



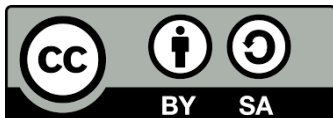
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΑΝΟΙΚΤΑ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ**



**Προσομιώσεις και  
οπτικοποιήσεις στη  
μαθησιακή διαδικασία**

**Μαθησιακές δραστηριότητες με  
προσομιώσεις**

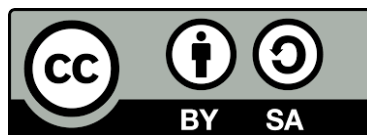
**Διδάσκων: Καθηγητής Αναστάσιος Α.  
Μικρόπουλος**



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



## Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση της Γνώσης στις Φυσικές Επιστήμες

**T. A. Μικρόπουλος**

Παιδαγωγικό Τμήμα Δ. Ε., Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, amikrop@cc.uoi.gr

Θεματική Ενότητα: Προσομοιώσεις και Ειδικά περιβάλλοντα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών  
Κατηγορία Εργασίας: Θεωρητική - Φιλοσοφική

**Περίληψη:** Η παρούσα εργασία προτείνει μοντέλα, προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις ως βάση για τη σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικών πληροφορικών περιβαλλόντων για την οικοδόμηση της γνώσης στις φυσικές επιστήμες. Συγκεκριμένα προτείνεται η αξιοποίηση των τεχνολογιών της εικονικής πραγματικότητας για την υλοποίηση προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων λόγω των βασικών χαρακτηριστικών της όπως το μέγεθος, η μεταγωγή, η αυτονομία, η πραγμάτωση, η παρουσία και η αλληλεπίδραση. Εμπειρικές μελέτες σε ελληνικό και διεθνές επίπεδο δείχνουν ότι αυτή η προσέγγιση φέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Λέξεις Κλειδιά: Μοντελοποίηση, προσομοίωση, οπτικοποίηση, εικονική πραγματικότητα, οικοδόμηση γνώσης

### Simulations and Visualizations for Knowledge Construction in Sciences

**T. A. Mikropoulos**

Department of Primary Education, University of Ioannina, amikrop@cc.uoi.gr

Conference Theme: Simulations on Science Teaching  
Paper Classification: Philosophical

**Abstract:** This article proposes models, simulations and visualizations as a basis for the design of educational computer-based environments for the construction of knowledge in sciences. Virtual reality technologies are proposed for the development of simulations and visualizations because of their characteristics such as size, transduction, autonomy, reification, presence and interaction. Empirical studies on Hellenic and international level show that this approach redounds positive learning outcomes.

Keywords: Modeling, simulation, visualization, virtual realities, knowledge construction

### Εισαγωγή

Η εποικοδομητική προσέγγιση στη μάθηση (constructivism) με όλες τις εκφάνσεις της φαίνεται να υπερισχύει και να εφαρμόζεται τις τελευταίες δεκαετίες. Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα βασισμένα στις αρχές της οικοδόμησης της γνώσης ιδιαίτερα στο χώρο των φυσικών επιστημών αναπτύσσονται και αξιολογούνται διεθνώς με θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Lemaignan & Weil-Barais 1997). Τα κύρια ζητούμενα για τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για την οικοδόμηση της γνώσης είναι η δημιουργία ενός πλαισίου, η κατάλληλη παρουσίαση του περιεχομένου, και οι δραστηριότητες για τους μαθητές. Το θέμα λαμβάνει σημαντικές διαστάσεις στα πληροφορικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που σχεδιάζονται τις τελευταίες δεκαετίες για την υποστήριξη της διδασκαλίας και μάθησης. Σ' αυτά, εκτός από τα παραπάνω, εμπλέκονται και θέματα όπως οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας, η εξοικείωση και στάση μαθητών και εκπαιδευτικών. Κλασικό παράδειγμα τέτοιου πληροφορικού περιβάλλοντος αποτελεί το ανοικτό περιβάλλον της γλώσσας logo που προτάθηκε από τον Papert (1991) και παρέχει 'ευκαιρίες στο μαθητή να δράσει σε μια πραγματικότητα, έστω και εικονική' (Ράπτης & Ράπη 2001). Η δυσκολία στην ανάπτυξη αυτού του είδους των πληροφορικών περιβαλλόντων και όχι μόνο, βρίσκεται στην επινόηση και επιλογή των κατάλληλων ειδών αντικειμένων με τα οποία ο μαθητής θα μπορεί να σκεφτεί ή να χρησιμοποιήσει για την οικοδόμηση της γνώσης σε συγκεκριμένα επιστημονικά πεδία και θέματα.

Το 1997 ο Boyle πρότεινε επτά βασικές αρχές σχεδίασης εκπαιδευτικού λογισμικού που βασίζονται στον οικοδομισμό (Boyle 1997) και συνοψίζονται στα εξής, που οφείλουν να υποστηρίζουν τα εκπαιδευτικά λογισμικά εποικοδομητικού τύπου:

1. Παροχή εμπειριών σχετικά με τη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης
2. Εκτίμηση πολλαπλών προοπτικών
3. Ενσωμάτωση της μάθησης σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα τα οποία σχετίζονται άμεσα με τον πραγματικό κόσμο
4. Ενθάρρυνση της κυριότητας των απόψεων και της έκφρασής τους στη μαθησιακή διαδικασία
5. Εμπέδωση της μάθησης μέσω κοινωνικής εμπειρίας
6. Ενθάρρυνση της χρήσης πολλαπλών μορφών αναπαράστασης
7. Ενθάρρυνση της αυτοσυναίσθησης στη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης.

Οι επτά παραπάνω αρχές προδιαγράφουν το πλαίσιο για την ανάπτυξη εποικοδομητικών μαθησιακών περιβαλλόντων και τη σχεδίαση του αντίστοιχου εκπαιδευτικού λογισμικού. Παραμένουν όμως γενικές και αφηρημένες ως προς το διδακτικό σχεδιασμό, τις διδακτικές στρατηγικές, τα χαρακτηριστικά και τη μορφή παρουσίασης του περιεχομένου, το είδος των αναπαραστάσεων, τα είδη της αλληλεπίδρασης μαθητή – εκπαιδευτικού – λογισμικού, των δραστηριοτήτων για τους μαθητές με έμφαση στην επίλυση προβλημάτων και στην αξιολόγηση.

Η κατά κόρον ανάπτυξη υπερμεσικών εκπαιδευτικών εφαρμογών για την υποστήριξη της διδασκαλίας και μάθησης κυρίως στις φυσικές επιστήμες, αν και πρόσφατα βασίζεται στην οικοδομιστική προσέγγιση, δεν έχει φέρει θετικά, γενικεύσιμα και ερμηνεύσιμα μαθησιακά αποτελέσματα (Gerlic & Jausovec 2001). Το ίδιο ισχύει και για περιβάλλοντα ανοικτής και εξ αποστάσεως εκπαίδευσης (Tenenbaum et al. 2001).

Αντίθετα, αποτελέσματα που προέρχονται από περιβάλλοντα όπως οι γλώσσες προγραμματισμού και εικονικά εργαστήρια – προσομοιώσεις δίδουν ενδείξεις για θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Jimoyiannis et al. 2000). Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται και κατά τη αξιοποίηση εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων (Μικρόπουλος και Στρουμπούλης 2000). Γενικά, τα θετικά αποτελέσματα τόσο αυτά που προέρχονται, όσα προέρχονται, από υπερμεσικές εφαρμογές, όσο και αυτά των υπόλοιπων κατηγοριών, βασίζονται σε μελέτες περίπτωσης, στοιχείο όχι αναγκαστικά αρνητικό, αλλά ενδεικτικό όσον αφορά στις κατευθύνσεις σχεδίασης εκπαιδευτικού λογισμικού που δεν αποτελούν και δεν μπορούν να αποτελούν γενικά πακέτα εφαρμόσιμα σε κάθε μαθησιακή κατάσταση. Αυτό ισχύει μόνο για τα ανοικτά μαθησιακά περιβάλλοντα, τα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα των οποίων προέρχονται κυρίως από τους συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους που ενσωματώνει και υλοποιεί ο εκπαιδευτικός σε συνεργασία με το μαθητή, που σημαίνει μάλλον την απομάκρυνση από τον ριζοσπαστικό οικοδομισμό και τη μετατόπιση προς τον κοινωνικό χωρίς υποχρεωτικά υπερβολική έμφαση ως προς τα πολιτισμικά θέματα που πιθανώς να τον διακρίνουν.

Η παρούσα εργασία προτείνει την ενσωμάτωση δυναμικών μοντέλων, προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων σε εκπαιδευτικά λογισμικά για την οικοδόμηση της γνώσης, ιδίως στον τομέα των φυσικών επιστημών. Προτείνει ανοικτά ή σχεδόν ανοικτά περιβάλλοντα που υποστηρίζονται από τεχνολογίες όπως τα πολυμέσα και τα υπερμέσα, σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία. Τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα προτείνεται να περιλαμβάνουν αντικείμενα και δράσεις εμφανείς, σταδιακές και αναστρέψιμες από το μαθητή, απευθείας χειρισμό αντικειμένων, με έμφαση στην κατ' ελάχιστο ή μέγιστο αξιοποίηση της τεχνολογίας ανάλογα με το υπό μελέτη θέμα και σε περιπτώσεις όπου η διδασκαλία και η μάθηση είναι διαφορετικά αδύνατη ή δύσκολη.

### **Μοντέλα, προσομοιώσεις, οπτικοποιήσεις**

Μοντέλο είναι ένα φυσικό ή ιδεατό σύστημα που αναπαριστά και αντικαθιστά ένα φυσικό ή ιδεατό σύστημα σε συγκεκριμένο επίπεδο θεώρησης και αφαίρεσης, που καθορίζονται από τους στόχους των επιθυμητών γνωστικών και σχεδιαστικών δραστηριοτήτων. Τα μοντέλα έχουν αποφασιστικό ρόλο στην αναπαράσταση της γνώσης, τόσο στην επιστημονική έρευνα (Futo & Gergely 1990), όσο και στην εκπαιδευτική διαδικασία (Σταυρίδου 1995). Όταν τα μοντέλα περιγράφονται από αλγοριθμικές γλώσσες ή γενικότερα από λογισμικό, η μελέτη υλοποιείται σε υπολογιστή και αναφέρονται ως προσομοιώσεις. Ο σύγχρονος υπολογιστής μιμείται τα χαρακτηριστικά και των 3 ειδών μοντέλων, φυσικών, εικονικών και συμβολικών, παρέχοντας ουσιαστικά τη δυνατότητα για μεταφορά οποιουδήποτε μοντέλου σε υπολογιστικό σύστημα. Έτσι ως προσομοίωση ορίζεται η αναπαράσταση κατάστασης ή αντικειμένου από λογισμικό, με δυνατότητες χειρισμού συνθηκών και παραμέτρων για μελέτη. Στη μαθησιακή διαδικασία, η προσομοίωση θέτει το μαθητή σε καταστάσεις παρόμοιες με την πραγματικότητα που του παρέχουν ανάδραση σε πραγματικό χρόνο για αποφάσεις, δράσεις και ερωτήματα. Πρέπει να είναι δυναμική, παρέχοντας επιλογή των μεταβλητών εκείνων που θεωρούνται σημαντικές σύμφωνα με το διδακτικό μετασχηματισμό, παροχή κινήτρων στο μαθητή και φανερό γι' αυτόν σχέση των επιδράσεών τους με την εξέλιξη του φαινομένου που προσομοιώνεται.

Η διαδικασία και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αναπαρίστανται με διάφορους τρόπους, κυρίως ως αριθμητικά δεδομένα και γραφικά. Ως εργαλείο για τη μαθησιακή διαδικασία, η προσομοίωση δείχνει την ισχύ της ιδιαίτερα με τη μορφή της οπτικοποίησης που ορίζεται ως η οπτική αναπαράσταση πληροφοριών ή νοητικών εικόνων. Οι τεχνολογίες της πληροφορίας οδήγησαν στη χρήση υπολογιστικών γραφικών για την επεξεργασία αριθμητικών δεδομένων και την μετατροπή τους σε εικόνες 2 και 3 διαστάσεων, μια μορφή επικοινωνίας που υπερβαίνει τα όρια της εφαρμογής και της τεχνολογίας. Με την οπτικοποίηση (visualization), νέα δεδομένα, πληροφορίες και ερωτήματα προκύπτουν και εμφανίζονται από τις δημιουργούμενες εικόνες. Η οπτικοποίηση αποτελεί ένα εργαλείο για ανακάλυψη, κατανόηση, επικοινωνία και διδασκαλία. Είναι γνωστό ότι το 50% των νευρώνων σχετίζονται με την όραση και η οπτικοποίηση στοχεύει στο να τους βάλει να δουλέψουν (Pang 1995). Η οπτικοποίηση είτε αναφέρεται στην παρουσίαση δεδομένων είτε σε διεργασίες, υλοποιείται ως εξήγηση με αυθαίρετη αναπαράσταση (animation) ή εξήγηση οδηγούμενη από δεδομένα ή διεργασίες. Και στις δύο περιπτώσεις ο μαθητής πρέπει να έχει τον έλεγχο.

Ως οπτικοποίηση στη μαθησιακή διαδικασία εννοούμε τον οπτικό ερμηνευτικό πειραματισμό. Ως εκ τούτου αυθαίρετες αναπαραστάσεις σε μορφή κυρίως κινούμενης εικόνας που εμφανίζονται συχνά σε εκπαιδευτικά λογισμικά χωρίς τη βάση των μοντέλων και του αντίστοιχου μαθηματικού μοντέλου - προσομοίωσης, δε θεωρούνται ότι προσφέρουν ιδιαίτερα στη μαθησιακή διαδικασία. Για τη δημιουργία και απόδοση των προσομοιώσεων για αξιοποίηση στην εκπαιδευτική διαδικασία πρέπει να ακολουθούνται τα τέσσερα βασικά στάδια που απαιτούνται και για επιστημονική χρήση και τις διακρίνουν από τα απλά κινούμενα σχέδια. Αρχικά

απαιτείται η συλλογή δεδομένων. Τα δεδομένα μπορούν να αποκτηθούν μέσω αισθητήρων και συναντώνται σε εργαστήρια συνδεδεμένα με υπολογιστή. Μπορούν επίσης να καταγραφούν από άμεση παρατήρηση φυσικών φαινομένων. Τέλος, μπορούν να προκύψουν από αριθμητική προσομοίωση φαινομένων και καταστάσεων. Ακολουθεί το στάδιο του μετασχηματισμού των δεδομένων για διαχείρισή τους από τον υπολογιστή. Δεδομένα που προέρχονται από αισθητήρες υπόκεινται σε δειγματοληψία και ψηφιοποίηση. Τα δεδομένα της αριθμητικής προσομοίωσης είναι έτοιμα για το επόμενο στάδιο, ενώ αυτά που προκύπτουν από άμεση παρατήρηση εισάγονται απευθείας στον υπολογιστή μέσω των κατάλληλων interfaces. Ψηφιοποίηση υπόκεινται και δεδομένα που βρίσκονται σε αναλογική μορφή, όπως χάρτες και εικόνες. Το τρίτο στάδιο αφορά στην απόδοση της προσομοίωσης που υλοποιείται κυρίως ως γραφικές παραστάσεις, οπτικοποίηση επιφάνειας και όγκου, κινούμενη εικόνα, και εικονικά περιβάλλοντα. Ως μορφή παρουσίας της προσομοίωσης αξιοποιούνται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και αριθμητικά δεδομένα. Το τελευταίο στάδιο είναι η ανάλυση των αποτελεσμάτων, η μελέτη των προσομοιώσεων και η διεξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν το μαθητή, αλλά και τον εκπαιδευτικό.

Οι δυναμικές προσομοιώσεις όπως περιγράφηκαν παραπάνω με απόδοσή τους μέσω της οπτικοποίησης εντασσόμενες σε ένα εποικοδομητικό περιβάλλον αλλά και συμβάλλοντας για τη δημιουργία του, έχουν φέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Ο χειρισμός προσομοιώσεων με τη μορφή αριθμητικών δεδομένων και εποπτικής παρουσίασης μέσω διαφόρων τύπων γραφικών παραστάσεων, έχουν δείξει ότι τα λογιστικά φύλλα αποτελούν ένα εύχρηστο, φιλικό και δυναμικό εργαλείο για δυναμικές προσομοιώσεις. Αν και έχουν γίνει πολλές προτάσεις για την αξιοποίηση των λογιστικών φύλλων (Τζιμογιάννης κ.α 1995), λίγες είναι οι αναφορές από την αξιολόγησή τους στη διδακτική πράξη. Ο Hall (1995) χρησιμοποίησε φύλλα εργασίας για την υποστήριξη θεμάτων στατιστικής και πιθανοτήτων με θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Θετικά μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν από οπτικοποιήσεις πειραμάτων έχουν αναφερθεί σε θέματα μηχανικής για μαθητές Λυκείου με τη χρήση του λογισμικού Interactive Physics III (Jιμογιάννης & Κομής 2001). Δεδομένα γεωγραφικού τύπου έχουν χρησιμοποιηθεί για την οπτικοποίηση επιφάνειας και όγκου και τη δημιουργία προσομοιώσεων γεωλογικών φαινομένων. Σχετικά με τα φαινόμενα της διάβρωσης και του σχηματισμού γεωμορφών έγινε εμπειρική μελέτη σε μαθητές δημοτικού σχολείου, με θετικά αποτελέσματα μετά το χειρισμό των προσομοιώσεων (Bellou et al. 2001). Οι παραπάνω ενδεικτικές βιβλιογραφικές αναφορές αποτελούν μελέτες περίπτωσης ανοικτών (ή εν μέρει ανοικτών) πληροφορικών περιβαλλόντων για οικοδόμηση της γνώσης στις φυσικές επιστήμες. Όλες εκμεταλλεύονται πολυμεσικά στοιχεία, με την τελευταία να πλαισιώνεται σε ένα υπερμεσικό περιβάλλον.

### **Μοντέλα, προσομοιώσεις, οπτικοποιήσεις και εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση**

Η παρούσα εργασία προτείνει την ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού για τις φυσικές επιστήμες με διδακτικές παρεμβάσεις που βασίζονται σε προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις και συγκεκριμενοποιείται με την ανάπτυξη εικονικών περιβαλλόντων. Η αξιοποίηση των τεχνολογιών της εικονικής πραγματικότητας προκύπτει από τα συγκεκριμένα και γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών, που συνοψίζονται στα εξής:

- Κατανόηση εννοιών
- Εμπέδωση βασικών αρχών
- Διαχείριση αφηρημένων εννοιών
- Μάθηση βασισμένη σε νόμους
- Δημιουργία «σκεπτικού»
- Οργάνωση πληροφορίας και γνώσης
- Επεξεργασία πληροφορίας
- Πειραματική φύση
- Αντίληψη χώρου και προσανατολισμός
- Οπτική αντίληψη
- Επίλυση προβλημάτων
- Διάφοροι γνωστικοί τύποι.

Η πρόταση για την αξιοποίηση εικονικών περιβαλλόντων προκύπτει σε συνδυασμό των παραπάνω με τον ορισμό και τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών της εικονικής πραγματικότητας.

Ως εικονική πραγματικότητα ορίζεται ο συνδυασμός ισχυρών υπολογιστών, δικτύων, interfaces, γραφικών, αισθητήρων και ενεργοποιητών, με σκοπό την εμπύθιση του χρήστη και την αλληλεπίδραση του σε πραγματικό χρόνο με τρισδιάστατα συνθετικά περιβάλλοντα που αναπαριστούν πραγματικές ή μη καταστάσεις. Η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνει και υποστηρίζει μοντελοποιήσεις, προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις, με βασικό χαρακτηριστικό τις εμπειρίες 'πρώτου προσώπου' που παρέχει στο χρήστη για φαινόμενα και καταστάσεις αδύνατο ή δύσκολο να βιωθούν διαφορετικά. Τα χαρακτηριστικά που παρέχουν οι εικονικές πραγματικότητες για την υποστήριξη της μάθησης στις φυσικές επιστήμες διαγράφονται ως εξής.

Μέγεθος. Το εικονικό περιβάλλον παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να αλλάξει το φυσικό του μέγεθος, ώστε να περιηγείται και να αλληλεπιδρά στον μικρόκοσμο και στον μακρόκοσμο. Ο μαθητής μπορεί να πάρει το

μέγεθος οργανιδίου ενός κυττάρου και να περιηγηθεί μέσα σ' αυτό, 'αποκτώντας εμπειρίες' αδύνατο να αποκτηθούν ακόμη και με τη χρήση μικροσκοπίου (Nikolou et al. 1997).

Μεταγωγή. Αφορά στη διαδικασία αντίληψης μη αισθητών σημάτων, όπως για παράδειγμα ηχητικά ή οπτικά σήματα που δε βρίσκονται στις περιοχές αντίληψης του ανθρώπου. Τα χαρακτηριστικά του μεγέθους και της μεταγωγής παρέχουν δυνατότητες μελέτης αντικειμένων και φαινομένων αδύνατο να παρατηρηθούν λόγω του μεγέθους, των ιδιοτήτων ή και της θέσης τους.

Πραγμάτωση, που αφορά το μετασχηματισμό αφηρημένων εννοιών σε αντιληπτικές αναπαραστάσεις με παράδειγμα την οπτικοποίηση της πυκνότητας πιθανότητας.

Αυτονομία, που δηλώνει την ανεξαρτησία του περιβάλλοντος από τις δράσεις του χρήστη. Το εικονικό φυσικό περιβάλλον υπάρχει και λειτουργεί όπως το πραγματικό, με τους φυσικούς νόμους και φαινόμενα να ισχύουν ανεξάρτητα από τις ενέργειες του χρήστη σε δεδομένο χρόνο και χώρο (Kameas et al. 2000).

Παρουσία. Ο χρήστης έχει την αίσθηση της παρουσίας του στο εικονικό περιβάλλον, πλήρη ελευθερία κινήσεων στον τρισδιάστατο χώρο με έξι βαθμούς ελευθερίας, αποκτώντας 'εμπειρίες' πρώτου προσώπου (Mikropoulos 2000).

Αλληλεπίδραση. Ο χρήστης αλληλεπιδρά στο εικονικό περιβάλλον χειριζόμενος εικονικά αντικείμενα με φυσιολογικούς ή χειρισμούς που προσεγγίζουν την πραγματικότητα. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο γύρω από το χρήστη, προσπαθώντας να προσαρμόζει την τεχνολογία σ' αυτόν και όχι το αντίθετο. Λόγω των χαρακτηριστικών της παρουσίας και της αλληλεπίδρασης, παρέχονται δυνατότητες εξερεύνησης πραγματικών αντικειμένων και χώρων στους οποίους η προσπέλαση είναι αδύνατη, δύσκολη, επικίνδυνη (Μπάκας κ.α 1999).

Τέλος, τα συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα προσφέρουν έναν εικονικό χώρο που προσομοιώνει ή όχι την πραγματικότητα για ενεργή συμμετοχή χρηστών που βρίσκονται σε διαφορετικούς φυσικούς τόπους. Η αίσθηση της παρουσίας όλων των χρηστών σε έναν κοινό χώρο ενισχύει τα χαρακτηριστικά της συνεργατικής μάθησης.

Η εικονική πραγματικότητα προσφέρει ένα περιβάλλον και πέρα από προσομοιώσεις, δημιουργώντας σύμφωνα με τους στόχους και τις ανάγκες εκπαιδευτικού και μαθητή, καταστάσεις που είναι πέραν της πραγματικότητας για τη διερεύνηση φυσικών φαινομένων.

Οι τεχνολογίες της εικονικής πραγματικότητας προσφέρονται για αξιοποίηση στην εκπαιδευτική διαδικασία στα πλαίσια της κατ' ελάχιστο ή μέγιστο αξιοποίησης των τεχνολογιών της πληροφορίας και επικοινωνίας. Συγκεκριμένα, οι εικονικές πραγματικότητες προτείνεται να χρησιμοποιούνται όταν η διδασκαλία στο φυσικό περιβάλλον είναι αδύνατη ή επικίνδυνη, η επίδραση πιθανών λαθών μπορεί να αποβεί καταστροφική, η αλληλεπίδραση με ένα μοντέλο μπορεί να είναι πιο ελκυστική από ότι με την πραγματικότητα, όταν κρίνεται σημαντική η δημιουργία προσομοιώσεων. Αντίθετα, εικονικά περιβάλλοντα δεν προτείνονται όταν η χρήση τους μπορεί να είναι φθοροποιός φυσιολογικά ή συναισθηματικά, ή μπορεί να προκληθεί σύγχυση με την πραγματικότητα.

Σχετικά με τις τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας προτείνεται η χρήση επιτραπέζιων συστημάτων με δυνατότητες εμπύθισης για συγκεκριμένες περιπτώσεις. Συστήματα πλήρους εμπύθισης είναι δύσχρηστα με την παρούσα κατάσταση της τεχνολογίας και επιπλέον μπορούν να προκαλέσουν την ασθένεια του κυβερνοχώρου. Η μαθησιακή διαδικασία περιλαμβάνει την επικοινωνία και αλληλεπίδραση του μαθητή με τον εκπαιδευτικό ή και με άλλους μαθητές σε πραγματικό περιβάλλον, η οποία περιορίζεται σε συστήματα πλήρους εμπύθισης. Τέλος, τα επιτραπέζια συστήματα έχουν προσιτό κόστος και μπορούν να υπάρξουν στο χώρο των σχολικών εργαστηρίων πληροφορικής υποστηριζόμενα από συμβατικό εξοπλισμό.

Ως προς τη σχεδίαση των εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων για οικοδόμηση της γνώσης τις περισσότερες φορές δε θεωρείται αποτελεσματική η πλήρης εκμετάλλευση όλων των δυνατοτήτων που παρέχει η εικονική πραγματικότητα. Συχνά, η πλήρης ελευθερία κινήσεων και η αλληλεπίδραση με κάθε εικονικό αντικείμενο παρέχουν ένα διερευνητικό περιβάλλον για ανακάλυψη ιδιοτήτων του φυσικού κόσμου και ελεύθερη ανάκτηση πληροφοριών, αλλά αποπροσανατολίζουν το μαθητή από τους συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους και μαθησιακές δραστηριότητες. Παρότι η αξιοποίηση της ελεύθερης και κατά βούληση πλοήγησης στα εικονικά περιβάλλοντα προτείνεται ως ευκαιρία μεγάλης παιδαγωγικής αξίας, συγκεκριμένοι περιορισμοί πρακτικού τύπου (ελλιπής εμπειρία και εξοικείωση των χρηστών) συχνά οδηγεί σε απομάκρυνση από τους διδακτικούς στόχους. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ελκυστικής ελευθερίας πλοήγησης, προτείνεται η ανάπτυξη προκαθορισμένων σταθερών σημείων έναρξης και συγκεκριμένη πορεία πλοήγησης για την ολοκλήρωση μαθησιακών δραστηριοτήτων και ίσως η σταδιακή απελευθέρωση του χρήστη μετά από απόκτηση εμπειρίας αλληλεπίδρασης με τα εικονικά περιβάλλοντα αλλά και γνώσης πάνω στο υπό μελέτη θέμα. Από την κριτική θεώρηση εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών προκύπτουν οι παρακάτω προτάσεις για την ανάπτυξη περιβαλλόντων για την οικοδόμηση της γνώσης που περιλαμβάνουν προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις (Νικολού κ. α. 1999).

Καθοριστικά στοιχεία συνιστούν οι συγκεκριμένες μαθησιακές δραστηριότητες, η ισχυρή αλληλεπίδραση, η ρεαλιστικότητα των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων και οπτικοποιήσεων, η αίσθηση της παρουσίας του χρήστη, και η παραμετροποίηση προσομοιώσεων και γενικότερα των εικονικών κόσμων. Η άμεση επέμβαση στο εικονικό περιβάλλον με το χειρισμό και την καθοδήγηση των διαδικασιών και της εξέλιξης των φαινομένων, καθώς και η δυνατότητα ρύθμισης επιμέρους παραμέτρων με αποτέλεσμα την λεπτή και εξειδικευμένη επέμβαση στις προσομοιώσεις συνιστούν σημαντικό χαρακτηριστικό που φαίνεται ότι προάγει τους μαθησιακούς στόχους. Παραδείγματα εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων που προσομοιώνουν και οπτικοποιούν φυσικά φαινόμενα και έχουν αξιολογηθεί ως προς τα μαθησιακά τους αποτελέσματα έχουν

παρουσιασθεί στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία. Παρακάτω αναφέρονται τρία ενδεικτικά, που έχουν σχεδιασθεί, αναπτυχθεί και αξιολογηθεί στο Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων ([http://www.uoi.gr/schools/edu/ptde/mvrlab\\_gr/vrlab\\_gr.htm](http://www.uoi.gr/schools/edu/ptde/mvrlab_gr/vrlab_gr.htm)).

Ένα περιβάλλον μερικής εμπύθισης με 'φυσιολογικούς' χειρισμούς των χρηστών με τη χρήση γαντιού δεδομένων αποτελεί το εικονικό εργαστήριο laser που αφορά στη συναρμολόγηση και μελέτη λειτουργίας ενός συγκεκριμένου τύπου συστήματος laser και απευθύνεται στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Μικρόπουλος και Στρουμπούλης 2000). Εμπειρική μελέτη σε φοιτητές Τμήματος Φυσικής έδειξε ότι τα υποκείμενα κατανόησαν τη φυσική σημασία εννοιών για τις οποίες είχαν γνώσεις μόνο μαθηματικής τυποποίησης (υπερπήδηση απωλειών για λειτουργία του laser). Το περιβάλλον υποστήριζε πλήρη ελευθερία κινήσεων η οποία δε δημιουργήσε προβλήματα σ' αυτή την περίπτωση, αφού το εργαστήριο φυσικής και το μαθησιακό πλαίσιο ήταν οικείο στους φοιτητές. Το επίπεδο ρεαλιστικής απόδοσης των εικονικών εξαρτημάτων του laser θεωρήθηκε ικανοποιητικό. Οι χειρισμοί με το γάντι δεδομένων πλησίαζαν τους αντίστοιχους στον πραγματικό κόσμο, αν και η χρήση του περιφερειακού θεωρήθηκε κουραστική. Οι φοιτητές πλοηγήθηκαν και αλληλεπίδρασαν με τον εικονικό χώρο με ευκολία με το ποντίκι, συσκευή που δεν ενδείκνυται αλλά είναι γνωστή από συμβατικές εφαρμογές. Φαίνεται ότι αντικείμενο έρευνας συνεχίζει να αποτελεί ο τρόπος αλληλεπίδρασης των χρηστών με τα εικονικά περιβάλλοντα, απαιτώντας την απομάκρυνση από τον κλασικό τρόπο επικοινωνίας με γραφικά περιβάλλοντα δύο διαστάσεων.

Για την υποστήριξη της διδασκαλίας θεμάτων αστρονομίας με έμφαση στην εναλλαγή ημέρας νύχτας και εποχών σε μαθητές γυμνασίου, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα εικονικό περιβάλλον σε επιτραπέζιο σύστημα (Μικρόπουλος κ. α. 2001). Το περιβάλλον προσομοιώνει το πλανητικό μας σύστημα, αρχικά με τις σωστές αναλογίες ως προς τα μεγέθη και τις αποστάσεις των ουρανίων σωμάτων και, ξεπερνώντας τα όρια της προσομοίωσης, αλλάζοντας τα παραπάνω μεγέθη για καλύτερη μελέτη. Επίσης η προσομοίωση ξεπεράστηκε και με τη δυνατότητα εμφάνισης της τροχιάς και του άξονα της γης, εννοιών χωρίς φυσική παρουσία. Οι μαθητές πιλοτάρizαν ένα εικονικό διαστημόπλοιο ελέγχοντας κατά βούληση διάφορες παραμέτρους του πλανητικού συστήματος. Σ' αυτή την περίπτωση, οι πλοηγήσεις ήταν και προκαθορισμένες και οι δραστηριότητες εντοπίστηκαν στα συγκεκριμένα υπό μελέτη θέματα. Οι 57 μαθητές που πήραν μέρος σε ποιοτική εμπειρική μελέτη ενθουσιάστηκαν από την αλληλεπίδρασή τους με το εικονικό περιβάλλον και την ρεαλιστικότητα απόδοσης των ουρανίων σωμάτων. Κατά την εμπλοκή τους στις δραστηριότητες οι μαθητές μπόρεσαν να υπολογίσουν σε ποια σημεία της γης έχει μέρα και σε ποια νύχτα καθ' όλη τη διάρκεια της περιστροφής της γης γύρω από τον άξονά της και να κατανοήσουν πλήρως την αλλαγή της θερμοκρασίας σε μια περιοχή σε συνάρτηση με την κλίση του άξονα της γης.

Ένα τρίτο παράδειγμα εκπαιδευτικού εικονικού περιβάλλοντος αφορά τις καταστάσεις της ύλης με εφαρμογή στο νερό και απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Το περιβάλλον επιτρέπει μακροσκοπική και μικροσκοπική μελέτη, αλλά έμφαση δόθηκε στη δεύτερη, αφού κατά δήλωση των δασκάλων η μακροσκοπική προσομοίωζε πειραματική διαδικασία με όργανα μέτρησης που παρότι δεν είχε υλοποιηθεί από κανέναν εκπαιδευτικό, θεωρήθηκε γνωστή. Και σ' αυτή την περίπτωση η πλοήγηση ήταν προκαθορισμένη για αποφυγή φαινομένων αποπροσανατολισμού και επικεντρωμένη στις διεργασίες μελέτης της κίνησης των δομικών λίθων του νερού και μετάβαση από τη μια κατάσταση στην άλλη, με χειρισμούς αυξομειώσεως της θερμοκρασίας υπό σταθερή πίεση από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Η αναπαράσταση των μορίων του νερού έγινε με σφαίρες ουδέτερου χρώματος και έγινε αμέσως αποδεκτή και κατανοητή από τους δασκάλους. Μετά την παρέμβαση με το λογισμικό, εντυπωσιάστηκαν όταν διαπίστωναν ότι στη στερεά κατάσταση τα μόρια κινούνται οργανωμένα, ενώ αρχικά πίστευαν πως είναι ακίνητα. Παραδέχθηκαν ότι πριν από την πλοήγηση είχαν μια ασαφή εικόνα για το είδος των κινήσεων των μορίων στα υγρά, ήταν σε θέση να αντιληφθούν την ύπαρξη δυνάμεων συνοχής μεταξύ των μορίων, και σε ορισμένες περιπτώσεις να κατατάζουν κατά σειρά μεγέθους αυτές τις δυνάμεις στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια. Έδωσαν ευκολότερα μια μικροσκοπική ερμηνεία στο μέγεθος της θερμοκρασίας και αναθεώρησαν την εικόνα που είχαν (όταν είχαν) για τη θέρμανση με αγωγή σε μοριακό επίπεδο.

## **Συμπεράσματα**

Ξεκινώντας από το ότι η επιστήμη θεωρείται ως μια προσπάθεια μοντελοποίησης της φύσης για την κατανόηση και ερμηνεία φαινομένων, τα μοντέλα, οι προσομοιώσεις και οι οπτικοποιήσεις που προκύπτουν με τον κατάλληλο διδακτικό μετασχηματισμό, συντελούν στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών πληροφορικών περιβαλλόντων για την οικοδόμηση της γνώσης στις φυσικές επιστήμες (Dori & Barak 2001). Όπως φάνηκε και από τα ενδεικτικά παραδείγματα, η οπτικοποίηση πολύπλοκων εννοιών, διαδικασιών και συστημάτων που προκύπτει από προσομοιώσεις επιφέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και προτείνεται ως βασικό συστατικό εκπαιδευτικού λογισμικού για όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η υλοποίηση προσομοιώσεων με τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας προσφέρει μεγάλες δυνατότητες για οπτικοποιήσεις φυσικών μεγεθών, εννοιών και φαινομένων ως αποτέλεσμα οπτικού ερμηνευτικού πειραματισμού και θέτει το μαθητή στη θέση του ερευνητή με παρουσία και ενεργό συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία.

Ερευνητικά ερωτήματα που προκύπτουν από τις οπτικοποιήσεις μέσω εικονικών περιβαλλόντων για την υποστήριξη της διδασκαλίας και μάθησης στις φυσικές επιστήμες προέρχονται και από τις δύο πλευρές. Ως προς τις προσομοιώσεις ένα μεγάλο θέμα είναι ο τρόπος αναπαράστασης των 'δομικών λίθων' της ύλης σε

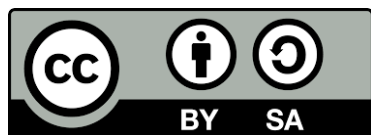
μικροκοσμικό επίπεδο, η αναπαράσταση σχετικών αποστάσεων και μεγεθών σε επίπεδο πλανητών και γενικότερα θέματα που αφορούν στο είδος των μαθησιακών δραστηριοτήτων με την αξιοποίηση των χαρακτηριστικών της εικονικής πραγματικότητας. Ως προς αυτή καθ' αυτή την τεχνολογία, ερευνητικά ερωτήματα αποτελούν οι τρόποι αλληλεπίδρασης των χρηστών με τα εικονικά περιβάλλοντα που απαιτούν, για πλήρη αξιοποίηση των χαρακτηριστικών της τεχνολογίας, την απομάκρυνση από τον κλασικό τρόπο επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης στα γραφικά περιβάλλοντα δύο διαστάσεων.

### Αναφορές

- Bellou, I, Stavridou, H., and Katsikis, A. (2001) Pupils' Ideas about Erosion as a Basis for the Design of an Educational Software, In D. Psilos et al. (eds.) *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the knowledge Based Society*, Thessalonica, 294-300
- Boyle, T. (1997) *Design for Multimedia Learning*, Prentice Hall, NJ
- Dori, Y. J., Barak, M. (2001) Virtual and Physical Molecular Modeling: Fostering Model Perception and Spatial Understanding, *Educational Technology & Society*, 4(1), 61-74
- Futo, I. and Gergely, T. (1990) *Artificial Intelligence in Simulation*, Ellis Horwood, New York
- Gerlic, I. and Jausovec, N. (2001) Differences in EEG Power and Coherence Measures Related to the Type of Presentation: Text Versus Multimedia, *J. Educational Computing Research*, 25(2) 177-195
- Hall, A. G. (1995) A Workshop Approach Using Spreadsheets for the Teaching of Statistics and Probability, *Computers & Education*, 25(1/2), 5-12
- Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A. and Ravanis, K. (2000) Students' performance towards computer simulations on Kinematics, *THEMES in Education*, 1(4), 357-372
- Jimoyiannis, A., Komis, V. (2001) Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion, *Computers & Education*, 36, 183-204
- Kameas, A., Mikropoulos, T. A., Katsikis, A., Emvalotis, A., Pintelas P. (2000) EIKON: Teaching a high-school technology course with the aid of virtual reality, *Education and Information Technologies* 5(4), 305-315
- Lemeignan, G., Weil-Barais, A. (1997) *η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική*, τυπωθήτω, Αθήνα
- Mikropoulos, T. A (2000) Brain Activity on Navigation in Virtual Environments, *J. Educational Computing Research* 24(1) 1-12
- Μικρόπουλος, Τ. Α. και Στρουμπούλης, Β. (2000) Διαμορφωτική αξιολόγηση εικονικού εκπαιδευτικού εργαστηρίου laser, *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση*, Πάτρα 382-386
- Μικρόπουλος, Τ. Α., Κατσίκης, Α., Γιούνης, Α., Μπάκας, Χ. (2001) Εικονικά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία φυσικής του μικρού και του μεγάλου, *5<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική Μαθηματικών & Πληροφορική στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη
- Μπάκας, Χ., Κατσίκης, Α., Δήμου, Γ., Μικρόπουλος, Τ. Α. (1999) Σχεδίαση εικονικών περιβαλλόντων για την υποστήριξη της κατανόησης πλανητικών φαινομένων με βάση αντιλήψεις μαθητών, *4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Με Διεθνή Συμμετοχή Διδακτική των Μαθηματικών & Πληροφορική στην Εκπαίδευση*. 174-183 Ρέθυμνο
- Nikolou, E., Mikropoulos, T. A., Katsikis A. (1997) Virtual Realities in Biology Teaching, *International Conference Virtual Reality in Education & Training*, Loughborough, UK, 59 – 63
- Νικολού, Ε., Τσάκαλης, Π., Γιούνης, Α., Μπέλλου, Ι., Μικρόπουλος, Τ. Α. (1999) Εικονική πραγματικότητα στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Κριτική θεώρηση, *4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Με Διεθνή Συμμετοχή Διδακτική των Μαθηματικών & Πληροφορική στην Εκπαίδευση*, Ρέθυμνο, 163-173
- Pang, A. (1995) A Syllabus for Scientific Visualization, In D. A. Thomas (ed) *Scientific Visualization in Mathematics and Science Teaching*, AACE, VA, 261-283
- Papert, S. (1991) *Νοητικές Θύελλες*, Οδυσσέας, Αθήνα
- Ράπτης, Α. και Ράπτη, Α. (2001) *Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορικής*, Αθήνα
- Σταυρίδου, Ε. (1995) *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών*, Σαββάλας
- Tenenbaum, G., Naidu, S., Jegede, O. and Austin, J. (2001) Constructivist pedagogy in conventional on campus and distance learning practice: an exploratory investigation, *Learning and Instruction*, 11 87-111
- Τζιμογιάννης, Α., Μικρόπουλος, Α., Κουλαϊδής Β. (1995) Ο Υπολογιστής στη διδασκαλία της Φυσικής. Μια άμεση εφαρμογή με χρήση φύλλων εργασίας, *Σύγχρονη Εκπαίδευση* 85, 38-46



# Τέλος Ενότητας



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

**Σημειώματα**

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση 1.0 διαθέσιμη εδώ.

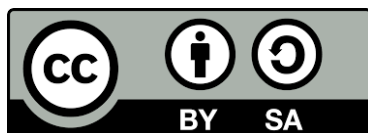
<http://ecourse.uoi.gr/course/view.php?id=1367>.

# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων,  
Διδάσκων: Καθηγητής Αναστάσιος Α.  
Μικρόπουλος. «Προσομοιώσεις και  
οπτικοποιήσεις στη μαθησιακή  
διαδικασία. Μαθησιακές  
δραστηριότητες με προσομοιώσεις».  
Έκδοση: 1.0. Ιωάννινα 2014. Διαθέσιμο  
από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://ecourse.uoi.gr/course/view.php?id=1367>.

# Σημείωμα Αδειοδότησης

- Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Παρόμοια Διανομή, Διεθνής Έκδοση 4.0 [1] ή μεταγενέστερη.



- [1] <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.