αναπαραστάσεων τους. Αρχικά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να πλοηγηθεί στα διάφορα στιγμιότυπα του video καρέ-καρέ, και να

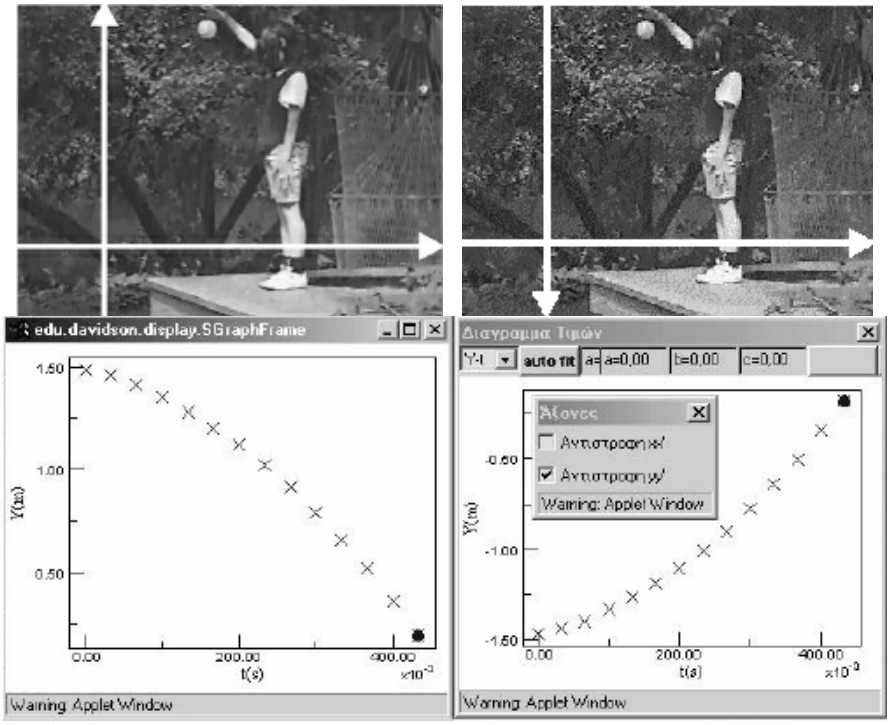
διορθώσει με εύκολο τρόπο κάποια μέτρηση του που πιθανόν θεωρεί μη ικανοποιητική. Καθώς διατρέχει σειριακά τα διαδοχικά στιγμιότυπα της κίνησης, παρατηρεί την τρέχουσα τιμή στον πίνακα τιμών, και το τρέχων σημείο στις γραφικές παραστάσεις θέσης-χρόνου και ταχύτητας-χρόνου που έχει επιλέξει (σχήμα 4).



Σχήμα 4: *Πολλαπλές διαγραμματικές αναπαραστάσεις της εξέλιξης μιας πλάγιας βολής σφαίρας. Παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις θέσης-χρόνου (X-t) και (Y-t), και ταχύτητας χρόνου (Uy-t). Τα βέλη της εικόνας υποδεικνύουν το τρέχων σημείο του κάθε διαγράμματος, και της αριθμητικής τιμής στον πίνακα, καθώς ο χρήστης διατρέχει ή ελέγχει διαδοχικά στιγμιότυπα.*

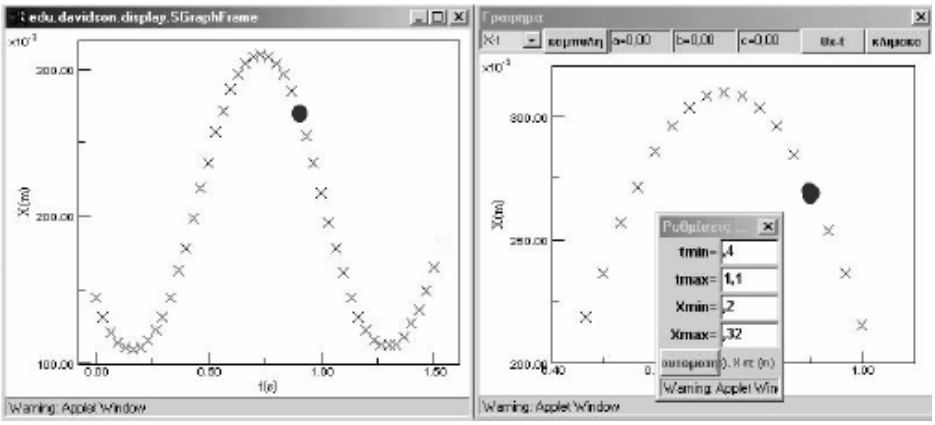
Προσφέρεται επομένως η δυνατότητα στο χρήστη, να παρατηρήσει για παράδειγμα σε πιο σημείο της κίνησης, η ταχύτητα του σώματος ήταν ελάχιστη ή μέγιστη, ή ποια ήταν η ακραία θέση του κινητού του. Στο παράθυρο του video παρουσιάζεται επιπρόσθετα, ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων xx΄ και yy΄, το οποίο πληροφορεί τη χρήστη για τη θετική φορά μέτρησης των διανυσματικών φυσικών μεγεθών, όπως η μετατόπιση και η ταχύτητα. Δίνεται επίσης η δυνατότητα στο χρήστη να μεταβάλει με απλό κλικ του ποντικιού, την αρχή του συστήματος συντεταγμένων x_0y_0, στην οθόνη του video (άξονες στο σχήμα 5). Καθώς η θέση της αρχής των αξόνων μετατοπίζεται, ανανεώνονται άμεσα οι αριθμητικές τιμές του πίνακα, όπως και οι τιμές της κλίμακας

των διαγραμμάτων εάν βρίσκονται στην αυτόματη επιλογή. Ο χρήστης μπορεί επίσης να αντιστρέψει τη φορά του κάθε άξονα επιλεκτικά, ενώ συγχρονικά με τις αλλαγές που πραγματοποιεί ενημερώνονται ο πίνακας τιμών και οι ενεργές του γραφικές παραστάσεις όπως παρουσιάζει το σχήμα 5.



Σχήμα 5: *Διάγραμμα θέσης-χρόνου (Y-t) από καταγραφή ελεύθερης πτώσης σφαίρας. Καθώς ο χρήστης έχει αντιστρέψει τη φορά του άξονα yy΄, η γραφική παράσταση ενημερώνεται συγχρονικά. Στο σχήμα παρουσιάζονται τα διαγράμματα πριν και μετά την αντιστροφή του άξονα.*

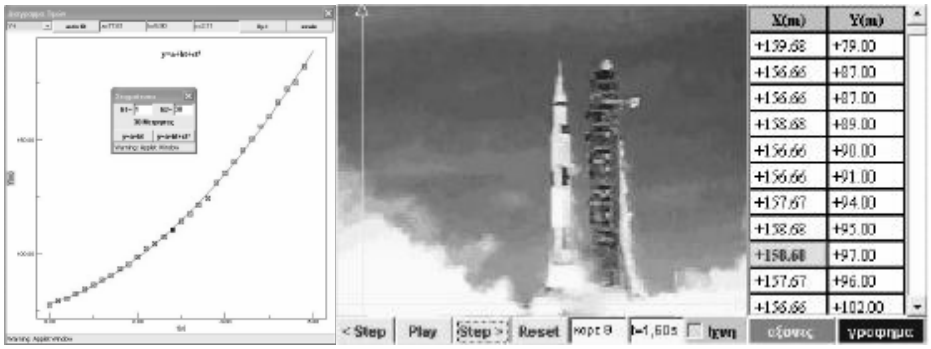
Η εφαρμογή VJL προσφέρει ένα αρκετά ευέλικτο τρόπο για τη διαχείριση της εμφάνισης των διαγραμμάτων. Ο χρήστης είτε μπορεί να επιλέξει να παρουσιάζονται τα διαγράμματα τιμών με αυτόματη κλίμακα, ώστε να παρατηρεί το σύνολο των σημείων του με το βέλτιστο δυνατό τρόπο, είτε να διαφοροποιήσει ο ίδιος την κλίμακα, ώστε να μεγεθύνει ή να σμικρύνει κάποια περιοχή τιμών, όπως φαίνεται στο σχήμα 6. Η επιλογή της μη αυτόματης κλίμακας, του επιτρέπει επίσης κατά τη μετατόπιση της αρχής του συστήματος συντεταγμένων x_0y_0 (αρχή αξόνων στο παράθυρο του video) να παρατηρεί τη μετατόπιση των σημείων του, στις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις της τροχιάς και της θέσης-χρόνου.



Σχήμα 6: *Διάγραμμα θέσης-χρόνου (X-t) από καταγραφή της θέσης ενός εκκρεμούς, όπου διακρίνεται η τρέχουσα τιμή της μέτρησης. Ο χρήστής έχει επιλέξει τη μεταβολή της κλίμακας των αξόνων X και t του διαγράμματος ώστε να παρατηρήσει με μεγαλύτερη ευκρίνεια κάποια περιοχή του διαγράμματος όπως φαίνεται στο δεξιό γράφημα.*

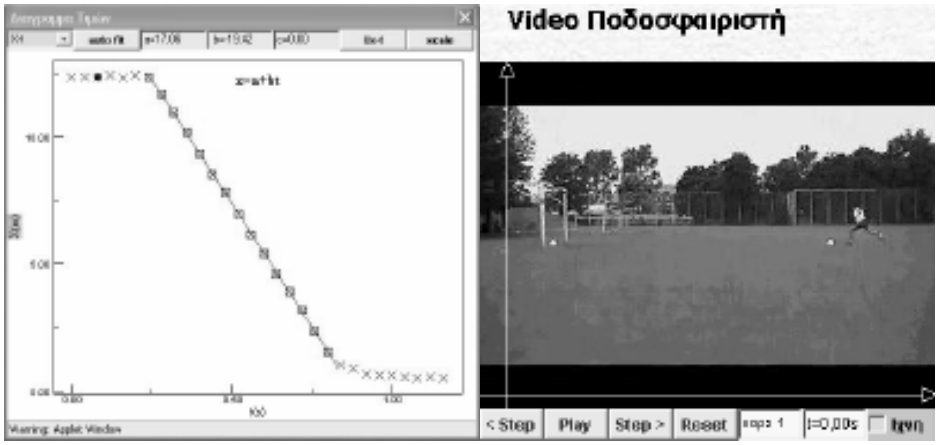
γ. Δυνατότητες Ανάλυσης

Πέρα από τα εργαλεία διαχείρισης των αναπαραστάσεων του φαινομένου, παρέχεται επιπρόσθετα η δυνατότητα ανάλυσης των πειραματικών δεδομένων που ο χρήστης έχει προηγουμένως λάβει. Έτσι, μετά την ολοκλήρωση της λήψης μετρήσεων, ο χρήστης μπορεί να προσεγγίσει τα πειραματικά του σημεία, με εξίσωση 1^{ου} ή 2^{ου} βαθμού, ανάλογα με τη δική του εκτίμηση για την εξάρτηση των δυο φυσικών μεγεθών που έχει επιλέξει να αναλύσει. Στο σχήμα 7 για παράδειγμα, αφού έχει πραγματοποιηθεί η λήψη μετρήσεων για την εκτόξευση ενός πυραύλου, ο χρήστης έχει επιλέξει να προσεγγίσει το σύνολο των πειραματικών του σημείων στο διάγραμμα θέσης-χρόνου (Y-t), με καμπύλη 2^{ου} βαθμού. Εκτιμώντας πως η κίνηση του πύραυλου κατά την εκτόξευση του αποτελεί μια μεταβαλλόμενη κίνηση, επιλέγει την προσέγγιση «$Y=a+bt+ct^2$», και αυτόματα η καμπύλη εμφανίζεται στο διάγραμμα Y-t.



Σχήμα 7: *Προσέγγιση <u>συνόλου σημείων</u> με καμπύλη 2^{ου} βαθμού της μορφής «$Y=\alpha+bt+ct^2$», στο διάγραμμα θέσης-χρόνου (Y-t) της εκτόξευσης του πύραυλου.*

Εάν όμως ο χρήστης παρατηρήσει από το διάγραμμα πως το σύνολο των σημείων του δεν είναι δυνατόν να προσεγγίζεται με την ίδια εξίσωση, καθώς κατά την εξέλιξη του φαινομένου είναι πιθανόν να εμφανίζονται διαφορετικά «είδη» κινήσεων, τότε έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μια περιοχή σημείων, ώστε να εφαρμόσει την προσεγγιστική του καμπύλη. Στην περίπτωση αυτή επιλέγονται στο διάγραμμα μόνο τα πειραματικά σημεία της επιλεγμένης περιοχής, και η προσεγγιστική καμπύλη εφαρμόζεται μόνο σε αυτά, όπως παρουσιάζει το σχήμα 8.



Σχήμα 8: *Προσέγγιση <u>περιοχής σημείων</u> σε διάγραμμα θέσης-χρόνου (X-t) για την κίνηση της μπάλας, με καμπύλη 1^{ου} βαθμού της μορφής «X=a+bt».*

Κατά την εφαρμογή της καμπύλης, παρουσιάζονται στον χρήστη οι συντελεστές της προσεγγιστικής καμπύλης a, b και c, οι οποίοι ανάλογα με τα μεγέθη που μελετώνται, αντιστοιχούν σε διαφορετικά φυσικά μεγέθη.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παραπάνω παρουσίαση του περιβάλλοντος VJL επιχειρήθηκε να αναδειχθούν τα σημαντικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του, όπως και οι λειτουργικές του δυνατότητες. Τονίζεται όμως, πως τα εν δυνάμει μαθησιακά οφέλη της διδακτικής χρήσης του παρόντος ή ανάλογου περιβάλλοντος VBL, εξαρτώνται άμεσα τόσο από τη διδακτική στρατηγική του διδάσκοντα, όσο και από τους διδακτικούς στόχους που ο ίδιος θέτει κάθε φορά. Διαφαίνεται ίσως, πως μέσα από το περιβάλλον VJL, είναι δυνατόν ο διδάσκων να αναδείξει και να ελέγξει τις ιδέες και τις απόψεις των μαθητών που αφορούν τις γραφικές παραστάσεις. Στη συνέχεια μπορεί σχεδιάζοντας κατάλληλες δραστηριότητες να θέσει ως κυρίαρχο σκοπό τη βαθύτερη εξοικείωση των μαθητών με τις γραφικές παραστάσεις, μελετώντας ένα απλό και γνωστό σε αυτούς φαινόμενο κίνησης, όπως για παράδειγμα η ελεύθερη πτώση. Βασική απαίτηση στο σημείο αυτό αποτελεί η ενεργή εμπλοκή των μαθητών με το μαθησιακό αντικείμενο, απαίτηση που αποτέλεσε το σημαντικότερο ίσως χαρακτηριστικό της σχεδίασης και ανάπτυξης του περιβάλλοντος VideoJavaLab. Σε ένα δεύτερο επίπεδο, ο διδάσκων χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα ως εργαλεία αναπαραστάσεων των κινήσεων, είναι

δυνατόν να προσανατολίσει τους μαθητές στην ερμηνεία τους, προκειμένου να αναδείξει τα χαρακτηριστικά πολυπλοκότερων κινήσεων, όπως για παράδειγμα ταλαντώσεις, ή κινήσεις σωμάτων που δεν μπορούν να μελετηθούν με την θεώρηση του υλικού σημείου. Τέλος σε ακόμη υψηλότερο επίπεδο, είναι δυνατόν οι μαθητές εφόσον αναγνωρίσουν τις αρχές της φυσικής που διέπουν την υπό μελέτη κίνηση, να ασχοληθούν με κατάλληλες στρατηγικές μοντελοποίησης των φαινομένων.

Η προηγούμενη συζήτηση φαίνεται πως οδηγείται σε ένα μεγάλο βαθμό από την αρχιτεκτονική του περιβάλλοντος VJL, η οποία βασίζεται στις δομές υπερμέσων που προσφέρει η ανάπτυξη εφαρμογών Web μέσα από τη χρήση της γλώσσας HTML. Ο κάθε διδάσκων επομένως, είναι δυνατόν να σχεδιάσει τις δικές του διδακτικές δραστηριότητες, προσαρμοσμένες στις μαθησιακές ανάγκες της τάξης του, και ακολούθως να τις εντάξει με απλό τρόπο στο περιβάλλον VJL. Στοχεύοντας επιπρόσθετα στην υψηλή ενεργοποίηση των μαθητών του, μπορεί να θέσει τα αντικείμενα μελέτης στην επιλογή ομάδων εργασίας, οι οποίες θα βιντεοσκοπούν και θα μελετούν «τα δικά τους» φαινόμενα κίνησης. Η διαδικτυακή δυνατότητα χρήσης της εφαρμογής VJL, προσφέρεται για τη δημιουργία εργαστηριακών δραστηριοτήτων, που εμπλέκουν ενεργά τους μαθητές είτε αξιοποιώντας το υπάρχον στο σχολείο δίκτυο υπολογιστών, είτε σε μια αποτελεσματική εξ αποστάσεως διδακτική πράξη. Έτσι, στην περίπτωση που οι μαθητές διαθέτουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, ο διδάσκων έχει την ευχέρεια να τους εμπλέξει με εύκολο τρόπο και σε μεγάλο βαθμό με καθημερινά και εργαστηριακά φαινόμενα κίνησης, είτε αξιοποιώντας μια επικουρική διαδικασία στο κύριο μάθημα, είτε υλοποιώντας μια αυτόνομη διδακτική πράξη. Μέσα από τις προτεινόμενες διδακτικές δραστηριότητες του διδάσκοντα επομένως, και με ενεργό τρόπο, οι μαθητές μπορούν να επιβεβαιώσουν τις ορθές απόψεις τους, αλλά και να αναγνωρίσουν τις όποιες εναλλακτικές τους ιδέες για την εξέλιξη φαινομένων και διαχείρισης γραφικών παραστάσεων.

Το περιβάλλον VJL εφαρμόστηκε πιλοτικά στη διδασκαλία της ευθύγραμμης κίνησης και της πλάγιας βολής στο μάθημα «Γενικό Εργαστήριο» του Β΄ εξαμήνου του τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ., με στόχο τόσο τη διερεύνηση της ευχρηστίας και της λειτουργικότητας του περιβάλλοντος, όσο και τον έλεγχο των στάσεων των φοιτητών απέναντι στη χρήση της εν λόγω εφαρμογής. Δύο τμήματα φοιτητών των 16 ατόμων το καθένα, μελέτησαν τα δύο παραπάνω φαινόμενα κίνησης, σε διμελείς ομάδες ακολουθώντας ένα δομημένο φύλλο δραστηριοτήτων. Πέρα από την ιδιαίτερα θετική στάση των φοιτητών απέναντι στη χρήση του περιβάλλοντος VJL, η εφαρμογή ανέδειξε τον υψηλό βαθμό ευχρηστίας του περιβάλλοντος όσο τις δυνατότητες που παρέχει το περιβάλλον να λειτουργήσει ως ένα εργαλείο ανάδειξης, ελέγχου των ιδεών και αναστοχασμού των φοιτητών στην ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων και τη σύνδεσή τους με τα φυσικά φαινόμενα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στις ενέργειες του έργου “ephys” που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια της Δράσης ΜΙΝΕΡΒΑ του Προγράμματος ΣΩΚΡΑΤΗΣ. Το περιεχόμενο της εργασίας αυτής δεν αντανακλά κατ' ανάγκη τη θέση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και σε καμία περίπτωση δεν την καθιστά υπεύθυνη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Austen, D., Brouwer, W., Wright P., Martin, B. & Laue H. (1999), M.A.P. Modular Approach to physics laboratory, *Proceedings of 4th International Conference on Computer Based Learning in Science*, A5, Pedagogical Faculty University of Ostrava Press, Czech Republic
2. Beichner, R. (1990), The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab, *Journal of Research in Science Teaching* **27**, 803-815
3. Beichner, R. (1994), Testing student interpretation of kinematics graphs, *American Journal of Physics* **62**, 750-762
4. Beichner, R. (1995), Considering perception and cognition in the design of an instructional software package, *Multimedia Tools and Applications* **1**, 173-184
5. Beichner, R. & Abbott, D. (1999), Video-Based Labs for introductory physics courses, *Journal of College Science Teaching* **29**, 101-104
6. Brungard, J. & Zollman, D. (1995), The influence of interactive videodisc instruction using simultaneous-time analysis on kinematics graphing skills of high school students, *Journal of Research in Science Teaching* **32**, 855-869
7. Gamboa, F., Pérez, J. L., Lara, F., Caviedes, F., Miranta, A. (2001), A student cantered methodology for the development of a physics video based laboratory, *Interacting with Computers* **13**, 527-548
8. Escalada L. T., Grabhorn, R. & Zollman D. (1996), Applications of interactive digital video in a physics classroom, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* **5**, 73-97
9. Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990), Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching, *Review of Educational Research* **60**, 1-64.
10. Martin, B., Austen, D., Wright, P. & Laue, H. (1999), Designing applets that foster constructivist teaching and learning, *Proceedings of 4th International Conference on Computer Based Learning in Science*, A5, Pedagogical Faculty University of Ostrava Press, Czech Republic
11. McDermott, L., Rosenquist, M. & vanZee, E. (1987), Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from Kinematics, *American Journal of Physics* **55**, 503-513
12. Mokros, J. & Tinker, R. (1987), The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs, *Journal of Research in Science Teaching* **24**, 369-383
13. Robert, R. & Cadmus, J. (1990), A video technique to facilitate the visualization of physical phenomena, *American Journal of Physics* **58**, 397-399
14. Thorton, R. & Sokoloff, D. (1990), Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools, *American Journal of Physics* **58**, 858-867
15. Zollman, D. & Fuller, R. (1994), Teaching and learning physics with interactive video, *Physics Today* **64**, 114-119
16. Zollman, D. (1996), Do the just sit there? Reflections on helping students learn physics, *American Journal of Physics* **58**, 858-867