

# Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2005)

3ο Συνέδριο Σύρου στις ΤΠΕ



Ανάπτυξη και πιλοτική εφαρμογή εργαστηριακής σειράς για την πειραματική μελέτη της κίνησης

Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης, Ανέστης Παπαδόπουλος, Δημήτρης Ψύλλος, Κωνσταντίνος Φρειδερίκος

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Χατζηκρανιώτης Ε., Παπαδόπουλος Α., Ψύλλος Δ., & Φρειδερίκος Κ. (2024). Ανάπτυξη και πιλοτική εφαρμογή εργαστηριακής σειράς για την πειραματική μελέτη της κίνησης. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 383–392. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/6281>

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

**Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης**  
 Επίκουρος καθηγητής-Τμήμα Φυσικής,  
 ΑΠΘ  
[evris@physics.auth.gr](mailto:evris@physics.auth.gr)

**Παπαδόπουλος Ανέστης**  
 Εκπαιδευτικός,  
 Διευθυντής Εκπαιδ. ΠΛΑΤΩΝ, Κατερίνη  
[platon.school@otenet.gr](mailto:platon.school@otenet.gr)

**Ψύλλος Δημήτρης**  
 Καθηγητής - Παιδαγωγικό Τμήμα  
 Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΑΠΘ  
[psillos@eled.auth.gr](mailto:psillos@eled.auth.gr)

**Φρειδερίκος Κωνσταντίνος**  
 Φυσικός

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια σειρά για την πειραματική μελέτη της κίνησης και τη σύνδεση της κίνησης με τη δύναμη, με την τεχνολογία των video-μετρήσεων. Η σειρά εφαρμόστηκε πιλοτικά σε πραγματικές συνθήκες σχολικού εργαστηρίου και στην εργασία παρουσιάζονται οι συνθήκες και τα πρώτα αποτελέσματα από την εφαρμογή.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** κίνηση, εργαστηριακή μελέτη, video-μετρήσεις

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

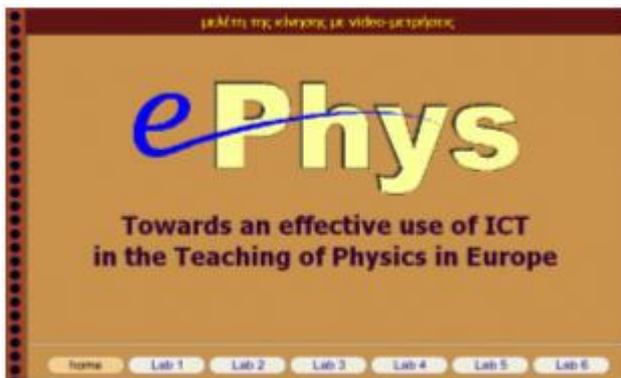
Η οπτικοποίηση φαινομένων συνιστά ένα σημαντικότατο τμήμα της μάθησης Φυσικών Επιστημών, ενώ παράλληλα η επίδειξη φαινομένων σε μια τυπική διδασκαλία, συχνά στοχεύει στη σύνδεση των νοητικών εικόνων των μαθητών με τις αντίστοιχες αρχές της Φυσικής που διέπουν τα εκάστοτε φαινόμενα. Οι επίδειξεις όχι μόνο επιτρέπουν 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, 1990). Συχνά όμως η διδασκαλία 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 των φαινομένων 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 «στιγμιότυπων» της κίνησης, και συνεπώς αδυνατούν να διακρίνουν τα λεπτά σημεία της εξέλιξής της.

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 στην οθόνη του Η/Υ, συγχρονικά με την εξέλιξη. Η έρευνα έδειξε πως οι δεξιότητες των μαθητών στη διαχείριση και ερμηνεία γραφικών παραστάσεων αυξάνονται σημαντικά με τη χρήση διατάξεων MBL (Mokros, 1987; Thorton, 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, 1994).

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, 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 σαφέστερη άποψη για την εξέλιξη της κίνησης. 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.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε την ανάπτυξη και την πιλοτική εφαρμογή μιας διδακτικής σειράς για την εργαστηριακή μελέτη της κίνησης. Η σειρά βασίζεται στο εργαλείο VideoJavaLab (Φρειδερίκος, 2004), που υλοποιεί ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον ανάλυσης βιντεοσκοπημένων κινήσεων, λειτουργεί ως JAVA applet με δυνατότητες τόσο τοπικής όσο δικτυακής χρήσης (Φρειδερίκος, 2003).



Εικόνα 1. Εισαγωγική εικόνα του περιβάλλοντος για τις Video-μετρήσεις

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ

Η σειρά για την πειραματική μελέτη της κίνησης (εικόνα 1) και τη σύνδεση της κίνησης με τη δύναμη, αναπτύχθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού έργου ePhys. Η σειρά περιλαμβάνει 6 εργαστηριακές ασκήσεις, που παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω. Οι δύο πρώτες από τις ασκήσεις καλύπτουν τα θέματα τις κίνησης (ευθύγραμμη ομαλή και ελεύθερη πτώση), οι δυο επόμενες τη σύνδεση της κίνησης με τη δύναμη (η δύναμη ως αίτιο στην επιταχυνόμενη και στην επιβραδυνόμενη κίνηση) η 5<sup>η</sup> μελετά την κίνηση υπό την επίδραση της βαρύτητας (άλμα του αστροναύτη στη σελήνη) ενώ η 6<sup>η</sup> άσκηση αναπτύχθηκε ως άσκηση εξετάσεων

**Άσκηση 1: ευθύγραμμη ομαλή κίνηση**

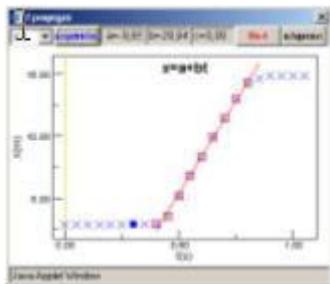
Η εικόνα του video για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση παρουσιάζεται στην εικόνα 2. Η οθόνη χωρίζεται σε δυο μέρη, το video της κίνησης στο αριστερό τμήμα και το κείμενο στο δεξί μέρος που περιγράφει συνοπτικά το αντικείμενο της άσκησης.



*Εικόνα 2. Εικόνα της άσκησης 1 (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση) το σουτ του ποδοσφαιριστή*

Αρχικά, η μπάλα είναι ακίνητη ενώ ο ποδοσφαιριστής «παίρνει φόρα» για το σουτ. Οι μαθητές καταγράφουν (με κλικ του ποντικιού) τη θέση της μπάλας στα διάφορα στιγμιότυπα (frames) της κίνησης. Εμφανίζεται ο Πίνακας Τιμών, με τις πειραματικές μετρήσεις και η γραφική παράσταση X-t (εικόνα 3). Αφού ολοκληρώσει τις μετρήσεις του, ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να δει το video μπρος-πίσω παρατηρώντας την τρέχουσα θέση, τη μέτρηση που πήρε, την τρέχουσα τιμή στον Πίνακα Τιμών, και το αντίστοιχο σημείο στη γραφική παράσταση.

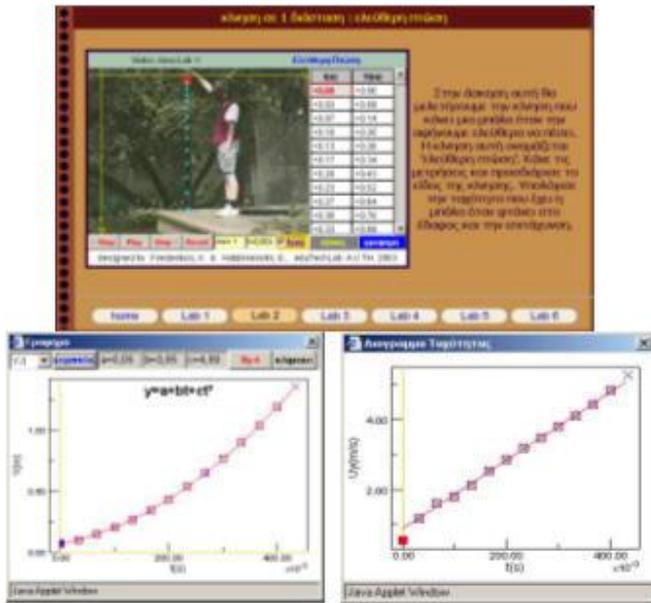
Από τους μαθητές ζητείται να προσδιορίσουν την αρχή της κίνησης, μέσω συνδυασμένης παρατήρησης του video (στιγμιότυπο τη κίνησης) και της γραφικής παράστασης. Η άσκηση δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να διαχωρίσουν την ακινησία από την κίνηση μέσω της γραφικής παράστασης X-t.



*Εικόνα 3. Γραφική παράσταση της θέσης (X-t) για την άσκηση 1*

**Άσκηση 2: ελεύθερη πτώση**

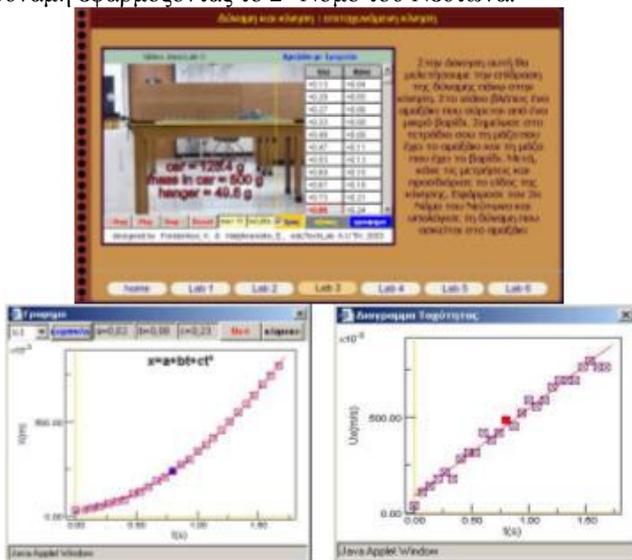
Η εικόνα του video για την ελεύθερη πτώση παρουσιάζεται στην εικόνα 4. Το video απεικονίζει ένα κοριτσάκι που αφήνει να πέσει μια μπάλα. Οι μαθητές καλούνται να προσδιορίσουν το είδος της κίνησης, την ταχύτητα με την οποία η μπάλα θα φτάσει στο έδαφος και την επιτάχυνση της βαρύτητας, από την καμπύλη V-t.



Εικόνα 4. Εικόνα της άσκησης 2 (ελεύθερη πτώση) και οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις X-t και V-t

**Άσκηση 3-4: δύναμη και κίνηση**

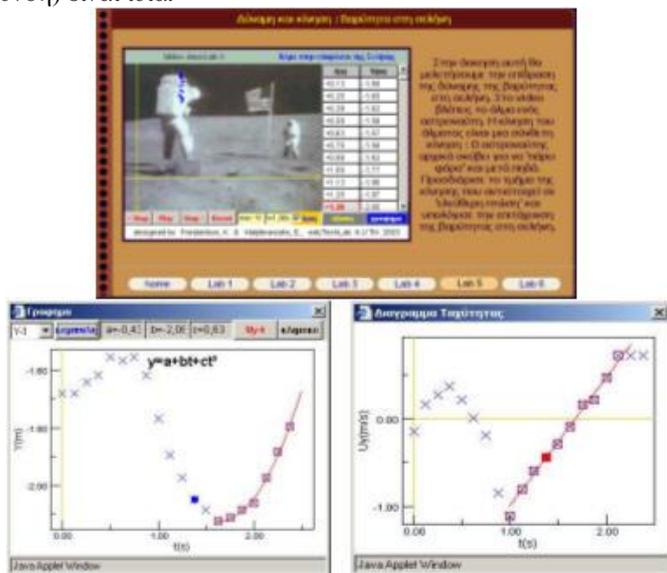
Πρόκειται για δυο ασκήσεις με ανάλογη διαπραγμάτευση (εικόνα 4). Στο video απεικονίζεται ένα αμαξάκι που είτε επιταχύνεται (άσκηση 3) επειδή έλκεται από ένα μικρό βάρος που πέφτει, είτε επιβραδύνεται και σταματά (άσκηση 4) λόγω τριβών. Οι μαθητές καλούνται να προσδιορίσουν το είδος της κίνησης, να συνδέσουν την κίνηση με τη δύναμη και να προσδιορίσουν τη δύναμη εφαρμόζοντας το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα.



Εικόνα 5. Εικόνα της άσκησης 3 (δύναμη και κίνηση) και οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις X-t και V-t

### Άσκηση 5: Βαρύτητα στη σελήνη

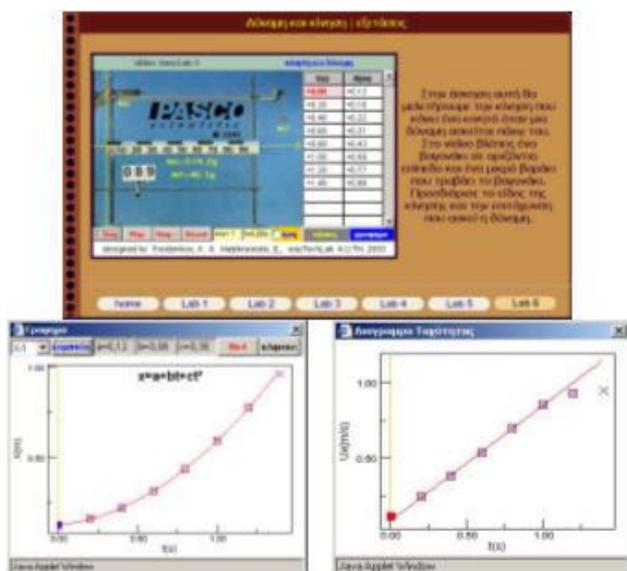
Στο video (εικόνα 5) απεικονίζεται το επιτόπιο άλμα αστροναύτη στη επιφάνεια της σελήνης. Η κίνηση είναι σύνθετη καθώς, ο αστροναύτης αρχικά σκύβει για «να πάρει φόρα» και στη συνέχεια πηδά. Οι μαθητές καλούνται αρχικά να καταγράψουν την κίνηση και στη συνέχεια να προσδιορίσουν (συσχέτιση γραφικής παράστασης X-t με τα στιγμιότυπα της κίνησης) το τμήμα της κίνησης που αντιστοιχεί σε «ελεύθερη πτώση». Να υπολογίσουν την επιτάχυνση από το διάγραμμα V-t, την επιτάχυνση τα βαρύτητας στη σελήνη. Είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουν και να σχολιάσουν οι μαθητές την αλλαγή στο πρόσημο της ταχύτητας (βλ. διάγραμμα V-t) αλλά και την ομοιομορφία της κίνησης για το τελευταίο sec, που αντιστοιχεί τόσο στην άνοδο (άλμα) όσο και στην κάθοδο (ελεύθερη πτώση) του αστροναύτη. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουν ότι τόσο στην άνοδο (όπου η ταχύτητα μειώνεται κατά μέτρο – επιβραδυνόμενη κίνηση) όσο στην κάθοδο (όπου η ταχύτητα αυξάνει κατά μέτρο – επιταχυνόμενη κίνηση) η κλίση της ευθείας V-t (και συνεπώς η επιτάχυνση) είναι ίδια.



Εικόνα 5. Εικόνα της άσκησης 5 (βαρύτητα στη σελήνη) και οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις X-t και V-t

### Άσκηση 6: άσκηση εξετάσεων

Η άσκηση εξετάσεων (εικόνα 6) αποτελεί ως θέμα μια παραλλαγή των ασκήσεων 4-5. Ένα κινητό κινείται σε οριζόντια σιδηροτροχιά καθώς έλκεται από ένα μικρό βάρος που πέφτει. Στην άσκηση-εξετάσεων ανιχνεύουμε κατά πόσο μπορούν οι μαθητές να προσδιορίζουν το είδος της κίνησης από τη γραφική παράσταση X-t, να υπολογίσουν την επιτάχυνση από το διάγραμμα V-t. Οι μαθητές καλούνται να συνδέσουν την κίνηση με τη δύναμη και να προσδιορίσουν τη δύναμη εφαρμόζοντας το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα.



Εικόνα 6. Εικόνα της άσκησης 3 (άσκηση εξετάσεων) και οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις  $X-t$  και  $V-t$

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η εφαρμογή της διδακτικής σειράς έγινε στα Εκπαιδευτήρια «ΠΛΑΤΩΝ» στην Κατερίνη (Γ΄ Γυμνασίου) κατά τη σχολική χρονιά 2004-2005. Κατά τη χρονιά εφαρμογής, η Γ΄ Γυμνασίου αποτελούνταν από ένα τμήμα 11 μαθητών (5 αγόρια και 6 κορίτσια) οι οποίοι σύμφωνα με την επίδοσή τους σε όλα τα μαθήματα κατατάσσονται ως: 5 πολύ καλοί (17 – 19), 2 μέτριοι (13-15) και μαθητές 4 κάτω του μετρίου (10-11). Κρίνεται ως μια τάξη ανομοιογενής ως προς την επίδοση, όμως, όλοι οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι στη χρήση Η/Υ. Η εφαρμογή της διδακτικής σειράς έγινε χωρίς να διαταραχθεί ουσιαστικά το ωρολόγιο πρόγραμμα διδασκαλίας, όπως σχηματικά φαίνεται στον Πίνακα Ι. Στον πίνακα παρουσιάζεται σχηματικά η αλληλουχία των συμβατικών (από καθέδρας) διδασκαλιών με τις εργαστηριακές παρεμβάσεις. Οι εργαστηριακές ασκήσεις σημειώνονται με 'Lab' και η αρίθμηση αναφέρεται στις εργαστηριακές ασκήσεις που αναπτύχθηκαν. Η αρίθμηση στις συμβατικές διδασκαλίες ακολουθεί την αρίθμηση των εννοιών στο σχολικό βιβλίο (1.1, 1.2, κλπ). Ως σχήμα εφαρμογής, ακολουθήθηκε ένα υβριδικό σχήμα, με δυο εργαστηριακές ασκήσεις (Lab 1 και 3) ως εμβόλιμες σε εργαστηριακές ώρες, ενώ σε 2 περιπτώσεις έγινε άμεσος συνδυασμός της εργαστηριακής άσκησης με το προς διδασκαλία θέμα (Lab 2 και 4).

Πίνακας Ι. Σχηματική παράσταση της αλληλουχίας συμβατικών παραδόσεων και εργαστηριακών ασκήσεων (σημειώνονται με 'Lab')

Κινητική						Δυναμική				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.1	1.2	1.3		1.4	1.5	2.1-2.2	2.3-2.4		2.6-2.7	2.5
			Lab1		Lab2			Lab3		Lab4

Κάθε εργαστηριακή άσκηση (Lab) είχε διάρκεια μιας πλήρους διδακτικής ώρας, και οι μαθητές εργάστηκαν σε δυάδες βάσει ενός οργανωμένου φύλλου εργασίας. Σε κάθε εργαστηριακή

άσκηση, οι μαθητές καλούνται να κάνουν μετρήσεις, να εμφανίσουν το διάγραμμα X-t και V-t και να προσδιορίσουν το είδος της κίνησης. Στις εργαστηριακές ασκήσεις στο κεφάλαιο της Δυναμικής, δίνεται έμφαση στον 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα, και καλούνται οι μαθητές να υπολογίσουν τη δύναμη που ασκείται κάθε φορά. Η εκτίμηση της απόδοσης των μαθητών έγινε με 2 τρόπους:

(α) κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, για μεν τις συμβατικές διδασκαλίες με καθημερινή 10-λεπτη γραπτή εξέταση, για δε τις εργαστηριακές ασκήσεις από το Φύλλο Εργασίας των μαθητών

(β) στο τέλος της ενότητας με διαγώνισμα τόσο στα θέματα συμβατικής διδασκαλίας αλλά και στις εργαστηριακές ασκήσεις. Δόθηκαν δυο γραπτά διαγώνισμα, ένα στο τέλος της ενότητας της Κινητικής και ένα στο τέλος της Δυναμικής. Κάθε εξέταση διήρκεσε δυο διδακτικές ώρες, η μια ως εργαστηριακή άσκηση, και είχε ατομικό χαρακτήρα

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των δυο γραπτών εξετάσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα II. Κάθε εξέταση περιελάμβανε 3 μέρη, ένα θεωρητικό (διατύπωση εννοιών - ορισμών - διαγραμμάτων), ένα αριθμητικό πρόβλημα που απαιτούσε κατασκευή γραφικής παράστασης, και ένα εργαστηριακό πρόβλημα ανάλογης δυσκολίας με το αριθμητικό. Τόσο στο συμβατικό όσο και στο εργαστηριακό μέρος της εξέτασης οι μαθητές ολοκλήρωσαν την προσπάθειά τους, ενώ παρατηρήθηκε ιδιαίτερη ευκολία στους μαθητές για τη λήψη των μετρήσεων στο εργαστηριακό μέρος. Στον Πίνακα II συνοψίζεται η επίδοση του τμήματος στις δυο εξετάσεις (Κινητική και Δυναμική) Στον πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο της συμβατικής εξέτασης (τυπική) όσο και για το εργαστηριακό μέρος (Lab).

Τόσο το συμβατικό (τυπικό) μέρος της εξέτασης, όσο και το εργαστηριακό είχαν διάρκεια από μια διδακτική ώρα. Στο θεωρητικό μέρος (έννοιες – σχέσεις – ορισμοί) της τυπικής εξέτασης δόθηκαν ερωτήσεις αντίστοιχες σε διατύπωση και βαθμό δυσκολίας με αυτές του σχολικού βιβλίου. Ανάλογες ήταν οι ερωτήσεις στο εργαστηριακό μέρος, με τη διαφορά ότι στο εργαστηριακό μέρος καλούνται οι μαθητές να υποδείξουν τις αντίστοιχες έννοιες, (θέση, μετατόπιση, σύστημα αναφοράς, κλπ) ή τις σχέσεις που χρησιμοποιούν (ταχύτητα, διάστημα, κλπ) πάνω στην εικόνα των video-μετρήσεων.

Το αριθμητικό πρόβλημα στην τυπική (συμβατική) εξέταση περιλαμβάνει μια τυπική διατύπωση, ανάλογη του σχολικού βιβλίου, και για την απάντηση οι μαθητές καλούνται να δημιουργήσουν Πίνακα Τιμών, Γραφική Παράσταση και να ερμηνεύσουν, τα αποτελέσματά τους βάσει της γραφικής παράστασης. Αντίστοιχα, στο εργαστηριακό μέρος της εξέτασης, οι μαθητές καλούνται να πάρουν μετρήσεις σ' ένα (άγνωστο) video κίνησης, και αντίστοιχα να δημιουργήσουν τη γραφική παράσταση και να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματά τους βάσει της γραφικής παράστασης.

**Πίνακας II. Σύνοψη των αποτελεσμάτων κατά τις δυο εξετάσεις (Κινητική-Δυναμική)**

αριθμός σωστών απαντήσεων κατά κατηγορία και εξέταση	Κινητική		Δυναμική	
	τυπική	Lab	τυπική	Lab
έννοιες – ορισμοί	6/11	11/11	6/11	11/11
κατασκευή γραφικής παράστασης	6/11	6/11	6/11	7/11
ερμηνεία γραφικής παράστασης	6/11	7/11	11/11	11/11
υπολογισμός $a$ ή $S$ από γραφική παράσταση	4/11	6/11	7/11	8/11

Παρότι ο μικρός αριθμός του δείγματος και ο πιλοτικός χαρακτήρας της εφαρμογής δεν επιτρέπουν άμεση γενίκευση των αποτελεσμάτων, οι τάσεις ωστόσο που διαφαίνονται στον Πίνακα II είναι ενθαρρυντικές και σχολιάζονται παρακάτω:

#### **Έννοιες και ορισμοί**

Το ποσοστό στη συμβατική γραπτή εξέταση (διατύπωση ορισμών, σχέσεων, κλπ) περιορίζεται κοντά στο 55%, που αποτελεί την αναμενόμενη συμπεριφορά του τμήματος, βάσει της συνολικής τους επίδοσης στα μαθήματα: οι μαθητές με συνολική επίδοση κάτω του μετρίου είναι αυτοί που γενικά είχαν τις λιγότερο επιτυχείς διατυπώσεις ορισμών και σχέσεων. Αντίθετα, όταν τους ζητείται στην εργαστηριακή άσκηση είτε να υποδείξουν τις ίδιες έννοιες (θέση, μετατόπιση, σημείο αναφοράς, κλπ), είτε να κάνουν απλές πράξεις που όμως προϋποθέτουν την κατανόηση αυτών των εννοιών (πχ. υπολογισμός της μετατόπισης), τότε το ποσοστό επιτυχούς απάντησης, για όλους τους μαθητές, εγγίζει το 100%. Η εργαστηριακή άσκηση με video-μετρήσεις φαίνεται να αποτελεί ένα πρόσφορο πλαίσιο για τη διασαφήνιση των εννοιών, ασχέτως αν ο μαθητής είναι (ή όχι) σε θέση να τις διατυπώσει με επιστημονική ακρίβεια.

#### **Συσχέτιση κίνησης – γραφικής παράστασης**

Με την ολοκλήρωση της Κινητικής, το ποσοστό είναι χαμηλό. Σε τυπικές ερωτήσεις συσχέτισης της κίνησης με γραφική παράσταση, το ποσοστό επιτυχών απαντήσεων είναι 55% στο συμβατικό διαγώνισμα, 64% στο εργαστηριακό. Η ελαφρά καλύτερη επίδοση στην εργαστηριακή εξέταση δεν κρίνεται στατιστικά σημαντική λόγω του μικρού δείγματος. Όμως, το ποσοστό ανεβαίνει στο 100% μετά την ολοκλήρωση της Δυναμικής, που υποδηλώνει την ευεργετική συσχέτιση δύναμης-κίνησης. Δεδομένου ότι η εργαστηριακές ασκήσεις (Lab 3 και 5) είναι αντίστοιχες με τις προηγούμενες (Lab 1 και 2), φαίνεται ότι η αποδοτικότητα των video-μετρήσεων στη συσχέτιση κίνησης-γραφικής παράστασης, είναι μεγαλύτερη σε μια φάση όπου οι πρωταρχικές έννοιες είναι ήδη γνωστές.

#### **Κατασκευή γραφικής παράστασης**

Στη συμβατική γραπτή εξέταση, τόσο στη Κινητική όσο και στη Δυναμική, δίδεται στους μαθητές ένα αριθμητικό πρόβλημα και τους ζητείται να εφαρμόσουν αριθμητικά τη σχέση, να δημιουργήσουν τον Πίνακα Τιμών και να κατασκευάσουν τη γραφική παράσταση της κίνησης. Στη εργαστηριακή εξέταση, ζητείται από τους μαθητές να πάρουν μετρήσεις X-t, και (πάλι) να δημιουργήσουν τον Πίνακα Τιμών και τη γραφική παράσταση της κίνησης. Οι μαθητές δεν φαίνεται εμφανίζουν πρόβλημα στην αριθμητική εφαρμογή της σχέσης, και στη δημιουργία του Πίνακα Τιμών, εντούτοις, η επιτυχής κατασκευή της γραφικής παράστασης διατηρείται σε σχετικά χαμηλότερα ποσοστά (55-64%), τόσο στις συμβατικές εξετάσεις Κινητικής- Δυναμικής όσο και στις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις. Παρότι, όπως φάνηκε νωρίτερα, οι μαθητές είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τις κινήσεις και να συσχετίζουν κίνηση με γραφική παράσταση, και μάλιστα με απόλυτη επιτυχία μετά την ολοκλήρωση και της Δυναμικής, δυσκολεύονται όμως στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων. Οι εργαστηριακές ασκήσεις των video-μετρήσεων φαίνεται ότι βοήθησαν μεν τους μαθητές να συσχετίσουν την κίνηση με τη γραφική παράσταση και αποδίδουν κίνηση σε γραφική παράσταση, όμως δεν βοήθησαν εξίσου σημαντικά τους μαθητές στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων. Οι μαθητές, στο τελικό διαγώνισμα, φαίνεται να διακρίνονται από μια τάση να «κάνουν τη γραφική παράσταση να ομοιάζει με τη σωστή» πολύ συχνά όμως με λάθη στη βαθμολόγηση των αξόνων.

### Χρήση και αξιοποίηση των γραφικών παραστάσεων

Οι τυπικές ερωτήσεις στη κατηγορία αυτή είναι «ο υπολογισμός της επιτάχυνσης ή του διαστήματος, από τη γραφική παράσταση V-t». Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, οι μαθητές κατασκευάζουν τη γραφική παράσταση της κίνησης είτε με εφαρμογή αριθμητικών τιμών είτε από τις μετρήσεις τους. Λόγω του διαπιστωμένου προβλήματος των μαθητών στην κατασκευή «επιστημονικά ορθής» γραφικής παράστασης, στην ερώτηση αυτή αξιολογείται μόνο η ικανότητα του μαθητή να αξιοποιεί τη γραφική παράσταση. Στην εξέταση της Κινητικής, αποτυπώνεται ένα μικρό ποσοστό (4/11, 36%) στο συμβατικό διαγώνισμα, όταν οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν την επιτάχυνση από το διάγραμμα V-t στο αριθμητικό πρόβλημα. Το ποσοστό αυτό αυξάνει σημαντικά, όταν η ίδια ερώτηση τίθεται στην εργαστηριακή εξέταση (6/11, 55%). Όπως και στην περίπτωση της συσχέτισης κίνησης – γραφικής παράστασης, η επαναληπτική διαχείριση της κινητικής και ο συνδυασμός της κίνησης με το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα μέσω video-μετρήσεων φαίνεται να συντελούν σημαντικά στην περαιτέρω συνεχή βελτίωση του ποσοστού (8/11, 73%).

Συνοψίζοντας, από την πιλοτική εφαρμογή της σειράς, διαφαίνεται ότι είναι σημαντικές οι διδακτικές δυνατότητες που προσφέρονται από τα περιβάλλοντα video-μετρήσεων για τη μελέτη κινήσεων και τη σύνδεση τους με τις γραφικές παραστάσεις. Όπως επισημαίνεται στη βιβλιογραφία (Beichner 1990, Zollman 1996), αλλά και από τις ενδείξεις μας φαίνεται ότι η χρήση εργαστηρίων βασισμένα σε video είναι δυνατόν να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση των μαθητών σε δεξιότητες που αφορούν την ερμηνεία και την αξιοποίηση γραφικών παραστάσεων. Η έρευνα έχει αναδείξει πως η ένταξη video-μετρήσεων στη διδασκαλία της Φυσικής είναι δυνατόν αυξήσει σημαντικά τα κίνητρα των μαθητών για την ενασχόληση τους με θέματα κινήσεων, ενώ το ενδιαφέρον τους αναπτύσσεται εξίσου καθώς διερευνούν με ενεργό και αλληλεπιδραστικό τρόπο φαινόμενα που τους κινούν την περιέργεια (Escalada, 1996; Zollman, 1994). Από ποιοτικές παρατηρήσεις κατά την πιλοτική εφαρμογή της σειράς φαίνεται ότι κινήσεις από την καθημερινή ζωή, όπως το σουτ του ποδοσφαιριστή, η «κούρσα» του δρομέα, το άλμα του αστροναύτη, το φρενάρισμα αυτοκινήτου, κλπ, ότι μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στην ενεργοποίηση των μαθητών, καθώς αυτοί καλούνται να μελετήσουν πραγματικές κινήσεις και όχι φαινόμενα που προσεγγίζονται πάντα από ιδεατές καταστάσεις. Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με τα υπό μελέτη φαινόμενα, αποτελεί το κομβικό σημείο στις σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις των Φυσικών Επιστημών (Hake 1998, Smith 2005).

### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στις ενέργειες του έργου “*ePhys: Towards an effective use of ICT for Open Learning in The Teaching of Physics in Europe*”. Το έργο *ePhys* χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια της Δράσης MINERVA του προγράμματος SOCRATES.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. 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
2. Beichner R. (1994), Testing student interpretation of kinematics graphs, *American Journal of Physics* **62**, 750-762
3. Beichner R. (1995), Considering perception and cognition in the design of an instructional software package, *Multimedia Tools and Applications* **1**, 173-184.

4. 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
5. Gamboa F, Pérez JL, Lara F, Caviedes F, Miranta A. (2001), A student centered methodology for the development of a physics video based laboratory, *Interacting with Computers* **13**, 527-548
6. Hake R. (1998), Interactive-Engagement vs. Traditional Methods: A Six-Thousand Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses, *American Journal of Physics*, **66**, 64-74.
7. 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
8. Robert R, Cadmus J, (1990), A video technique to facilitate the visualization of physical phenomena, *American Journal of Physics* **58**, 397-399
9. Smith A. K, Sheppard S. D, Johnson D.W, Johnson R. T (2005), Classroom-Based Practices, *Journal of Engineering Education* **94**, 87-101.
10. Thorton R, Sokoloff D, (1990), Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools, *American Journal of Physics* **58**, 858-867
11. Zollman, D. & Fuller, R. (1994), Teaching and learning physics with interactive video, *Physics Today* **64**, 114-119
12. Zollman, D. (1996), Do the just sit there? Reflections on helping students learn physics, *American Journal of Physics* **58**, 858-867
13. Φρειδερίκος Κ, Χατζηκρανιώτης Ε, (2003) Σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικής εφαρμογής, video ανάλυσης, στην περιοχή φαινομένων της κινηματικής, *Πρακτικά Συνεδρίου Σύρου*, (Σύρος)
14. Φρειδερίκος Κ, (2004) διπλωματική εργασία, ΠΜΣ-Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες, ΠΤΔΕ, (Θεσσαλονίκη)