



Διάκριση των Λογισμικών Μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες με βάση το "Επίπεδο Μοντελοποίησης": Πρωτογενές, Δευτερογενές, Τριτογενές

Κρητικός Γ.

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Υπ. Διδάκτωρ Παν/μίου Αιγαίου,
gkritikos@rhodes.aegean.gr

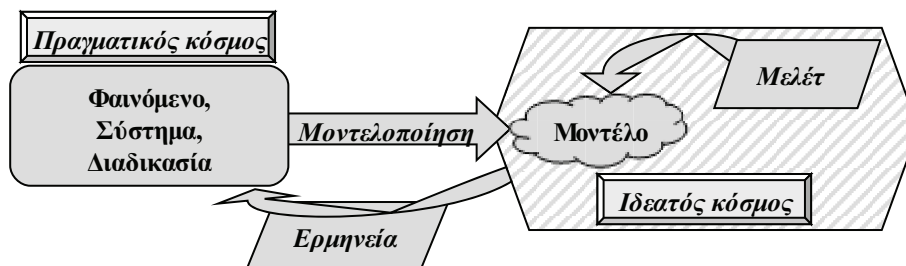
Η μοντελοποίηση στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών θεωρείται μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία μάθησης, ενώ παράλληλα αποτελεί αντικείμενο μελέτης στην εκπαιδευτική έρευνα. Στην παρούσα εργασία γίνεται αρχικά ταξινόμηση των μοντέλων που εμφανίζονται στη σχετική βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, τα μοντέλα έχουν ταξινομηθεί σε τέσσερις κατηγορίες που σχετίζονται με το οπτικό αποτέλεσμα του μοντέλου και σε άλλες τέσσερις που σχετίζονται με τη σύνταξη-δημιουργία του μοντέλου. Επιπλέον, έχει εισαχθεί και οριστεί η έννοια του "Επιπέδου Μοντελοποίησης" (Πρωτογενές, Δευτερογενές, Τριτογενές) ανάλογα με τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα κατά την έναρξη της δημιουργίας του μοντέλου. Στο Πρωτογενές Επίπεδο, το μόνο δεδομένο είναι το αντικείμενο μοντελοποίησης, δηλαδή το σύστημα (ή φαινόμενο ή διαδικασία) που μελετάται. Στο Δευτερογενές Επίπεδο, είναι δεδομένη επιπλέον η θεωρητική ανάλυση του μοντέλου, δηλαδή οι συσχετίσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων μεγεθών. Τέλος, στο Τριτογενές Επίπεδο, λαμβάνει χώρα η μελέτη του μοντέλου, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για το σύστημα που μελετάται.

Εισαγωγή

Τα μοντέλα στοιχειοθετούν ένα βασικό εργαλείο της επιστήμης και ειδικότερα των Φυσικών Επιστημών. Στη βιβλιογραφία εμφανίζεται πληθώρα παρεμφερών ορισμών, ο επικρατέστερος ορισμός εκ των οποίων χαρακτηρίζει το μοντέλο ως *μία απλοποιημένη αναπαράσταση της δομής ενός συστήματος ή μιας διαδικασίας*. Ο όρος "μοντέλο" συχνά συγγέεται με τον όρο "θεωρία" (π.χ. μοντέλο/θεωρία του Bohr). Ένα μοντέλο αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο σύστημα ή διαδικασία (Hestenes, 1996), ενώ η θεωρία προσπαθεί να καλύψει όσο το δυνατόν περισσότερα συστήματα και διαδικασίες. Το όραμα των επιστημόνων στις σύγχρονες Φυσικές Επιστήμες είναι να κατασκευάσουν μία ενοποιημένη ολιστική θεωρία που να περιγράφει όλα τα φαινόμενα.

Ως μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων σε περιβάλλον Η/Υ εννοούμε ένα σύνολο από διαδικασίες, μέσω των οποίων ο δημιουργός μοντέλων απεικονίζει γραφικά τις συνιστώσες του φαινομένου είτε με εικόνες είτε με αφηρημένα μπλοκ διαγράμματα (Ορφανός, 2005). Σύμφωνα με τον Schecker (1996), μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων (σε Η/Υ) σημαίνει εφαρμογή των θεμελιωδών νόμων από το μαθητή και λύση των ανιαρών μαθηματικών εξισώσεων από τον Η/Υ. Για τον Finkbeiner (1998) η μοντελοποίηση είναι μία ολοκληρωμένη και συστηματική μέθοδος αλληλεπιδραστικής μάθησης. Ο Schober (2002) υποστηρίζει ότι μέσω της μοντελοποίησης οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να συνδυάσουν όλα τα ερωτήματα ενός προβλήματος και να δώσουν μόνοι τους τη λύση, κάτι που τους οδηγεί στην πραγματική μάθηση, ενώ ο εκπαιδευτικός εποπτεύει καλύτερα τους μαθητές του και ανακαλύπτει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν.

Με τη μοντελοποίηση επιτυγχάνεται η διερεύνηση, η ερμηνεία, η περιγραφή και η πρόβλεψη ενός φαινομένου ή συστήματος ή διαδικασίας του πραγματικού κόσμου (Schecker, 1996). Κατά τη δημιουργία του μοντέλου γίνεται επιλεκτική μεταφορά των χαρακτηριστικών του πραγματικού κόσμου στον ιδεατό κόσμο του μοντέλου (Φεσάκης κ.ά., 2001). Η μελέτη του φαινομένου (ή συστήματος ή διαδικασίας) πραγματοποιείται ευκολότερα στον ιδεατό κόσμο απ' ό,τι στον πραγματικό κόσμο. Σε κάποιες περιπτώσεις, μάλιστα, ο πραγματικός κόσμος είναι αδύνατο να μελετηθεί άμεσα (π.χ. πυρήνας ατόμου). Αφού γίνει η μελέτη στον ιδεατό κόσμο, τα αποτελέσματα μετασχηματίζονται στον πραγματικό κόσμο.



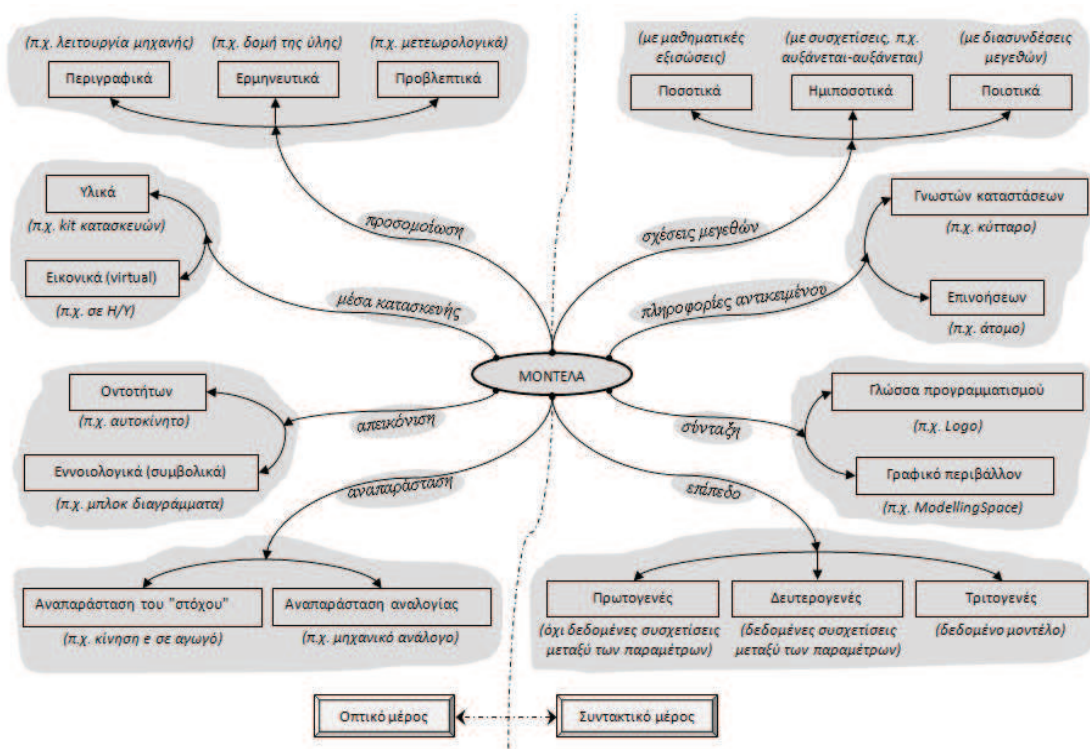
Σχήμα 1: Κύκλος ανατροφοδότησης: από τον πραγματικό στον ιδεατό κόσμο και αντίστροφα.

Μέσω της μοντελοποίησης, λοιπόν, πραγματοποιείται ένας επαναληπτικός κύκλος μετασχηματισμού (Σχήμα 1) που ξεκινά από τον πραγματικό κόσμο, οδηγείται στον ιδεατό κόσμο και καταλήγει πάλι στον πραγματικό κόσμο. Με τέτοιες ανατροφοδοτικές διαδικασίες μοντελοποίησης έχουν διατυπωθεί οι περισσότερες θεωρίες στις επιστήμες, ακόμα και η κοσμογονική θεωρία της μεγάλης έκρηξης.

Η προσομοίωση σε Η/Υ είναι ένα από τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης, χάρη στην οποία οπτικοποιείται το μοντέλο του φανταστικού κόσμου, χρησιμοποιώντας κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα (Δαπόντες κ.ά., 2003). Στην Επιστήμη, η προσομοίωση αποτελεί ισχυρό εργαλείο έρευνας πολύπλοκων συστημάτων, που χρησιμοποιείται συχνά για τον έλεγχο επιστημονικών υποθέσεων. Στην Εκπαίδευση, η προσομοίωση χρησιμοποιείται, κυρίως, για την επίδειξη φαινομένων ή διαδικασιών, για την επαλήθευση των φυσικών νόμων, αλλά και για την ανακάλυψή τους από τους ίδιους τους μαθητές (Δημητρακοπούλου, 1999). Με τις προσομοιώσεις επιδιώκεται η μίμηση και η αναπαραγωγή φαινομένων, τα οποία δύσκολα μπορεί να μελετήσει κανείς σε πραγματικές συνθήκες. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές μπορούν να παρατηρούν και να διερευνούν φαινόμενα, τα οποία είναι δύσκολο ή αδύνατο να διερευνηθούν πειραματικά (Orfanos & Dimitracopoulou, 2003).

Ταξινόμηση των Μοντέλων στις Φυσικές Επιστήμες

Προκειμένου να ταξινομηθούν τα μοντέλα που συναντά κανείς στη σχετική βιβλιογραφία, σχεδιάσαμε το ακτινωτό διάγραμμα που φαίνεται στο Σχήμα 2. Διακρίναμε 8 κατηγορίες από τις οποίες οι 4 (αναπαράσταση, απεικόνιση, μέσα κατασκευής, προσομοίωση) αντιστοιχούν στο οπτικό μέρος του μοντέλου, ενώ οι υπόλοιπες 4 (σχέσεις μεγεθών, πληροφορίες αντικειμένου, σύνταξη, Επίπεδο Μοντελοποίησης) αντιστοιχούν στο συντακτικό μέρος.



Σχήμα 2: Ταξινόμηση των μοντέλων στις Φυσικές Επιστήμες.

Οπτικό μέρος μοντέλου

Αναπαράσταση. Ένα μοντέλο μπορεί να αναπαριστά είτε το σύστημα που μελετάται, είτε ένα άλλο σύστημα με παρόμοια συμπεριφορά (ανάλογο) (Clement & Yanowitz, 2003; Else et al., 2002; Harrison, 2002). Η ταχύτητα διολίσθησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων σε ρευματοφόρο αγωγό μπορεί να αναπαρασταθεί με ένα μοντέλο ηλεκτρονίων που συγκρούονται με τα ακίνητα κατιόντα του αγωγού, ή με ένα μηχανικό ανάλογο μιας σφαίρας που κυλάει προς τη βάση κεκλιμένου επιπέδου συναντώντας εμπόδια.

Απεικόνιση. Στην απεικόνιση ενός μοντέλου μπορεί να διακρίνονται οι οντότητες που αποτελούν το σύστημα που μοντελοποιείται ή να εμφανίζονται μόνο οι εννοιολογικές διασυνδέσεις μεταξύ των οντοτήτων σε συμβολικό επίπεδο, όπως τα μπλοκ διαγράμματα (Harrison, 2001; Orfanos & Dimitracopoulou, 2003).

Μέσα κατασκευής. Τα μέσα κατασκευής ενός μοντέλου μπορεί να είναι υλικά, όπως τα kit Χημείας για τις χημικές ενώσεις, kit Βιολογίας για το DNA και αεροδιάδρομος Φυσικής για τις κινήσεις. Εκτός από τα υλικά μοντέλα υπάρχουν και τα εικονικά (virtual) τα οποία συνήθως κατασκευάζονται σε Η/Υ (Σταυρίδου, 1995; Harrison, 2001; Smyrναίου & Dimitracopoulou, 2005).

Προσομοίωση. Κάποια μοντέλα απλώς περιγράφουν μία κατάσταση ή λειτουργία (όπως η λειτουργία μιας ατμομηχανής), άλλα μοντέλα ερμηνεύουν φαινόμενα (όπως τα μοντέλα μαγνητισμένων υλικών) και κάποια άλλα δίνουν τη δυνατότητα πρόβλεψης φαινομένων (όπως τα μετεωρολογικά μοντέλα πρόγνωσης καιρού) (Δημητρακοπούλου, 1999; Σταυρίδου, 1999).

Συντακτικό μέρος μοντέλου

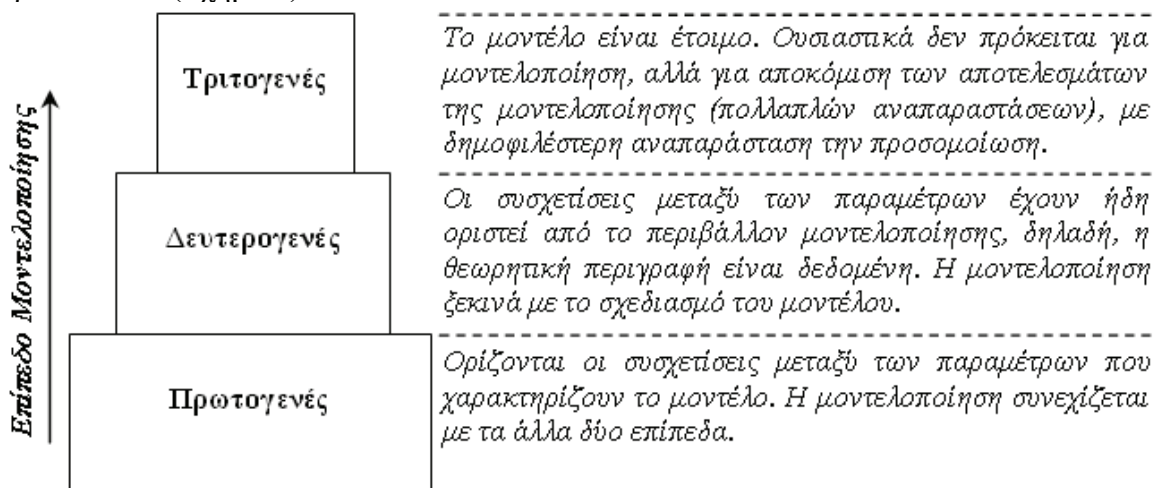
Σχέσεις μεγεθών. Συνήθως τα μοντέλα αντιστοιχούν σε συστήματα, τα οποία χαρακτηρίζονται από διάφορα μεγέθη. Οι σχέσεις μεταξύ των μεγεθών μπορεί να περιγράφονται είτε με μαθηματικές εξισώσεις, είτε με συσχετίσεις, όπως η αναλογία (όσο αυξάνεται το ένα

μέγεθος τόσο αυξάνεται και το άλλο), είτε με διασυνδέσεις που εκφράζουν τις αλληλεξαρτήσεις. Με βάση αυτή τη διάκριση, τα μοντέλα χαρακτηρίζονται "ποσοτικά" ή "ημιποσοτικά" ή "ποιοτικά", αντίστοιχα (Κρητικός & Δημητρακοπούλου, 2007).

Πληροφορίες αντικειμένου. Σε κάποιες περιπτώσεις, το αντικείμενο της μοντελοποίησης είναι πλήρως γνωστό, ενώ σε κάποιες άλλες έχουμε απλώς ενδείξεις (Σταυρίδου, 1995; Harrison, 2001). Για παράδειγμα, για το ευκαρυωτικό κύτταρο έχουμε πλήρη εικόνα (με μικροσκόπιο). Αντίθετα, για το άτομο υποθέτουμε διάφορα μοντέλα, δεδομένου ότι, ακόμα και με τα σημερινά τεχνολογικά μέσα (μικροσκόπια), οι επιστήμονες δεν έχουν καταφέρει να δουν το άτομο. Ωστόσο, το μοντέλο του ατόμου πρωτοειπώθηκε από τον Δημόκριτο (470-360 π.Χ.) και μέχρι σήμερα οι επιστήμονες έχουν αναθεωρήσει τουλάχιστον 8 φορές το ατομικό μοντέλο με βάση τα νέα πειραματικά και θεωρητικά δεδομένα.

Σύνταξη. Όσον αφορά στην κατασκευή των μοντέλων σε Η/Υ, κάποια μοντέλα δημιουργούνται με χρήση κώδικα γλώσσας προγραμματισμού (όπως Logo), ενώ κάποια άλλα σχεδιάζονται σε γραφικό περιβάλλον (Δαπόντες κ.ά., 2003).

Επίπεδο Μοντελοποίησης. Από τη μελέτη των λογισμικών μοντελοποίησης διακρίναμε διαφορές ως προς τη συνεισφορά του χρήστη στη δημιουργία, επεξεργασία και διαχείριση του μοντέλου. Με βάση αυτή τη διαφοροποίηση, εισάγουμε η έννοια του "Επίπεδου Μοντελοποίησης", θεωρώντας ότι η μοντελοποίηση διαβαθμίζεται σε τρία επίπεδα. Αντίστοιχα, διακρίνουμε τα λογισμικά μοντελοποίησης σε λογισμικά Πρωτογενούς Μοντελοποίησης (π.χ. ModellingSpace, www.ist-world.org; Modellus, modellus.fct.unl.pt; Microworlds Pro, www.microworlds.com; Stella, www.iseesystems.com), Δευτερογενούς Μοντελοποίησης (π.χ. Interactive Physics, www.design-simulation.com) και Τριτογενούς Μοντελοποίησης (π.χ. SimQuest, www.simquest.nl). Στο πρώτο επίπεδο (Πρωτογενές Επίπεδο) ορίζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν το μοντέλο. Το δεύτερο επίπεδο (Δευτερογενές Επίπεδο) περιλαμβάνει το σχεδιασμό του μοντέλου, κατά τον οποίο υπεισέρχονται οι οντότητες που το αποτελούν ή οι έννοιες που εμπλέκονται. Στο τρίτο επίπεδο (Τριτογενές Επίπεδο) έχει ολοκληρωθεί το μοντέλο και παρέχονται οι αναπαραστάσεις (όπως προσομοίωση και γραφικές παραστάσεις). Συνήθως, στο τρίτο επίπεδο γίνεται μελέτη των παραμέτρων, μεταβάλλοντας τις τιμές τους και παρατηρώντας τις επιδράσεις στο μοντέλο. Έτσι, η μοντελοποίηση διακρίνεται σε τρία επίπεδα (Σχήμα 3):



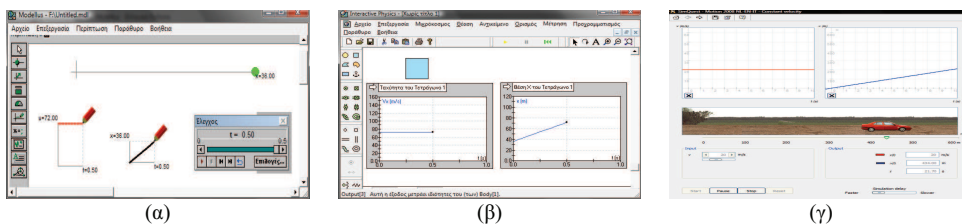
Σχήμα 3: Επίπεδα Μοντελοποίησης: Πρωτογενές – Δευτερογενές – Τριτογενές.



Παράδειγμα Διαφοροποίησης Επιπέδων Μοντελοποίησης

Μία από τις πλέον τετριμμένες διδακτικές ενότητες στη Φυσική είναι η "Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση" (ΕΟΚ). Πληθώρα από έρευνες έχουν μελετήσει τη συνεισφορά των λογισμικών μοντελοποίησης στην ΕΟΚ (Δαπόντες κ.ά, 2003; Orfanos & Dimitracoroulou, 2003; Ορφανός, 2005; Κρητικός & Δημητρακοπούλου, 2007). Η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού είναι κρίσιμη για την επίτευξη των εκάστοτε μαθησιακών στόχων. Αν το ζητούμενο είναι η διερεύνηση-ανακάλυψη φυσικών νόμων, τότε το λογισμικό θα πρέπει να υποστηρίζει την Πρωτογενή Μοντελοποίηση. Αν το ζητούμενο είναι η μελέτη των παραμέτρων της κίνησης, η οποία είναι δεδομένη από το λογισμικό, τότε ενδείκνυται η χρήση λογισμικού Δευτερογενούς Μοντελοποίησης (ή Πρωτογενούς, με το Πρωτογενές Επίπεδο να έχει δημιουργηθεί από τον εκπαιδευτικό). Τέλος, για την παρατήρηση ενός φαινομένου, προτείνονται λογισμικά Τριτογενούς Μοντελοποίησης (ή Πρωτογενούς, με το Πρωτογενές και το Δευτερογενές Επίπεδο να έχει δημιουργηθεί από τον εκπαιδευτικό, ή Δευτερογενές, με το Δευτερογενές Επίπεδο έχει δημιουργηθεί από τον εκπαιδευτικό).

Παρακάτω παραθέτουμε τμήματα από φύλλα εργασίας τριών δραστηριοτήτων μοντελοποίησης, μέσα από τα οποία διαφαίνεται η διαφοροποίηση των Επιπέδων Μοντελοποίησης, ως προς τις ενέργειες των μαθητών. Οι δραστηριότητες, που αφορούν στη μελέτη της ΕΟΚ για τη Β' Γυμνασίου με τη χρήση τριών λογισμικών διαφορετικών Επιπέδων Μοντελοποίησης, αποτελούν μέρος μιας έρευνας που βρίσκεται σε εξέλιξη. Τα λογισμικά αυτά (Σχήμα 4) είναι (α) το Modellus (Πρωτογενούς Επιπέδου), (β) το Interactive Physics (Δευτερογενούς Επιπέδου) και (γ) το SimQuest (Τριτογενούς Επιπέδου). Στο Modellus η σύνταξη των μοντέλων γίνεται με μαθηματική μοντελοποίηση σε ξεχωριστό παράθυρο εργασίας. Στο Interactive Physics επιλέγονται οι οντότητες που αποτελούν το μοντέλο, καθορίζονται οι φυσικές συνθήκες του φαινομένου και ρυθμίζονται οι τιμές των μεταβλητών, ενώ η μαθηματική ανάλυση-υποστήριξη του μοντέλου πραγματοποιείται από το λογισμικό. Τέλος, το SimQuest προσφέρει τη δυνατότητα προσομοίωσης έτοιμων μοντέλων. Ο χρήστης επιλέγει μέσα από μία δεδομένη λίστα το φαινόμενο που θα μελετήσει και αλλάζει κάποιες τιμές μεγεθών.



Σχήμα 4: Γραφικό Περιβάλλον: (α) Modellus, (β) Interactive Physics, (γ) SimQuest.

Προκειμένου να αναδείξουμε τη διαφοροποίηση των λογισμικών ως προς το Επίπεδο Μοντελοποίησης, θα χρησιμοποιήσουμε κοινό σενάριο και για τρεις δραστηριότητες:

Ο Γιάννης ξεκινάει από το σπίτι του για το σχολείο στις 7:55 το πρωί με το ποδήλατο. Το κουδούνι του σχολείου χτυπάει στις 8:00. Υποθέτουμε ότι ο δρόμος μεταξύ του σπιτιού του Γιάννη και του σχολείου είναι ευθεία γραμμή, ενώ το ποδήλατο κινείται με σταθερή ταχύτητα 2 m/s.

Πρωτογενής Μοντελοποίηση στο Modellus

Αρχικά ζητάμε από τους μαθητές να ασχοληθούν με στοιχειώδεις υπολογισμούς, ώστε να "φέρουν στο προσκήνιο" τη σχέση $x = vt$, με την οποία αμέσως μετά θα μοντελοποιήσουν την ΕΟΚ.

- α) Θεωρώντας ότι ο Γιάννης φτάνει στο σχολείο ακριβώς στις 8:00, να υπολογίσετε το μήκος της διαδρομής που διένυσε.
β) Να κατασκευάσετε στο Modellus το μοντέλο της κίνησης του ποδηλάτου και να "τρέξετε" το μοντέλο.

Οι μαθητές θα πρέπει διαδοχικά: 1) να συντάξουν τη μαθηματική συσχέτιση $x = vt$, 2) να εισαγάγουν στο χώρο εργασίας την οντότητα που αναπαριστά την κίνηση, 3) να ορίσουν την τιμή της ταχύτητας και 4) να τρέξουν το μοντέλο.

Δευτερογενής Μοντελοποίηση στο Interactive Physics

Στη Δευτερογενή Μοντελοποίηση με το Interactive Physics, η μαθηματική μοντελοποίηση υλοποιείται από το λογισμικό. Επομένως, δε χρειάζεται να εμπλέξουμε τους μαθητές με υπολογισμούς προκειμένου να αναδειχθεί η σχέση $x = vt$. Αντίθετα, αξίζει να ζητηθεί από τους μαθητές να καταλήξουν στη σχέση αυτή μέσα από την προσομοίωση της κίνησης.

- α) Δημιουργήστε στο Interactive Physics το μοντέλο της κίνησης του ποδηλάτου και "τρέξετε" το μοντέλο, θέτοντας ως διαδρομή 600 m.
β) Μέσα από την προσομοίωση, να εξετάσετε αν ο Γιάννης φτάνει στο σχολείο ακριβώς στις 8:00.

Οι μαθητές θα πρέπει διαδοχικά: 1) να εισαγάγουν στο χώρο εργασίας την οντότητα που αναπαριστά την κίνηση, 2) να ορίσουν την τιμή της ταχύτητας και της διαδρομής (με συνθήκη παύσης) και 3) να τρέξουν το μοντέλο.

Τριτογενής Μοντελοποίηση στο SimQuest

Η Τριτογενής Μοντελοποίηση (Προσομοίωση) είναι η καταλληλότερη για την πρώτη "επαφή" των μαθητών με την ΕΟΚ. Ο εκπαιδευτικός, επιδεικνύοντας την κίνηση και αξιοποιώντας τις πολλαπλές αναπαραστάσεις, αναδεικνύει τα χαρακτηριστικά της κίνησης. Στη συνέχεια, ζητάει από τους μαθητές να μεταβάλλουν τις τιμές των μεταβλητών (μέσω του δρομέα) και να καταλήξουν σε συμπεράσματα.

- Να "τρέξετε" το μοντέλο, θέτοντας ως ταχύτητα (α) 1 m/s, (β) 2 m/s, (γ) 3 m/s.
Τι διαφέρει, στις τρεις παραπάνω περιπτώσεις, ως προς το χρόνο που χρειάζεται ο Γιάννης για να φτάσει στο σχολείο του;

Το μοντέλο έχει ήδη δημιουργηθεί από το λογισμικό. Οι μαθητές απλώς αλλάζουν τις τιμές της ταχύτητας για να παρατηρήσουν τις μεταβολές στην κίνηση.

Σύνοψη

Τα μοντέλα κατέχουν εξέχουσα θέση τόσο στις Επιστήμες όσο και στη Διδακτική των Επιστημών. Οι αναπαραστάσεις των μοντέλων δημιουργούν έναν ιδεατό κόσμο, επεξεργάσιμο και προσβάσιμο από τους μαθητές. Η μελέτη και επεξεργασία του ιδεατού κόσμου οδηγεί τους μαθητές στην ανακάλυψη και κατανόηση των συνιστωσών του αντίστοιχου πραγματικού κόσμου.



Η πληθώρα των μοντέλων στις Φυσικές Επιστήμες επιβάλλει την κατηγοριοποίησή τους. Στην παρούσα εργασία ταξινομήσαμε τα μοντέλα σε οκτώ κατηγορίες, τέσσερις για το οπτικό μέρος του μοντέλου (αναπαράσταση, απεικόνιση, μέσα κατασκευής, προσομοίωση) και τέσσερις για το συντακτικό μέρος (σχέσεις μεγεθών, πληροφορίες αντικειμένου, σύνταξη, Επίπεδο Μοντελοποίησης).

Επιπλέον, ορίσαμε τρία διαφορετικά είδη μοντελοποίησης, που τα ονομάσαμε "Επίπεδα Μοντελοποίησης", ανάλογα με τα δεδομένα στοιχεία που προσφέρονται πριν την έναρξη της μοντελοποίησης. Στο Πρωτογενές Επίπεδο, οι μαθητές μοντελοποιούν από το μηδέν, χωρίς να είναι δεδομένες οι συσχετίσεις μεταξύ των μεγεθών που χαρακτηρίζουν το σύστημα. Στο Δευτερογενές Επίπεδο, ορίζονται οι οντότητες που απαρτίζουν το σύστημα, ενώ στο Τριτογενές Επίπεδο μελετάται ο ρόλος των μεγεθών που χαρακτηρίζουν το σύστημα.

Συζήτηση – Προεκτάσεις

Παρά το γεγονός ότι η σπουδαιότητα της μοντελοποίησης είναι κοινά αποδεκτή από τους εκπαιδευτικούς, ελάχιστοι την αξιοποιούν ως μαθησιακή δραστηριότητα (Harrison, 2001). Συνήθως, τα μοντέλα απλώς παρουσιάζονται στους μαθητές και ερμηνεύεται το αντίστοιχο φαινόμενο/κατάσταση. Από την άλλη, σχετικές έρευνες (Κρητικός & Δημητρακοπούλου, 2007; Ορφανός & Δημητρακοπούλου, 2003; Ορφανός, 2005; Φεσάκης κ.ά., 2001) δείχνουν ότι η μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες αναδεικνύει τις μαθησιακές δυσκολίες και ενισχύει τη μάθηση, ειδικά όταν οι μαθητές είναι δημιουργοί των μοντέλων και όχι απλώς διαχειριστές έτοιμων μοντέλων. Οι μαθητές, μέσω της άσκησης σε δραστηριότητες μοντελοποίησης, ανακαλύπτουν απλούς φυσικούς νόμους, ερμηνεύουν πολύπλοκα φαινόμενα, κατανοούν επιστημονικές έννοιες (Orfanos & Dimitracopoulou, 2003).

Στις έρευνες για τη μοντελοποίηση σε τεχνολογικό περιβάλλον, δε φαίνεται να τονίζεται η διαφοροποίηση ως προς το Επίπεδο Μοντελοποίησης. Αξίζει, λοιπόν, να διερευνηθεί η συνεισφορά και η καταλληλότητα του κάθε Επιπέδου Μοντελοποίησης στη βάση ορισμένων παραμέτρων, όπως: ηλικία μαθητών, μαθησιακές δυσκολίες γνωστικού αντικειμένου, μαθησιακές δυσκολίες χειρισμού του λογισμικού κ.ά. Για παράδειγμα, η μοντελοποίηση φαινομένων Κινηματικής σε Πρωτογενές Επίπεδο ίσως είναι κατάλληλη για όλους τους μαθητές της Β/θμιας Εκπαίδευσης. Ενδεχομένως, όμως, η μοντελοποίηση σε Πρωτογενές Επίπεδο για φαινόμενα Ηλεκτρομαγνητισμού να μην είναι αποδοτική για μαθητές Γυμνασίου, δεδομένης της δυσκολίας που αντιμετωπίζουν στο γνωστικό αντικείμενο. Τέλος, με βάση τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη για διερεύνηση του ερωτήματος: "Ποιο Επίπεδο Μοντελοποίησης και ποιο είδος μοντέλου είναι καταλληλότερο για συγκεκριμένη βαθμίδα (ή υποβαθμίδα) Εκπαίδευσης και για συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο;"

Βιβλιογραφία

Δαπόντες Ν., Τζιμόπουλος Ν., Τσοβόλας Σ., Μαστρογιάννης Ι., Ιωάννου Σ. (2003), "Παρουσίαση καινοτόμων λογισμικών και δραστηριοτήτων Microworlds Pro", *Πρακτικά 2^ο Πανελλήνιου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ "Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη"*, Σύρος, Μάιος 9-11, εκδ. Νέων Τεχνολογιών, Τόμος Β, σελ. 281-291.

Δημητρακοπούλου Α. (1999), "Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Τι προσφέρουν και πώς τις αξιοποιούμε;", *Επιθεώρηση Φυσικής*, Vol. Η', No 30, σελ.48-58.

- Κρητικός Γ. & Δημητρακοπούλου Α. (2007), "Συνεργατικές Διερευνητικές Δραστηριότητες Μοντελοποίησης με Χρήση του Λογισμικού MODELLINGSPACE: Δημιουργία Αφηρημένων-Γενικευμένων Μοντέλων Κινηματικής", *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ "Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη"*, Σύρος, Μάιος 4-6, εκδ. Νέων Τεχνολογιών, Τόμος Β, σσ. 306-316.
- Ορφανός Σ. & Δημητρακοπούλου Α. (2003), "Φύλλα δραστηριοτήτων μοντελοποίησης στην Κινηματική υποστηριζόμενα από το εκπαιδευτικό λογισμικό Δημιουργός Μοντέλων", *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ "Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη"*, Σύρος, Μάιος 9-11, εκδ. Νέων Τεχνολογιών, Τόμος Α, σσ. 555-567.
- Ορφανός Σ. (2005), *Δραστηριότητες μοντελοποίησης για τη διδασκαλία της Φυσικής, με αξιοποίηση τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου-ΤΕΠΑΕΣ.
- Σταυρίδου Ε. (1995). *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και Διαδικασίες Μάθησης*, Αθήνα: Σαβάλλας.
- Σταυρίδου Ε. (1999). "Φαινόμενα και Μοντέλα του Φυσικού Κόσμου: Ένα Λογισμικό για τη Διδασκαλία Μοντέλων της Δομής της Ύλης στο Δημοτικό Σχολείο και το Γυμνάσιο. Β' μέρος: Φαινόμενα Θερμικής Διαστολής", *1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΤΠΕ*, Ιωάννινα, Μάιος.
- Φεσάκης Γ., Δημητρακοπούλου Α. & Καλαβάσης Φ. (2001). "Δραστηριότητες Μοντελοποίησης με Χρήση Η/Υ στη Β'θμια Εκπαίδευση: Διερεύνηση και Πειραματική Εφαρμογή σε Μαθητές Γ' Λυκείου", *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή "Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση και Εξ' Αποστάσεως Εκπαίδευση"*, Μακράκης Β. (επιμ.), Ατραπός, σσ. 673-688.
- Clement C. & Yanowitz K. (2003). "Using an Analogy to Model Causal Mechanisms in a Complex Text", *Instructional Science*, Netherlands, Springer, Vol. 31, No 3, pp. 195-225.
- Else M. J., Ramirez M. A. & Clement J. (2002). "When are Analogies the Right Tool? A Look at the Strategic Use of Analogies in Teaching Cellular Respiration to Middle-School Students", *Proceedings of the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*, 10-13 January 2002.
- Finkbeiner W. (1998), "Modelling and Block Scheduling: a good match", retrieved from the URL <http://modeling.asu.edu/modeling/Block.pdf>
- Harrison A. (2001). "How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students?", *Research in Science Education*, Netherlands: Springer, Vol 31, No 3, pp. 401-435.
- Harrison A. (2002). "Analogical Transfer – Interest is Just as Important as Conceptual Potential", *Annual meeting of the Australian Association for Research in Education*, Brisbane, 1-5 December 2002.
- Hestenes D. (1996), "Modelling Methodology for Physics Teachers", *Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education*, College Park.



Orfanos S. & Dimitracopoulou A. (2003), "Technology based Modelling Activities and their Contribution to Learning Concepts and Concepts' Relation in Physics", *Proceedings of II International Conference on multimedia ICT' s in Education "Advances in Technology-based Education Toward a Knowledge-based Society"*, Mendez A., Vilas J. A. & Gonzalez J. M. (Eds), Badajoz, Spain, 5-10 July 2003, Vol 3, pp. 1353-1357.

Schecker H. (1996). "Modelling Physics: System Dynamics in Physics Education", *Creative Learning Exchange*, Newsletter, Vol 2, pp. 1-8.

Schober M. (2002), "Modelling Instruction in High School Physics", retrieved from the URL <http://www.jburroughs.org/science/mschober/com/modeling.html>

Smyrniou Z. & Dimitracopoulou A. (2005). "The Impact of Videos, Real Objects' Experiments and Technology-based Modelling Primitives on the Students' Reasoning during Modelling in Chemistry and Physics", *International Workshop for the Kaleidoscope Special Interest Group "Computer Supported Inquiry Learning"*, Genoa, Italy, 18-20 May 2005.