

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

Τόμ. 1 (2004)

4ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



Η χρήση βίντεο, φυσικών αντικειμένων και εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

*Z. Σμυρναίου, Α. Δημητρακοπούλου, Π. Πολίτης, Β. Κόμης*

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Σμυρναίου Ζ., Δημητρακοπούλου Α., Πολίτης Π., & Κόμης Β. (2026). Η χρήση βίντεο, φυσικών αντικειμένων και εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 045–054. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/9069>

# Η χρήση βίντεο, φυσικών αντικειμένων και εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Z. Σμυρναίου<sup>1</sup>, Α. Δημητρακοπούλου<sup>2</sup>, Π. Πολίτης<sup>3</sup> & Β. Κόμης<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Δρ. Πανεπιστημίου Paris V (Sorbonne), Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, [zacharoula@yahoo.fr](mailto:zacharoula@yahoo.fr)

<sup>2</sup> Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [adimitr@rhodes.aegean.gr](mailto:adimitr@rhodes.aegean.gr)

<sup>3</sup> Λέκτορας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, [ppol@uth.gr](mailto:ppol@uth.gr)

<sup>4</sup> Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πατρών, [komis@upatras.gr](mailto:komis@upatras.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Οι σύγχρονες έρευνες μελετούν την παιδαγωγική αξία του βίντεο και των εκπαιδευτικών λογισμικών καθώς και σε ποιο βαθμό μπορούν να επηρεάσουν το περιεχόμενο διδασκαλίας και τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές οικοδομούν τις έννοιες στις φυσικές επιστήμες. Η παρούσα έρευνα διερευνά τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές οικοδομούν έννοιες σχετικές με τα ελατήρια (επιμήκυνση ελατηρίου, κλπ.), κάνοντας χρήση τριών εκπαιδευτικών εργαλείων (βίντεο, εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης, αντικείμενα). Ξεκινώντας από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών της Α' Λυκείου στην Ελλάδα, παρουσιάζουμε αποτελέσματα όπου διαφαίνεται ότι το λογισμικό MODELLINGSPACE βοηθά στην ομαλή μετάβαση από τα πειραματικά δεδομένα στη γραφική παράσταση και το μαθηματικό φορμαλισμό και αντίστροφα.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπαιδευτικό λογισμικό, βίντεο, φυσικά αντικείμενα, πειραματισμός, αναπαράσταση, μοντελοποίηση, χειρισμός συμβόλων, μάθηση, φυσικές επιστήμες

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σύγχρονες έρευνες εξετάζουν την παιδαγωγική αξία του βίντεο και των εκπαιδευτικών λογισμικών στην τάξη και το βαθμό που μπορούν να βοηθήσουν στη μάθηση. Το βίντεο προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών με τη δυναμική της εικόνας του, με τις πλούσιες πληροφορίες που προσφέρει σε συνεχή μορφή, με τη δυνατότητα επανάληψής του. Η ποιότητα της εικόνας και η ευκαμψία ανοίγουν νέες προοπτικές και το κάνουν ιδιαίτερα ελκυστικό. Τα πλεονεκτήματά του μπορούν να διευκολύνουν ([http://io.rtsq.qc.ca/video\\_en\\_classe/video\\_numerique.htm](http://io.rtsq.qc.ca/video_en_classe/video_numerique.htm)) τη δουλειά του εκπαιδευτικού. Οι ενδιαφέρουσες λειτουργίες που προσφέρει το βίντεο για παιδαγωγική χρήση είναι η γρήγορη και εύκολη ανάγνωση και εκτέλεση του πειράματος, η εξοικονόμηση χρόνου, η επανάληψή του, η αποφυγή λαθών και ζημιών, καθώς και η μείωση του άγχους των μαθητών αλλά και του εκπαιδευτικού. Πολλές πηγές με ελεύθερα βίντεο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην τάξη υπάρχουν σε διάφορους δικτυακούς τόπους, όπως του εθνικού κέντρου παιδαγωγικής έρευνας στη Γαλλία (CNDP <http://www.cndp.fr>) ή στο εκπαιδευτικό δίκτυο (EDUCNET <http://www.educnet.fr>) καθώς και στις ιστοσελίδες άλλων ιδρυμάτων. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ελπίζουν να διαθέτουν βίντεο και να τα χρησιμοποιούν στην τάξη τους (Mantsos, 2000), για τα πλεονεκτήματά του που έχουν ήδη αναφερθεί και που το καθιστούν πιο ισχυρό εργαλείο σε σχέση με την εικόνα (ακίνητη)

και με τον προφορικό ή γραπτό λόγο. Όσον αφορά στα εκπαιδευτικά λογισμικά πολυάριθμες είναι οι έρευνες που έχουν δείξει το ρόλο που μπορεί να παίξουν στην υποστήριξη της μάθησης όταν χρησιμοποιούνται σε ένα κατάλληλο πλαίσιο.

Παρόλα τα χαρακτηριστικά του βίντεο και του λογισμικού που ευνοούν τη μάθηση πιστεύουμε ότι στις φυσικές επιστήμες η χρήση τους πρέπει να συνοδεύεται με την εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα ιδιαίτερα όταν οι μαθητές έχουν μικρή ηλικία. Η ύπαρξη και η λειτουργία εργαστηρίου στις φυσικές επιστήμες και η εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές είναι μια πραγματικότητα εδώ και πάρα πολλά χρόνια σε πολλές χώρες. Το πείραμα θεωρείται σημαντικό για την κατανόηση της θεωρίας και την οικοδόμηση των φυσικών εννοιών, όταν ο δάσκαλος θέτει τις κατάλληλες ερωτήσεις. Ο ρόλος του πειράματος είναι σημαντικός, γιατί βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τις αφηρημένες έννοιες ξεκινώντας από τα συγκεκριμένα αντικείμενα. Ο ρόλος λοιπόν του δασκάλου και ο τρόπος που χρησιμοποιεί αυτά τα εργαλεία (βίντεο, πειράματα με πραγματικά αντικείμενα, εκπαιδευτικό λογισμικό) είναι καθοριστικός, μια που είναι ο καθοδηγητής - μεσολαβητής (Dumas-Carré & Weil-Barais, 1998) και αυτός που με τις κατάλληλες παρεμβάσεις του και αλληλεπιδράσεις με τους μαθητές (Franceschelli & Weil-Barais, 1999) μπορεί να δημιουργήσει γνωστικές συγκρούσεις και να οδηγήσει στην οικοδόμηση των εννοιών.

Στο άρθρο αυτό συζητάμε τη χρήση του βίντεο, των φυσικών αντικειμένων και του εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Προβληματιζόμαστε αν τα πλεονεκτήματα των τριών αυτών παιδαγωγικών εργαλείων μπορούν να συμβάλλουν στην εκμάθηση εννοιών στις Φυσικές Επιστήμες, διερευνώντας τους συλλογισμούς των μαθητών στην κάθε περίπτωση.

### ΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΑΘΗΣΗΣ: MODELLINGSPACE

Το εκπαιδευτικό λογισμικό MODELLINGSPACE (Dimitracopoulou et al., 1999 ; Komis et al., 2001, Dimitracopoulou & Komis, 2004), που έχει ως στόχο να εισάγει τους μαθητές σε διαδικασίες μοντελοποίησης, βοηθά στην κατανόηση και μάθηση των φυσικών εννοιών. Πρόκειται για ένα λογισμικό που προορίζεται να βοηθά τους μαθητές να οικοδομούν μοντέλα, να σκέφτονται τη συμπεριφορά τους και ενδεχομένως τα όρια ισχύος τους. Το ενδιαφέρον αυτού του λογισμικού είναι ότι επιτρέπει στους μαθητές να χειρίζονται διαφορετικά συμβολικά συστήματα. Συγκρίνοντας τις μεταβολές των οντοτήτων, από παραστατικές και στατικές σε εικόνες δυναμικές μέσω της προσομοίωσης, συνδεδεμένες με διάφορες εκφράσεις σχέσεων, είναι δυνατόν να οδηγηθούμε σε συμπεράσματα για τη συμβατότητα ή την ασυμβατότητα των σχεσιακών εκφράσεων.

Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά του MODELLINGSPACE είναι τα εξής:

- Υποστηρίζει την έκφραση μοντέλων μέσω διαφορετικών εναλλακτικών συμβολικών συστημάτων ...

Είναι ένα ανοικτό περιβάλλον που επιτρέπει να εργαζόμαστε σε οντότητες (που μπορούν να είναι συγκεκριμένες ή ανοικτές-αφηρημένες και αναπαριστούν τα αντικείμενα) και στις ιδιότητές τους (που αναπαριστούν τις έννοιες), οι οποίες συνδέονται με σχέσεις ποιοτικές, ημιποσοτικές ή ποσοτικές. Συγκεκριμένα οι ανοικτές-αφηρημένες οντότητες βοηθούν τα παιδιά να εκφράσουν οποιαδήποτε ιδέα τους. Στη θέση των κλασικών σχέσεων μπορούμε να έχουμε “σχέσεις πίνακες”, όπου μπορούμε να εισάγουμε τιμές από τις πειραματικές μετρήσεις, να σχεδιάσουμε τη γραφική παράσταση ή να παρατηρήσουμε την προσομοίωση στην οθόνη του υπολογιστή.

- Υποστηρίζει πολλαπλές αναπαραστάσεις ...

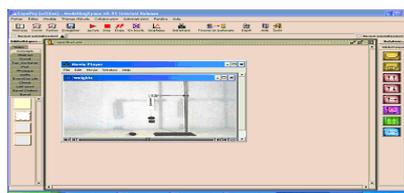
Η απλή και άμεση πρόσβαση σε πολυάριθμες και διαφορετικές αναπαραστάσεις διαφορετικής φύσης όπως βίντεο (σχήμα 1), σταθερές εικόνες, δυναμικές εικόνες, πίνακες, γραφικές παραστάσεις, προσομοιώσεις το καθιστά ένα πλούσιο εκπαιδευτικό λογισμικό. Η σύγκριση των διαφορετικών αυτών αναπαραστάσεων, ο συνδυασμός τους και η δυναμικότητα το κάνουν ελκυστικό στους μαθητές και υποστηρίζουν τη μάθηση (Orfanos & Dimitracopoulou, 2003).

➤ Υποστηρίζει τη μεταγνώση ...

Είναι ένα εργαλείο που υποστηρίζει τη μεταγνώση. Τα 'Σημειώματα' (sticky notes) στο χώρο μοντελοποίησης επιτρέπουν στους μαθητές να εκφραστούν γραπτά κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας. Οι ενέργειες των χρηστών (ατομικές ή συνεργατικές) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μοντελοποίησης καταγράφονται, ενώ ειδικά εργαλεία ανάλυσης της δραστηριότητας προσφέρονται στους μαθητές (και άλλα στους καθηγητές τους). Αυτές οι δύο ομάδες εργαλείων παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές να αναλογιστούν πάνω τα στάδια οικοδόμησης του μοντέλου, κατά τη διάρκεια αλλά και κυρίως μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας.

➤ Υποστηρίζει τη συνεργασία ...

Πρόκειται για ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης. Οι χρήστες μπορούν να συνεργαστούν με τρόπο σύγχρονο ή ασύγχρονο μέσω τοπικού δικτύου ή Internet. Οι συνεργάτες μπορούν να ανταλλάσσουν γραπτά μηνύματα στο χώρο συζήτησης αλλά επίσης να ανταλλάσσουν και μοντέλα στο χώρο δραστηριότητας (Fidas et al., 2001; Anouris et al., 2001).



Σχήμα 1 : Εικόνα οθόνης του λογισμικού ModellingSpace

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

### Αντικείμενο έρευνας

Ενδιαφερόμαστε για τη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και ιδιαίτερα για τη μοντελοποίηση που βρίσκεται στο επίκεντρο των φυσικών επιστημών. Δεδομένου ότι ο υπολογιστής παρέχει τη δυνατότητα να κατασκευάσουμε μοντέλα που σχετίζονται με διαφορετικά συμβολικά συστήματα, ενδιαφερόμαστε για τη χρήση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης όπου οι μαθητές μπορούν να εκφράσουν ελεύθερα τις σκέψεις τους και να οικοδομήσουν σύμφωνα με αυτές τα μοντέλα τους. Το βίντεο μπορεί να κινητοποιήσει το ενδιαφέρον των μαθητών με τα πλεονεκτήματα που προσφέρει (με τη δυναμική της εικόνας του, με τη δυνατότητα επανάληψης καθώς και με το ότι αναπαριστά πιστά την πραγματικότητα). Από την άλλη, κρίνουμε ότι η εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα είναι απαραίτητη στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών γιατί τότε ενεργεί ο ίδιος ο μαθητής πάνω στα αντικείμενα, διατυπώνει υποθέσεις, πειραματίζεται και εξάγει συμπεράσματα, γεγονός που δεν μπορεί να συμβεί παρατηρώντας απλώς στο βίντεο την πραγματοποίηση ενός πειράματος. Ξεκινώντας λοιπόν, από την ιδέα ότι το βίντεο μπορεί να κινητοποιήσει το ενδιαφέρον των μαθητών και ότι η διεξαγωγή πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα είναι πάντα χρήσιμη έως και απαραίτητη αναρωτιόμαστε αν ο συνδυασμός των τριών εκπαιδευτικών εργαλείων (βίντεο, εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης, αντικείμενα) μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα μια φυσική κατάσταση.

### Υπόθεση εργασίας

Εάν οι προηγούμενοι συλλογισμοί είναι σωστοί υποθέτουμε ότι : α) η χρήση του βίντεο μπορεί να κινητοποιήσει το ενδιαφέρον και την προσοχή των μαθητών ώστε να κατανοήσουν καλύτερα μια δραστηριότητα. β) Ο συνδυασμός βίντεο, χειρισμού πραγματικών αντικειμένων και

εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης με την κατάλληλη σειρά μπορεί να επιφέρει καλά αποτελέσματα για την εκμάθηση εννοιών στον τομέα των φυσικών επιστημών.

### Μαθησιακό Σενάριο

Το σενάριο που χρησιμοποιήσαμε είναι «ένα αντικείμενο πάνω σε ένα ελατήριο». Το ελατήριο είναι ένα παράδειγμα αντικειμένου του οποίου η συμπεριφορά περιγράφεται από το νόμο του Hooke : οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες με τις αιτίες που τις προκαλούν. Εάν κρεμάσουμε στο ελατήριο ένα βάρος, η επιμήκυνσή του θα είναι ανάλογη με το βάρος του σώματος. Αν κρεμάσουμε δύο βάρη, τα οποία είναι ίσα, η επιμήκυνση θα διπλασιαστεί κλπ. (νόμος του Hooke).

Οι μαθητές αρχικά βλέπουν το βίντεο (όπως εμφανίζεται στο σχήμα 2) και τους ζητάμε να μας διηγηθούν τι συμβαίνει.

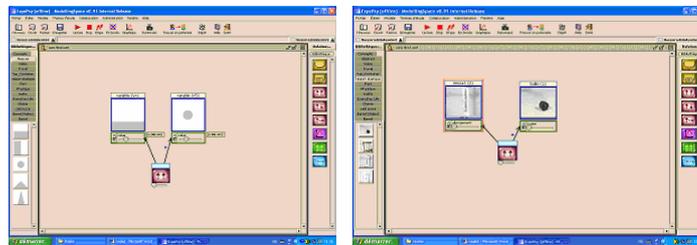


Σχήμα 2: Βίντεο με το πείραμα « ένα αντικείμενο πάνω σε ένα ελατήριο (νόμος του Hooke) »

Κατόπιν τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα με τα αντικείμενα στηριζόμενοι σε προηγούμενη έρευνα που έχει δείξει ότι τα αποτελέσματα είναι καλύτερα όταν χρησιμοποιούν το λογισμικό, αφού όμως πριν έχουν πραγματοποιήσει το πείραμα με τα αντικείμενα (Smygajou & Weil-Barais, 2003).

Μόλις πραγματοποιήσουν το πείραμα με τα αντικείμενα, τους θέτουμε τις ερωτήσεις: ποιος ενεργεί πάνω στο βαρίδι, να εξηγήσουν το γεγονός ότι το βαρίδι ηρεμεί (όταν το κρεμάσουμε και το αφήσουμε ελεύθερο), τι συμβαίνει όταν τοποθετήσουν δύο ίσα βαρίδια, τρία ίσα βαρίδια, πέντε ίσα βαρίδια κλπ.

Όταν χρησιμοποιούν το λογισμικό MODELLINGSPACE, τους ζητάμε να επιλέξουν τις ανοικτές-αφηρημένες οντότητες να τις ονομάσουν και να γράψουν τις ιδιότητές τους, να επιλέξουν την ημιποσοτική σχέση, την ποσοτική και να κάνουν τη γραφική παράσταση (όπως εμφανίζεται στο σχήμα 3). Τέλος ζητάμε να χρησιμοποιήσουν τη σχέση πίνακα, να εισαγάγουν τιμές, να κάνουν τη γραφική παράσταση και να αναφέρουν τα συμπεράσματά τους.



Σχήμα 3: Αφηρημένες-Ανοικτές και συγκεκριμένες οντότητες (ModellingSpace)

## Μέθοδος

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 12 μαθητές Α' Λυκείου στην περιοχή της Αθήνας με τη μορφή ατομικών και ημικατευθυνόμενων συνεντεύξεων με χρήση ερωτηματολογίου. Η διάρκεια της κάθε ατομικής συνέντευξης ήταν περίπου 30 λεπτά και οι μαθητές συμμετείχαν εθελοντικά.

Ως εργαλεία έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ένα βίντεο με το πείραμα « ένα αντικείμενο πάνω σε ένα ελατήριο (νόμος του Hooke)», αντικείμενα (όπως διαφορετικά ελατήρια και βάρη) και το λογισμικό MODELLINGSPACE που επιτρέπει την έκφραση των επιστημονικών εννοιών, αλλά ταυτόχρονα διαθέτει τόσο συγκεκριμένες οντότητες προκαθορισμένων ιδιοτήτων (μεταβλητών), όσο και ανοικτές-αφηρημένες οντότητες που μπορούν να τις ονομάσουν και να τους προσδώσουν τις ιδιότητες που θέλουν.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Με το βίντεο

Στην ερώτηση για το τι συμβαίνει στο βίντεο, οι απαντήσεις των μαθητών είναι πολύ πλούσιες: επικεντρώνονται στα αντικείμενα, στις έννοιες της φυσικής, στη διαδικασία της μέτρησης, περιγράφουν τις ενέργειες τους κ.α. Οι κατηγορίες των απαντήσεων σχολιάζονται στη συνέχεια ενώ οι απαντήσεις των μαθητών μπορούν να ανήκουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες.

- Επικεντρώνονται στα αντικείμενα

Λένε ότι βλέπουν ένα δυναμόμετρο, ένα ελατήριο ή κάποιο άλλο αντικείμενο, όπως ζυγαριά. Για παράδειγμα ένας μαθητής λέει: *Ένα δυναμόμετρο.*

- Επικεντρώνονται στη διαδικασία της μέτρησης

Επικεντρώνονται στη διαδικασία της μέτρησης και λένε μέτρηση βαριδίων, βάρους, δύναμης, επιμήκυνσης. Για παράδειγμα ένας μαθητής λέει: *μέτρηση βαριδίων.*

- Περιγράφουν τις ενέργειές τους

Μερικοί μαθητές περιγράφουν τις ενέργειές τους, σαν να ήταν οι ίδιοι στο βίντεο που παρουσιάζει το πείραμα. Συγκεκριμένα ένας μαθητής περιγράφει: *Αν βάλω ένα βαρίδι θα κατέβει, αν βάλω δεύτερο αυξήθηκε το ίδιο. Να το ξαναδώ... περίπου το ίδιο.* Ή ένας άλλος: *Ένα ελατήριο, βάζεις τα βαράκια στο ελατήριο, τα κρεμάς και επιμηκώνεται το ελατήριο.*

- Χρήση εννοιών και αντικειμένων μαζί

Χρησιμοποιούν τις έννοιες όπως βάρος, δύναμη, επιμήκυνση, φυσικό μήκος, ταυτόχρονα με τα αντικείμενα: βαρίδια, ελατήριο. Για παράδειγμα ένας μαθητής λέει: *Έχουμε το ελατήριο που είναι στο φυσιολογικό του μήκος. Προσθέτουμε το βαρίδι το οποίο αυξάνεται. Προσθέτουμε δύο βαρίδια, τρία βαρίδια, όπου τα βαρίδια είναι ίδια κι οπότε η αύξηση κάθε φορά γίνεται ισότιμα.*

Ένας άλλος απαντά: *Επιμήκυνση του ελατηρίου ανάλογα με τα βαρίδια.* Ή ένας άλλος: *η δύναμη της βαρύτητας σε σχέση με τα βαράκια που κρεμώ.*

- Χρήση αντωνυμιών

Στη θέση των οργάνων της φυσικής ή των εννοιών βάζουν αντωνυμίες όπως αυτό, οποίο...

Συγκεκριμένα ένας μαθητής λέει: *Ζυγαριά είναι... όχι είναι αυτό που μετρά το βάρος. Όταν βάζω ένα βάρος, αυτό κατεβαίνει... Ή ένας άλλος: Δεν καταλαβαίνω τι δείχνει το βίντεο... Α ναι! Βάζουμε αντικείμενα και αυτή αυξάνεται... Όσα πιο πολλά βάζει, τόσο περισσότερο θα κατέβει. Στο ένα κατέβηκε λίγο στο άλλο πιο πολύ.*

- Επικεντρώνονται στις έννοιες και τους νόμους της φυσικής

Για παράδειγμα λένε: *η επιμήκυνση του ελατηρίου ανάλογα με το βάρος ή τη δύναμη. Ή ισχύει ο νόμος του Hooke, οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες με τις αιτίες που τις προκαλούν.*

Το βίντεο κινητοποίησε το ενδιαφέρον των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα, αφού οι εκφράσεις τους ήταν ιδιαίτερα θετικές και εκδηλωτικές και επιπλέον παρακολούθησαν την προβολή του βίντεο περισσότερες φορές. Τα δεδομένα αυτά επιτρέπουν να υποστηρίξουμε την ισχύ της πρώτης υπόθεσής μας. Τα δεδομένα που συλλέξαμε από τη χρήση του πρώτου αυτού

παιδαγωγικού εργαλείου (π.χ. οι μαθητές επικεντρώνονται στα αντικείμενα, στις έννοιες της φυσικής, κλπ.) θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για τη μελέτη της επόμενης υπόθεσης.

### Με τα αντικείμενα

Οι μαθητές πραγματοποιούν το πείραμα χρησιμοποιώντας πραγματικά αντικείμενα. Στην ερώτηση ποιος ενεργεί πάνω στο βαρίδι οι πιο πολλοί μαθητές αναφέρουν μόνο το βάρος. Μερικοί, βέβαια, λένε το ελατήριο ή η δύναμη του ελατηρίου. Για να ωθήσουμε τους μαθητές να σκεφτούν και να προκαλέσουμε γνωστική σύγκρουση, τους ζητάμε να εξηγήσουν το γεγονός ότι 'όταν τοποθετήσουμε ένα βαρίδι, αυτό μετά από λίγο ηρεμεί', στηριζόμενοι στις έρευνες για την οικοδόμηση των εννοιών της φυσικής, της χρήσης των 'πρόδρομων μοντέλων' (Lemeignan & Weil-Barais, 1993) και των 'διαλογικών έξεων' (routines conversationnelles) (Franceschelli & Weil-Barais, 1999).

Μερικοί μαθητές που είχαν αναφέρει μόνο το βάρος αρχίζουν να σκέφτονται και αλλάζουν την αρχική τους άποψη. Λέγοντας « ηρεμεί, άρα υπάρχει κι άλλη δύναμη που εξουδετερώνει το βάρος », ή « ισχύει ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα, άρα η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν » ή « υπάρχει το βάρος και η δύναμη του ελατηρίου που είναι αντίθετες ». Υπάρχουν βέβαια και οι μαθητές που λένε ότι ηρεμεί « εξαιτίας του βάρους του » ή « επειδή δεν ενεργεί καμιά δύναμη πάνω του » και μας θυμίζουν τα αποτελέσματα της διδακτικής των φυσικών επιστημών, ότι η δύναμη είναι υπεύθυνη για την κίνηση αλλά και για την ακινησία των σωμάτων ή όταν ένα σώμα είναι ακίνητο, τότε δεν ασκείται δύναμη πάνω του (Driver et al., 1998) ή η δύναμη της βαρύτητας εξηγεί την ακινησία (Stead et Osborne, 1980; Minstrel 1982). Φυσικά υπάρχουν μαθητές που περιγράφουν τις ενέργειές τους και εξηγούν: « επειδή το αφήσαμε ελεύθερο ».

### Με το εκπαιδευτικό λογισμικό

Κατά τη χρήση του λογισμικού MODELLINGSPACE ξεκινούμε στο περιβάλλον με τις ανοικτές-αφηρημένες οντότητες, για να μπορούν ελεύθερα οι μαθητές να εκφράσουν τις ιδέες τους (τις οποίες καλούνται να τις ονομάσουν και να γράψουν τις ιδιότητές τους), και να εξάγουμε έτσι συμπεράσματα όσον αφορά στις αναπαραστάσεις τους. Στη συνέχεια, οι μαθητές δουλεύουν με τις συγκεκριμένες οντότητες. Η χρήση των αφηρημένων οντοτήτων από τους μαθητές μπορεί να συνοψισθεί στις εξής κατηγορίες:

#### ➤ Χρησιμοποιούν μια οντότητα

Επιλέγουν μια οντότητα που την ονομάζουν ελατήριο, δυναμόμετρο ή επιμήκυνση και της προσδίδουν μια ιδιότητα όπως βαρίδι, βάρος, αύξηση, επιμήκυνση, δύναμη του ελατηρίου, σταθερά του ελατηρίου, αντίσταση του ελατηρίου. Παρατηρούμε ότι στις απαντήσεις τους επικεντρώνονται στα αντικείμενα, στις έννοιες της φυσικής που είναι κατάλληλες σύμφωνα με τη θεωρία της φυσικής ή σε άλλες έννοιες που κατασκευάζουν μόνοι τους, όπως αντίσταση του ελατηρίου.

#### ➤ Χρησιμοποιούν δύο οντότητες

Η πλειοψηφία των μαθητών επιλέγει δύο οντότητες που τις ονομάζουν οντότητα ελατήριο και οντότητα βαρίδι. Στην οντότητα ελατήριο προσδίδουν μια ιδιότητα, όπως επιμήκυνση, αύξηση, δύναμη του ελατηρίου, βάρος, μάζα, σταθερά του ελατηρίου, αντίσταση ελατηρίου. Στην οντότητα βαρίδι προσδίδουν την ιδιότητα βάρος, μάζα και βαρίδι. Μερικοί βέβαια προσδίδουν περισσότερες ιδιότητες.

Συνολικά καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μερικοί δε μπορούν να ξεχωρίσουν τις έννοιες από τα αντικείμενα. Οι περισσότεροι όμως είναι προβληματισμένοι στο πόσες και ποιες έννοιες θα προσδιορίσουν ως ιδιότητες και μερικοί επινοούν έννοιες που δεν υπάρχουν.

Στη συνέχεια τους δείχνουμε τις συγκεκριμένες οντότητες (επικεντρωμένες σε αντικείμενα) που υπάρχουν στο λογισμικό MODELLINGSPACE, που είναι καθορισμένες από πριν και είναι η

οντότητα ελατήριο που έχει ως ιδιότητα την επιμήκυνση, και η οντότητα βαρίδι, που έχει ως ιδιότητα το βάρος και τους ζητάμε να τις συγκρίνουν με τις δικές τους και να συλλογιστούν. Έτσι ξεκινά ένας διάλογος κατά πόσο οι δικές τους οντότητες και ιδιότητες τους ικανοποιούν ή προτιμούν τις συγκεκριμένες που διαθέτει το λογισμικό ή κάποιες άλλες που σκέφτηκαν εκείνη τη στιγμή. Ο συνδυασμός λοιπόν των αφηρημένων οντοτήτων, που επιτρέπουν στα παιδιά να εκφραστούν και των συγκεκριμένων (συναφών με το υπό μελέτη φαινόμενο), που υπάρχουν στο λογισμικό MODELLINGSPACE, μπορεί να οδηγήσει σε γνωστική σύγκρουση (μέσω κατάλληλων και καθοριστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ μαθητών και καθηγητή).

Στη συνέχεια τους ζητάμε να επιλέξουν την ημιποσοτική σχέση ανάμεσα στις δύο ιδιότητες, να εξηγήσουν την επιλογή τους και να κάνουν τη γραφική παράσταση. Η έρευνά μας έχει δείξει ότι μπορεί πολλοί μαθητές να επιλέγουν την ημιποσοτική σχέση της συμμεταβολής (όσο το ένα μέγεθος αυξάνει και το άλλο αυξάνει ανάλογα), όμως οι λόγοι που την επιλέγουν είναι πολύ διαφορετικοί. Επιπλέον, υπάρχει σύνδεση ανάμεσα στην ημιποσοτική σχέση που επιλέγουν και στη γλωσσική έκφραση που χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν την επιλογή τους. Αυτές οι παρατηρήσεις τονίζουν την ανάγκη να μαθαίνουν οι μαθητές τις μαθηματικές σχέσεις με λόγια. Η υπόθεση που μπορούμε να κάνουμε είναι ότι εάν ο μαθητής δεν είναι ικανός να κατανοήσει σχεσιακούς μετασχηματισμούς, στο πλαίσιο της φυσικής γλώσσας, είναι ανίκανος να το κάνει με τυπικά συστήματα (Smyrniotou & Weil-Barais, 2003a).

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι περισσότεροι μαθητές επιλέγουν την πρώτη σχέση της συμμεταβολής ( $\uparrow\uparrow$ ). Οι εξηγήσεις που δίνουν είναι: «Όταν βάζω ένα βάρος, κατεβαίνει το ελατήριο... με το δεύτερο βάρος επιμηκώνεται περισσότερο ή όταν αυξάνεται το βάρος, αυξάνεται και η επιμήκυνση ή όσα πιο πολλά αντικείμενα βάζεις, τόσο περισσότερο θα κατέβει». Δηλαδή άλλοι μαθητές επικεντρώνονται στα αντικείμενα, άλλοι στις έννοιες και άλλοι συνδυάζουν ταυτόχρονα και τα δύο.

Υπάρχουν μερικοί μαθητές που επιλέγουν την τρίτη ημιποσοτική σχέση (το ένα αυξάνεται και το άλλο είναι σταθερό). Οι εξηγήσεις τους είναι: *Αν τα βαράκια είναι τα ίδια κιλά θα κατέβει το ίδιο ή αν βάλω ένα βάρος θα κατέβει, αν βάλω κι άλλο ένα, αυξήθηκε το ίδιο ή Προσθέτουμε δεύτερο, τρίτο βαρίδι... τα βαρίδια είναι ίδια κι οπότε η αύξηση κάθε φορά γίνεται ισότιμα*. Συμπεραίνουμε ότι επειδή τα βαράκια μπορεί να είναι τα ίδια κιλά ή η αύξηση της επιμήκυνσης να είναι η ίδια, σημαίνει για τους μαθητές κάτι σταθερό και τους οδηγεί να επιλέξουν την τρίτη σχέση. Ακόμα μια φορά παρατηρούμε τη σύνδεση ανάμεσα στα δύο συμβολικά συστήματα, της γλώσσας και των μαθηματικών, αφού υπάρχει άμεση σχέση στην επιλογή της ημιποσοτικής σχέσης και στην εξήγηση της επιλογής.

Όταν κάνουν τη γραφική παράσταση, οι μαθητές που έχουν επιλέξει την πρώτη σχέση λένε ότι τα ποσά είναι ανάλογα και ότι η γραφική παράσταση είναι *ευθεία που περνά από την αρχή των αξόνων ή είναι ευθεία που διχοτομεί τη γωνία των αξόνων*.

Όταν τους ζητάμε να εκφράσουν μέσω του λογισμικού την ποσοτική σχέση, διακρίνουμε τρεις κατηγορίες μαθητών, όπου:

- Δε θυμούνται τον τύπο

Πολλοί μαθητές λένε: *Δε θυμάμαι τον τύπο της φυσικής αυτή τη στιγμή ή ρωτάνε εννοείτε τον τύπο στα μαθηματικά ή στη φυσική;*

- Επινούν ένα τύπο

Μερικοί μαθητές γράφουν ένα τύπο που δεν ισχύει στην πραγματικότητα αλλά που θυμίζει το νόμο του Hooke ή τη δυναμική ενέργεια του ελατηρίου.

- Αναφέρουν τον τύπο της φυσικής που αντιστοιχεί στον νόμο του Hooke, ή αυτόν των αναλόγων ποσών

Μερικοί μαθητές αναφέρουν τον τύπο της φυσικής ( $F=kx$ ) ή των αναλόγων ποσών ( $y=ax$ ).

Πολύ ενδιαφέροντα είναι τα αποτελέσματα όταν ζητάμε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τη σχέση πίνακα. Η σχέση αυτή σε συνδυασμό με τη γραφική παράσταση οδηγεί στην ανάδειξη πολλών ιδεών. Αφήνουμε, λοιπόν, ελεύθερους τους μαθητές να εκφραστούν. Μερικοί νιώθουν την ανάγκη να ξανακάνουν το πείραμα με τα αντικείμενα και να καταγράψουν τις πειραματικές μετρήσεις, ενώ άλλοι συμπληρώνουν απευθείας τον πίνακα. Σε όλες τις περιπτώσεις ζητάμε να μας αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Οι απαντήσεις των μαθητών είναι πραγματικά πολύ διαφορετικές και οι κατηγορίες των απαντήσεών τους σχολιάζονται περαιτέρω στη συνέχεια:

➤ Επικεντρώνονται στον αριθμό των αντικειμένων

Στη μία στήλη του πίνακα γράφουν 1, 2, 3, 4,... που σημαίνει ένα βαρίδι, δύο βαρίδια, τρία βαρίδια κλπ. και στην άλλη αναγράφουν τις τιμές της επιμήκυνσης.

➤ Καταγράφουν την αύξηση της επιμήκυνσης αντί για την επιμήκυνση

Στο νόμο του Hooke μετράμε την επιμήκυνση από τη θέση ισορροπίας του ελατηρίου. Πολλοί μαθητές αντί για την επιμήκυνση μετρούν και καταγράφουν την αύξηση της επιμήκυνσης. Έτσι μερικοί λένε ότι τα βάρη είναι ίσα, άρα και η επιμήκυνση και στη στήλη της επιμήκυνσης γράφουν 2, 2, 2, ... Μερικοί, μετρούν πάλι την αύξηση της επιμήκυνσης αλλά δε σκέφτονται ότι τα βάρη είναι ίσα, λένε ότι οι επιμηκύνσεις είναι περίπου ίσες και γράφουν 2, 2.2, 2.4, ...

➤ Καταγράφουν την αύξηση του βάρους αντί για το βάρος

Στο νόμο του Hooke η δύναμη του ελατηρίου έχει ίσο μέτρο με το ολικό βάρος. Έτσι κάθε φορά που προσθέτουμε ένα βαράκι, πρέπει να αθροίσουμε τα βάρη για να βρούμε τη δύναμη του ελατηρίου. Μερικοί μαθητές, όμως, δε γράφουν το ολικό βάρος αλλά την αύξηση του βάρους. Έτσι λένε τα βαράκια είναι ίσα, άρα 5, 5, 5,...

➤ Προσπαθούν να φτιάξουν ένα πίνακα αναλόγων ποσών

Σκέφτονται ότι τα ποσά είναι ανάλογα και αρχίζουν να γεμίζουν τον πίνακα. Στη μια στήλη γράφουν 2, 4, 6... και στην άλλη 4, 6, 8,... κάθε φορά προσθέτουν δύο. Αυτή είναι μια εναλλακτική ιδέα των μαθητών, που αντί να πολλαπλασιάσουν κάθε φορά επί δύο και τα δύο μεγέθη (μια απλή περίπτωση) προσθέτουν δύο και στα δύο μεγέθη.

➤ Φτιάχνουν πίνακα αναλόγων ποσών

Σκέφτονται ότι τα ποσά είναι ανάλογα, άρα ο λόγος τους είναι σταθερός ή όταν διπλασιάζεται το ένα διπλασιάζεται και το άλλο ή όταν πολλαπλασιάζεται το ένα με έναν αριθμό πολλαπλασιάζεται και το άλλο με τον ίδιο αριθμό και αρχίζουν να γεμίζουν τον πίνακα. Στη μια στήλη γράφουν 1, 2, 3, 4,... και στην άλλη 2, 4, 6, 8,...

➤ Μονάδες μέτρησης

Μερικοί μαθητές δεν αναφέρουν καθόλου μονάδες μέτρησης. Άλλοι αναφέρουν ως μονάδα μέτρησης του βάρους: γραμμάρια, κιλά, Newton, ενώ για την επιμήκυνση εκατοστά, μέτρα.

➤ Συνδυασμός των παραπάνω περιπτώσεων

Οι μαθητές αρκετές φορές συνδυάζουν τις παραπάνω περιπτώσεις.

Όταν τους ζητάμε να κάνουν τη γραφική παράσταση ή να τη συγκρίνουν με τη γραφική παράσταση που προέκυψε από την εφαρμογή της ημιποσοτικής σχέσης της συμμεταβολής, μερικοί αρχίζουν να προβληματίζονται και παραδέχονται ότι κάπου έχουν κάνει λάθος γιατί θα έπρεπε η γραφική παράσταση να είναι ευθεία που περνά από την αρχή των αξόνων. Παρατηρούμε πως ο συνδυασμός των πολλαπλών αναπαραστάσεων (Dimitracopoulou & Komis 2004 ; Komis et al., 1998) που περιέχει το λογισμικό MODELLINGSPACE, μπορεί να οδηγήσει σε ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών, γνωστική σύγκρουση, άρα στην εννοιολογική αλλαγή και στη μάθηση. Παράλληλα, παρατηρούμε ότι μαθητές που είχαν αναφέρει τον τύπο που αντιστοιχεί στον νόμο του Hooke, δεν είναι σε θέση να καταγράψουν τις κατάλληλες ιδιότητες και τις κατάλληλες τιμές στον πίνακα τιμών.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με το βίντεο οι μαθητές παρατηρούν μια πειραματική διαδικασία, σχετική με ένα φαινόμενο που έχουν ήδη μελετήσει στη σχολική τάξη. Το βίντεο τους επιτρέπει να παρατηρήσουν

συγκεκριμένες ενέργειες και τα αποτελέσματά τους. Η διαχείριση των πραγματικών αντικειμένων (ελατήριο, βαρίδια), τους επιτρέπει να δημιουργήσουν μόνοι τους καταστάσεις προκειμένου να συνάγουν συμπεράσματα. Στο λογισμικό, οι ανοικτές οντότητες και ιδιότητες, τους επιτρέπουν να σκεφτούν ελεύθερα πάνω στο ποια είναι τα μεγέθη που εμπλέκονται στο υπό μελέτη φαινόμενο (όπου παρατηρούμε ότι ελάχιστοι μαθητές εκφράζουν τις επιστημονικές έννοιες). Οι συγκεκριμένες συναφείς οντότητες και ιδιότητες στην ουσία προτείνουν στους μαθητές τα κατάλληλα μεγέθη (εκφρασμένα σε μια ενδιάμεση μορφή, συγκεκριμένη και πρόδρομη της επιστημονικής), και τους δίνουν τη δυνατότητα της άμεσης παρατήρησης της επίδρασης που έχει η μεταβολή τους στη συμπεριφορά των αντικειμένων (μέσω της οπτικοποίησης της προσομοίωσης). Οι μαθητές είναι δυνατόν σχετικά εύκολα, στην παρούσα περίπτωση, να εκφράσουν τις κατάλληλες ημιποσοτικές σχέσεις (δεδομένου ότι ενεργοποιούνται συλλογισμοί συμβατοί με τις γνωστικές τους δυνατότητες) και να δημιουργήσουν ένα πρώτο ικανοποιητικό μοντέλο που αναπαριστά το φαινόμενο. Στη συνέχεια, οι αρχικές τους προσπάθειες για έκφραση ποσοτικής-αλγεβρικής σχέσης, αναδεικνύουν περισσότερο τις δυσκολίες τους.

Η σύνδεση μεταξύ της πραγματικότητας και των αναπαραστάσεων (συμβολικών και νοητικών) αποτελεί μια από τις βασικές δυσκολίες που καλείται να επιλύσει η διδακτική πράξη. Η μετάβαση δηλαδή από τα πειραματικά δεδομένα με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων στο μαθηματικό φορμαλισμό και αντίστροφα συνιστά ένα βασικό πρόβλημα στις φυσικές επιστήμες, συνεπώς και στις καταστάσεις-προβλήματα που αφορούν το ελατήριο. Άλλες δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές αφορούν α) το διαχωρισμό των εννοιών από τα αντικείμενα, β) τον καθορισμό της έννοιας του συστήματος (σώμα-ελατήριο στην προκειμένη περίπτωση), γ) την επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων για την περιγραφή του φυσικού φαινομένου, δ) την κατανόηση των παραμέτρων αρχικό μήκος και ελαστικότητα του ελατηρίου και ε) το διαχωρισμό ανάμεσα σε διαφορετικούς μαθηματικούς φορμαλισμούς όπως: νόμος του Hook και δυναμικής ενέργεια ελατηρίου.

Το λογισμικό MODELLINGSPACE, από τη φύση του, βάζει το μαθητή σε μια διαδικασία προβληματισμού για την επιλογή των κατάλληλων οντοτήτων (αντικειμένων) και ιδιοτήτων (εννοιών) για την περιγραφή του φαινομένου. Σε μια διαδικασία κοινωνικό-επικοινωνιακής προσέγγισης, μέσα σε μια σχολική τάξη, αυθόρμητα και ελεύθερα ο κάθε μαθητής εκφράζει τις ιδέες του, σχεδιάζει δύο αντικείμενα ή σύστημα αντικειμένων και εισάγει τις ιδιότητες-παραμέτρους που θεωρεί ο ίδιος κατάλληλες για την επαρκή περιγραφή του φυσικού φαινομένου. Σε μια τέτοια λειπόν διαδικασία με ένα τέτοιο λογισμικό και μέσω της προσομοίωσης, οι τρεις πρώτες δυσκολίες μπορούν να αντιμετωπιστούν. Η χρήση της σχέσης 'πίνακα' ανάμεσα στις μεταβλητές βοηθά στην ομαλή μετάβαση από τα πειραματικά δεδομένα στη γραφική παράσταση και το μαθηματικό φορμαλισμό. Αντίστροφα, η ύπαρξη πολλαπλών αναπαραστάσεων, βοηθά στη μετάβαση από τις γραφικές παραστάσεις και τους μαθηματικούς φορμαλισμούς στην πραγματικότητα καθώς και από την αναπαράσταση των αντικειμένων στα φυσικά αντικείμενα. Ο συνδυασμός και των δύο μεταβάσεων μαζί οδηγούν να επιτευχθεί η άρρηκτη σύνδεση και η αντιστοίχιση μεταξύ πραγματικότητας και συμβολικών αναπαραστάσεων και συνεπώς η κατανόηση κάποιων παραμέτρων και ο διαχωρισμός διαφορετικών μεγεθών και φορμαλισμών.

Τα δεδομένα μας οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός των τριών παιδαγωγικών εργαλείων, εκμεταλλευόμενοι τα πλεονεκτήματα που το καθένα προσφέρει, οδηγεί στην κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών, στη διατύπωση συλλογισμών και στην ανάδειξη των αναπαραστάσεών τους. Η διατύπωση κατάλληλων ερωτήσεων και οι διάφοροι συνδυασμοί (ανοικτές-συγκεκριμένες οντότητες, ημιποσοτική σχέση-σχέση πίνακα) δημιουργούν ένα ευνοϊκό πλαίσιο όπου μπορούν καταρχήν να αναδυθούν οι ιδέες και οι αναπαραστάσεις των μαθητών, και στη συνέχεια να αμφισβητηθούν και να τροποποιηθούν ή να επιβεβαιωθούν

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.** Η έρευνα αυτή έλαβε χώρα στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού έργου "ModellingSpace" (IST-School of Tomorrow Project IST-2000-25385, με συμμετέχοντες: University of the Aegean (project leader),

University of Patras (GR), University of Mons-Hainaut (B), New University of Lisbon (PT), University of Angers (F) and SchlumbergerSema (SP)). Βασικές ιδέες της έρευνας βασίζονται και στο «Δημιουργό Μοντέλων» (ΣΕΙΡΗΝΕΣ & ΠΗΝΕΛΟΠΗ).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Avouris N., Dimitracopoulou A., & Komis V. (2003). On analysis of collaborative problem solving: An object-oriented approach, *Computers in Human Behavior*, 19, (2), pp. 147-167, Pergamon.
- Dimitracopoulou A. & Komis V. (in press 2004). Design Principles for a modeling environment for learning, modelling & collaboration in sciences, In C. Constantinou, Z. Zacharia, P. Commers, (Guest Editors), *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning (IJCELL)*, Special issue on The Role of Information and Communication Technology in Science Teaching and Learning.
- Dimitracopoulou, A., Komis, V., Apostolopoulos & P., Politis P. (1999). Design principles of a new modelling environment for young students, supporting various types of reasoning and interdisciplinary approaches. in S. Lajoie & M. Vivet (Eds), *Artificial Intelligence In Education, Open Learning Environments: New Computational Technologies to Support Learning Exploration and Collaboration, Proceedings 9<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Le Mans, France, IOS Press, pp. 109-120.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.) (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Dumas Carré, A. & Weil-Barais, A. (Eds). (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*: Berne: Peter Lang.
- Fidas, C., Komis, V. & Avouris, N. (2001). Design of collaboration-support tools for group problem solving, *Proceedings PC HCI 2001*, December 2001, Patras, Greece.
- Franceschelli, S. & Weil-Barais, A. (1999). Interactions professeur - élèves dans la construction d'un modèle en mécanique. In M. Gilly, J.-P. Roux et A. Trognon: *Apprendre dans l'interaction*. Presses Universitaires de Nancy, pp. 241-257.
- Komis, V., Dimitracopoulou, A. & Politis, P. (1998). Contribution à la conception et au développement d'un environnement de modélisation. in J.-F. Rouet et D. De La Pasardière (Eds), *Quatrième colloque Hypermédias et Apprentissage*, Poitiers, 15-17 Octobre, Edition INRP, pp. 263-268.
- Komis, V., Dimitracopoulou, A., Politis, P. & Avouris, N. (2001). Expérimentations sur l'utilisation d'un logiciel de modélisation par petits groupes d'élèves. *Sciences et techniques éducatives*, Hermes, Avril, vol. 8, n° 1-2, pp. 75-86.
- Minstrel, J. (1982). Explaining the "at rest" condition of an object, *The Physics Teacher*, 20: 10-14.
- Orfanos S. & Dimitracopoulou A. (2003). Technology based modelling activities in learning concepts relations in kinematics. In A. M.Vilas, J.A. M. Gonzalez, J. M. Gonzalez (Eds) *Advances in Technology-Based Education: Toward a Knowledge-Based Society. II International conference on multimedia ICT's in Education.*, Badajoz, Spain, Dec 3-6 2003, Edition: Junta de Extremadura, Consejeria de Education, Volumes:I-III, Collection.
- Smyrniou, Z. & Weil-Barais, A. (2003). Cognitive evaluation of a technology based learning environment for scientific education In *6<sup>th</sup> international conference on computer based learning in science (CLBIS)*, Colloque, Nicosia, 5-10 July.
- Smyrniou, Z. (2003). *Modélisation: l'apport des logiciels éducatifs*. Thèse, Université Paris V, Paris, 17 Octobre (<http://www.tematice.fr>).
- Stead, K. & Osborne, R. (1980). *Gravity*, LISP Working paper 20, Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.