

**Δυνατότητες και Σχεδιασμός Πολυμέσων  
για την Χρήση Πολλαπλών Αναπαραστάσεων  
στην Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.  
Η Χρήση του Ήχου**

**Β. Παλίλης, Γ. Πολυζώης, Π. Α. Κοκκόνης**

**1. Διδακτική των Φυσικών Επιστημών**

**1.1 Εισαγωγή**

Στην παραδοσιακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών το μάθημα στηρίζεται στη γνώση του δασκάλου για τα υπό εξέταση φαινόμενα και στην προσπάθεια του να τη μεταδώσει στους μαθητές. Ανεξάρτητα από το πόσο καλός είναι ο δάσκαλος στη μετάδοση αυτής της γνώσης, έχουν καταγραφεί πλέον τα προβλήματα που παρουσιάζει αυτός ο τρόπος διδασκαλίας για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές. Η διδασκαλία υπό μορφή διάλεξης δεν είναι ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος για την κατανόηση των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές. Οποσδήποτε η πειραματική υποστήριξη της διδασκαλίας βοηθά στην κατανόηση των Φυσικών Επιστημών. Η εκτέλεση, όμως, πειραμάτων δε λύνει από μόνη της το πρόβλημα. Χρειάζονται ενεργητικές μέθοδοι διδασκαλίας στις τάξεις των πολλών μαθητών.

Η πορεία της διδακτικής των φυσικών επιστημών, επηρεαζόμενη κύρια από ψυχολογικές θεωρίες και τη γνωστική ψυχολογία, περνά από τα μέσα της δεκαετίας του '70 από το επιστημονικό - πειραματικό (παράδειγμα) υπόδειγμα των φυσικών επιστημών στη σχολική επιστήμη και στις ιδέες - αντιλήψεις των παιδιών αποδεχόμενη το υπόδειγμα του "κονστρακτιβισμού" [1,2] και επηρεάζεται στα μέσα της δεκαετίας του '80 από την ανάπτυξη των Η/Υ [3,4,5].

Υιοθετεί επίσης τη **χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων** [6,7,8] για πληρέστερη κατανόηση των εννοιών. Από τις αρχές της δεκαετίας του '90 έχουν τεθεί οι βάσεις και οι προδιαγραφές για δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού που αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά τον τρόπο διδασκαλίας στα επόμενα χρόνια [9].

Η δυνατότητα διασύνδεσης των Η/Υ με το εργαστήριο και η on-line και offline δυνατότητα διαχείρισης δεδομένων [10,11] τείνουν να μεταβάλουν τα υποδείγματα της διδακτικής των φυσικών επιστημών. Εκτός από την κατανόηση των εννοιών των μαθημάτων θα παίζουν πρωτεύοντα ρόλο τόσο οι εφαρμογές (σχεδιασμός πειραμάτων) όσο και η επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων. Στην "ηλεκτρονική" αυτή μεταστροφή της διδακτικής για λόγους πληρότητας πρέπει να αναφέρουμε ότι συντελεί και η όλο και αυξανόμενη χρήση του Internet για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

## 1.2 Πολλαπλές Αναπαραστάσεις

Η ομάδα "ΦΑΣΜΑ" από το 1995 ασχολείται με τη διδακτική φυσικών επιστημών [12,13,14,15]. Συγκεκριμένα ασχολείται με τις πολλαπλές αναπαραστάσεις φυσικών μεγεθών προσπαθώντας να δημιουργήσει υλικό (τόσο σε μορφή βιβλίων όσο και σε μορφή προγραμμάτων) κατάλληλο για μια ενεργητική διδασκαλία. Το υλικό αυτό 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 κατανόηση φυσικών εννοιών (π.χ. έννοια ακρότατων - ασυμπτωτική συμπεριφορά φυσικών μεγεθών). Ασχολούμαστε με το παρακάτω σύστημα αναπαραστάσεων:

1. Λεκτική, η οποία δίνει μια περιγραφή με κείμενο.
2. Φορμαλιστική, η οποία περιγράφεται με ένα μαθηματικό τύπο.
3. Αναπαράσταση μέσω πινάκων με δυο τρόπους εισόδου δεδομένων: α) από το μαθητή, β) από κάποιο αλγόριθμο (ρουτίνα) που τον ενεργοποιεί ο μαθητής, ο οποίος και προσδιορίζει την αρχική τιμή και το βηματισμό.
4. Αναπαραστάσεις που προέρχονται από δράση πάνω σε αναπαραστάσεις, όπως γραφική παράσταση δεδομένων ενός πίνακα, κλίση καμπύλης, εμβαδόν υπό την καμπύλη. Αναπαραστάσεις μεγάλου όγκου δεδομένων μέσα από δράσεις ομαδοποίησης, π.χ. ιστογράμματα, "πίττες", 2D, 3D κ.ά.
5. Αναπαράσταση στιγμιότυπων που δείχνουν την εξέλιξη μιας αρχικής αναπαράστασης (φαινόμενο).
6. Αναπαράσταση που προσεγγίζει το ρεαλισμό, π.χ. φωτογραφίες ή βιντεοσκόπηση φαινομένων.
7. Αναπαράσταση με χρήση συμβόλων και κλίμακας, π.χ. γεωγραφικοί χάρτες, διανύσματα για μεγέθη όπως δύναμη κ.τ.λ.
8. Μια **αναπαράσταση με ήχο**, που θα συζητήσουμε εκτενέστερα στο δεύτερο μέρος αυτού του άρθρου.

Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης και τα εργαλεία δράσης πάνω στις αναπαραστάσεις:

1. Zoom in/out με ανάλογη μεταβολή της ακρίβειας της αναπαράστασης.
2. Χρονοεξέλιξη μιας αρχικής αναπαράστασης.
3. Εξειδικευμένα εργαλεία: υπολογισμός κλίσης, πρόβλεψης τιμών μεγεθών στο χρόνο, υπολογισμός εμβαδών, κριτήρια επιλογής για ομαδοποίηση και αναπαράσταση στατιστικών διαδικασιών.

## 1.3 Εννοιολογικοί χάρτες (Concept maps)

Οι εννοιολογικοί χάρτες [16,17] αποτελούν ένα δυναμικό εργαλείο τόσο για τη διερεύνηση της διαδικασίας της γνώσης όσο και για την τελική αποδοχή της από τους μαθητές. Οι εννοιολογικοί χάρτες αποτελούν μια ευθεία μέθοδο αφενός μεν για την έρευνα της οργάνωσης και της δομής της γνώσης των μαθητών σε μια ειδική γνωστική περιοχή

αφετέρου δε για τη δυνατότητα ενεργητικής χρησιμοποίησης της γνώσης αυτής. Σε άλλες περιπτώσεις κατασκευάζουν εννοιολογικούς χάρτες οι ίδιοι οι μαθητές, σε άλλες οι ειδικοί.

## **2. Δυνατότητες που παρέχει η χρήση πολυμέσων**

Η χρήση πολυμέσων (multimedia) ανοίγει πολλούς νέους δρόμους στην παρουσίαση των πολλαπλών αναπαραστάσεων και το κυριότερο δίνει πολλές δυνατότητες δράσης του μαθητή πάνω στις αναπαραστάσεις όταν αυτή συνδυαστεί με κατάλληλο λογισμικό, που θα πραγματοποιεί κατάλληλα "εργαλεία"-δράσεις.

### **2.1 Ήχος: Η παραμελημένη συνιστώσα των πολυμέσων**

Μια γρήγορη επισκόπηση στα εκπαιδευτικά προϊόντα πολυμέσων για την εξοικείωση του μαθητή με την κίνηση και τα χαρακτηριστικά της δείχνει ότι η συνιστώσα του ήχου (ένα από τα βασικά μέσα των πολυμέσων) είναι ιδιαίτερα παραμελημένη. Η χρήση του ήχου περιορίζεται ή σε εκφώνηση κειμένου - οπότε θα ήταν ακριβέστερο να μιλά κανείς για μια άλλη μορφή κειμένου (λεκτικής αναπαράστασης) - ή σε κάποια ηχητικά εφέ, που δείχνουν αν λ.χ. οι επιλογές του μαθητή για τις παραμέτρους μιας βολής ήταν σωστές (χειροκροτήματα) ή αποτυχημένες, οπότε ακούγεται ο παφλασμός του βλήματος που πέφτει στο νερό.

### **2.2 Ιστορία των Επιστημών: Ο ρόλος του ήχου για την μελέτη της κίνησης**

Ανατρέχοντας κανείς σε παραδείγματα στην ιστορία των φυσικών επιστημών, και ιδιαίτερα για την μελέτη της κίνησης διαπιστώνει την αναντιστοιχία ανάμεσα στη σπουδαιότητα του ήχου για τα πειράματα του Γαλιλαίου και στην "παροπλισμένη" χρήση του στις εφαρμογές αυτές των πολυμέσων. Ο Crawford [ 18] δίνει μια εξαιρετικά ακριβή περιγραφή για τον τρόπο, με τον οποίο ο Γαλιλαίος βασίστηκε στην μουσική του παιδεία, ώστε να μετρήσει ποσοτικά την κίνηση.

Με αυτές τις σκέψεις η ομάδα μας προσπάθησε να βρεί μια περισσότερο ενεργή χρήση για τον ήχο στην παρουσίαση της κίνησης. Βασική ιδέα ήταν η αντιστοίχιση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του μουσικού ήχου στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της κίνησης. Η πρώτη καλή είδηση είναι ότι έχουμε ακριβώς τρία χαρακτηριστικά μεγέθη για την περιγραφή της κίνησης (επιτάχυνση, ταχύτητα, θέση του κινητού) και επίσης τρία χαρακτηριστικά του μουσικού ήχου: την ακουστότητα του (πόσο δυνατά ή αδύνατα ακούγεται η νότα), τον ρυθμό ή το tempo (πόσο γρήγορα, διαδέχονται οι νότες η μια την άλλη) και την ίδια την νότα. (πόσο ψηλή ή χαμηλή ακούγεται) - κάτι που στην γλώσσα της φυσικής θα το συνδέσουμε με την συχνότητα, του παραγόμενου ήχου. Σχηματίζουμε τα ακόλουθα ζευγάρια μεγεθών, σκεπτόμενοι ως εξής:

1. Αντιστοιχίζουμε την ακουστότητα στην απόσταση, αφού η εμπειρία καθορίζει ότι όσο μακρύτερα βρίσκεται η πηγή του ήχου, τόσο πιο αδύνατος θα ακούγεται αυτός.
2. Αντιστοιχίζουμε τον ρυθμό στην ταχύτητα, φέρνοντας στο νου τον ήχο των βημάτων ή το κτύπημα μιας φτερωτής στις ακτίνες του ποδηλάτου. Όσο πιο γρήγορα τρέχουμε τόσο πιο γοργός ακούγεται ο ρυθμός (αυξάνεται το tempo).

3. Αντιστοιχίζουμε τέλος και την νότα-συχνότητα στην επιτάχυνση. Ο συλλογισμός πίσω απ' αυτή την αντιστοίχιση είναι η εμπειρία του ήχου ενός αυτοκινήτου που επιταχύνει: πατώντας το γκάζι αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα και ο ήχος ακούγεται όλο και πιο οξύς (ψηλότερη συχνότητα - ψηλότερη νότα).

Σημειώνουμε στο σημείο αυτό ότι η αντιστοίχιση που κάνουμε δεν φιλοδοξεί ούτε να αναπαραστήσει όλα τα στοιχεία της κίνησης, λ.χ. δεν έχουμε τον υπολογισμό της συχνότητας - επιτάχυνσης με την παραγωγή του ρυθμού - ταχύτητας, ούτε και παίρνουμε υπόψη όλα τα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου, λ.χ. η συχνότητα και η ταχύτητα μπλέκονται με το φαινόμενο Doppler, που εδώ αμελούμε.

### 3. Το παράδειγμα της ευθύγραμμης κίνησης

Αναπτύσσουμε λοιπόν λογισμικό για την αναπαράσταση της ευθύγραμμης κίνησης, που στηρίζεται στις παραπάνω ιδέες, το οποίο και θα παρουσιάσουμε με συντομία.

Εμφανίζουμε μια αναπαράσταση εννοιολογικού χάρτη σε μορφή πίνακα που δίνει διάφορους δυνατούς συνδυασμούς συνθηκών και το είδος της κίνησης, που προκύπτει. Οι συνθήκες που θα καθορίσουν την κίνηση είναι η αρχική ταχύτητα (αρχική κατάσταση) και η δύναμη (αιτία μεταβολής). Ο πίνακας μπορεί να έχει την μορφή:

	Αρχική Ταχύτητα			
Συνισταμένη	$\Sigma F = 0$	$u_0 = 0$	UQ ομόρροπη	UQ αντίρροπη
Δύναμη	$\Sigma F = \text{const}$	<i>Ακίνητο</i>	<i>Ομαλή</i>	<i>Ομαλή</i>
	$\Sigma F = kx$	<i>Ομαλά Επιταχ.</i>	<i>Ομαλά Επιταχ.</i>	<i>Ομαλά Επιβρ.</i>
	$\Sigma F = -bu$	<i>Ταλάντωση</i>	<i>Ταλάντωση</i>	<i>Ταλάντωση</i>
		<i>Ακίνητο</i>		

Ο πίνακας αυτός μπορεί να συμπληρωθεί από τον μαθητή. Δίνεται δε σε μορφή υπερκείμενου (hypertext) ώστε να μπορεί ο μαθητής να επιλέξει και να μελετήσει μια από τις κινήσεις που παρουσιάζονται. Επιλέγοντας την κίνηση οδηγείται σε μια επιλογή της αναπαράστασης της, όπου του δίνεται μια λίστα με τις δυνατές αναπαραστάσεις (λεκτική, φορμαλιστική, μέσο) πινάκων, με γραφικές παραστάσεις, με στιγμιότυπα, με animation-προσομοίωση του φαινομένου, και ακόμη με ήχο. οπότε και αναλύει βήμα βήμα τη "σύνθεση" του ήχου που αντιστοιχεί στην κίνηση, ακούγοντας κάθε χαρακτηριστικό ξεχωριστά, και το συνολικό αποτέλεσμα.

Χρησιμοποιώντας μια αρκετά απλή μορφή hypermedia δίνεται η δυνατότητα να κινείται ο μαθητής ανάμεσα στις διάφορες αναπαραστάσεις, ενώ πολύ σημαντικό ρόλο παίζουν και οι δράσεις-εργασίες στην κάθε αναπαράσταση, που δίνονται, με την παράλληλη δυνατότητα επαλήθευσης της απάντησης- αποτελέσματος, που δίνει ο μαθητής αντιπαραβάλλοντας μια "σελίδα λύσεων" που του παρέχεται.

#### 4. Συμπεράσματα -Παρατηρήσεις

Η προσέγγιση που παρουσιάζεται εδώ έχει ερευνητικό χαρακτήρα. Προσθέτουμε στις αναπαραστάσεις που ήδη χρησιμοποιεί και εξελίσσει η ομάδα μας μια ακόμη: την ηχητική. Διερευνούμε τα οφέλη που η χρήση της μπορεί να επιφέρει στην διδασκαλία της κίνησης. Σημειώνουμε εδώ την αδυναμία ποσοτικών δράσεων του μαθητή πάνω σε αυτή ειδικά την αναπαράσταση, πιθανολογούμε όμως την βελτίωση, μέσω της χρήσης της, μιας διαισθητικής σύνδεσης των χαρακτηριστικών της κίνησης, που αποκτά ο μαθητής.

#### Αναφορές

1. L. C. Me Dermott, "Guest Comment: How we reach and how students learn - A mismatch." Am. J.Phys. 61(4), 295-298, 1993.
2. B.W. Kraig, "Think-Aloud Methods in Chemistry Education", J. Chem. Educ. 71(3). 184-190, 1994.
3. R. F. Martin Jr., G. Skadron, R.D. Young. "Computers, Physics and the undergraduate Experience.", Comp. In Phys. 5(3), 302-310, 1991.
4. P. W. Laws, "The Role of computers in introductory Physics Courses." Comp. In Phys. 5(5), 552, 1991.
5. W. G. Harter, "Nothing Going Nowhere Fast: Computer Graphics in Physics Sources." Comp. In Phys. 5(5), 466-478. 1991.
6. A. V. Heuvelen. "Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies." Am.J.Phys. 59(10). 891-897, 1991
7. A. V. Heuvelen. "Overview, Case Study Physics." Am.J.Phys. 59( 10), 898-907, 1991
8. A. B. Arons. "A Guide to introductory Physics Teaching" Wiley. New York. 1990. (Ελ. Μετ. Α.Δ. Βαλαδάκης, εκό. Τροχαλία, 1992)
9. E. F. Redish. J.M. Wilson, "Student programming in the introductory physics course: M.U.P.P.E.T.", Am. J. Phys. 61(3), 222-232. 1993.
10. Α. Τζιμογιάννης, Α. Μικρόπουλος, Β. Κουλαϊδής. "Ο υπολογιστής στη διδασκαλία της Φυσικής: Μια άμεση εφαρμογή με χρήση φύλλων εργασίας.", Σύγχρονη Εκπαίδευση 85,38-46, 1995.
11. H. James, "Research on Computers in Chemistry Education." J. Chem. Educ. 71(3). 196-200. 1994.
12. Β. Παλίλης, Γ. Πολυζώης, Η. Τσιγαρίδας, "Ασυμπτωτική συμπεριφορά επαγωγικών φαινομένων", 12ο Συνέδριο Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας (Ηράκλειο 1995)
13. Β. Παλίλης, Γ. Πολυζώης, Π. Τασιοπούλου, Η. Τσιγαρίδας, "Αναπαραστάσεις Ηλ. Πεδίου, Διδακτική Προσέγγιση", 8ο Συνέδριο Ένωσης Ελλήνων Φυσικών (Ηράκλειο 1996)
14. Β. Παλίλης, Γ. Πολυζώης, Π. Τασιοπούλου, Η. Τσιγαρίδας, " $\gamma=0$ . Τι συμπεραίνετε; "Διδακτική προσέγγιση με χρήση H/Y δυο περιπτώσεων που με δυσκολία χωρούν στον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας της φυσικής.", 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορικής στην Εκπαίδευση (Πάτρα Μάιος 1997)
15. Β. Παλίλης, Γ. Πολυζώης, Η. Τσιγαρίδας, "Προσομοιώσεις του (ηλεκτρικού) πεδίου

ου (διδασκτική προσέγγιση)", 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (Θεσσαλονίκη Μάιος 1998)

16. J. D. Novak, D. B. Gowing, "Learning how to learn", Cambridge Univ. Press, New York, 1984.

17. G. C. Williams, "Using concept maps to access Conceptual Knowledge of function" JRME. 29(4), 414-421, 1998.

18. F. S. Crawford, "Rolling and slipping down Galileo's inclined plane: Rhythms of the spheres", Am. J. Phys. 64(5), 541-546, 1996.