ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2009)

1ο Εκπαιδευτικό Συνέδριο «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία»

Η Έννοια του Επιπέδου Μοντελοποίησης με Χρήση ΤΠΕ στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Γιώργος Κρητικός

Βιβλιογραφική αναφορά:

Κρητικός Γ. (2024). Η Έννοια του Επιπέδου Μοντελοποίησης με Χρήση ΤΠΕ στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 291–296. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/6492

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 26/02/2026 12:37:05

Η Έννοια του Επιπέδου Μοντελοποίησης με Χρήση ΤΠΕ στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Γιώργος Κρητικός
Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Ν. Δωδεκανήσου
MSc, MEd Φυσικός Ρ/Η, Υπ. Διδάκτωρ Παν/μίου Αιγαίου
gkritikos@rhodes.aegean.gr

Περίληψη

Η έρευνα γύρω από τη μοντελοποίηση σε Η/Υ για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον, ειδικά τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη της τεχνολογίας υλικού και λογισμικού. Στην παρούσα εργασία εισάγουμε και ορίζουμε την έννοια του "Επιπέδου Μοντελοποίησης", ανάλογα με τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα κατά την έναρξη της δημιουργίας του μοντέλου. Προκειμένου να συγκρίνουμε τα Επίπεδα Μοντελοποίησης, παραθέτουμε τμήματα από φύλλα εργασίας τριών δραστηριοτήτων. Οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται σε τεχνολογικό περιβάλλον με χρήση τριών λογισμικών διαφορετικών Επιπέδων Μοντελοποίησης: Modellus (Πρωτογενές), Interactive Physics (Δευτερογενές), SimQuest (Τριτογενές).

Λέξεις κλειδιά: *μοντελοποίηση, επίπεδο μοντελοποίησης, εκπαιδευτικό λογισμικό, κινηματική.*

1. Εισαγωγή

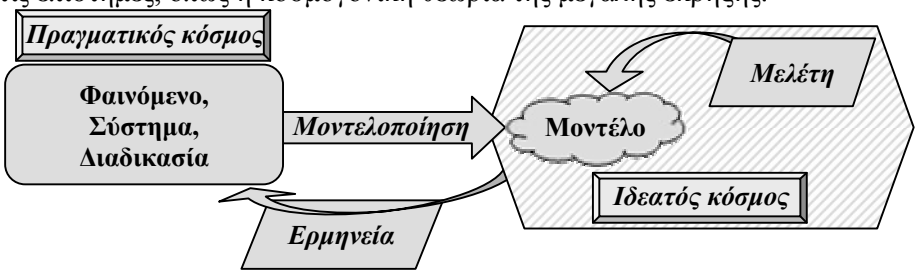
Ο όρος "μοντελοποίηση" χρησιμοποιείται ευρέως στις επιστήμες, είτε Θετικές είτε Ανθρωπιστικές. Για παράδειγμα, οι Μετεωρολόγοι μοντελοποιούν τις πορείες των ρευμάτων αέρα, οι Αστροφυσικοί τις κινήσεις των πλανητών, ενώ οι Φυσικοί στοιχειωδών σωματιδίων τις αλληλεπιδράσεις σε υποατομικό επίπεδο. Οι Γεωλόγοι μοντελοποιούν τη δομή της γης, οι Βιολόγοι τη δομή των κυττάρων, οι Πληροφορικοί τη δομή των πληροφοριακών και επικοινωνιακών συστημάτων. Οι Οικονομολόγοι μοντελοποιούν τις οικονομικές συσχετίσεις σε μακροσκοπικό ή μικροσκοπικό επίπεδο, ενώ οι ερευνητές Ανθρωπιστικών Επιστήμων τη συμπεριφορά ατόμων ή ομάδων σε μια κοινωνία.

Είναι, λοιπόν, σαφές ότι τα μοντέλα στοιχειοθετούν ένα βασικό επιστημονικό εργαλείο. Παράλληλα, τα μοντέλα χρησιμοποιούνται ευρέως και στη διδασκαλία των Επιστημών. Τα σχολικά εγχειρίδια περιλαμβάνουν πληθώρα αναπαραστάσεων, όπως εικόνες, γραφήματα, σκίτσα, μπλοκ διαγράμματα, νοητικούς χάρτες και συμβολικές εξισώσεις. Η χρήση του Η/Υ στη διδασκαλία δεν αναιρεί τη χρησιμότητα των εγχειριδίων, αλλά την ενισχύει αφού μπορεί να προσφέρει μία επιπλέον σημαντική αναπαράσταση, την προσομοίωση. Για παράδειγμα, σε ένα χώρο εργασίας, ο μαθητής μπορεί ταυτόχρονα να λαμβάνει πληροφορίες και δεδομένα από πολλές δυναμικές αναπαραστάσεις. Ο χαρακτηρισμός δυναμικές αναπαραστάσεις υποδηλώνει ότι αυτές δημιουργούνται και προβάλλονται παράλληλα με την εξέλιξη της προσομοίωσης.

Στην περίπτωση των Φυσικών Επιστημών, 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.

Σκοπός της μοντελοποίησης είναι 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 όπου μπορεί πλέον να ερμηνευτεί το φαινόμενο.

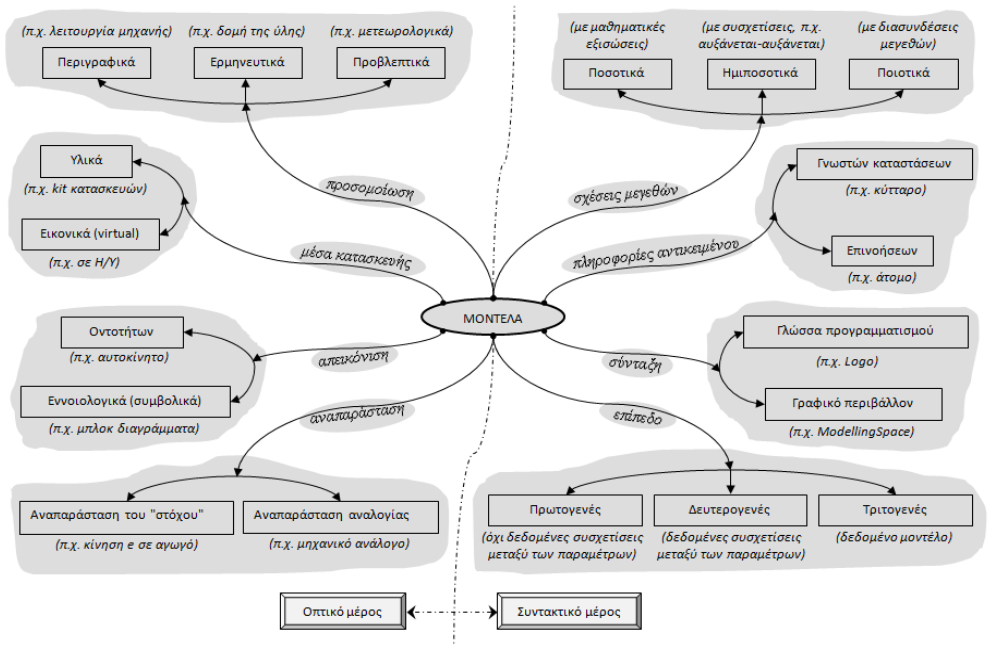
Μέσω της μοντελοποίησης, λοιπόν, πραγματοποιείται ένας επαναληπτικός κύκλος μετασχηματισμού (Σχήμα 1) που ξεκινά από τον πραγματικό κόσμο, οδηγείται στον ιδεατό κόσμο και καταλήγει πάλι στον πραγματικό κόσμο. Με τέτοιες ανατροφοδοτικές διαδικασίες μοντελοποίησης έχουν διατυπωθεί οι περισσότερες θεωρίες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



Σχήμα 1: *Κύκλος ανατροφοδότησης ανάμεσα στον πραγματικό και τον ιδεατό κόσμο.*

2. Ταξινόμηση των Μοντέλων στις Φυσικές Επιστήμες

Τα μοντέλα που συναντά κανείς στη σχετική βιβλιογραφία μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες. Στο Σχήμα 2 διακρίνουμε 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.*

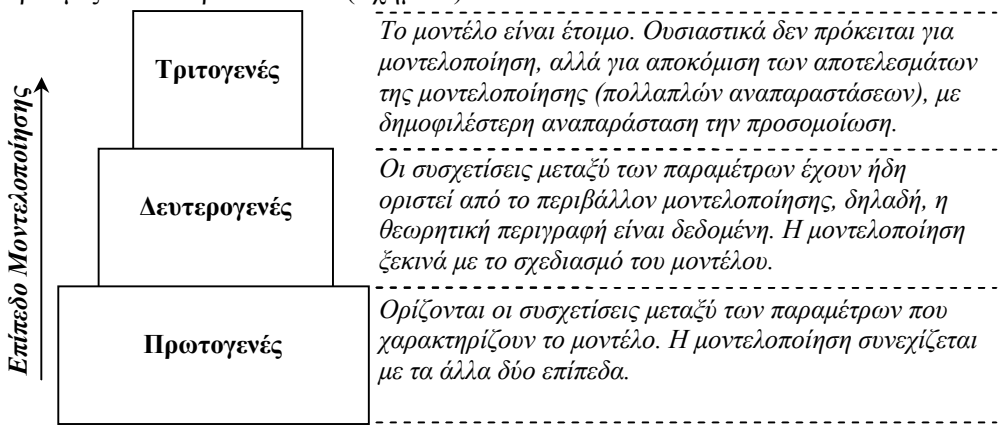
2.1 Οπτικό μέρος μοντέλου

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). 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). Τα μέσα *κατασκευής* ενός μοντέλου μπορεί να είναι είτε υλικά είτε εικονικά (virtual) (Σταυρίδου, 1995; Harrison, 2001; Smyrnaiou & Dimitracopoulou, 2005). Τέλος, όσον αφορά στην *προσομοίωση*, κάποια μοντέλα απλώς περιγράφουν μία κατάσταση ή λειτουργία, άλλα μοντέλα ερμηνεύουν φαινόμενα και κάποια άλλα δίνουν τη δυνατότητα πρόβλεψης φαινομένων (Δημητρακοπούλου, 1999; Σταυρίδου, 1999).

2.2 Συντακτικό μέρος μοντέλου

Οι *σχέσεις* μεταξύ των μεγεθών που παραμετροποιούν το μοντέλο μπορεί να περιγράφονται είτε με μαθηματικές εξισώσεις, είτε με συσχετίσεις, όπως η αναλογία, είτε με διασυνδέσεις που εκφράζουν τις αλληλεξαρτήσεις. Με βάση αυτή τη διάκριση τα μοντέλα χαρακτηρίζονται "ποσοτικά" ή "ημιποσοτικά" ή "ποιοτικά", αντίστοιχα (Κρητικός & Δημητρακοπούλου, 2007). Σε κάποιες περιπτώσεις, οι *πληροφορίες* για το αντικείμενο της μοντελοποίησης είναι σαφείς, ενώ σε κάποιες άλλες έχουμε απλώς ενδείξεις (Σταυρίδου, 1995; Harrison, 2001). Όσον αφορά στη *σύνταξη* των μοντέλων σε Η/Υ, κάποια μοντέλα δημιουργούνται με κώδικα γλώσσας προγραμματισμού, ενώ κάποια άλλα σχεδιάζονται σε γραφικό περιβάλλον (Δαπόντες κ.ά., 2003).

Από τη μελέτη των λογισμικών μοντελοποίησης, διακρίνονται διαφορές ως προς τη συνεισφορά του χρήστη στη δημιουργία, επεξεργασία και διαχείριση του μοντέλου. *Με βάση αυτή τη διαφοροποίηση, εισάγουμε την έννοια του **"Επιπέδου Μοντελοποίησης"**, θεωρώντας ότι η μοντελοποίηση διαβαθμίζεται σε τρία επίπεδα.* 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 διαβαθμίζεται σε τρία επίπεδα (Σχήμα 3):

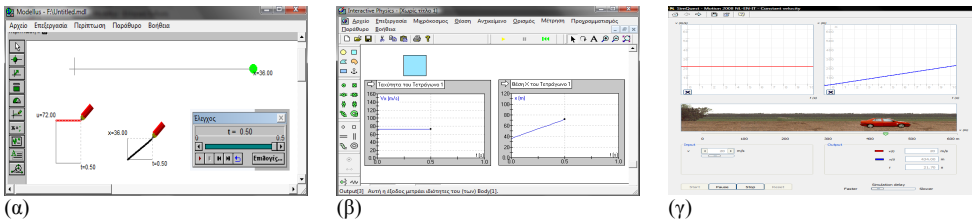


Σχήμα 3: *Επίπεδα Μοντελοποίησης: Πρωτογενές, Δευτερογενές, Τριτογενές.*

3. Σύγκριση των Επιπέδων Μοντελοποίησης

Μία από τις πλέον τετριμμένες διδακτικές ενότητες στη Φυσική είναι η "Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση" (ΕΟΚ). Πληθώρα από έρευνες έχουν μελετήσει τόσο τις παρανοήσεις των μαθητών όσο και τη συνεισφορά των λογισμικών μοντελοποίησης (Δαπόντες κ.ά, 2003; Orfanos & Dimitracopoulou, 2003; Ορφανός, 2005; Κρητικός & Δημητρακοπούλου, 2007). Παρ' ότι, όμως, οι παρανοήσεις διακρίνονται ανάλογα με την ηλικία των μαθητών, συνήθως τα λογισμικά μοντελοποίησης αναφέρονται σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου ταυτόχρονα. Συνεπώς, ο εκπαιδευτικός είναι αυτός που θα προσαρμόσει τις διδακτικές δραστηριότητες ανάλογα με τις παρανοήσεις των μαθητών. Για παράδειγμα, στην Κινηματική της Β΄ Γυμνασίου, όπου οι μαθητές για πρώτη φορά διδάσκονται επιστημονικές έννοιες Φυσικές, είναι ανούσιο να ζητήσει κανείς από τους μαθητές να μοντελοποιήσουν την ΕΟΚ σε Πρωτογενές Επίπεδο, χωρίς προηγουμένως να έχουν διδαχθεί τη σχετική θεωρία. Αντίθετα, στην Α΄ Λυκείου οι μαθητές είναι σε θέση να διερευνήσουν και να ανακαλύψουν την αναλογική σχέση ανάμεσα στη μετατόπιση και το χρόνο για την ΕΟΚ.

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 αφορούν στη μελέτη της ΕΟΚ για τη Β΄ Γυμνασίου με τη χρήση τριών λογισμικών διαφορετικών Επιπέδων Μοντελοποίησης. 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 (modellus.fct.unl.pt) η σύνταξη των μοντέλων γίνεται με μαθηματική μοντελοποίηση σε ξεχωριστό παράθυρο εργασίας.



(α) (β) (γ)

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

Στο Interactive Physics (www.design-simulation.com) επιλέγονται οι οντότητες που αποτελούν το μοντέλο, καθορίζονται οι φυσικές συνθήκες του φαινομένου και ρυθμίζονται οι τιμές των μεταβλητών. Η μαθηματική ανάλυση-υποστήριξη του μοντέλου πραγματοποιείται από το λογισμικό. Τέλος, το SimQuest (www.simquest.nl) προσφέρει τη δυνατότητα προσομοίωσης έτοιμων μοντέλων. Ο χρήστης επιλέγει, μέσα από μία δεδομένη λίστα, το φαινόμενο που θα μελετήσει και αλλάζει κάποιες τιμές μεγεθών (π.χ. ταχύτητα, επιτάχυνση).

Προκειμένου να αναδείξουμε τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων ως προς το Επίπεδο Μοντελοποίησης, θα χρησιμοποιήσουμε κοινό σενάριο:

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.

3.1 Πρωτογενής Μοντελοποίηση στο Modellus

Όπως αναφέραμε, η Πρωτογενής Μοντελοποίηση για τους μαθητές της Β΄ Γυμνασίου ενδείκνυται αφού πρώτα οι μαθητές έχουν διδαχθεί θεωρητικά την αντίστοιχη ενότητα. Αρχικά ζητάμε από τους μαθητές να ασχοληθούν με στοιχειώδεις υπολογισμούς, ώστε να "φέρουν στο προσκήνιο" τη σχέση $x = \upsilon t$, 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 να:

- συντάξουν τη μαθηματική συσχέτιση $x = \upsilon t$,
- εισαγάγουν στο χώρο εργασίας την οντότητα που αναπαριστά την κίνηση,
- ορίσουν την τιμή της ταχύτητας,
- τρέξουν το μοντέλο.

3.2 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 $x = \upsilon t$. 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 "τρέξτε" 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 να:

- εισαγάγουν στο χώρο εργασίας την οντότητα που αναπαριστά την κίνηση,
- ορίσουν την τιμή της ταχύτητας και της διαδρομής (με συνθήκη παύσης),
- τρέξουν το μοντέλο.

3.3 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 επιλέξετε και να "τρέξετε" το κατάλληλο μοντέλο, θέτοντας ως ταχύτητα: (α) 1 m/s, (β) 2 m/s, (γ) 3 m/s.
Ποια είναι η διαφορά, 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 επιλέγουν το κατάλληλο μοντέλο και αλλάζουν τις τιμές της ταχύτητας για να παρατηρήσουν τις μεταβολές στην κίνηση.

4. Συζήτηση

Η κατανόηση του φυσικού κόσμου γίνεται απλούστερη όταν τα φαινόμενα, τα συστήματα, ή οι διαδικασίες μοντελοποιούνται. 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 και ερμηνεύουν πολύπλοκα φαινόμενα (Orfanos & Dimitracopoulou, 2003).

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. Ως εκ τούτου, η μοντελοποίηση σε Πρωτογενές Επίπεδο σπανίζει. Υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα λογισμικά Πρωτογενούς Μοντελοποίησης, αλλά λίγα από αυτά είναι κατάλληλα για μοντελοποίηση από τους ίδιους τους μαθητές, εξαιτίας των απαιτήσεών των λογισμικών κατά τη σύνταξη των μοντέλων. Από την άλλη, λογισμικά Πρωτογενούς Μοντελοποίησης, όπως το MODELLINGSPACE (Κρητικός & Δημητρακοπούλου, 2007), δεν έχουν ιδιαίτερες προγραμματιστικές απαιτήσεις. Η σύνταξη των μοντέλων πραγματοποιείται είτε με συσχετίσεις του τύπου "αυξάνεται-αυξάνεται" για τις ημιποσοτικές σχέσεις, είτε με μαθηματική σύνταξη απλής άλγεβρας για τις ποσοτικές σχέσεις. Έτσι, το MODELLINGSPACE είναι κατάλληλο ακόμα και για μαθητές Δημοτικού.

5. Σύνοψη-Προεκτάσεις

Η μοντελοποίηση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αποτελεί μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία μάθησης, ενώ παράλληλα αποτελεί αντικείμενο μελέτης στην εκπαιδευτική έρευνα (Δαπόντες κ.ά, 2003; Orfanos & Dimitracopoulou, 2003; Ορφανός, 2005; Κρητικός & Δημητρακοπούλου, 2007). 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 (Δημητρακοπούλου, 1999). Ανάλογα με τα δεδομένα που προσφέρονται πριν την έναρξη των δραστηριοτήτων μοντελοποίησης, διακρίνουμε τρία "Επίπεδα Μοντελοποίησης". Οι ενέργειες του δημιουργού του μοντέλου σε κάθε Επίπεδο φαίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: *Ενέργειες μοντελοποίησης ανάλογα με το Επίπεδο Μοντελοποίησης.*

Πρωτογενής Μοντελοποίηση	Δευτερογενής Μοντελοποίηση	Τριτογενής Μοντελοποίηση
1. σύνταξη μαθηματικής μοντελοποίησης, 2. εισαγωγή των οντοτήτων, 3. ορισμός των τιμών των μεταβλητών.	1. εισαγωγή των οντοτήτων, 2. ορισμός των τιμών των μεταβλητών.	1. ορισμός των τιμών των μεταβλητών.

Στο Πρωτογενές Επίπεδο, ο δημιουργός μοντελοποιεί από το μηδέν, χωρίς να είναι δεδομένες οι συσχετίσεις μεταξύ των μεγεθών που χαρακτηρίζουν το σύστημα. Στο Δευτερογενές Επίπεδο, ορίζει τις οντότητες που απαρτίζουν το σύστημα, ενώ στο Τριτογενές Επίπεδο μελετάει το ρόλο των μεγεθών που χαρακτηρίζουν το σύστημα.

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 Δευτερογενούς, με το Δευτερογενές Επίπεδο έχει δημιουργηθεί από τον εκπαιδευτικό).
Στις σχετικές έρευνες για τη μοντελοποίηση σε τεχνολογικό περιβάλλον, δε φαίνεται να τονίζεται η διαφοροποίηση ως προς το "Επίπεδο Μοντελοποίησης". Στις περισσότερες έρευνες, ο δημιουργός του μοντέλου είναι είτε ο εκπαιδευτικός είτε το λογισμικό, ενώ οι μαθητές απλώς παρατηρούν ή επεμβαίνουν στο μοντέλο. Τίθενται, λοιπόν, ερωτήματα σχετικά με την καταλληλότητα του κάθε Επιπέδου Μοντελοποίησης στη βάση ορισμένων παραμέτρων, όπως: ηλικία μαθητών, μαθησιακές δυσκολίες γνωστικού πεδίου, δυσκολίες χειρισμού του λογισμικού κ.ά.
Τελειώνοντας, θέτουμε ως υπόθεση προς διερεύνηση την εξής: Η Πρωτογενής Μοντελοποίηση οδηγεί στη βέλτιστη κατανόηση των φυσικών φαινομένων. Για τους μαθητές Γυμνασίου, η Πρωτογενής Μοντελοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί, εφόσον έχουν διδαχθεί το αντίστοιχο γνωστικό πεδίο. Από την άλλη, για μαθητές Λυκείου, η Πρωτογενής Μοντελοποίηση μπορεί να οδηγήσει στην βαθύτερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων, ενώ η Δευτερογενής σε παροδική επιφανειακή μάθηση. Τέλος, η Τριτογενής Μοντελοποίηση είναι κατάλληλη για την πρώτη "επαφή" των μαθητών με ένα φαινόμενο, ειδικά όταν αυτό δε μπορεί να διερευνηθεί με ευκολία.

Βιβλιογραφία

Clement C. & Yanowitz K. (2003). "Using an Analogy to Modell 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", 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.

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", url: *http://www.jburroughs.org/science/mschober/com/modeling.html*

Smyrnaiou 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.

Δαπόντες Ν., Τζιμόπουλος Ν., Τσοβόλας Σ., Μαστρογιάννης Ι., Ιωάννου Σ. (2003), "Παρουσίαση καινοτόμων λογισμικών και δραστηριοτήτων Microworlds Pro", *Πρακτικά 2ου 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', Νο 30, σελ.48-58.

Κρητικός Γ. & Δημητρακοπούλου Α. (2007), "Συνεργατικές Διερευνητικές Δραστηριότητες Μοντελοποίησης με Χρήση του Λογισμικού MODELLINGSPACE: Δημιουργία Αφηρημένων-Γενικευμένων Μοντέλων Κινηματικής", *Πρακτικά 4ου 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 2ου 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 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", *1ο 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 Πανελλήνιου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή "Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση και Εξ' Αποστάσεως Εκπαίδευση",* Μακράκης Β. (επιμ.), Ατραπός, σσ. 673-688.