

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

Τόμ. 1 (2004)

4ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



Μια εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη χρήση Η/Υ. Η περίπτωση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

*Χρίστος Μαρκαντώνης, Κων/νος Δημητρακάκης, Παναγιώτης Γ. Μανιάτης*

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Μαρκαντώνης Χ., Δημητρακάκης Κ., & Μανιάτης Π. Γ. (2026). Μια εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη χρήση Η/Υ. Η περίπτωση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 015–024. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/9054>

# Μια εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη χρήση Η/Υ. Η περίπτωση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Μαρκαντώνης Χρίστος  
Εκπαιδευτικός – 12<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Λαμίας  
Λαμία, Ελλάδα  
[xrmarkandonis@sch.gr](mailto:xrmarkandonis@sch.gr)  
[xrmarkandonis@in.gr](mailto:xrmarkandonis@in.gr)

Κων/νος Δημητρακάκης  
Σχολικός Σύμβουλος Π.Ε.  
Λαμία, Ελλάδα  
[kdimitrakakis@hotmail.com](mailto:kdimitrakakis@hotmail.com)

Παναγιώτης Γ. Μανιάτης  
Δρ, Π.Τ.Δ.Ε. Παν/μίου Αθηνών  
Αθήνα, Ελλάδα  
[panagiotismaniatis@hotmail.com](mailto:panagiotismaniatis@hotmail.com)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτρονικής τεχνολογίας δημιουργεί νέους προβληματισμούς και ερωτήματα σχετικά με την εισαγωγή της στην εκπαίδευση, τις νέες δυνατότητες που παρέχει, τους νέους ρόλους που διαμορφώνει αλλά και τα μεθοδολογικά και παιδαγωγικά ζητήματα που προκύπτουν από αυτή τη χρήση.*

*Στην παρούσα εισήγηση παρουσιάζεται μια διδακτική πρόταση στην περίπτωση των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση νέων τεχνολογιών. Η διδακτική πρόταση βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (constructivism) η οποία δίνει ιδιαίτερη σημασία στις υπάρχουσες ιδέες (representations) των παιδιών. Στην παρούσα εισήγηση καταγράφεται το θεωρητικό πλαίσιο του εποικοδομητισμού και των βασικών θέσεων σχετικά με την αξιοποίηση της νέας τεχνολογίας στην εκπαιδευτική πράξη.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *Νέες Τεχνολογίες, φυσικές επιστήμες, εποικοδομητισμός.*

## ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Τα τελευταία χρόνια κερδίζει έδαφος στο χώρο της εκπαίδευσης η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης. Παρά το γεγονός της κριτικής που ασκείται, ο εποικοδομητισμός ασκεί μεγάλη επιρροή στα εκπαιδευτικά προγράμματα πολλών χωρών και έχει βρει εφαρμογή στη διδασκαλία κυρίως των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Επίσης με βάση τις αρχές του εποικοδομητισμού συγκροτούνται προγράμματα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών.

Η εποικοδομητική προσέγγιση είναι αποτέλεσμα των αναζητήσεων τόσο στο χώρο της φιλοσοφίας των επιστημών για τη φύση και τα κριτήρια της γνώσης, όσο και στο χώρο της ψυχολογίας για την φύση της έννοιας της μάθησης και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες αυτή επιτυγχάνεται. Ο επιστημολογικός προβληματισμός αφορά κυρίως τη διαδικασία αλλαγής της επιστημονικής γνώσης. Οι απόψεις των Kuhn, Popper κ.α., παρά τη διαφορετική τους αφετηρία, άσκησαν σημαντική επίδραση στην διαμόρφωση συγκεκριμένων διδακτικών προσεγγίσεων. Όπως επισημαίνει ο Κ. Ραβάνης (1996), αυτή η επίδραση είναι αναπόφευκτη γιατί, εάν η κυρίαρχη αντίληψη για την επιστημονική γνώση είναι πως αυτή έχει ένα χαρακτήρα σωρευτικό, αντικειμενικό και αδιαμφισβήτητο, τότε το εκπαιδευτικό σύστημα έχει ως κύρια αποστολή την μετάδοση και αναπαραγωγή της. Εάν όμως η γνώση επιδέχεται διαφορετικών ερμηνειών και προσεγγίσεων, είναι φυσικό αυτός ο σχετικισμός να μεταφέρεται και στις διδακτικές προσεγγίσεις.

Η εποικοδομητική προσέγγιση έχει ως βασικό άξονα την ενεργό συμμετοχή του υποκειμένου στην οικοδόμηση της γνώσης. Κατά τον εποικοδομητισμό δεν υπάρχει αντικειμενική γνώση αφού αυτή δεν μπορεί να νοηθεί ανεξάρτητα από τον άνθρωπο του οποίου είναι κατασκευάσμα. Η γνώση, λοιπόν, κατασκευάζεται από το ίδιο το υποκείμενο κατά την αλληλεπίδρασή του με τον κόσμο και είναι άμεσα συνυφασμένη με το κοινωνικό γίγνεσθαι. Αυτή η κατασκευή αποκτά ένα υποκειμενικό χαρακτήρα, αφού θεμελιώνεται στα προγενέστερα νοητικά σχήματα του μαθητή, τα οποία καθορίζουν τον τρόπο αξιοποίησης την νέας γνώσης.

Από τις βασικές παραδοχές του εποικοδομητισμού είναι ότι η μάθηση είναι ενεργά δομημένη από το ίδιο το υποκείμενο και δεν επιτυγχάνεται με τον μαθητή ως παθητικό δέκτη. Μαθαίνουμε, λοιπόν, δρώντας και αυτό πραγματοποιείται εντός ενός κοινωνικού πλαισίου, αποδίδοντας έτσι εξέχοντα ρόλο στη συμβολή της κοινωνικής ομάδας στην κατασκευή της γνώσης. Η γνώση, δηλαδή, είναι κοινωνικά προσδιορισμένη και ως κοινωνική κατασκευή μπορεί να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της κοινότητας – μαθητικής ομάδας. Η εργασία κατά ομάδες και η συζήτηση που έπεται δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την αναζήτηση και οικοδόμηση της νέας γνώσης.

Θα μπορούσαμε να δώσουμε σχηματικά τις βασικές παραδοχές του κονστрукτιβισμού ως εξής:

- Το υποκείμενο δεν δέχεται παθητικά τη γνώση αλλά την οικοδομεί – την κατασκευάζει, μέσω της ενεργούς δράσης του.
- Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην προϋπάρχουσα γνώση
- Ο ρόλος της κοινωνικής ομάδας στη μάθηση είναι καθοριστικός

Ως αφετηρία στην εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας χρησιμοποιούνται οι ιδέες των μαθητών. Οι ιδέες των παιδιών, που μπήκαν στο επίκεντρο της προσοχής ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του '70, προκάλεσαν νέες αναζητήσεις και προβληματισμούς στο χώρο της Διδακτικής, αποτελώντας πλέον τη βάση κάθε διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας. Αυτή η ιδιαίτερη προσοχή στις ιδέες των παιδιών, η οποία σηματοδοτεί μια μαθητοκεντρική προσέγγιση στο χώρο της Παιδαγωγικής, δεν μπορεί να θεωρηθεί άσχετη με το γενικότερο επιστημολογικό προβληματισμό που αμφισβητεί την αντικειμενικότητα της επιστημονικής γνώσης. Ο Γ. Κουζέλης διατυπώνει ως εξής αυτή την αλλαγή στο πεδίο της Διδακτικής και τη σύνδεσή της με τις επιστημολογικές αναζητήσεις: «ο κόσμος των παιδιών είναι ένας κόσμος ιδεών και ερμηνειών, ούτε καλύτερος ούτε χειρότερος από εκείνον της σημερινής επιστήμης – που κι εκείνη δεν είναι παρά μια παροδικά επικρατούσα ερμηνεία του γύρω μας κόσμου.» (Γ. Κουζέλης, 1996, σ. 160).

Βασικό λοιπόν στοιχείο της εποικοδομητικής προσέγγισης αποτελεί πρωτίστως η παραδοχή ότι η νέα γνώση οικοδομείται με βάση τις προϋπάρχουσες νοητικές δομές. Όπως διαπιστώνεται από έρευνες, οι μαθητές έρχονται στο σχολείο έχοντας διαμορφώσει κάποιες ιδέες αντίληψεις μέσω της εμπειρίας τους και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τον κόσμο και οι οποίες διαφοροποιούνται από την επιστημονική γνώση (Driver et. al. 1993).

Οι ιδέες των παιδιών δεν αποτελούν απλά λάθη. Δεν είναι δηλαδή μια ασαφής και ακανόνιστη γνώση αλλά βαθιά ριζωμένες πεποιθήσεις με μεγάλη ερμηνευτική δύναμη για τους μαθητές (Duit

R., 1995 σ. 275). Αποτελούν ολοκληρωμένα και με εσωτερική συνοχή νοητικά σχήματα ερμηνείας του κόσμου που τα περιβάλλει (Βοσνιάδου Σ. 1994, σ. 150, Driver R., 1995, σ. 385).

Εκτεταμένες έρευνες σε διαφορετικό κοινωνικό – πολιτισμικό πλαίσιο μας βοηθούν να κατανοήσουμε ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών των ιδεών. Φαίνεται λοιπόν πως οι ιδέες των παιδιών χαρακτηρίζονται τόσο από διαχρονικότητα όσο και από παγκοσμιότητα. Ένα ακόμη βασικό χαρακτηριστικό αυτών των ιδεών είναι η αντίσταση που παρουσιάζουν σε οποιαδήποτε προσπάθεια τροποποίησής τους (Driver et. al., 1998).

Κάτω από αυτό το πρίσμα θεώρησης των προγενέστερων ιδεών των μαθητών, οι λανθασμένες απαντήσεις τους αποκτούν ξεχωριστή προοπτική. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή προσέγγιση της διδασκαλίας στην εποικοδομητική προσέγγιση, μέσω μιας διαδικασίας αναστοχασμού, ο μαθητής συνειδητοποιεί το περιορισμένο και μη εφαρμόσιμο αυτών των ιδεών με αποτέλεσμα να οδηγηθεί στην αναδόμηση - ανακατασκευή τους.

Η παράβλεψη της προϋπάρχουσας γνώσης των παιδιών κατά τη διαδικασία μάθησης θα οδηγήσει σε πρόσκαιρη γνώση. Όπως επισημαίνουν οι Π. Κόκκοτας, Γ. Βλάχος, Γ. Καρανίκας (1996), επιβεβαίωση της δημιουργίας «συνθετικών σχημάτων γνώσεων» από τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας, αποτελεί η συνάφεια αντιλήψεων των μαθητών του Δημοτικού με αυτούς της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Με την εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών οι μαθητές αναστοχάζονται πάνω στις ιδέες τους ώστε να αξιολογήσουν κατά πόσο είναι λειτουργικές και εφαρμόσιμες. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί πως οι ιδέες αυτές είναι ανεπαρκείς οι μαθητές οδηγούνται σε «γνωστική σύγκρουση», γεγονός που θα οδηγήσει στην διαδικασία της «εννοιολογικής αλλαγής».

Η γνωστική σύγκρουση αποτελεί μία από τις διαδικασίες που έχουν ως στόχο την επίτευξη της αναδιοργάνωσης των νοητικών σχημάτων σε άλλα ευρύτερα, πληρέστερα και εγγύτερα στο επιστημονικό μοντέλο. Πολύ συχνά γίνεται μια γενικευμένη και καταχρηστική χρήση αυτών των διεργασιών νομιμοποιώντας έτσι κάθε «διδασκτική παρέμβαση» (Ραβάνης, 1997, σ. 85).

Η επίτευξη αυτής της σύγκρουσης μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη διάψευση που μπορεί να προκαλέσουν τα αποτελέσματα ενός πειράματος είτε με τη συνειδητοποίηση της ύπαρξης διαφορετικών απόψεων στο πλαίσιο της σχολικής τάξης (Κόκκοτας, Βλάχος, Καρανίκας, 1996, σ. 505). Βέβαια η γνωστική σύγκρουση δεν είναι μια απλή διαδικασία, δεν επιτυγχάνεται εύκολα και δεν έχει πάντοτε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ως μηχανισμός μετασχηματισμού της γνώσης εμπεριέχει έντονο συγκινησιακό φορτίο, αφού οι μαθητές βιώνουν μια διάψευση των ίδιων τους των απόψεων.

Τα εμπειρικά δεδομένα μας δείχνουν πως συχνά οι μαθητές δεν είναι πρόθυμοι να μουν στην διαδικασία διαπραγμάτευσης τόσο των ιδεών τους όσο και της επιστημονικής άποψης, επιδιώκοντας να μάθουν εξ αρχής τη «σωστή» απάντηση (Duit 279). Επίσης, αρκετά συχνά, ενώ η σύγκρουση είναι καταφανής από την οπτική του εκπαιδευτικού, δεν συμβαίνει το ίδιο και από την πλευρά των μαθητών. Στις δυσκολίες επίτευξης της γνωστικής σύγκρουσης, στην περίπτωση των Φυσικών Επιστημών, θα πρέπει να προσθέσουμε και την πολυπλοκότητα των φυσικών φαινομένων που πολύ συχνά δεν μπορούν να γίνουν αντικείμενο των αισθήσεων, παραμένοντας σε ένα εικονικό – συμβολικό επίπεδο. Αυτό σημαίνει πως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στους χειρισμούς του εκπαιδευτικού, ώστε όλη η διαδικασία να είναι αξιόπιστη, για να προκαλέσει την απαιτούμενη επαγρύπνηση των μαθητών που θα οδηγήσει στην γνωστική ανισορροπία ως προπομπού της εννοιολογικής αλλαγής.

Ως εννοιολογική αλλαγή θεωρείται η τροποποίηση των υπάρχουσών δομών των μαθητών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι περισσότερο συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο (Ψύλλος Δ., Κουμαράς Π., Καριώτογλου Π, 1993). Οι μελετητές διακρίνουν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις – τύπους εννοιολογικής αλλαγής: α) την *επαύξηση* της ήδη υπάρχουσας γνωστικής δομής, η οποία αφορά τη συσσώρευση νέων στοιχείων στα προϋπάρχοντα νοητικά σχήματα, χωρίς όμως αυτά τα σχήματα να υφίστανται αλλαγές. β) την *εναρμόνιση*, η οποία αναφέρεται στη σταδιακή αλλαγή του αρχικού νοητικού μοντέλου και γ) η *αναδιοργάνωση*. Σ' αυτή την τελευταία περίπτωση

έχουμε την δημιουργία νέων γνωστικών δομών που είναι απαραίτητες είτε για να επανερμηνευθούν ήδη υπάρχουσες πληροφορίες είτε για να εξηγηθούν καινούργιες. Οι νέες γνωστικές δομές είναι πληρέστερες και αποτελεσματικότερες στην ερμηνεία της πραγματικότητας.

Οι Βοσνιάδου & Brewer (1994) διακρίνουν την αναδιοργάνωση της γνώσης σε ολική και μερική, ταυτίζοντας την πρώτη με τα εξελικτικά στάδια ανάπτυξης του Piaget. Η μερική αναδιοργάνωση διαχωρίζεται σε ασθενής και ολική όπου «η ασθενής αναδιοργάνωση αποτελείται από την πρόσθεση καινούργιων γεγονότων και σχέσεων στις υπάρχουσες δομές, ενώ η ριζοσπαστική αναδιοργάνωση αναφέρεται στη θεμελιώδη αλλαγή των σχημάτων γνώσεων, που είναι όμοια, ενμέρει, με την αλλαγή πλαισίου στην ιστορία της επιστήμης» (Βοσνιάδου Σ. & Brewer W., 1994, σ. 142).

Ποιες είναι όμως οι διδακτικές στρατηγικές οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στην επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή; Στο πλαίσιο της εποικοδομητικής προσέγγισης έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές στρατηγικές, ανάλογα με τις διαφορετικές θεωρητικές αναφορές των μελετητών. Οι Βοσνιάδου & Brewer (1994) ξεχωρίζουν δύο στρατηγικές ως ικανές να επιφέρουν ριζική αναδιοργάνωση της γνώσης, τους σωκρατικούς διαλόγους και τις αναλογίες και τις μεταφορές. Ο Κόκκοτα κ.α (1996) αναφέρουν επίσης την εποικοδομητική διδακτική ακολουθία και τις εργαστηριακές εμπειρίες σε μικροϋπολογιστές. Κάνουν ιδιαίτερη αναφορά στα εργαλεία των διδακτικών στρατηγικών, συμπεριλαμβάνοντας σε αυτά τον διάλογο σε ομάδες, την επίλυση προβλημάτων, την σχηματική αναπαράσταση των ιδεών των παιδιών κ.λπ. Εκείνο που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι, επειδή η εννοιολογική αλλαγή και η εποικοδόμηση των νέων ιδεών πραγματοποιείται εντός του πλαισίου της κοινότητας, της μαθητικής ομάδας, θα πρέπει να δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη της συνεργατικότητας, με την εφαρμογή ομαδικών δραστηριοτήτων και στη διαμόρφωση κατάλληλου κλίματος για τη διατύπωση ερωτήσεων.

Διαφαίνεται λοιπόν ότι στο κονστрукτιβιστικό μοντέλο μάθησης προκύπτουν νέοι ρόλοι τόσο για το δάσκαλο όσο και για το μαθητή σε σχέση με ότι ισχύει στο παραδοσιακό τρόπο προσέγγισης της διδασκαλίας. Ο δάσκαλος δεν αποτελεί πλέον τον τροφοδότη της γνώσης αλλά αυτόν του καθοδηγητή και συνερευνητή της γνώσης. Βασική του αποστολή είναι η διαμόρφωση του κατάλληλου πλαισίου και σχολικού κλίματος ώστε να υποβοηθήσει την αλλαγή στις γνωστικές δομές του μαθητή. Ο δάσκαλος λοιπόν θα πρέπει να ενθαρρύνει και να προκαλεί την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης του μαθητή και να του παρέχει ευκαιρίες ώστε να οικοδομεί τη γνώση μέσα από τον πειρατισμό, το στοχασμό, το σχηματισμό υποθέσεων κ.λπ.

Στο πλαίσιο της εποικοδομητικής προσέγγισης έχουν αναπτυχθεί διάφορα διδακτικά μοντέλα. Θα αναφερθούμε σε αυτό που διατύπωσαν οι Driver και Oldham (1985) το οποίο περιλαμβάνει τις εξής φάσεις<sup>1</sup>:

#### **Φάση του προσανατολισμού.**

Πρόκειται για την εισαγωγική φάση πρόκλησης του ενδιαφέροντος των μαθητών, με τις κατάλληλες ερωτήσεις και δραστηριότητες. Οι μαθητές ενημερώνονται για το τι θέμα θα μελετήσουν, ποιες δραστηριότητες θα πραγματοποιηθούν και τον τρόπο με τον οποίο θα εργασθούν. Εγείροντας το ενδιαφέρον των μαθητών τίθενται οι βάσεις για την επίτευξη των στόχων της μαθησιακής διαδικασίας.

#### **Φάση της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών.**

Πρόκειται για την προφορική ή γραπτή έκφραση των ιδεών των παιδιών. Οι ιδέες αυτές καταγράφονται από το διδάσκοντα και ταξινομούνται κατά κατηγορία. Η ανακοίνωση τους στη

<sup>1</sup> Όπως παρατίθεται από τον Π. Κόκκοτα (1998).

τάξη αποτελεί το έναυσμα για την συζήτησή τους στο πλαίσιο μικρών ομάδων. Όπως επισημαίνει ο Π. Κόκκοτας, αυτή η φάση είναι από τις σημαντικότερες της διδακτικής διαδικασίας, όχι μόνο επειδή ο μαθητής εξωτερικεύει τις ιδέες του, αλλά γιατί και ο δάσκαλος γίνεται γνώστης της σκέψης των παιδιών και έτσι μπορεί να επιλέξει τις κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές (Κόκκοτας, 1998, σ. 125).

#### **Φάση της αναδόμησης των ιδεών των μαθητών.**

Πρόκειται για τη φάση που οι μαθητές προχωρούν σε έλεγχο των ιδεών τους με σκοπό να οδηγηθούν στην υιοθέτηση απόψεων συμβατών με το επιστημονικό πρότυπο. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να πειραματιστούν και να διερευνήσουν την λειτουργικότητα και αποτελεσματικότητα των απόψεων που ήδη έχουν διατυπώσει είτε προσωπικά είτε ως ομάδα. Αυτή η έμπρακτη διερεύνηση των μαθητών θα τους οδηγήσει είτε στην επιβεβαίωση των ιδεών τους είτε στη διαπίστωση πως αυτές οι ιδέες αντιφάσκουν με το πειραματικό αποτέλεσμα. Στην πρώτη περίπτωση οι ιδέες αυτές ισχυροποιούνται αλλά και διευρύνονται (Κόκκοτας, 1996, σ. 514). Στη δεύτερη περίπτωση ο μαθητής οδηγείται σε γνωστική σύγκρουση.

Με την εφαρμογή των κατάλληλων έργων ο μαθητής θα βιώσει τη διάσταση του αναμενόμενου, από αυτόν, αποτελέσματος και αυτού που στην πραγματικότητα συμβαίνει, γεγονός που θα τον προετοιμάσει για την επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Την κατάλληλη στιγμή ο εκπαιδευτικός παρέχει την επιστημονική άποψη. Χρειάζεται να επισημάνουμε πως δεν πρέπει να θεωρείται ως αναπόφευκτο γεγονός ότι η γνωστική σύγκρουση θα οδηγήσει στην οικοδόμηση των νέων ιδεών.

Κατά το στάδιο εισαγωγής του επιστημονικού προτύπου έχει ιδιαίτερη σημασία ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η προσφορά της νέας γνώσης. Ο Δ. Ψύλλος κ.α αναφέρουν τρία στοιχεία στα οποία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία κατά την παρουσίαση του επιστημονικού προτύπου (Δ. Ψύλλος, Π. Κουμαράς, Π. Καριώτογλου, 1993, σ. 40):

- «- στη βαθμιαία αύξηση της δυσκολίας του περιεχομένου, που πετυχαίνεται διδάσκοντας πρώτα αντικείμενα και γεγονότα και στη συνέχεια μοντέλα,
- στην ποιοτική αρχικά και ποσοτική στη συνέχεια διαπραγμάτευση εννοιών, αρχών και φαινομένων,
- στην εισαγωγή νέων φυσικών εννοιών ως συνέπεια ευλογοφανούς αναγκαιότητας για τους μαθητές.»

#### **Φάση της εφαρμογής των ιδεών.**

Πρόκειται για την εφαρμογή της νέας γνώσης σε πραγματικές καταστάσεις και στις δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν σε προηγούμενες φάσεις και οδήγησαν τους μαθητές σε γνωστική σύγκρουση. Μ' αυτό τον τρόπο επαληθεύεται η λειτουργικότητα και η αποτελεσματικότητα της νέας γνώσης σε σχέση με τις προγενέστερες ιδέες και επομένως η υιοθέτηση της νέας γνώσης μπορεί να γίνει ευκολότερα.

#### **Φάση της ανασκόπησης.**

Πρόκειται για το μεταγνωστικό στάδιο κατά το οποίο οι μαθητές αναστοχάζονται πάνω στη σημασία της νέας γνώσης που ανακάλυψαν, μέσα από μια διαδικασία σύγκρισης των προηγούμενων ιδεών με αυτές που υιοθετήθηκαν στο τέλος της διδασκαλίας.

### **Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ.**

Τελευταία η ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτρονικής τεχνολογίας δημιουργεί νέους προβληματισμούς και ερωτήματα σχετικά με την εισαγωγή της στην εκπαίδευση, τις νέες δυνατότητες που παρέχει, τους νέους ρόλους που διαμορφώνει αλλά και τα μεθοδολογικά και παιδαγωγικά ζητήματα που προκύπτουν από αυτή τη χρήση. Επειδή ακριβώς ο χώρος της εκπαίδευσης δεν υπάρχει σε ένα κοινωνικό κενό αλλά επηρεάζεται από τις κοινωνικές μεταβολές

και ως ένα βαθμό τις καθορίζει, είναι αδύνατον το εκπαιδευτικό σύστημα να αγνοήσει την τεχνολογική έκρηξη γιατί κάτι τέτοιο θα σήμαινε την ανάπτυξη του ερήμην των κοινωνικών εξελίξεων (βλ. σχ. Βρύζας, 1990).

Από πολλούς αναγνωρίζεται το γεγονός ότι οι υπολογιστές μπορούν να αποτελέσουν ένα ισχυρό εργαλείο στη συλλογή, επεξεργασία και παρουσίαση της πληροφορίας καθώς και στην ανάπτυξη νέων μορφών επικοινωνίας. (Honey & Henríquez, 1993). Η εκπαιδευτική χρήση των Νέων Τεχνολογιών δημιουργεί ένα νέο περιβάλλον μάθησης περισσότερο ελκυστικό και ευχάριστο ((βλ. σχετικά Κεκές & Μυλωνάκου, 2001). Ουσιαστικά πρόκειται για την διαμόρφωση ενός διαφορετικού μαθησιακού περιβάλλοντος όπου τόσο ο ρόλος του εκπαιδευτικού και των μαθητών και η μεταξύ τους σχέση επαναπροσδιορίζονται υπό το φως των νέων συνθηκών και δυνατοτήτων.

Πιο συγκεκριμένα ο μαθητής συμμετέχει ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσα σε ένα διαδραστικό περιβάλλον, καθιστώντας τον ίδιο από παθητικό δέκτη, δημιουργό της πληροφορίας και της γνώσης.

Η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στο Σχολείο διαφοροποιεί και το ρόλο του εκπαιδευτικού προσδίδοντας του έναν χαρακτήρα διαμεσολαβητικό και καθοδηγητικό σε μια διαδικασία βιωματικής προσέγγισης της γνώσης (Ιδρυμα Μελετών Λαμπράκη, 2001). Βέβαια το ερώτημα που εγείρεται σ' αυτό το σημείο σχετίζεται με τον τεχνολογικό αλφαριθμητισμό των εκπαιδευτικών, την γνώση των δυνατοτήτων που προσφέρουν οι υπολογιστές και των παιδαγωγικών προβλημάτων που ανακύπτουν από τη χρήση τους.

Επικεντρώνοντας την προσοχή μας στις δυνατότητες επικοινωνίας και μάθησης που παρέχει το διαδίκτυο (internet) θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε ως βασικό χαρακτηριστικό του την απρόσκοπτη πρόσβαση σε πολλές και διαφορετικές πηγές γνώσεων (βάσεις δεδομένων, βιβλιοθήκες, εικονικά εργαστήρια κλπ) και μάλιστα στο πλαίσιο μιας ισοτιμίας και ισότητας, ανεξαρτήτως κοινωνικής θέσης ή ταξικής προέλευσης, ακυρώνοντας τον κοινωνικό και ταξικό χαρακτήρα της γνώσης.

Φαίνεται λοιπόν ότι το διαδίκτυο διαμορφώνει εναλλακτικούς τρόπους επικοινωνίας δίνοντας την δυνατότητα στους μαθητές να ασκηθούν στην ανεύρεση της πληροφορίας, στην διασταύρωση και την αξιολόγησή της, καθώς και στην απόκτηση νέων δεξιοτήτων όπως να διαχειρίζεται κριτικά την πληροφορία και να εργάζεται ομαδικά.

Το διαδίκτυο παρέχει όλα όσα χρησιμοποιούνται σήμερα στην διδασκαλία όπως κείμενα, εικόνα, φωτογραφία, video, μουσική, ζωγραφική. Μόνο που τώρα η αναζήτησή τους γίνεται εύκολα και ευχάριστα, εντάσσονται στην διδασκαλία με έναν παιγνιώδη τρόπο και επιπλέον προσφέρεται η δυνατότητα της διαδραστικής συμμετοχής του μαθητή. Το ζητούμενο είναι η σωστή ενσωμάτωση της δικτυακής τεχνολογίας στην διδακτική πράξη ώστε να προκύπτει αβίαστα η διαμόρφωση ενός χώρου προσωπικής έκφρασης και δημιουργίας των μαθητών (Γ. Κοντογιαννοπούλου-Πολυδωρίδη, 1992)

Στην παρούσα εισήγηση θα παρουσιάσουμε μια πρόταση διδασκαλίας μιας ενότητας της φυσικής, του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, με τη χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή και την αξιοποίηση των δυνατοτήτων που παρέχει το Διαδίκτυο, υιοθετώντας τα μεθοδολογικά και παιδαγωγικά κριτήρια που θέτει η εποικοδομητική προσέγγιση ανασκευής και «επιστημονικοποίησης» της εμπειρικής – βιωματικής γνώσης των μαθητών, έτσι ώστε η νέα γνώση να μην είναι μια ανεξάρτητη δομή αλλά να εντάσσεται πλήρως στο ήδη υπάρχον γνωστικό πλαίσιο των μαθητών. Κυρίαρχη θέση στην προτεινόμενη προσέγγιση κατέχει η προσφορά του γνωστικού αντικείμενου σε ένα περιβάλλον διαδραστικό και η ανάπτυξη ενός κλίματος ομαδοσυνεργατικής μάθησης.

Αναζητώντας τους λόγους για τους οποίους μπορούμε να θεωρήσουμε τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή και την διαδικασία της προσομοίωσης ως περισσότερο ευέλικτο μέσο σε σχέση με το παραδοσιακό πείραμα μπορούμε να επισημάνουμε τα εξής:

Μπορεί να επιτευχθεί η προσομοίωση φαινομένων και καταστάσεων που είναι αδύνατον να προσεγγίσουμε με πείραμα στο σχολικό εργαστήριο (π.χ. η εξερεύνηση του μικρόκοσμου),

δίνοντας τη δυνατότητα στο μαθητή, μέσα από μια ευχάριστη διαδικασία που περιλαμβάνει εικόνα, ήχο κλπ. να αλληλεπιδράσει δημιουργικά. Στην αναπαράσταση που πραγματοποιείται, το επίπεδο απλότητας το καθορίζουν όχι οι τεχνικοί περιορισμοί αλλά παιδαγωγικά κριτήρια που σχετίζονται με το επίπεδο ανταπόκρισης των μαθητών. Επίσης προσφέρεται η δυνατότητα εισαγωγής διαφορετικών παραμέτρων – μεταβλητών στην πειραματική διαδικασία, σταθεροποίησης ή μεταβολής τους κατά περίπτωση παρέχοντας έτσι μια συνολική και ολοκληρωμένη εικόνα του υπό εξέταση φυσικού φαινομένου.

Πολύ σημαντική θα πρέπει να θεωρήσουμε την εξοικείωση των μαθητών με την ποικιλία των μεθοδολογικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται στις φυσικές επιστήμες υπερβαίνοντας έτσι την προβολή και χρήση μόνο του μοντέλου του εμπειρικού – επαγωγικού συλλογισμού (B. Κουλαΐδης, Ν. Ράπτης, 1992). Ακόμη επιτρέπει την συγκριτική μελέτη των παρατηρήσεων που προέρχονται από το σχολικό πείραμα και αυτών που μπορεί ο μαθητής να αναζητήσει και να συλλέξει από διάφορες βάσεις δεδομένων.

Ειδικότερα για τα προγράμματα προσομοίωσης έχει επισημανθεί από πολλούς ερευνητές η συμβολή τους στην προαγωγή της εννοιολογικής αλλαγής. Οι μαθητές μπορούν να εξετάσουν τις βασικές επιστημονικές έννοιες που εισάγει το πρόγραμμα και να τις συγκρίνουν με τις δικές τους απόψεις. Έτσι μπορούν να διατυπώνουν και να ελέγχουν υποθέσεις ανασκευάζοντας τις ιδέες τους επιλύοντας έτσι την ασυμφωνία που προκύπτει (Tao P. - Gunstone R. 1999, Zietsman A. – Hewson P. 1986).

Εξετάζοντας τη χρήση των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών με παιδαγωγικά κριτήρια επισημαίνουμε τις ευκαιρίες που δίνονται για εξατομίκευση της διδασκαλίας για την ανάπτυξη της συνεργατικής μάθησης και την εξοικονόμηση διδακτικού χρόνου.

Η επιτυχία της διδακτικής προσέγγισης εξαρτάται από τη σωστή προετοιμασία. Οι μαθητές θα πρέπει να έχουν ενημερωθεί για το τι περιλαμβάνει ακριβώς η διαδικασία με την οποία θα ασχοληθούν, θα γνωρίζουν τους στόχους της πορείας διδασκαλίας, θα έχουν χωριστεί σε ομάδες και θα έχουν αποκτήσει μια εξοικείωση με τον Η/Υ. Ο δάσκαλος θα πρέπει να έχει μελετήσει τη σχετική βιβλιογραφία και να γνωρίζει τις αρχικές ιδέες των παιδιών σχετικά με τον ηλεκτρισμό και το ηλεκτρικό κύκλωμα (βλ. σχετ. Summers M. et, al., 1998, Psillos et. Al, 1987, Κουμαράς κ.αλ., 1990). Επίσης θα πρέπει να έχει ετοιμάσει τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, να έχει προεπιλέξει τις ιστοσελίδες και να έχει ετοιμάσει τα φύλλα εργασίας που θα δοθούν στις ομάδες.

#### **ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ**

Πρόθεσή μας είναι σ'αυτή την εργασία να παρουσιάσουμε την διδασκαλία : Προσέγγιση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος μέσα από ένα μοντέλο προσομοίωσης από τη Φυσική της Ε' τάξης, με βάση τις παραδοχές του εποικοδομητισμού για τη γνώση, τη μάθηση και τη διδασκαλία, αξιοποιώντας τις ιδέες των μαθητών.

#### **ΣΤΟΧΟΙ**

Οι μαθητές/ριες:

- Να αναπτύξουν νοητικά μοντέλα σε μικροσκοπικό επίπεδο για το ηλεκτρικό ρεύμα, ως προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων.
- Να μπορούν να αιτιολογούν την άποψή τους για το τι είναι τάση και αντίσταση σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Να αντιλαμβάνονται τη σχέση της τάσης, της έντασης και της αντίστασης, ως μεγεθών του ηλεκτρικού κυκλώματος και να προβλέπουν τη φωτοβολία του λαμπτήρα με βάση το μοντέλο του πειράματος προσομοίωσης.

## ΦΑΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

### Επίδειξη του πραγματικού πειράματος

Γίνεται μια σύντομη σύνδεση της γνώσης που αποκτήθηκε στα προηγούμενα μαθήματα, για τον τρόπο κατασκευής ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.

Στη συνέχεια με την όσο το δυνατόν πιο ενεργή συμμετοχή των μαθητών εκτελείται η επίδειξη του πραγματικού πειράματος. Συνδέουμε ένα λαμπάκι με διαφορετική κάθε φορά τάση – ξεκινώντας από 0 Volt έως και 9 Volt – και παρατηρούμε πώς φωτοβολεί.

### Εισαγωγή του νοητικού μοντέλου

Μέσα από τη συζήτηση και τις ιδέες των μαθητών, για τον τρόπο λειτουργίας του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, καταλήγουμε σε ένα νοητικό μοντέλο ερμηνείας του πειράματος, το οποίο οπτικοποιούμε και σχεδιάζουμε στον πίνακα ή προβάλλουμε με τον βιντεοπροβολέα για να έχουν οι μαθητές άμεση αντίληψη.

### Εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου μέσα από μοντέλο προσομοίωσης

Εικονικά εργαστήρια:

<http://www.mste.uiuc.edu/users/Murphy/LightBulb/default.html>

<http://www.mste.uiuc.edu/users/Murphy/Resistance/default.html>

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες δύο (2) ή και περισσότερων ατόμων και κάθονται στους υπολογιστές, όπου έχουμε ήδη αποθηκευμένο από το διαδίκτυο το μοντέλο της προσομοίωσης. Ο δάσκαλος εξηγεί τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου και αυτοί, με βάση το φύλλο εργασίας, καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους.

### Ανακοίνωση των παρατηρήσεων από τις ομάδες - συζήτηση

Οι ομάδες ανακοινώνουν τις παρατηρήσεις που έκαναν, σύμφωνα με το Φύλλο Εργασίας, και γίνεται καταγραφή τους στον πίνακα της Τάξης ή με τη χρήση βιντεοπροβολέα.

### Εξαγωγή συμπερασμάτων

Μέσα από τη συζήτηση εξάγονται τα συμπεράσματα και οι μαθητές οδηγούνται στην κατανόηση του επιστημονικού μοντέλου λειτουργίας του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, καταγράφοντας τα βασικά σημεία (τάση, αντίσταση) στο φύλλο Εργασίας τους.

### Ανατροφοδότηση

Εκτελείται ξανά το πραγματικό πείραμα από τους μαθητές με την επίβλεψη του δασκάλου ή από το δάσκαλο με τη συμμετοχή των μαθητών.

### Εικαστική προσέγγιση

Οι μαθητές καλούνται να απεικονίσουν εικαστικά το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Με τη διδασκαλία αυτής της ενότητας μέσα από ένα μοντέλο προσομοίωσης έχουμε αλλαγή του ρόλου που επιτελεί ο δάσκαλος. Με αλλαγή του μοντέλου διδασκαλίας περνάμε σε μια αποκέντρωση της εξουσίας του δασκάλου, με παράλληλη διευκόλυνση της εργασίας των ομάδων και το συντονισμό της εργασίας όλων των ομάδων στην τάξη. Οι μαθητές οικοδομούν τη νέα γνώση και αναπτύσσουν την κριτική σκέψη, μέσα από τη συνεργατική και βιωματική δράση.

Παράλληλα αποκτούν επιπλέον δεξιότητες και επιτυγχάνεται ο τεχνολογικός τους αλφαριθμητισμός. Δίνεται η δυνατότητα παρουσίασης του μικρόκοσμου, μέσα από προσομοίωση σε υπολογιστή, κάτι που δεν θα μπορούσε να γίνει με άλλο συμβατικό τρόπο.

Έχουμε διαθεματική προσέγγιση της διδασκόμενης ύλης, μέσα από τα Φυσικά, την Πληροφορική, τη Γλώσσα, τα Μαθηματικά και την Εικαστική Αγωγή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βοσνιάδου Σ. (1994), Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία. Στο Βοσνιάδου Σ. (επιμ.) *Κείμενα Εξελικτικής Ψυχολογίας*, Β' τόμος: Σκέψη. Gutenberg, Αθήνα.
- Βοσνιάδου Σ., Brewer W.F.(1994), Θεωρίες Αναδιοργάνωσης της Γνώσης. Στο Βοσνιάδου Σ. (επιμ.) *Κείμενα Εξελικτικής Ψυχολογίας*, Β' τόμος: Σκέψη. Gutenberg, Αθήνα.
- Βρύζας Κ. (1990) «Μέσα επικοινωνίας και εκπαίδευση», *Σύγχρονη Εκπαίδευση* τεύχ. 51, Μαρτ.-Απρ. 1990, σ.77-89
- Driver R., Guesne E., Tiberghien A., (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα, Εκδ. Τροχαλία – Ε.Ε.Φ.
- Driver R. (1995), *Constructivist Approaches to Science Teaching*. Στο Steffe L., Gale J.(ed), *Constructivism in Education*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood – Robinson V.(1998), *Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Εκδόσεις Τυποθήτω, Γιώργος Δαρδανός,, Αθήνα.
- Duit R.(1995), *The Constructivist View: A Fashionable and Fruitful Paradigm for Science Education Research and Practice*. Στο Steffe L., Gale J.(ed), *Constructivism in Education*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Εικονικά εργαστήρια στο διαδίκτυο:  
<http://www.mste.uiuc.edu/users/Murphy/LightBulb/default.html>  
<http://www.mste.uiuc.edu/users/Murphy/Resistance/default.html>
- Honey, M., & Henríguez, A. (1993), *Telecommunications and K-12 Education: Findings from a National Survey*. NY: Center for Technology in Education, Bank Street College of Education.
- Ίδρυμα Μελετών Λαμπράκη (2001), *Παρατηρητήριο της Εκπαίδευσης, Νέες Τεχνολογίες της Πληροφορίας στη Σχολική Εκπαίδευση*, Αθήνα, σ. 94.
- Κεκές Ι. – Μυλωνάκου Η. (2001), «Διαδίκτυο (Internet) και Μάθηση. Οι Στρατηγικές για την «πλοήγηση» και η διδακτική τους αξία.» *Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Επιθεώρηση Επιστημονικών και Παιδαγωγικών Θεμάτων*, 5, 92 – 113.
- Κόκκοτας Π.(1996), Διδακτικές στρατηγικές για εννοιολογικές αλλαγές στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Ματσαγγούρας Η. (επιμ.), *Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική Θεώρηση*. Gutenberg, Αθήνα.
- Κόκκοτας Π.(1998), *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η επικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*, Αθήνα.
- Κοντογιαννοπούλου - Πολυδωρίδη Γ. (1992) «Οι εκπαιδευτικές και κοινωνικές διαστάσεις της χρήσης νέων τεχνολογιών στο σχολείο», *Σύγχρονα Θέματα* τεύχ.46-47, Δεκ.1992
- Κουζέλης Γ.(1996), Το Επιστημολογικό Υπόβαθρο των επιλογών της Διδακτικής. Στο Ματσαγγούρας Η. (επιμ.), *Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική Θεώρηση*. Gutenberg, Αθήνα.
- Κουλαΐδης Β. – Ράπτης Ν. (1992) «Ο υπολογιστής ως εργαλείο μάθησης: Η περίπτωση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών», *Νέα Παιδεία*, 61, 141 – 153.
- Κουμαράς Π., Ψύλλος Δ., Βαλασιάδης Ο., Ευαγγελινός Δ. (1990) «Επισκόπηση των απόψεων Ελλήνων μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων», *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, τ. 13, 125-154.

- Psillos D., Koumaras P., Valassiades O. (1987) «Pupils representations of electric current before during and after instruction on D.C. circuits», *Journal Research of Science Technology Education*, 5 (2) 185-199.
- Ραβάνης Κ. (1996), Από τη Γενική Διδακτική στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Παιδαγωγική συνέχεια και Επιστημολογική ασυνέχεια. Στο Ματσαγγούρας Η. (επιμ.), Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική Θεώρηση. Gutenberg, Αθήνα.
- Ραβάνης Κ. (1997), Συγκρουσιακές διδακτικές διαδικασίες: από τις περιγραφικές στις συστηματικές όψεις. Το παράδειγμα της Οπτικής. Στο Καλκάνης Γ. (επιμ.), Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία στην Α' βάρθμα Εκπαίδευση. Ανακοινώσεις Διημερίδας, 7 – 8 Φεβ. 1997, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 84 – 89.
- Ράπτης Α. (2001) Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας. Τόμος Α' και Β'
- Summers M., Kruger C., Mant J. (1998), "Teaching electricity effectively in the primary school: a case study", *International Journal of Science Education*, Vol. 20, No. 2, 153-172.
- Tao P. - Gunstone R. (1999), "Conceptual change in science through collaborative learning at the computer", *International Journal of Science Education*, Vol. 21, No. 1, 39-57.
- ΥΠ.Ε.Π.Θ. - Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2001) Διαθεματικό Εκπαιδευτικό Υλικό για την Ενέλικτη Ζώνη Τεύχος Β' Τάξεις Ε' ΣΤ' του Δημοτικού Σχολείου. Φυσικές Επιστήμες
- ΥΠ.Ε.Π.Θ. - Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2001) Ερευνώ και Ανακαλύπτω Ε' Τάξη του Δημοτικού Σχολείου.
- ΥΠ.Ε.Π.Θ. - Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2001) Ερευνώ και Ανακαλύπτω με μια ματιά Ε' Δημοτικού.
- Ψύλλος Δ., Κουμαράς Π., Καριώτογλου Π. (1993), Επικοινωνία στην τάξη με συνέρευνα Δασκάλου και Μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση* τ.70, 34 – 42.
- Zietsman A. – Hewson P. (1986), Effect of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning", *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (1), 27-39.