

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

Τόμ. 1 (2010)

7ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



Η επίδραση ενός μοντέλου στηριγμένου σε υπολογιστή στη διαμόρφωση των επιστημολογικών αντιλήψεων των μαθητών για μοντέλα στις φυσικές επιστήμες

Ιωάννης Σούλιος, Δημήτριος Ψύλλος

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Σούλιος Ι., & Ψύλλος Δ. (2023). Η επίδραση ενός μοντέλου στηριγμένου σε υπολογιστή στη διαμόρφωση των επιστημολογικών αντιλήψεων των μαθητών για μοντέλα στις φυσικές επιστήμες. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 365–372. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5020>

# Η επίδραση ενός μοντέλου στηριγμένου σε υπολογιστή στη διαμόρφωση των επιστημολογικών αντιλήψεων των μαθητών για μοντέλα στις φυσικές επιστήμες

Ιωάννης Σούλιος, Δημήτριος Ψύλλος  
[soulios@eled.auth.gr](mailto:soulios@eled.auth.gr), [psillos@eled.auth.gr](mailto:psillos@eled.auth.gr)  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

## Περίληψη

Η παρούσα έρευνα μελετά την επίδραση της χρήσης του λογισμικού Cabri Géomètre, ως εργαλείου μοντελοποίησης, κατά την εφαρμογή μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΣ), στη διαμόρφωση των επιστημολογικών αντιλήψεων των μαθητών για τη φύση, λειτουργία και αξιολόγηση των μοντέλων στις φυσικές επιστήμες. Η διαδικασία μοντελοποίησης περιλάμβανε την άρρητη προοδευτική εισαγωγή του μοντέλου της γεωμετρικής οπτικής με στόχο τη σύνδεση ανάμεσα στα πραγματικά φαινόμενα και το μοντέλο. Από ένα σύνολο 24 μαθητών γ' γυμνασίου, 9 μαθητές στα πλαίσια ατομικής συνέντευξης κλήθηκαν να εκφράσουν τις απόψεις τους σχετικά με τη φύση, τη λειτουργία και την αξιολόγηση των μοντέλων πριν και μετά την ΔΜΣ. Επίσης, ένα ερωτηματολόγιο διερεύνησης των κριτηρίων για τον ορισμό των επιστημονικών μοντέλων δόθηκε σ' το σύνολο των μαθητών αμέσως μετά την υλοποίηση της ΔΜΣ. Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν την θετική επίδραση της χρήσης του μοντέλου και της διαδικασίας μοντελοποίησης στη διαμόρφωση των επιστημολογικών πίστεων των μαθητών για τα μοντέλα.

**Λέξεις κλειδιά:** γεωμετρική οπτική, Cabri Géomètre, μοντέλα, επιστημολογικές αντιλήψεις

## Εισαγωγή

Έχει επισημανθεί από πολλούς ερευνητές ότι η χρήση μοντέλων και διαδικασιών μοντελοποίησης στηριζόμενων σε υπολογιστή μπορεί να οδηγήσει σε εννοιολογική αλλαγή, βοηθά στην επίλυση προβλημάτων και στη δημιουργία νοήματος για τους μαθητές (Beng et al., 2009; Jonassen & Strobel, 2006; Zhang et al., 2006). Η εμπλοκή των μαθητών σε πρακτικές μοντελοποίησης που αφορούν τη χρήση και τη κατασκευή μοντέλων κατά την διδασκαλία και μάθηση στις φυσικές επιστήμες, έχει δείχθει ότι οδηγεί σε καλύτερη εννοιολογική κατανόηση της επιστημονικής γνώσης, σε αύξηση της επιστημολογικής ενημερότητας σχετικά με τη φύση και το σκοπό των επιστημονικών μοντέλων και των πρακτικών οικοδόμησης και αξιολόγησης της επιστημονικής γνώσης γενικότερα (Petridou et al., 2009; Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008).

Η αύξηση της επιστημολογικής ενημερότητας των μαθητών σχετικά με τη φύση, τη λειτουργία και την αξιολόγηση των μοντέλων, η οποία αναφέρεται και ως μεταγνωστική ενημερότητα για τα μοντέλα (Schwarz & White, 2005), απαιτεί την ανάπτυξη δεξιοτήτων παρακολούθησης, και αξιολόγησης των πρακτικών που υιοθετούν κατά την διαδικασία της χρήσης των μοντέλων στη διδασκαλία. Η δημιουργία ενός πλαισίου υποστήριξης των δεξιοτήτων αυτών καθιστά τους μαθητές πιο ικανούς να αποκτήσουν δυνατότητα επιλογής και κάποιο βαθμό ελέγχου πάνω σε αυτό που κάνουν και πώς το κάνουν έτσι ώστε να είναι πιο πιθανό να κερδίσουν απ' αυτό (Quintana et al., 2005).

### Η διδακτική μαθησιακή σειρά

Η διδακτική μαθησιακή σειρά (ΔΜΣ), η οποία εφαρμόστηκε, ακολουθεί τη διερευνητική μέθοδο (Minstrel & vanZee, 2000) και αρχικά, είχε αναπτυχθεί στα πλαίσια ενός Ευρωπαϊκού προγράμματος σχετικά με την επιστήμη των υλικών (Lompari et al., 2009). Η παρούσα αναθεωρημένη έκδοση, η οποία αναπτύχθηκε σύμφωνα με μια σταδιακά αναπτυσσόμενη ερευνητική διαδικασία (Meheut & Psillos, 2004) εστιάζει, κατά παρόμοιο τρόπο με την αρχική, στις οπτικές ιδιότητες των οπτικών ινών, ωστόσο προσφέρει μια εναλλακτική ματιά στη μελέτη των φυσικών επιστημών μέσα από μια βελτιωμένη διερευνητική διαδικασία βασισμένη στα μοντέλα.

Μέσα από τη διαδικασία αυτή επιχειρείται ο συνδυασμός πραγματικών πειραμάτων και δραστηριοτήτων σε εργαστήριο υπολογιστών. Έχει υποστηριχθεί ότι η βελτιστοποίηση του μαθησιακού αποτελέσματος των πραγματικών πειραμάτων μέσω της χρήσης διαδικασιών μοντελοποίησης και προσομοίωσης, οδηγεί σε υψηλότερη και βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση των μαθητών για τα υπό εξέταση φαινόμενα (Liu, 2006; Zacharia et al., 2008; Windschitl, 2001). Για το λόγο αυτό, στη συγκεκριμένη ΔΜΣ ψηφιακές φωτογραφίες από τα πραγματικά πειράματα εισάγονται στο περιβάλλον του λογισμικού δυναμικής γεωμετρίας Cabri Géomètre, όπου με τη χρήση του μοντέλου της γεωμετρικής οπτικής (οπτική ακτίνα) επιχειρείται η περεταίρω ερμηνεία και μαθηματοποίηση των επιστημονικών εννοιών όπως η ολική εσωτερική ανάκλαση και η διάθλαση. Μέσα από αυτή διαδικασία επιχειρείται η σύζευξη επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές σχεδιάζουν ευθείες πάνω στις οπτικές δέσμες του λέιζερ, κάνουν μετρήσεις και υπολογίζουν το δείκτη διάθλασης και την κρίσιμη γωνία εσωτερικής ολικής ανάκλασης (Σχήμα 2), έτσι ώστε να αντιληφθούν το ρόλο της επιφάνειας διεπαφής στις οπτικές ίνες.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα μιας έρευνας (Buty, 2002), αν και κατέδειξαν την αποτελεσματικότητα της χρήσης του συγκεκριμένου λογισμικού στην εισαγωγή ενός υλικού μοντέλου (materialized model) με στόχο τη δημιουργία σύνδεσης ανάμεσα στον πραγματικό κόσμο, των αντικειμένων και γεγονότων και των κόσμο των μοντέλων, δηλαδή των ιδεών και θεωριών, επισήμαναν ότι αυτό απαιτεί περισσότερο ακριβείς και ρητές διαδικασίες από το δάσκαλο. Για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί αυτοί, στη συγκεκριμένη ΔΜΣ, επιχειρείται η γεφύρωση ανάμεσα στα πραγματικά φαινόμενα και το μοντέλο κατά τη διάρκεια τριών σταδίων τα οποία αντιστοιχούν σε τρία διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης. Κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου οι μαθητές μοντελοποιούν τη διαδικασία του πώς βλέπουμε χρησιμοποιώντας ένα flash applet (Σχήμα 1) και αντιλαμβάνονται ότι ενώ υπάρχουν πολλές δέσμες φωτός γύρω από μια πηγή εμείς επιλέγουμε μόνο μια για να ερμηνεύσουμε το φαινόμενο.

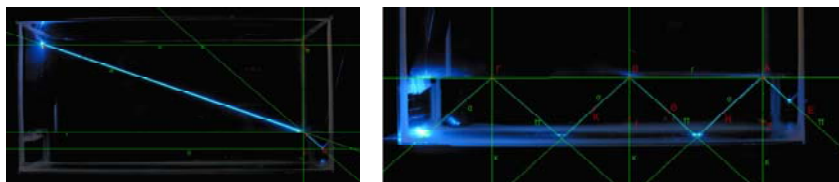


Σχήμα 1. Πώς βλέπουμε

Κατά το δεύτερο στάδιο, η ταύτιση της οπτικής δέσμης με την οπτική ακτίνα επιχειρείται μέσα από τις ζωγραφιές των παιδιών κατά τη διάρκεια της ερμηνείας και πρόβλεψης των φαινομένων κατά τη διαδικασία πειραματισμού. Τέλος, το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει τη χρήση του μοντέλου της οπτικής ακτίνας στο Cabri Géomètre για την περιγραφική μοντελοποίηση των φαινομένων της εσωτερικής ολικής ανάκλασης και διάθλασης του φωτός που σχετίζονται με τις ιδιότητες των οπτικών ινών (βλ. Σχήμα 2). Αυτή η σταδιακή γεφύρωση ανάμεσα στα πραγματικά φαινόμενα και το μοντέλο εκλαμβάνεται ως μια άρρητη μεταγνωστική διαδικασία, η οποία βοηθά το μαθητή να αυξήσει την κατανόησή του για τη φύση και το σκοπό των μοντέλων σε ένα περισσότερο αυθεντικό πλαίσιο όπως είναι αυτό της διερευνητικής διαδικασίας που προτείνεται.

### **Ερωτήματα της έρευνας**

Σκοπός της παρούσης έρευνας είναι η διερεύνηση του βαθμού επίδρασης ενός μοντέλου βασισμένου σε υπολογιστή κατά την εφαρμογή μιας στηριγμένης στα μοντέλα διερευνητικής Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) στην διαμόρφωση των επιστημολογικών αντιλήψεων των μαθητών για τα μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα, το ερευνητικό ερώτημα που τίθεται ως προς τρία διαφορετικά χαρακτηριστικά των επιστημολογικών μοντέλων είναι: α) Ποια είναι επίδραση της διαδικασίας μοντελοποίησης με τη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού ως προς τη διαμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών για τη φύση, β) τη λειτουργία και γ) την αξιολόγηση των μοντέλων;



Σχήμα 2. Η περιγραφική μοντελοποίηση στο Cabri

### **Μέθοδος**

#### **Συμμετέχοντες**

Τα δείγμα της έρευνας μας αποτέλεσε ένα σύνολο 24 μαθητών (11 αγόρια και 13 κορίτσια) τρίτης γυμνασίου ενός ιδιωτικού σχολείου, οι οποίοι δέχθηκαν να συμμετάσχουν στην έρευνα παρακολουθώντας αυτή τη καινοτόμα ΔΜΑ η οποία διάρκεσε 8 διδακτικές ώρες. Όλοι οι μαθητές ήταν ελληνικής καταγωγής, μέτριου και υψηλού κοινωνικοοικονομικού επιπέδου και δεν εντοπίστηκαν μαθητές που αντιμετώπιζαν ιδιαίτερες μαθησιακές δυσκολίες.

#### **Έργα - Συλλογή δεδομένων**

Ένα σύνολο 9 μαθητών επιλέχθηκαν με τυχαίο τρόπο από το σύνολο των μαθητών της τάξης. Οι μαθητές αυτοί στα πλαίσια ατομικής συνέντευξης κλήθηκαν μέσω κατάλληλων προτροπών να εκφράσουν τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη φύση, τη λειτουργία και την αλλαγή των μοντέλων τόσο πριν όσο και μετά την ΔΜΣ για τη:

- *Φύση του μοντέλου:* π.χ. Τι πιστεύεις ότι είναι ένα επιστημονικό μοντέλο; Τι αναπαριστά; Πρέπει ένα επιστημονικό μοντέλο να αναπαριστά την πραγματικότητα με όσο το δυνατό περισσότερη ακρίβεια; Γιατί;
- *Λειτουργία του μοντέλου:* π.χ. Ποιος είναι ο σκοπός ενός επιστημονικού μοντέλου; Σε τι μπορεί να χρησιμεύσει;
- *Αλλαγή του μοντέλου:* π.χ. Είναι δυνατόν ένα επιστημονικό μοντέλο να αλλάξει; Γιατί; Μπορεί να υπάρξουν δυο διαφορετικά επιστημονικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο; Γιατί;

Οι συνεντεύξεις μαγνητοφωνήθηκαν, καταγράφηκαν σε πρωτόκολλα και ακολούθησε ποιοτική ανάλυση των λεκτικών αναφορών. Για την ανάλυση των πρωτοκόλλων των συνεντεύξεων που αφορούν τις απόψεις των μαθητών για τη φύση, τη λειτουργία και την αλλαγή των μοντέλων χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα κωδικοποίησης το οποίο στηρίζεται σε προηγούμενη έρευνα (Πετρίδου & Ψύλλος, 2008, βλ. Πίνακα 1).

**Πίνακας 1. Ταξινόμηση των επιστημονικών μοντέλων**

Πηγή: Πετρίδου & Ψύλλος, 2008

	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
<b>Φύση Μοντέλου</b>	Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι πιστή αναπαράσταση αντικειμένων ή ότι είναι τα βήματα ενός ερευνητή ή μία μέθοδος διδασκαλίας ή ένα πρότυπο μιας διαδικασίας	Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι αναπαράσταση ενός φαινομένου, μιας διαδικασίας, ενός συστήματος ή ότι είναι ένα εργαλείο για την κατανόηση φαινομένων	Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι αναπαράσταση ενός αντικειμένου, ενός φαινομένου, μιας διαδικασίας, ενός συστήματος ή ιδεών και θεωριών. Αντιμετωπίζουν το μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο για τον έλεγχο υποθέσεων και ιδεών
<b>Λειτουργία Μοντέλου</b>	Θεωρούν ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται για να απλουστεύσει, να παρουσιάσει, να διευκρινίσει το θέμα που μελετάται ή χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν τα φαινόμενα ή χρησιμοποιείται ως πρότυπο ερευνητικό θέμα	Θεωρούν ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται για την εξήγηση ενός φαινομένου, για διδακτικούς λόγους προκειμένου ο δάσκαλος να εξηγήσει κάτι στους μαθητές του	Κατανοούν ότι το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για εξήγηση όσο και για πρόβλεψη, για την απόκτηση πληροφοριών που δεν είναι ορατά απευθείας σε ένα φαινόμενο. Αντιμετωπίζουν το μοντέλο ως κίνητρο σκέψης και διατύπωσης υποθέσεων και ως βοήθημα για την εποικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης.
<b>Αλλαγή Μοντέλου</b>	Θεωρούν ότι το μοντέλο δεν αλλάζει.	Θεωρούν ότι ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει όταν υπάρχουν νέα ερευνητικά δεδομένα ή όταν δεν συμπεριφέρεται σύμφωνα με τους σκοπούς του κατασκευαστή του.	Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι προσωρινό στη φύση και αλλάζει όταν η συμπεριφορά του δεν συμφωνεί με την παρατήρηση του φαινομένου ή του συστήματος του πραγματικού κόσμου. Θεωρούν ότι ένας επιστήμονας αλλάζει το μοντέλο προκειμένου να τον βοηθήσει να προχωρήσει την έρευνά του

Για τον περαιτέρω έλεγχο των αντιλήψεων των μαθητών για τη φύση των μοντέλων σε όλους τους μαθητές αμέσως με την υλοποίηση της ΔΜΣ δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο εξέταζε τα κριτήρια κάτω από τα οποία οι μαθητές εκτιμούν τότε κάποια συγκεκριμένα αντικείμενα είναι επιστημονικά μοντέλα ή όχι. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές μέσα από ένα σύνολο εικόνων καλούνται να επιλέξουν με ποιο συγκεκριμένο τρόπο σε ποιες περιπτώσεις αναπαριστάται ένα επιστημονικό μοντέλο ή όχι. Το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελεί προσαρμογή στα ελληνική πραγματικότητα ενός ερωτηματολογίου το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί ως ερευνητικό εργαλείο για τον ίδιο ακριβώς λόγο παλαιότερα (Schwartz & White, 1998).

## **Αποτελέσματα - Συζήτηση**

### **Οι απόψεις των μαθητών για τη φύση των μοντέλων**

Σχεδόν όλοι οι μαθητές (8 από τους 9) πριν τη εφαρμογή της ΔΜΣ δίνουν απαντήσεις σχετικά με τη φύση των μοντέλων που παραπέμπουν στο Επίπεδο 1, δηλαδή θεωρούν ότι ένα επιστημονικό μοντέλο αποτελεί ένα αντίγραφο ενός αντικείμενου: «κάτι που έχει σχέση με επιστημονικά θέματα», «κάτι ακριβές και κάτι με το οποίο μπορούμε να βγάλουμε ακριβή συμπεράσματα» ή μια πειραματική διαδικασία: «με την οποία μπορούμε να σχεδιάσουμε κάτι επιστημονικά», «κάτι το οποίο οι επιστήμονες αναπαράγουν στα εργαστήρια για να μπορούμε να το βλέπουμε». Μόνο μια μαθήτρια δίνει απαντήσεις σύμφωνα με το Επίπεδο 2: «είναι ένας κανόνας που τον χρησιμοποιούμε για να εξηγήσουμε διάφορα φαινόμενα».

Μετά τη εφαρμογή της ΔΜΣ οι αντιλήψεις των μαθητών ως προς τη φύση των επιστημονικών μοντέλων φαίνεται να βελτιώνονται αισθητά. Οι περισσότεροι μαθητές (6 από τους 9) δίνουν απαντήσεις που παραπέμπουν στο Επίπεδο 2 και 2 μαθητές αγγίζουν το Επίπεδο 3, ενώ μόνο μια μαθήτρια παραμένει στο Επίπεδο 1. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές που ανήκουν στο Επίπεδο 2 θεωρούν πλέον ότι ένα επιστημονικό μοντέλο είναι: «η αναπαράσταση κάποιων φαινομένων, αλλά δεν ανταποκρίνονται εντελώς στην πραγματικότητα», ή «κάποια σχέση ανάμεσα σε δυο αντικείμενα», ενώ αντίθετα οι 2 μαθητές που δίνουν απαντήσεις Επιπέδου 3 θεωρούν ότι ένα επιστημονικό μοντέλο: «είναι κάτι που πάνω σ' αυτό μπορούμε να κάνουμε κάποιες γενικεύσεις για ένα φαινόμενο και με τον τρόπο τον οποίο εμάς μας βολεύει γιατί δεν μπορούμε να μελετήσουμε το σύνολο του φαινομένου αλλά ένα μέρος που μας ενδιαφέρει», «είναι μια προσομοίωση ενός φαινομένου του εξωτερικού περιβάλλοντος με σκοπό να έχουμε μια περαιτέρω ανάλυση αυτού του φαινομένου».

### **Οι απόψεις των μαθητών για τη λειτουργία των μοντέλων**

Όσον αφορά τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων, πριν την εφαρμογή της ΔΜΣ, πάλι οι περισσότεροι μαθητές (7 από τους 9) εκφράζουν αντιλήψεις ταυτόσημες με το Επίπεδο 1, σύμφωνα με το οποίο ο σκοπός ενός επιστημονικού μοντέλου περιορίζεται στην αναπαράσταση ενός αντικειμένου ή φαινομένου: «να προσέξουμε καλύτερα κάτι», «να δούμε κάτι που στην πραγματικότητα δεν μπορούμε», «να μας δείχνει ακριβώς τι συμβαίνει. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή οι υπόλοιποι 2 από τους 9 μαθητές φαίνεται να πλησιάζουν το Επίπεδο 2 πιστεύοντας ότι ο σκοπός ενός επιστημονικού μοντέλου: «είναι για να εξηγήσουμε διάφορα φαινόμενα», ή «να δώσει μια ερμηνεία για το τι συμβαίνει πραγματικά».

Μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ και στην περίπτωση αυτή, αρκετοί μαθητές (6 από τους 9) δίνουν αρκετά βελτιωμένες αντιλήψεις, σύμφωνα με το Επίπεδο 2 και υποστηρίζουν ότι σκοπός των επιστημονικών μοντέλων είναι η καλύτερη ερμηνεία του φαινομένου: «να αναπαραστήσουμε κάτι, να το παρακολουθήσουμε, να εξηγήσουμε κάτι», «να ερμηνεύσουμε κάποια

*φαινόμενα στις φυσικές επιστήμες». Είναι αξιολογώτερο ωστόσο το γεγονός ότι, οι υπόλοιποι 3 μαθητές δίνουν ακόμη πιο υψηλότερου επιπέδου απαντήσεις πλησιάζοντας το Επίπεδο 3, το οποίο παραπέμπει στο επιστημονικό μοντέλο, θεωρώντας ότι σκοπός των επιστημονικών μοντέλων είναι ο έλεγχος των ιδεών ή θεωριών: «για να παρατηρήσουμε να βγάλουμε συμπεράσματα, να κατευθύνει τις ιδέες μας», «να μελετήσουμε πιο λεπτομερειακά κάποια φαινόμενα, για παράδειγμα όπως κάναμε στο πρόγραμμα στο εργαστήριο πληροφορικής, δεν θα ήμασταν σε θέση να κάνουμε πραγματικές μετρήσεις όταν κάναμε το πείραμα και να προβλέψουμε μέσω του μοντέλου κάποια πράγματα», «να κάνουμε κάποιες γενικεύσεις ή υποθέσεις για ένα φαινόμενο».*

### **Οι απόψεις των μαθητών για τη αξιολόγηση των μοντέλων**

Ο τρόπος με τον οποίο αξιολογούν οι μαθητές τα μοντέλα παρουσιάζεται μέσα από το αν πιστεύουν ότι αν και γιατί αυτά μπορούν να αλλάξουν. Πριν από την εφαρμογή της ΔΜΣ οι περισσότεροι μαθητές (8 από τους 9) δίνουν απαντήσεις σύμφωνες με το Επίπεδο 1 και θεωρούν ότι ένα επιστημονικό μοντέλο δεν αλλάζει: «γιατί είναι συγκεκριμένο», «όχι δεν μπορεί να αλλάξει», εκτός από μια μικρή αλλαγή που μπορεί να υπάρξει για να: «προσαρμόσουμε κάποια διαφορετικά δεδομένα» ή αν «δεν μπορεί να καλύψει κάποια κενά». Μόνο 1 μαθητής δίνει απαντήσεις που παραπέμπουν στο Επίπεδο 2 και θεωρεί ότι ένα επιστημονικό μοντέλο μπορεί να αναθεωρηθεί: «αν προχωρήσει η επιστήμη και βρουν κάτι καινούργιο με καινούργια μέσα, θα μπορούσαν να το εκλάβουν ως διαφορετικό».

Μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ αρκετοί μαθητές (5 από τους 9) διαφοροποιούν τις αρχικές τους αντιλήψεις μετακινούμενοι προς το Επίπεδο 2, θεωρώντας ότι ένας επιστήμονας θα άλλαζε ένα επιστημονικό μοντέλο όταν αυτό στην εφαρμογή του αποδεικνύεται ανεπαρκές για την ερμηνεία ενός φαινομένου: «αν δεν μπορεί υπό προϋπόθεση να κάνει τη δουλειά του, ναι θα μπορούσε να αλλάξει», «θα άλλαζε αν υπήρχε νέα ανακάλυψη ή αν έβρισκε ένα κάποιο στοιχείο ή εντόπιζε λάθος στο προηγούμενο μοντέλο». Επίσης, ένα σημαντικό αριθμός μαθητών (4 από τους 9) στην περίπτωση αυτή, πλησιάζει τις επιστημονικές απόψεις για τα μοντέλα ως προς την κατηγορία αυτή, θεωρώντας ότι ένα επιστημονικό μοντέλο θα άλλαζε: «γιατί όπως έχει αποδειχθεί και στο παρελθόν μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές θεωρίες για το ίδιο φαινόμενο», «μπορεί ένα μοντέλο να υποστηρίζεται από περισσότερους επιστήμονες γιατί υπάρχει μια απόδειξη, ενώ μια άλλη ομάδα μπορεί να μην δέχεται τα συμπεράσματα αυτού του μοντέλου και να το απορρίπτει», «αν αλλάζουν οι θεωρίες, ναι», «ναι, αν βρει νέα στοιχεία ή μια νέα θεωρία».

Τα παραπάνω αποτελέσματα βρίσκονται σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο για τα μοντέλα το οποίο δόθηκε σε όλους τους μαθητές μετά τη ΔΜΣ. Το ερωτηματολόγιο αυτό, όπως έχει ήδη αναφερθεί, εξετάζει τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία οι μαθητές εκτιμούν αν κάτι είναι επιστημονικό μοντέλο ή όχι. Οι περισσότεροι μαθητές εκτιμούν με μεγαλύτερη συχνότητα (18 από τους 24) ότι ένα επιστημονικό μοντέλο είναι πιο πιθανό να αποτελεί ένα σύνολο κανόνων ή σχέσεων που μας επιτρέπουν να εξηγήσουμε ένα φαινόμενο (Επίπεδο 2) και λιγότερο (5 από τους 25) μια απλοποιημένη ή εξιδανικευμένη εικόνα κάποιου πράγματος (Επίπεδο 1), ενώ ένα αξιοπρόσεκτο ποσοστό μαθητών (8 από τους 24) θεωρεί ότι ένα επιστημονικό μοντέλο είναι πιο πιθανό να είναι μια ιδέα ή θεωρία (Επίπεδο 3).

### **Συμπεράσματα - Προτάσεις**

Τα παραπάνω αποτελέσματα, αν και στηρίζονται σε ένα σχετικά μικρό δείγμα μαθητών, ενισχύουν την άποψη ότι η εισαγωγή του συγκεκριμένου μοντέλου στηριγμένου σε υπολογιστή κατά την εφαρμογή της ΔΜΣ συμβάλλει στην αύξηση του επιπέδου ενημερότητας των μαθητών για τα τη φύση, τη λειτουργία και την αξιολόγηση των

μοντέλων. Η γνώση των μαθητών για τα μοντέλα φαίνεται ότι αποτελεί επιστημολογική γνώση η οποία μπορεί να διευκολύνει την ανάπτυξη της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών για τις διαδικασίες διερεύνησης στις φυσικές επιστήμες και της φύσης της επιστήμης γενικότερα, αν και η διερευνητική μέθοδος από μόνη της δεν φαίνεται να είναι ικανή με συνέπεια να επιτύχει αυτούς τους στόχους (Bell, Blair, Crawford & Lederman, 2003). Για τον λόγο αυτό, η διαδικασία της βαθμιαίας γεφύρωσης ανάμεσα στα πραγματικά φαινόμενα και το μοντέλο, η οποία υιοθετήθηκε κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΣ, στοχεύει στην βελτίωση του βαθμού ενημερότητας των μαθητών κατά την διαδικασία διερεύνησης μέσα σε ένα επιστημονικό αυθεντικό πλαίσιο. Ωστόσο, για να αποκτήσουν οι μαθητές επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα που να ταυτίζονται ή να πλησιάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό με την επιστημονική θεώρηση κρίνεται αναγκαία μια περισσότερο ρητή διδασκαλία (Schwartz & White, 2005). Η διαδικασία της άρρητης προοδευτικής εισαγωγής του μοντέλου της γεωμετρικής οπτικής φαίνεται να αντισταθμίζει και να ξεπερνά τις παρανοήσεις των μαθητών που έχουν παρατηρηθεί κατά την απ' ευθείας χρήση του (Eylon, Ronen, & Ganiel, 1996). Μέσω της διαδικασίας αυτής οι μαθητές αντιλαμβάνονται τα δυνατά και αδύνατα σημεία του μοντέλου και διακρίνουν το μοντέλο από την πραγματικότητα.

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων των συνεντεύξεων προκύπτει ότι οι επιστημολογικές αντιλήψεις των μαθητών για τα μοντέλα βελτιώνονται και ως προς τα τρία χαρακτηριστικά τους που εξετάστηκαν. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι απόψεις αυτές, ιδιαίτερα μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ, είναι περισσότερο πιθανό να διαφοροποιούνται και να πλησιάζουν την επιστημονική θεώρηση σε μικρότερο ή υψηλότερο βαθμό. Οι μαθητές τείνουν να δίνουν περισσότερες υψηλότερου επιπέδου εκτιμήσεις που ταυτίζονται με τις επιστημονικές απόψεις ως προς την αξιολόγηση και αλλαγή των μοντέλων σε σχέση με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά, εύρημα που συμφωνεί με τους Treagust, Chittleborough, και Mamiala, (2002). Μια πιθανή ερμηνεία για το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να είναι, το ότι οι μαθητές μέσα από τις πρακτικές που υιοθετούν κατά τη διαδικασία της βασισμένης στο μοντέλο διερεύνησης αντιλαμβάνονται καλύτερα τα αδύνατα και δυνατά σημεία και τη χρησιμότητα του μοντέλου, ενώ δυσκολεύονται να διατυπώσουν απόψεις για τη φύση του μοντέλου που πιθανόν αποτελεί μια περισσότερο αφηρημένη έννοια. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι απόψεις των μαθητών που ταυτίζονται με την επιστημονική άποψη για τη φύση των μοντέλου παρουσιάζονται αρκετά βελτιωμένες στο ερωτηματολόγιο το οποίο είναι περισσότερο συγκεκριμένο, γεγονός που ενισχύει την παραπάνω υπόθεση.

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη κατάλληλων περιβαλλόντων μάθησης, που αξιοποιούν τις ΤΠΕ και στηρίζονται στη διερευνητική μέθοδο απαιτεί την ένταξη στη εκπαιδευτική διαδικασία δραστηριοτήτων που να αυξάνουν την ενημερότητα των μαθητών για τη φύση, τη λειτουργία και την αξιολόγηση των μοντέλων. Κατ' αυτό τον τρόπο η γνώση σχετικά με τα μοντέλα μπορεί να αποτελέσει ένα τύπο κατανόησης για τη φύση της επιστήμης (Lederman, 2007) και να οδηγήσει σε καλύτερη εννοιολογική κατανόηση για τις διαδικασίες έρευνας και τη φύση της επιστήμης (Add-El-Khalick et al., 2004).

## Αναφορές

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Bell, R., Blair, L., Crawford, B., & Lederman, D. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.



- Beng Lee, C., Jonassen, D., & Teo, T. (2009). The role of model building in problem solving and conceptual learning. *Interactive Learning Environments*, 1(1), 1-19.
- Buty, C. (2002). Modelling in geometrical optics using a microcomputer. In D. Psillos & H. Niedderer (eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 231-242), The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Eylon, B., Ronen, M., & Ganiel, U. (1996). Computer simulations as tools for teaching and learning: using a simulation environment in optics. *Journal of Science Education and Technology*, 5(2), 93-110.
- Jonassen, D., & Strobel, J. (2006). Modeling for meaningful learning. In D. Hung & M.S. Khine (eds.), *Engaged Learning with Emerging Technologies* (pp. 1-27). The Netherlands: Springer.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N.G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Liu, X. (2006). Effects of combined hands-on laboratory and computer modeling on students learning of gas laws: A quasi-experimental study. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 89-100.
- Lombardi, S., Monroy, G., Sassi, E., & Testa, I. (2009). Design and development of a module about optical properties of materials. *Proceedings of ESERA Conference*. Instabul.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Minstrell, J., & van Zee, E. (2000). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington DC: Association for the Advancement of Science.
- Petridou, E., Psillos, D., Hatzikraniotis, E., & Viiri, J. (2009). Design and development of a microscopic model for polarization. *Physics Education*, 44(6), 589-598.
- Quintana, C., Zhang, M., & Krajcik, J. (2005). A framework for supporting metacognitive aspects of online inquiry through software-based scaffolding. *Educational Psychologist*, 40(4), 235-244.
- Schwarz, C., & White, B. (1998). Fostering middle school students' understanding of science modeling. *Proc. Annual Meeting of American Research Association* (pp. 13-17). San Diego, CA.
- Schwarz, C., & White, B. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Elizabeth A. D., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug B., & Krajcik J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, L. T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357 - 368.
- Windschitl, M. (2000). Supporting the development of science inquiry skills with special classes of software. *Educational Technology Research and Development*, 48(2), 81-95.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference. *Science Education*, 92, 941-967.
- Zacharias, Z., Olympiou, G., & Papaevripidou, M. (2008). Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 1021-1035.
- Zhang, B., Liu, X., & Krajcik, J. (2006). Expert models and modeling processes associated with a computer-modeling tool. *Science Education*, 90, 579-604.
- Πετρίδου, Ε., & Ψύλλος, Δ. (2008). Οι αντιλήψεις των υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 1(3), 255-268.