ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (1998)

1η Πανηπειρωτική Ημερίδα

Διδασκαλία Φυσικής και υπολογιστές: Μελέτη της συμβολής των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της Κινηματικής.

Α. Τζιμογιάννης, Ε. Κωσταδήμας, Α. Τ. Μικρόπουλος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Τζιμογιάννης Α., Κωσταδήμας Ε., & Μικρόπουλος Α. Τ. (2022). Διδασκαλία Φυσικής και υπολογιστές: Μελέτη της συμβολής των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της Κινηματικής. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 065–078. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4704

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 05/12/2025 23:17:13

Διδασκαλία Φυσικής και υπολογιστές

Μελέτη της συμβολής των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της Κινηματικής

Α. Τζιμογιάννης, Ε. Κωσταδήμας, Α. Τ. Μικρόπουλος

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα σχετικά με τη χρήση του υπολογιστή ως εκπαιδευτικού μέσου βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Στο σύγχρονο σχολείο ο υπολογιστής δεν αποτελεί απλά ένα μέσο αλφαβητισμού σε βασικά θέματα της πληροφορικής, αλλά θεωρείται αναπόσπαστο τμήμα της εκπαιδευτικής τεχνολογίας [1]. Η Πληροφορική ως εκπαιδευτικό εργαλείο διαμορφώνει ένα νέο, βελτιωμένο και συνεχώς εξελισσόμενο περιβάλλον διδασκαλίας και μάθησης, για όλες τις βαθμίδες και τα γνωστικά αντικείμενα. Η Διδασκαλία με τη Βοήθεια Υπολογιστών (Computer Aided Instruction, CAI) αποτελεί μία μεθοδολογία που εξελίσσεται δυναμικά και σήμερα γίνεται ευρύτερα προσιτή, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα της Φυσικής αποτελεί σήμερα το πιο ευρύ πεδίο εφαρμογής της πληροφορικής στην εκπαίδευση. Φύλλα εργασίας (spreadsheets), εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή (computer-based labs), προσομοιώσεις (simulations) και εφαρμογές πολυμέσων (multimedia) είναι εργαλεία, με τα οποία εύκολα εξοικειώνονται οι μαθητές και μπορούν να εισαχθούν άμεσα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το κύριο χαρακτηριστικό των τεχνολογιών αυτών είναι ότι διαμορφώνουν μία ριζικά διαφορετική διδακτική προσέγγιση σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία Ο υπολογιστής αλλάζει καθοριστικά το πλαίσιο διδασκαλίας [2], το οποίο βασίζεται στην ενεργητική συμμετοχή των μαθητών και όχι στην παθητική παρακολούθηση της παρουσίασης του αντικειμένου από τον διδάσκοντα ή το βιβλίο.

Η εργασία αυτή αποτελεί μία μελέτη περίπτωσης (case study), που αφορά στη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Interactive Physics για τη διδασκαλία της Φυσικής στο Λύκειο. Εντάσσεται σε ένα ευρύτερο πρόγραμμα αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού για τη διδασκαλία της Φυσικής, που βρίσκεται σε εξέλιξη στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Η διδασκαλία της Κινηματικής παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον, καθώς

- σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης αποτελεί την εισαγωγική ενότητα της Μηχανικής, που είναι η βάση για τη διδασκαλία της Φυσικής
- είναι γνωστική περιοχή ιδιαίτερης εκπαιδευτικής αξίας, η οποία προσφέρεται για τη διερεύνηση και καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών
- παρά το γεγονός ότι οι περισσότερες κινηματικές καταστάσεις είναι οικείες

από την καθημερινή εμπειρία, οι αντιλήψεις των μαθητών είναι σε μεγάλο βαθμό διαισθητικές και σε απόσταση από τις αντίστοιχες επιστημονικές

- είναι εύκολη η πραγματοποίηση πειραμάτων για τον έλεγχο των νοητικών μοντέλων.

Πρώτος στόχος της εργασίας είναι η καταγραφή, ταξινόμηση και διερεύνηση των απόψεων μαθητών Α' Τάξης Λυκείου σχετικά με βασικές έννοιες της Κινηματικής, όπως είναι η στιγμιαία ταχύτητα και επιτάχυνση σε ευθύγραμμες κινήσεις απλών σωμάτων. Η ερευνητική υπόθεση είναι ότι

πολλοί *μαθητές έχουν δυσκολίες να κατανοήσουν τα μεγέθη της ταχύτητας και επιτάχυνσης και να εφαρμόσουν τους βασικούς νόμους της κινηματικής σε* απλές *κινήσεις.*

Δεύτερος στόχος είναι η διαπίστωση της συμβολής των προσομοιώσεων στη δημιουργία νοητικών μοντέλων και στην κατανόηση απλών κινηματικών φαινομένων. Για το σκοπό αυτό έχουμε δημιουργήσει τρία απλά πειράματα-έργα, χρησιμοποιώντας το πακέτο προσομοιώσεων Interactive Physics. Με τη βοήθεια ενός φιλικού περιβάλλοντος επικοινωνίας (interface) που έχουμε αναπτύξει, οι μαθητές αξιοποιούν τη στροβοσκοπική μέθοδο εκτέλεσης και μελέτης των πειραμάτων-έργων. Η δεύτερη ερευνητική υπόθεση της εργασίας είναι ότι

οι προσομοιώσεις συνεισφέρουν στην απομάκρυνση των παρανοήσεων και στη λειτουργική εφαρμογή των βασικών κινηματικών εννοιών (ταχύτητα και επιτάχυνση).

Η παρούσα εργασία στοχεύει αφενός στην επιβεβαίωση ή την απόρριψη των παραπάνω υποθέσεων και αφετέρου στον προσδιορισμό των ορίων ισχύος τους. Τα αποτελέσματα της εργασίας αποτελούν, από όσο γνωρίζουμε, τα πρώτα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις αντιλήψεις μαθητών για τις έννοιες της ταχύτητας και επιτάχυνσης στην Ελληνική βιβλιογραφία. Για το λόγο αυτό, έχει ιδιαίτερη ερευνητική αξία η σύγκριση των δυσκολιών που καταγράφηκαν, με τα αποτελέσματα αντίστοιχων ερευνών που έχουν γίνει σε άλλες χώρες [3,4].

2. Η έρευνα της διδασκαλίας της Φυσικής

Η έρευνα σχετικά με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα της Φυσικής βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τα τελευταία είκοσι χρόνια. Κύριος στόχος είναι

- η μελέτη των μηχανισμών μάθησης και συγκρότησης εννοιολογικών πλαισίων και νοητικών μοντέλων
- η ανίχνευση της απόστασης των αντιλήψεων μαθητών-φοιτητών από τις καθιερωμένες επιστημονικές αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα
- η μελέτη των γνωστικών αλλαγών και στρατηγικών της μάθησης σε σχέση με το επίπεδο γνώσης μαθητών-φοιτητών πριν από τη διδασκαλία του αντικειμένου
- ο σχεδιασμός νέων διδακτικών στρατηγικών και η ανάπτυξη νέων

καινοτομικών αναλυτικών προγραμμάτων.

Πολλές ανεξάρτητες έρευνες έχουν δείξει ότι μαθητές και σπουδαστές όλων των βαθμίδων έχουν σοβαρές δυσκολίες τόσο στην κατανόηση όσο και στην εφαρμογή των βασικών εννοιών σε απλές φυσικές διαδικασίες. Χαρακτηριστικές είναι οι παρανοήσεις και οι δυσκολίες φοιτητών στην κατανόηση των εννοιών της ταχύτητας [3] και της επιτάχυνσης [4], οι αρχικές ιδέες και γνώσεις στη μηχανική [5], οι δυσκολίες μαθητών σχετικά με την έννοια της ενέργειας [6] και οι δυσκολίες φοιτητών στην ανάλυση απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων [7]. Άλλες μελέτες έχουν καταγράψει τις δυσκολίες των μαθητών να συσχετίσουν μεταξύ τους τα πραγματικά φυσικά φαινόμενα, τις βασικές φυσικές έννοιες και αρχές και τις διάφορες συμβολικές αναπαραστάσεις (εξισώσεις, διαγράμματα, γραφικές παραστάσεις). Χαρακτηριστικές είναι οι δυσκολίες των μαθητών στη σύνδεση γραφικών παραστάσεων και φυσικών φαινομένων [8]. Συνήθως η γνώση των μαθητών δεν είναι δομημένη, αλλά αποτελείται από ανεξάρτητα γεγονότα, διαδικασίες και εξισώσεις φτωχά οργανωμένες για χρήση ή εφαρμογή, με αποτέλεσμα την εμφάνιση σοβαρών δυσκολιών στην ερμηνεία φυσικών φαινομένων και στην επίλυση προβλημάτων [9].

Σε ότι αφορά την Ελληνική βιβλιογραφία, αναφέρουμε την καταγραφή των αντιλήψεων μαθητών Δημοτικού σχετικά με τις μεταβολές καταστάσεων και τη θερμική ισορροπία [10], των απόψεων μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα [11] και τη συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων μαθητών Δημοτικού και φοιτητών Παιδαγωγικών Τμημάτων σχετικά με την έννοια της άνωσης [12].

3. Διδασκαλία Φυσικής και προσομοιώσεις

Η Φυσική είναι η επιστήμη που εισήγαγε την πληροφορική τεχνολογία στη διδακτική πράξη, ήδη με την εμφάνιση των πρώτων προσωπικών υπολογιστών. Η σημασία της χρήσης των υπολογιστών στη διδασκαλία της Φυσικής έχει αξιολογηθεί θετικά σε μία σειρά ανεξάρτητες έρευνες [13,14]. Σήμερα η έρευνα της διδασκαλίας της Φυσικής και η πληροφορική επιστήμη θεωρούνται άμεσα σχετιζόμενα πεδία, καθώς

- η έρευνα της διδασκαλίας της Φυσικής μπορεί να οδηγήσει στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη νέων πακέτων εκπαιδευτικού λογισμικού
- ο υπολογιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο έρευνας και καταγραφής του βαθμού κατανόησης των βασικών φυσικών εννοιών [15].

Η παραδοσιακή διδασκαλία της Φυσικής χαρακτηρίζεται από την παθητική στάση των μαθητών απέναντι στο αντικείμενο. Παρότι η Φυσική είναι κατά βάση πειραματική επιστήμη, η χρήση του εργαστηρίου (όταν υπάρχει) περιορίζεται μόνο σε επιδείξεις από τον διδάσκοντα. Οι μαθητές δεν έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν, να αλλάξουν παραμέτρους ή συνθήκες, να δουν και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα τους, να έρθουν δηλαδή σε άμεση επαφή με την επιστήμη. Κατά συνέπεια, δεν καλλιεργείται σε ικανοποιητικό βαθμό η Φυσική διαίσθηση-περιέργεια και η διερευνητική προσέγγιση της νέας γνώσης.

Σε σχέση με το αναλυτικό πρόγραμμα, οι υπολογιστές στη διδασκαλία της Φυ-

σικής στοχεύουν:

- στην καλλιέργεια της κριτικής σκέψης και της φυσικής διαίσθησης των μα θητών
- στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στην επίλυση προβλημάτων
- στην ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας μέσω εξατομικευμένης διδασκαλίας
- στην αποδέσμευση της διδασκαλίας της Φυσικής από το μαθηματικό φορμαλισμό της, απελευθερώνοντας χρόνο στους μαθητές για να κάνουν προβλέψεις, υποθέσεις και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Σε ότι αφορά τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στη χώρα μας, όπου η απουσία εργαστηρίων Φυσικής είναι γενικός κανόνας για γυμνάσια και λύκεια, η χρήση του υπολογιστή μπορεί να αποτελέσει μία προσιτή και αξιόπιστη λύση, η οποία θα παρέχει μία εναλλακτική διδακτική προσέγγιση του αντικειμένου μάθησης. Σήμερα η πλειονότητα των σχολείων της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης διαθέτει εργαστήριο πληροφορικής ή τουλάχιστο ένα-δύο υπολογιστές με λογισμικό γενικής χρήσης. Στην εργασία αυτή προτείνουμε την εφαρμογή των προσομοιώσεων για τη διδασκαλία της Φυσικής στο γυμνάσιο και το λύκειο, αξιοποιώντας άμεσα τον υπάρχοντα εξοπλισμό.

Οι προσομοιώσεις (simulations) αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές των υπολογιστών στη διδασκαλία της Φυσικής. Βασίζονται σε μοντέλα αναπαράστασης διαφόρων φυσικών καταστάσεων, τα οποία δημιουργούνται με βάση την αντίστοιχη επιστημονική θεωρία Είναι ανοιχτά περιβάλλοντα, όπου οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν, να μελετήσουν νόμους, να διαπιστώσουν τις συσχετίσεις με τον πραγματικό κόσμο, να κάνουν υποθέσεις, να οδηγηθούν σε συμπεράσματα Σήμερα, αποτελούν διδακτικά εργαλεία που αναπτύσσονται δυναμικά, με πολλές εφαρμογές στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών από το εισαγωγικό [16] μέχρι το πανεπιστημιακό επίπεδο [17].

Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήσαμε το πακέτο Interactive Physics II της Knowledge Revolution. Με αυτό παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός πλήρους εικονικού εργαστηρίου Φυσικής στον υπολογιστή, το οποίο υποστηρίζεται από ένα ισχυρό περιβάλλον προσομοίωσης σε χώρο δύο διαστάσεων. Οι προσομοιώσεις γίνονται σύμφωνα με τους νόμους της Νευτώνειας μηχανικής, χρησιμοποιώντας εναλλακτικά, κατά την επιθυμία του χρήστη, μία από τις προκαθορισμένες μεθόδους αριθμητικής ολοκλήρωσης (Euler, Predictor-Corrector και Runge-Kutta). Μία αναλυτική μελέτη και αξιολόγηση του πακέτου γίνεται σε άλλη εργασία μας [18].

Το Interactive Physics χαρακτηρίζεται από ένα ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον επικοινωνίας (interface) και ενσωματώνει μία σειρά από δυνατότητες, οι οποίες διαμορφώνουν ένα εναλλακτικό εργαστήριο Φυσικής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις τρόπους:

- ως μέσο παρουσίασης και επίδειξης προσομοιώσεων
- ως ένα εικονικό εργαστήριο για την ανάπτυξη και υλοποίηση πειραμάτων από τους μαθητές
- ως μέσο εξάσκησης και επίλυσης προβλημάτων για τους μαθητές.

Η επιλογή του πακέτου οφείλεται σε δύο λόγους:

- στη φιλικότητα και ευελιξία του περιβάλλοντος επικοινωνίας χρήστη-υπολογιστή
- στο ισχυρό περιβάλλον προσομοίωσης, που είναι κατάλληλο ιδιαίτερα για τη στροβοσκοπική μελέτη φυσικών φαινομένων με βάση τους νόμους της Μηχανικής.

Η στροβοσκοπική μέθοδος χρησιμοποιείται ευρύτατα στην Κινηματική για την πειραματική μελέτη φαινομένων, τη μέτρηση ή υπολογισμό διαφόρων μεγεθών (θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση) και την τελική εξαγωγή των φυσικών νόμων. Το περιβάλλον των προσομοιώσεων του Interactive Physics μπορεί να υποστηρίξει με επιτυχία τη στροβοσκοπική μελέτη φυσικών διαδικασιών [19]. Από την άποψη αυτή αποτελεί μία εναλλακτική εκπαιδευτική επιλογή, λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη στροβοσκοπίων στην πλειονότητα των σχολείων και το γεγονός ότι η πειραματική υλοποίηση πολλών φαινομένων παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες για τους μαθητές.

Ο διδάσκων μπορεί να δημιουργήσει εύκολα και γρήγορα ένα ισχυρό εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον, για να παρουσιάσει φαινόμενα ή να εκτελέσει πειράματα, ξεφεύγοντας από την παραδοσιακή στατική παρουσίαση της εικόνας του βιβλίου ή του πίνακα. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες του Interactive Physics μπορεί

- να εισάγει ή να τροποποιεί τις συνθήκες του πειράματος, έχοντας τη δυνατότητα να καθορίζει τις τιμές μεγεθών όπως μάζα, πυκνότητα, θέση, ταχύτητα, τριβή, ελαστικότητα, φορτίο ή ροπή αδράνειας των σωμάτων
- να τροποποιεί το φυσικό περιβάλλον (workspace) του πειράματος έχοντας τη δυνατότητα αλλαγών σε ιδιότητες όπως βαρύτητα, αντίσταση αέρα, ηλεκτροστατική δύναμη ή να ορίζει ο ίδιος δυνάμεις με τη μορφή αλληλεπιδράσεων πεδίων (μαγνητικό πεδίο, πεδίο αέρα ή ηλεκτρονικού πυροβόλου)
- να χρησιμοποιεί τα όργανα μετρήσεων του πειράματος για τη λήψη των αποτελεσμάτων σε αριθμητική, γραφική ή διανυσματική μορφή, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής
- να καταγράφει τα ίχνη της κίνησης σωμάτων στην οθόνη, δυνατότητα που παρέχει μία στροβοσκοπική εικόνα παρατήρησης και μελέτης του πειράματος
- να παρατηρεί τα πειράματα του από διάφορα αδρανειακά συστήματα αναφοράς, που συνδέονται με το κέντρο μάζας οποιουδήποτε σώματος
- να τροποποιεί το interface των εφαρμογών δημιουργώντας ειδικά πλήκτρα επιλογών, τα οποία επιτρέπουν τη θωράκιση ενός τρίτου χρήστη (π.χ. μαθητή) από την πολυπλοκότητα του πειράματος, παρέχοντας πρόσβαση σε ένα περιορισμένο αριθμό παραμέτρων
- να εισάγει στο πείραμα ελέγχους (controls), οι οποίοι επιτρέπουν στο χρήστη της εφαρμογής την αλλαγή των παραμέτρων του πειράματος, χωρίς να είναι υποχρεωμένος να ανατρέχει σε παράθυρα επιλογών
- να εξάγει τα δεδομένα του πειράματος σε άλλα πακέτα λογισμικού για παραπέρα επεξεργασία και ανάλυση (π.χ. φύλλα εργασίας)
- να εισάγει εικόνες και σχήματα από άλλα σχεδιαστικά πακέτα και να τις ενσωματώνει στα υπόλοιπα αντικείμενα του πειράματος
- να δημιουργεί όργανα μετρήσεων ακόμη και για μη προκαθορισμένα

μεγέθη του πακέτου, εισάγοντας την κατάλληλη συνάρτηση στο πεδίο που περιγράφει την έξοδο του οργάνου. Μία συνάρτηση δημιουργείται εύκολα συνδυάζοντας ή δρώντας στις τιμές των προκαθορισμένων μεγεθών με τους κατάλληλους μαθηματικούς ή λογικούς τελεστές, κατ' αναλογία με τα πακέτα φύλλων εργασίας

Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα με απλούς χειρισμούς

- να εκτελεί πειράματα και να επιλύει προβλήματα, βλέποντας άμεσα τα αποτελέσματα του στην οθόνη
- να επαναλαμβάνει την εργασία του όσες φορές είναι απαραίτητο, ανάλογα με τις ανάγκες του και το επίπεδο γνώσης του αντικειμένου, ώστε να δημιουργήσει τις κατάλληλες αναπαραστάσεις και να κατανοήσει τις συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων μεγεθών
- να αλληλεπιδρά δυναμικά με το περιβάλλον της προσομοίωσης, καθώς μπορεί να τροποποιεί τις αρχικές συνθήκες ή παραμέτρους του πειράματος, να κάνει προβλέψεις, να οδηγηθεί σε συμπεράσματα

Το πακέτο επιτρέπει την εκτέλεση των εφαρμογών σε δύο τρόπους λειτουργίας:

α) λειτουργία σύνταξης (edit mode)

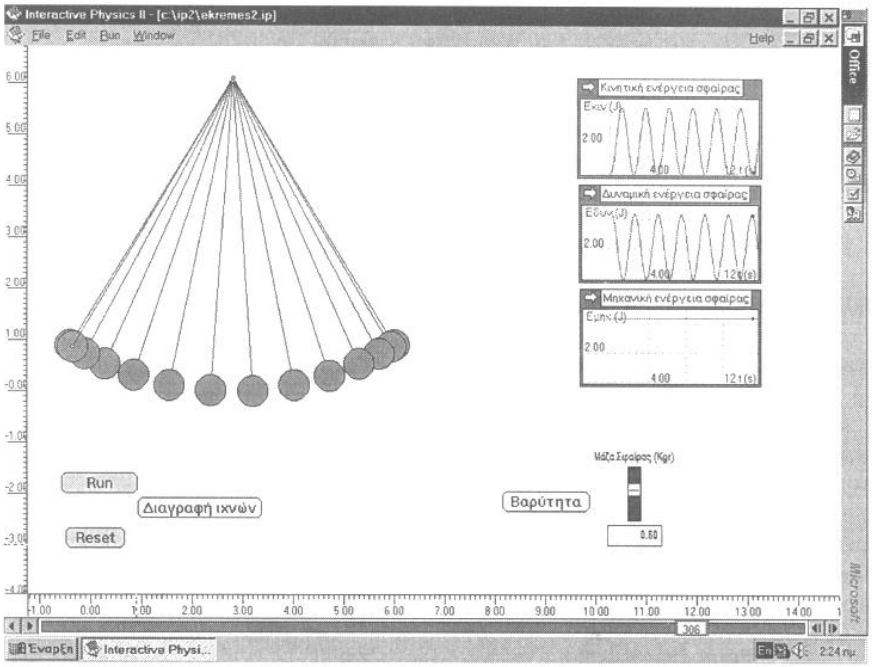
Ο μαθητής έχει πρόσβαση σε όλα τα εργαλεία και τις εντολές του πακέτου, έχοντας τη δυνατότητα αλλαγής ή τροποποίησης των παραμέτρων του πειράματος.

β) λειτουργία εκτέλεσης (player mode)

Ο μαθητής έχει πρόσβαση μόνο στις εντολές εκτέλεσης (RUN), διακοπής (STOP), επαναφοράς (RESET) και τους ελέγχους που έχει ορίσει ο δημιουργός της εφαρμογής. Η μορφή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, ειδικότερα στα εισαγωγικά μαθήματα, καθώς θωρακίζονται οι διάφορες εντολές του προγράμματος καθιστώντας απλούστερο το περιβάλλον προσομοίωσης για τους μαθητές.

Οι περιορισμοί του πακέτου προέρχονται μόνο από τις αριθμητικές μεθόδους ολοκλήρωσης που χρησιμοποιεί. Έτσι, δεν μπορεί να χειριστεί καταστάσεις υλικού σημείου ή δεν δίνει άριστα αποτελέσματα προσομοίωσης σε οριακές καταστάσεις πολύ υψηλών ταχυτήτων ή επιταχύνσεων. Οι περιορισμοί αυτοί μπορούν να ξεπεραστούν στην πλειονότητα των παραδειγμάτων, ώστε να μην αποτελούν σοβαρό μειονέκτημα για την εκμετάλλευση του Interactive Physics στη διδασκαλία της Φυσικής.

Το Σχήμα 1 παρουσιάζει μία οθόνη του πακέτου λογισμικού Interactive Physics II, όπου προσομοιώνεται η κίνηση του εκκρεμούς και καταγράφεται η μεταβολή της ενέργειας (δυναμικής, κινητικής και ολικής μηχανικής) σε συνάρτηση με το χρόνο κίνησης. Φαίνονται επίσης τα πλήκτρα που σχεδιάστηκαν ειδικά για την εφαρμογή αυτή με στόχο τη θωράκιση των διαφόρων εντολών του προγράμματος, ώστε να καθίσταται απλούστερο και λειτουργικό το περιβάλλον προσομοίωσης. Έτσι, αποκρύπτεται η πολυπλοκότητα των έργων και τα προγράμματα χειρίζονται σε λειτουργία εκτέλεσης. Οι μαθητές έχουν πρόσβαση μόνο στις εντολές εκτέλεσης (RUN), διακοπής (STOP), επαναφοράς (RESET), διαγραφής ιχνών και στον έλεγχο βαρύτητας (ΒΑΡΥΤΗΤΑ), επιλέγοντας τα αντίστοιχα πλήκτρα.



4. Μέθοδος

Βασικός στόχος της έρευνας είναι να διερευνηθούν οι αντιλήψεις των μαθητών Α' Λυκείου σχετικά με απλές ευθύγραμμες κινήσεις (ομαλές, επιταχυνόμενες και επιβραδυνόμενες). Ειδικότερα, διερευνάται η κατανόηση και εφαρμογή των εννοιών της στιγμιαίας ταχύτητας και επιτάχυνσης σε ευθύγραμμες κινήσεις απλών σωμάτων. Για τον έλεγχο και την καταγραφή των αντιλήψεων αυτών σχεδιάσαμε μία ομάδα τριών έργων-πειραμάτων. Τα έργα αυτά αποτελούν επέκταση των κινηματικών έργων που προτάθηκαν από τον Piaget [20] και σε άλλες παραλλαγές έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη των αντιλήψεων των εννοιών της ταχύτητας και επιτάχυνσης [3,4]. Μέσω των προσομοιώσεων του πακέτου Interactive Physics παρέχεται η δυνατότητα στροβοσκοπικής μελέτης των κινητικών φαινομένων και παράλληλα μία εναλλακτική πειραματική υλοποίηση των έργων του ερωτηματολογίου, με στόχο την καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, η έρευνα έγινε με χρονική απόσταση έξι περίπου μηνών από τη διδασκαλία του αντικειμένου στο σχολείο. Δεν προηγήθηκε διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας, ούτε δόθηκαν επεξηγήσεις ή διασαφηνίσεις των εμπλεκόμενων φυσικών μεγεθών και των νόμων της κινηματικής. Κανένας μαθητής δεν είχε εμπειρία ούτε ασκήθηκε σε Εργαστήριο Φυσικής, τόσο κατά το τρέχον όσο και κατά τα προηγούμενα σχολικά έτη. Προηγούμενη εμπειρία με υπολογιστές είχε το 75%

του δείγματος, σε λογισμικό γενικής χρήσης. Όμως, σχεδιάσαμε ειδικά για τη μελέτη αυτή ένα φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον, το οποίο με απλούς χειρισμούς πλήκτρων επέτρεπε στους μαθητές πλήρη έλεγχο των πειραμάτων.

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 57 μαθητές της Α' Τάξης του 3ου Λυκείου Ιωαννίνων. Η έρευνα έγινε σε δύο φάσεις. Οι μαθητές κλήθηκαν αρχικά να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο παρατηρώντας τις απεικονίσεις των διαφόρων πειραμάτων στο χαρτί. Στη συνέχεια και με χρονική απόσταση 15 ημερών απάντησαν ξανά στο ερωτηματολόγιο, αφού πρώτα παρακολούθησαν την προσομοίωση των πειραμάτων στην οθόνη του υπολογιστή. Κάθε μαθητής δούλευε ανεξάρτητα σε δικό του υπολογιστή, έχοντας τη δυνατότητα να επαναλάβει τις προσομοιώσεις των έργων-πειραμάτων, όσες φορές έκρινε απαραίτητο για την κατανόηση των διαδικασιών και των σχέσεων μεταξύ των διαφόρων μεγεθών.

Θεωρούμε ως μέτρηση της κατανόησης της ταχύτητας ή της επιτάχυνσης το βαθμό, στον οποίο μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς η κάθε έννοια στα διάφορα έργα-πειράματα για την ερμηνεία απλών κινήσεων. Η ομαδοποίηση των αντιλήψεων γίνεται όπου θεωρούμε, με βάση τις απαντήσεις στα διάφορα έργα, ότι συγκροτούν εννοιολογικά πλαίσια ή νοητικά μοντέλα. Η αξιολόγηση της συνεισφοράς των προσομοιώσεων στη δημιουργία αναπαραστάσεων βασίστηκε στη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων χωρίς προσομοιώσεις και των αντίστοιχων μετά τη χρήση προσομοιώσεων.

5. Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Βασική μονάδα της έρευνας είναι το έργο-πείραμα. Κάθε πείραμα περιλαμβάνει τη συγκριτική μελέτη των ευθύγραμμων κινήσεων δύο απλών σωμάτων. Ειδικότερα, διερευνάται η κατανόηση και εφαρμογή των εννοιών της στιγμιαίας ταχύτητας και επιτάχυνσης σε ευθύγραμμες ομαλές κινήσεις απλών κινητών. Στο πρώτο έργο έχουμε δύο όμοια κινητά που εκτελούν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με διαφορετική σταθερή ταχύτητα. Στο δεύτερο έργο το ένα κινητό εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και το άλλο ομαλά επιβραδυνόμενη με μεγαλύτερη αρχική ταχύτητα Στο τρίτο έργο τα δύο κινητά εκτελούν επιταχυνόμενη κίνηση κατά μήκος γεωμετρικά όμοιων κεκλιμένων επιπέδων. Το δεύτερο κινητό έχει μικρότερη επιτάχυνση, η οποία οφείλεται στη μεγαλύτερη τριβή μεταξύ των επιφανειών κεκλιμένου επιπέδου και σώματος.

Από τους μαθητές ζητήθηκε να αξιολογήσουν ποιοτικά τα κινηματικά στοιχεία του κάθε πειράματος, χωρίς να χρησιμοποιήσουν τύπους και μαθηματικές σχέσεις. Οι απαντήσεις που δόθηκαν στα διάφορα έργα ταξινομούνται ως εξής:

Ανεπαρκείς χαρακτηρίζονται οι προσεγγίσεις που δεν δίνουν καμία απάντηση ή δίνουν απάντηση (λανθασμένη ή σωστή) χωρίς αιτιολόγηση. Επίσης, απαντήσεις οι οποίες είναι διαισθητικές ή χρησιμοποιούν αιτιολογήσεις που δεν σχετίζονται με τα κινηματικά χαρακτηριστικά του φαινομένου, όπως *«τα κινητά έχουν διαφορετική ταχύτητα γιατί το ένα κινείται σε κεκλιμένο επίπεδο»*

Θεωρούμε ότι υπάρχει σύγχυση θέσης και ταχύτητας του κινητού, όταν έχουμε απαντήσεις της μορφής «έχουν *ίδια ταχύτητα τη χρονική στιγμή που τα δύο κινητά βρί-*

σκονται στην ίδια θέση».

Θωρούμε ότι υπάρχει σύγχυση μέσης ταχύτητας και στιγμιαίας ταχύτητας του κινητού σε απαντήσεις της μορφής *«το α' κινητό έχει μεγαλύτερη ταχύτητα γιατί στον ίδιο χρόνο διανύει μεγαλύτερες αποστάσεις»*

Θεωρούμε ότι υπάρχει σύγχυση ταχύτητας και επιτάχυνσης του κινητού, όταν παίρνουμε απαντήσεις της μορφής *«το δεύτερο κινητό έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση, γιατί στον ίδιο χρόνο διανύει μεγαλύτερες αποστάσεις»*

Σωστές θεωρούνται οι απαντήσεις που συνοδεύονται από ορθή αιτιολόγηση, σύμφωνη με την επιστημονική προσέγγιση του φαινομένου.

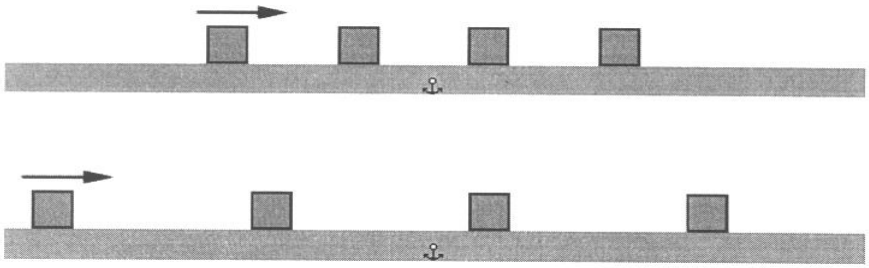
Στη συνέχεια γίνεται η παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας για κάθε έργο-πείραμα χωριστά

5.1 Συγκριτική μελέτη δύο ευθύγραμμων ομαλών κινήσεων

1ο ΕΡΓΟ-ΠΕΙΡΑΜΑ

Στο παρακάτω σχήμα δείχνονται τα διαδοχικά στιγμιότυπα της ευθύγραμμης κίνησης δύο όμοιων κινητών. Τα κινητά ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή και διανύουν τις αποστάσεις κατά τη φορά του σχήματος, στον ίδιο χρόνο. Τα χρονικά διαστήματα μεταξύ όλων των στιγμιότυπων είναι ίσα α) Υπάρχει κάποια χρονική στιγμή που τα δύο κινητά έχουν την ίδια στιγμιαία ταχύτητα; β) Πόση είναι η επιτάχυνση των δύο κινητών; Να δικαιολογήσετε την απάντηση σας.

Στους Πίνακες 1 και 2 δίνονται τα αποτελέσματα της έρευνας για τα ερωτήματα του 1ου έργου, που σχετίζονται με τη μελέτη δύο ευθύγραμμων ομαλών κινήσεων, χωρίς χρήση και με χρήση προσομοιώσεων.



Πίνακας 1. Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 1α

α/α	Διαδικασία	Χωρίς χρήση προσομοιώσεων		Με χρήση προσομοιώσεων	
		Συχνότητα N=57	Ποσοστό %	Συχνότητα N=57	Ποσοστό %
1	Ανεπαρκής προσέγγιση	26	46	14	25
2	Σύγχυση θέσης-ταχύτητας	14	25	11	19
3	Σύγχυση μέσης-στιγμιαίας ταχύτητας	7	12	6	10
4	Σωστή απάντηση με επαρκή αιτιολόγηση	10	17	26	46

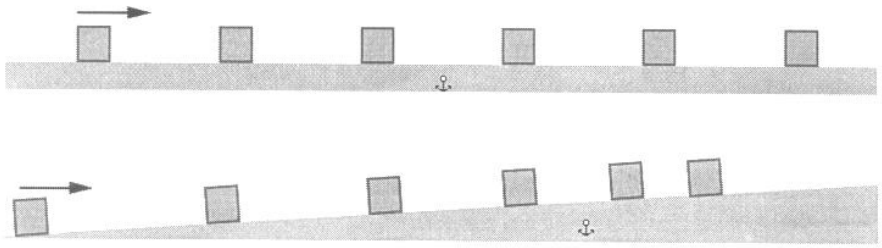
Πίνακας 2. Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 1β

α/α	Διαδικασία	Χωρίς χρήση προσομοιώσεων		Με χρήση προσομοιώσεων	
		Συχνότητα N=57	Ποσοστό %	Συχνότητα N=57	Ποσοστό %
1	Ανεπαρκής προσέγγιση	11	19	9	16
2	Σύγχυση ταχύτητας-επιτάχυνσης	11	19	9	16
3	Σωστή απάντηση με επαρκή αιτιολόγηση	35	62	39	68

5.2 Συγκριτική μελέτη ευθύγραμμης ομαλής και ομαλά επιβραδυνόμενης κίνησης

2ο ΕΡΓΟ-ΠΕΙΡΑΜΑ

Στο παρακάτω σχήμα δείχνονται τα διαδοχικά στιγμιότυπα της ευθύγραμμης κίνησης δύο όμοιων κινητών. Τα κινητά ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή με διαφορετικές αρχικές ταχύτητες και διανύουν τις αποστάσεις κατά τη φορά του σχήματος, στον ίδιο χρόνο. Τα χρονικά διαστήματα μεταξύ όλων των στιγμιότυπων είναι ίσα α) Υπάρχει κάποια χρονική στιγμή που τα δύο κινητά έχουν την ίδια στιγμιαία ταχύτητα; β) Ποιο από τα δύο κινητά έχει μεγαλύτερη αρχική ταχύτητα; Να δικαιολογήσετε την απάντηση σας.



Στους Πίνακες 3 και 4 δίνονται τα αποτελέσματα για τα ερωτήματα του 2ου έργου, χωρίς χρήση και με χρήση προσομοιώσεων.

Πίνακας 3. Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 2α

α/α	Διαδικασία	Χωρίς χρήση προσομοιώσεων		Με χρήση προσομοιώσεων	
		Συχνότητα N=57	Ποσοστό %	Συχνότητα N=57	Ποσοστό %
1	Ανεπαρκής προσέγγιση	28	49	20	35
2	Σύγχυση θέσης-ταχύτητας	16	28	11	19
3	Σωστή απάντηση με επαρκή αιτιολόγηση	13	23	26	46

Πίνακας 4. Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 2β

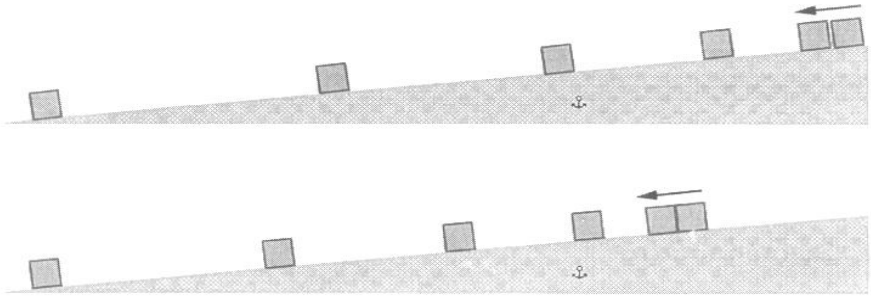
α/α	Διαδικασία	Χωρίς χρήση προσομοιώσεων		Με χρήση προσομοιώσεων	
		Συχνότητα N=57	Ποσοστό %	Συχνότητα N=57	Ποσοστό %
1	Ανεπαρκής προσέγγιση	17	30	15	26
2	Λανθασμένη ή ελλιπής αιτιολόγηση	7	12	9	16
3	Σύγχυση μέσης-στιγμιαίας ταχύτητας	17	30	6	11
4	Σωστή απάντηση με επαρκή αιτιολόγηση	16	28	27	47

5.3 Συγκριτική μελέτη δύο ευθύγραμμων ομαλά επιταχυνόμενων κινήσεων

3ο ΕΡΓΟ-ΠΕΙΡΑΜΑ

Στο παρακάτω σχήμα δείχνονται τα διαδοχικά στιγμιότυπα της ευθύγραμμης κίνησης δύο όμοιων κινητών, τα οποία αφήνονται ελεύθερα την ίδια χρονική στιγμή κα-

τά μήκος δύο κεκλιμένων επιπέδων της ίδιας γωνίας κλίσης. Τα κινητά ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή και διανύουν τις αποστάσεις κατά τη φορά του σχήματος, στον ίδιο χρόνο. Τα χρονικά διαστήματα μεταξύ όλων των στιγμιότυπων είναι ίσα. α) Υπάρχει κάποια χρονική στιγμή που τα δύο κινητά έχουν την ίδια στιγμιαία ταχύτητα; β) Τα δύο κινητά έχουν την ίδια ή διαφορετική επιτάχυνση; γ) Ποιο από τα δύο κινητά φτάνει στο έδαφος με τη μεγαλύτερη ταχύτητα; Να δικαιολογήσετε την απάντηση σας.



Στους Πίνακες 5, 6 και 7 δίνονται τα αποτελέσματα της έρευνας για τα ερωτήματα του 3ου έργου, που σχετίζονται με τη μελέτη δύο ευθύγραμμων ομαλά επιταχυνόμενων κινήσεων, χωρίς χρήση και με χρήση προσομοιώσεων.

Πίνακας 5. Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 3α

α/α	Διαδικασία	Χωρίς χρήση προσομοιώσεων		Με χρήση προσομοιώσεων	
		Συχνότητα N=57	Ποσοστό %	Συχνότητα N =57	Ποσοστό %
1	Ανεπαρκής προσέγγιση	21	37	16	28
2	Λανθασμένη ή ελλιπής αιτιολόγηση	13	23	16	28
3	Σύγχυση θέσης-ταχύτητας	12	21	8	14
4	Σωστή απάντηση με επαρκή αιτιολόγηση	11	19	17	30

Πίνακας 6. Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 3β

α/α	Διαδικασία	Χωρίς χρήση προσομοιώσεων		Με χρήση προσομοιώσεων	
		Συχνότητα N=57	Ποσοστό %	Συχνότητα N=57	Ποσοστό %
1	Ανεπαρκής προσέγγιση	29	51	27	47
2	Σύγχυση επιτάχυνσης-ταχύτητας	16	28	11	19

3	Σωστή απάντηση με επαρκή αιτιολόγηση	12	21	19	34

Πίνακας 7. Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 3γ

α/α	Διαδικασία	Χωρίς χρήση προσομοιώσεων		Με χρήση προσομοιώσεων	
		Συχνότητα N=57	Ποσοστό %	Συχνότητα N=57	Ποσοστό %
1	Ανεπαρκής προσέγγιση	23	40	25	44
2	Σύγχυση θέσης-ταχύτητας	10	18	2	3
3	Σύγχυση μέσης-στιγμιαίας ταχύτητας	8	14	8	14
4	Σωστή απάντηση με επαρκή αιτιολόγηση	16	28	22	39

6. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιείται το πακέτο προσομοιώσεων Interactive Physics για την καταγραφή των αντιλήψεων μαθητών Α' Λυκείου σχετικά με τις έννοιες της στιγμιαίας ταχύτητας και επιτάχυνσης. Επιπλέον, αξιολογείται η συνεισφορά του στην υποστήριξη της δημιουργίας αναπαραστάσεων για απλά κινηματικά φαινόμενα και στην εφαρμογή των βασικών φυσικών μεγεθών για την ποιοτική μελέτη απλών κινήσεων.

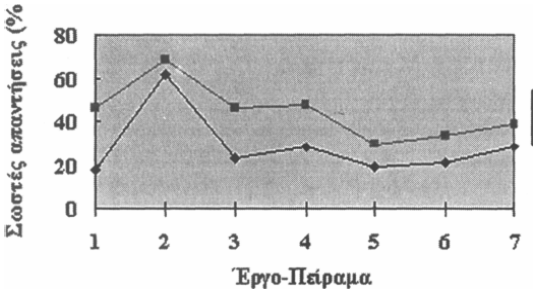
Σχετικά με το πρώτο ερώτημα της έρευνας, διαπιστώνεται ότι η πλειονότητα των μαθητών έχει σοβαρές αδυναμίες στην κατανόηση των εννοιών της ταχύτητας και επιτάχυνσης και στην εφαρμογή τους σε απλές κινήσεις. Οι αντιλήψεις αυτές είναι σε μεγάλο βαθμό διαισθητικές, μη ευέλικτες για εφαρμογή, επικεντρωμένες στα αντικείμενα και όχι στα φυσικά μεγέθη και τους αντίστοιχους νόμους. Είναι χαρακτηριστικό ότι, κατά μέσο όρο, μόλις το 28% έχει επιστημονικά σωστή προσέγγιση.

Σε ότι αφορά το δεύτερο ερώτημα της έρευνας, η αξιολόγηση του πακέτου κρίνεται γενικά θετική. Καταγράφεται μία σημαντική μετατόπιση από μη επιστημονικές ή διαισθητικές αντιλήψεις σε αντιλήψεις που είναι πιο κοντά στην επιστημονική προσέγγιση των διαφόρων έργων. Κατά μέσο όρο το 44% των μαθητών έχει επιστημονικά σωστή προσέγγιση μετά τη χρήση προσομοιώσεων. Στον Πίνακα 8 δίνονται τα ποσοστά σωστών απαντήσεων για κάθε έργο-πείραμα χωρίς χρήση και μετά τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης. Στο Σχήμα 2 δίνεται το διάγραμμα μεταβολής του ποσοστού σωστών προσεγγίσεων των πειραμάτων-έργων της έρευνας προ και μετά τη χρήση των προσομοιώσεων.

Πίνακας 8. Ποσοστό σωστών απαντήσεων

Έργο	Χωρίς χρήση προσομοιώσεων (%)	Με χρήση προσομοιώσεων (%)
1	18	46
2	61	68

3	23	46
4	28	47
5	19	30
6	21	33
7	28	39



Σχήμα 2. Διάγραμμα μεταβολής του ποσοστού των σωστών προσεγγίσεων των πειραμάτων προ και μετά τη χρήση των προσομοιώσεων.

Αναφορές

1. Arons A. B., 1984, Computer-based instructional dialogs in science courses, Science 224, 1051.
2. Reif F., 1986, Scientific approaches to science education, Physics Today, Nov, 48.
3. Trowbridge D. E. and McDermott L C, 1980, Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension, American Journal of Physics 48(12), 1020.
4. Trowbridge D. E. and McDermott L C., 1981, Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension, American Journal of Physics 49(3), 242.
5. Clement J., 1982, Students' preconceptions in introductory mechanics, American Journal of Physics 50(1), 66.
6. Goldring H. and Osborne J., 1994, Students' difficulties with energy and related

concepts, Physics Education 29, 26.
7. McDermott L C., and Shaffer P. S., 1992, Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding, American Journal of Physics 60(11), 994.
8. McDermott L.C., Rosenquist M. L. and van Zee E. H., 1987, Students' difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, American Journal of Physics 55(6), 503.
9. Van Heuvelen A., 1991, Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies, American Journal of Physics 59(10), 891.
10. Ραβάνης Κ., 1988, Μεταβολές καταστάσεων και θερμική ισορροπία: προβλήματα κατανόησης και γνωστικά εμπόδια παιδιών 11-12 ετών, Σύγχρονη Εκπαίδευση 39, 83.
Κουμαράς Π., Ψύλλος Δ., Βαλασιάδης Ο., και Ευαγγελινός Δ., 1994, Επισκόπηση των απόψεων Ελλήνων μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, Παιδαγωγική Επιθεώρηση 22,125.
12. Καρανίκας Γ., Κόκκοτας Π. και Καριώτογλου Π., 1996, Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων 4ετών φοιτητών του Π. Τ. Δ. Ε. και μαθητών Ε' και ΣΤ τάξης του Δη μοτικού σχετικά με την έννοια της Άνωσης στα υγρά, Παιδαγωγική Επιθεώρηση 24, 239.
13. Redish E. F. and Wilson J. M., 1993, Student programming in the introductory physics course: M.U.P.P.E.T., American Journal of Physics 61(3), 222.
14. Johansen G. A., Nordtvedt J. E. and Void P., 1993, ElPed: An interactive PC-based learning program for basic electrical circuits, Computers in Physics, 7, 577.
15. McDermott L.C., 1990, Research and computer-based instruction: Opportunity for interaction, American Journal of Physics 58(5), 452.
16. Tao P. K., Tse M. W. and Yu C. K., 1993, Developing CAL programs for school physics, Physics Education 28, 178.
17. Schroeder D. V. and Moore T. A., 1993, A computer-simulated Stern-Gerlach laboratory, American Journal of Physics 61(9), 798.
18. Τζιμογιάννης Α., 1998, Διδασκαλία Φυσικής και υπολογιστές. Μία πρόταση άμε σης εφαρμογής με χρήση προσομοιώσεων και φύλλων εργασίας, Σύγχρονη Εκ παίδευση (υπό δημοσίευση)
19. Τζιμογιάννης Α. και Μικρόπουλος Τ. Α., 1997, Ο υπολογιστής στη διδασκαλία της Φυσικής. Μία άμεση πρόταση εφαρμογής με συνδυασμένη χρήση λογισμι κού προσομοίωσης και φύλλων εργασίας, Πρακτικά Διημερίδας Πληροφορικής «Η Πληροφορική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση», 107.
20. Piaget J., 1970, The Child's Conception of Movement and Speed, Ballantine, New York