

Ασημίνα Μ. Κοντογεωργίου

Τα γνωσιολογικά εμπόδια και το μοντέλο των
δυναμικών δικτύων

Η εφαρμογή του μοντέλου στην διδακτική αξιοποίηση των ΤΠΕ

ΒΟΛΟΣ 2011

Ασημίνα Μ. Κοντογεωργίου

Τα γνωσιολογικά εμπόδια και το μοντέλο των δυναμικών δικτύων

Η εφαρμογή του μοντέλου στην διδακτική αξιοποίηση των ΤΠΕ

Εκδότης: Ασημίνα Κοντογεωργίου – Παπανικολάου

Άνω Λεχώνια

Βόλος

38500

ISBN: 978-960-92999-3-0

Εισαγωγή

Το θεωρητικό πλαίσιο, που αναλύεται στην παρούσα εργασία αποτελείται από τις αρχές που αφορούν στην έννοια του ‘Εμποδίου’ που συνδέθηκε με αυτήν του ‘Στόχου – Εμποδίου’, ως θεμελιώδες δομικό συστατικό των διαδικασιών μάθησης και στα ‘δυναμικά δίκτυα’ των εμποδίων. Τα δίκτυα αυτά παρέχουν μια ευρεία και σαφή θεώρηση των συνδέσεων των νοητικών παραστάσεων των μαθητών με τα εμπόδια και συνεισφέρουν στην πραγμάτωση της εννοιολογικής αλλαγής.

Το πλαίσιο αυτό συγκροτήθηκε από τη γαλλική ερευνητική ομάδα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Institut National de Recherche Pédagogique (I.N.R.P.), με στόχο τη διδακτική επεξεργασία των εμποδίων των μαθητών στην εννοιολογική περιοχή των μεταβολών της ύλης (Astolfi and Peterfalvi 1993, 1997, Peterfalvi 1997, 2001, Plé 1997, Vérin and Peterfalvi 1994).

Τα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, που προέκυψαν από την υλοποίηση της πρότασης, σε σχολικές τάξεις της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στη Γαλλία αποτέλεσαν το έναυσμα για την υιοθέτηση και εφαρμογή του ίδιου θεωρητικού πλαισίου στις εννοιολογικές περιοχές του φαινομένου του θερμοκηπίου και της θερμότητας στην Ελλάδα (Σκουμιάς και Χατζηνικήτα 2000, Σκουμιάς 2005, Χατζηνικήτα 2001α, β, Χατζηνικήτα κ. α. 1997, Χρηστίδου 1997).

Στην παρούσα εργασία έγιναν ορισμένες τροποποιήσεις στην εφαρμογή του, μέσω του μοντέλου των δυναμικών δικτύων, ώστε κεντρικό τμήμα των διδακτικών παρεμβάσεων να αποτελεί η αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού, που θα σχεδιάζεται με αφετηρία τα διαπιστωμένα από την έρευνα «εμπόδια» για την εννοιολογική αλλαγή.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εφαρμογής των Δυναμικών Δικτύων για τη Διδακτική επεξεργασία πέντε εννοιολογικών εμποδίων που συνδέονται με την διδασκαλία του Κβαντικού Ατομικού Μοντέλου (ΚΑΜ), με την αξιοποίηση ενός ισχυρά αλληλεπιδραστικού περιβάλλοντος Εικονικής Πραγματικότητας του «Κβαντικού Ατόμου», που σχεδιάστηκε για τη Διδακτική παρέμβαση.

1. Το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης

Ο εποικοδομητισμός είναι ένα σύνθετο ρεύμα, που διαχέεται από τη φιλοσοφία μέχρι την ψυχολογία, με απόψεις αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους. Όμως κοινή αφετηρία όλων των τάσεων είναι ότι η γνώση κατασκευάζεται από κάθε άτομο διαμέσου προσωπικών (Kelly 1955, Piaget 1968) ή κοινωνικών (Vygotski 1978) δραστηριοτήτων κατά την διάρκεια της προσπάθειάς του να κατανοήσει τον κόσμο (Biggs 1996).

Η εποικοδομητική αντίληψη για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σχετίζεται με σύγχρονες, υπό διαμόρφωση, ερευνητικές τάσεις που αναπτύσσονται στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, αλλά παραμένει ακόμη ασαφής ως προς τη φύση και τα χαρακτηριστικά της, δεδομένου ότι εμπλέκονται ερευνητές από διαφορετικές θεωρητικές αφετηρίες και με διαφορετική αντίληψη για την πρακτική εφαρμογή των ερευνητικών πορισμάτων (Κολιόπουλος 2001).

Εμπλοκή διαφορετικών γνωστικών πεδίων και φιλοσοφικών προσεγγίσεων συναντά κανείς και στη συζήτηση που αφορά την *εννοιολογική αλλαγή*, η οποία καταλήγει στη διατύπωση μιας μεγάλης ποικιλίας αλληλοσυγκρουόμενων πολλές φορές θεωρήσεων. Όμως η ανάλυση του ζητήματος μας οδηγεί στην ανάγκη διαπραγμάτευσης των νοημάτων, ώστε να επιτύχουμε την εγκατάσταση επικοινωνίας και τελικά την κατανόηση (Κουλαϊδής 1994).

Η Βοσνιάδου (1994) θεωρεί ότι οι έννοιες είναι ενσωματωμένες σε μεγαλύτερες θεωρητικές δομές που τις περιγράφει με τους όρους ‘προϋποθέσεις’, ‘πεποιθήσεις’ και ‘νοητικά μοντέλα’. Οι δομές αυτές δρουν ως περιορισμοί στον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύουμε τις παρατηρήσεις μας και τις πληροφορίες που παίρνουμε στο πολιτισμικό πλαίσιο που ζούμε, και είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία παρανοήσεων (misconceptions).

Ένα σημαντικό όμως ερώτημα που αφορά την εξέλιξη της εννοιολογικής αλλαγής είναι τι συμβαίνει με τις αρχικές νοητικές δομές, αντικαθίστανται από τις επιστημονικές ή συνυπάρχουν δημιουργώντας δύο διαφορετικά ερμηνευτικά συστήματα; Η Duit (1999) παρατηρεί ότι ‘οφείλουμε να επιμείνουμε στο γεγονός πως δεν υπάρχει ούτε μία μελέτη μέσα στις δύο μεγάλες βιβλιογραφικές έρευνες για τις αντιλήψεις (conceptions) των φοιτητών (Carmichael et al. 1990, Pfund et Duit 1999), στην οποία μια αντίληψη αγκιστρωμένη σε βάθος να έχει εξαφανισθεί εντελώς για να αντικατασταθεί από μια καινούρια ιδέα.

Το καλύτερο που έχουμε πετύχει είναι μια ‘περιφερειακή’ αντικατάσταση. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα από διδακτικές στρατηγικές εποικοδομητικού τύπου είναι ενθαρρυντικά (Tiberghen 2002).

Η γνωστική σύγκρουση είναι μια από τις ιδέες που κληρονομήθηκαν από τον εποικοδομητισμό του Piaget και προέβλεπε τη γνωστική αναδόμηση του μαθητευόμενου και την πρόκληση εννοιολογικής αλλαγής. Η ιδέα αυτή είχε εξ αρχής πολλούς αντιπάλους, στο μέτρο που διέκριναν ότι κατά τη γνωστική σύγκρουση, ο μαθητής ενεργοποιεί τοπικές στρατηγικές (που αφορούν σε ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο), για να διορθώσει τις ασυνέπειες, που δεν οδηγούν σε πιο θεμελιώδεις μεταβολές αναγκαίες για την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών (Vosniadou 1999).

Οι απλές γνωστικές συγκρούσεις προκύπτουν, όταν στο αντιληπτικό πεδίο δημιουργούνται αντιπαραθέσεις μεταξύ προβλέψεων ή εκτιμήσεων των διδασκόμενων και διαπιστώσεών τους, οι οποίες πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των διδακτικών δραστηριοτήτων. Οι Hewson και Hewson (1984) προσδιόρισαν τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες οι διδασκόμενοι οδηγούνται στην αναγνώριση των γνωστικών συγκρούσεων και σχηματοποίησαν τα ενδεχόμενα αποτελέσματά τους. Για να είναι σε θέση να προσδιορίσουν ότι δύο συλλογισμοί βρίσκονται σε αντίθεση, είναι αναγκαίο (Ραβάνης 2001):

1. Να κατανοούν τους συλλογισμούς αυτούς
2. Να έχουν συγκροτήσει στη σκέψη τους τις αναγκαίες παραμέτρους, οι οποίες να επιτρέπουν τη σύγκριση των δύο συγκρουόμενων συλλογισμών.

Οι στρατηγικές γνωστικής σύγκρουσης είναι αποτελεσματικά εργαλεία στην διδασκαλία για να συμβεί η *εννοιολογική αλλαγή* (Duit 1999). Αν και υποδεικνύονται διαφορετικές μέθοδοι και τεχνικές, όλες περιλαμβάνουν τα τέσσερα βασικά στάδια που προτείνονται από τους Nussbaum και Novick (1982) (Davis 2001):

1. Ανάδειξη των αυθόρμητων νοητικών παραστάσεων των μαθητών
2. Συζήτηση και αξιολόγηση αυτών
3. Δημιουργία γνωστικής σύγκρουσης με αυτές
4. Ενθάρρυνση και καθοδήγηση για την εννοιολογική αναδόμηση (εννοιολογική αλλαγή).

Συνοψίζοντας θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ως βασικό χαρακτηριστικό του *επικοινωνιακού μοντέλου διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*, που άρχισε να αναπτύσσεται στην δεκαετία του 1980 (Driver κ.ά. 1993), τη δημιουργία *γνωστικής σύγκρουσης* για να επιτευχθεί η *εννοιολογική αλλαγή*, η οποία αναφέρεται σε συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.

2. Οι νοητικές παραστάσεις των διδασκομένων

Ο ρόλος των αισθήσεων και της προσωπικής εμπειρίας στην κατανόηση των φυσικών φαινομένων απασχόλησε τόσο την επιστημολογική όσο και την ψυχολογική σκέψη (Ραβάνης 1999). Από επιστημολογική άποψη, ο G. Bachelard (1980), μελετώντας την εξέλιξη της επιστημονικής σκέψης στην ιστορική της διάσταση, διαπίστωσε ότι η αυθόρμητη βιωματική σκέψη, που συγκροτείται στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον είναι βυθισμένη στην πλάνη, στη συγκέντρωση αντιληπτικών δεδομένων που πραγματοποιείται χωρίς συστηματική αφαιρετική επεξεργασία, στη σχηματοποίηση που δεν οδηγεί στην προσέγγιση, την ερμηνεία και την κατανόηση του φυσικού κόσμου. Έτσι, η βιωματική γνώση αντί να διευκολύνει τη γνωστική συγκρότηση ορθώνει εμπόδια, αντί να απελευθερώνει τη σκέψη την εγκλωβίζει (Ραβάνης 2003).

Άλλωστε, την ιδέα της οικοδόμησης φαινομένων του φυσικού και του κοινωνικού περιβάλλοντος μέσω παραστατικών μηχανισμών της νόησης οι οποίοι έρχονται σε αντίθεση με τα μοντέλα ερμηνείας των ειδικών από διάφορες επιστημονικές περιοχές επιβεβαίωσαν χωρίς εξαιρέσεις διαφορετικές γνωστικές ψυχολογικές θεωρήσεις για την μάθηση (Ραβάνης 2003). Τα παιδιά ακόμη και σε μικρή ηλικία, μέσα από τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, αλλά και με την κοινωνική επαφή με τους μεγαλύτερους και κυρίως από την δική τους γλωσσική έκφραση οικοδομούν ένα ευρύ φάσμα ιδεών για το πώς λειτουργεί ο κόσμος.

Οι ιδέες αυτές είναι ασυνείδητες και δεν εξωτερικεύονται, παρά μόνο όταν μέσα από ειδικά σχεδιασμένες παρεμβάσεις οι ειδικοί της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών καταφέρουν να τις φέρουν στην επιφάνεια. Είναι προσωπικές και μένουν σχεδόν αμετάβλητες, από την παραδοσιακή διδασκαλία, ακόμη και όταν δεν είναι σύμφωνες με τα πειραματικά αποτελέσματα (Driver κ.ά. 1993). Είναι όμως δυνατό να παραμένουν όχι μόνο μετά τη διδασκαλία, αλλά και μετά την ενηλικίωσή τους (Viennot, 1979). Δεν είναι απλές παρανοήσεις, αλλά συγκροτούν ερμηνευτικά δίκτυα, που δημιουργούνται από τους μηχανισμούς που οι διδασκόμενοι από νωρίς διαθέτουν για την ερμηνεία του κόσμου που τους περιβάλλει. Οι αντιλήψεις αυτές τους φαίνονται ως προφανείς και λογικές, εκπλήσσονται δε όταν διαπιστώσουν ότι άλλοι μαθητές ή οι διδάσκοντες δεν τις συμμαρίζονται ως αυτονόητες.

Συνοπτικά διακρίνουμε τα χαρακτηριστικά των προσωπικών ή αυθόρμητων νοητικών κατασκευών των διδασκομένων από αυτά των επιστημονικών ως ακολούθως: Οι πρώτες είναι μη συνειδητές, άρρητες, ατομικές, τοπικές (περιοχή ισχύος περιορισμένη και μη καθορισμένη), μη ευέλικτες και επικεντρωμένες σε αντικείμενα, τις ιδιότητες και τις λειτουργίες τους, ενώ οι δεύτερες είναι συνειδητές, ρητές, αποδεκτές από μια κοινότητα, γενικές (περιοχή ισχύος καθορισμένη), ευέλικτες, επικεντρωμένες σε συστήματα, μεγέθη και νόμους που τα περιγράφουν (Lemeignan et Weil-Barais 1997).

Στη διεθνή βιβλιογραφία διάφοροι όροι χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις αντιλήψεις των μαθητών, που διαφοροποιούνται από αυτές των επιστημόνων και των ειδικών σε ένα γνωστικό αντικείμενο όπως *διαισθητικές ιδέες* ή *διαίσθηση* οπότε δηλώνουν την καταγωγή των ιδεών αυτών, *αναπαραστάσεις*, *αυθόρμητες ιδέες* και *κοινές γνώσεις* αν το ενδιαφέρον εστιάζεται στον κοινωνικό χαρακτήρα της γνώσης, *πρωταρχικές απόψεις*, *προ-αντιλήψεις*, *a priori ιδέες*, *πριν από τη διδασκαλία αντιλήψεις* και *αρχικές παραστάσεις*, όταν επισημαίνεται η χρονική στιγμή κατά την οποία μελετώνται, *λανθασμένες αντιλήψεις* και *εναλλακτικές ιδέες* ή *απόψεις* ή *εναλλακτικό πλαίσιο* αν δίνεται βαρύτητα στον λανθασμένο χαρακτήρα της γνώσης και *γνωστικές δομές* ή *μοντέλα των παιδιών* όταν τονίζεται η οργάνωση των ιδεών (Weil-Barais 1985, Lemeignan et Weil-Barais 1997, Driver κ.ά. 1993, Ραβάνης 2003).

Η ποικιλία αυτή των όρων οφείλεται στο γεγονός ότι τα με τα προβλήματα μάθησης ασχολούνται επιστήμονες, οι οποίοι προέρχονται από διαφορετικές επιστημονικές περιοχές. Αν, όμως κάτι ενοποιεί τις διαφορετικές αυτές προοπτικές είναι η σταθερή αναφορά σε αυτό που 'ήδη υπάρχει στη σκέψη', ανεξαρτήτως πώς αυτό προσεγγίζεται και αναλύεται (Ραβάνης 2003).

Επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τον όρο '*νοητική παράσταση*' για τις αντιλήψεις των φοιτητών σχετικά με τα ατομικά μοντέλα, διότι θεωρήσαμε ότι αποδίδει ικανοποιητικά στα ελληνικά τον όρο 'representation', ο οποίος στην αγγλική και γαλλική βιβλιογραφία χρησιμοποιείται σαν συνώνυμος και με τον όρο 'conception', αλλά με την διάσταση της σκέψης και όχι της επιστήμης. Εξ άλλου, απομακρύνεται από τον όρο '*ιδέες*' που παραπέμπει σε νοήματα με κοινωνιολογικό περιεχόμενο και '*αντιλήψεις*', ο οποίος στην ελληνική αλλά και στη διεθνή ορολογία σημαίνει την πρόσκτηση αισθητηριακών μόνο δεδομένων (perceptions). Διαφοροποιείται επίσης από τον όρο '*εναλλακτικές ιδέες*' και '*εσφαλμένες αντιλήψεις*', οι οποίοι δεν θα έπρεπε να θεωρούνται ως οι πλέον κατάλληλοι, διότι ο πρώτος δηλώνει επιθυμητές ιδέες, που

μπορούν να υποκαταστήσουν ισοδύναμα κάποιες άλλες και στην περίπτωση της Διδακτικής δε συμβαίνει αυτό, ενώ ο δεύτερος συγκρίνει τις νοητικές κατασκευές με τις επιστημονικές έννοιες πράγμα που από επιστημολογική άποψη είναι χωρίς νόημα. Ο όρος *‘νοητική παράσταση’* θεωρείται γενικότερος και περιλαμβάνει τις *‘προτασιακές παραστάσεις’* και τις *‘νοητικές εικόνες’*.

Οι *‘προτασιακές παραστάσεις’* μπορούν να εκφράζονται λεκτικά και να αναφέρονται σε διαφορετικά επίπεδα γενικότητας και να διατυπωθούν με περισσότερους από έναν τρόπους. Είναι ανεξάρτητες νοητικές οντότητες, που κατασκευάζονται εσωτερικά και ασυνείδητα από το άτομο και *‘μεταφράζονται’* στη φυσική γλώσσα μέσω του γραπτού ή του προφορικού λόγου (Atkinson et al. 1981, Χατζηνικήτα και Χρηστίδου 2001).

Η *‘νοητική εικόνα’* είναι μια ολοκληρωμένη και συνεπής αναπαράσταση ενός γεγονότος ή αντικειμένου, πολλές φορές από μια συγκεκριμένη οπτική γωνία. Μπορούμε να εφαρμόσουμε νοητικούς χειρισμούς όμοιους κατά κάποιο τρόπο με αυτούς που εφαρμόζουμε σε συγκεκριμένα φυσικά αντικείμενα: περιστροφή, επέκταση, εστίαση σε περιορισμένη περιοχή, μεγέθυνση, σύγκριση διαφορετικών εικόνων. (Χατζηνικήτα και Χρηστίδου 2001).

Περιγράφοντας στη συνέχεια τις νοητικές παραστάσεις των φοιτητών θα συμπεριλαμβάνουμε σε αυτές τις *προτασιακές παραστάσεις* και τις *νοητικές τους εικόνες*.

3. Τα εμπόδια και το μοντέλο των δυναμικών δικτύων

Όταν οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών συγκροτούν συνεκτικά ερμηνευτικά συστήματα τα οποία διαφέρουν ποιοτικά από αυτά που προτείνει η διδασκαλία (σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης), τότε μια κατάλληλη, και ίσως η περισσότερο συχνά εφαρμοζόμενη στρατηγική για την οικοδόμηση των νέων εννοιών είναι η διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών αποσταθεροποίησης και γνωστικής σύγκρουσης.

Πρόκειται για μια στρατηγική που έχει στόχο βαθύτερες εννοιολογικές αναδιαρθρώσεις αναγνωρίζοντας τη σαφή επιστημολογική τομή ανάμεσα στις νοητικές παραστάσεις των μαθητών και την επιδιωκόμενη σχολική γνώση (Κολιόπουλος 2001).

Στην προοπτική επίσης της εποικοδομητικής μάθησης ο J. L. Martinand (1986, 1989) αντιμετωπίζει τον καθορισμό διδακτικών στόχων με μια διαφορετική οπτική από αυτή της συμπεριφοριστικής θεωρίας. Προτείνει την έννοια του 'στόχου – εμποδίου', προσεγγίζοντας τη θεώρηση του Bachelard (1975, 1980) για την έννοια του 'εμποδίου', η οποία παραπέμπει σε όλους εκείνους τους γνωστικούς, εμπειρικούς, ψυχολογικούς ή επιστημολογικούς περιορισμούς οι οποίοι παρεμβάλλονται σε κρίσιμες στιγμές της μαθησιακής διαδικασίας και υψώνουν ανυπέρβλητα φράγματα στις μαθησιακές και διδακτικές διαδικασίες (Ραβάνης 2003). Ουσιαστικά η ιδέα του δίνει απάντηση στο ερώτημα 'πότε ένα στόχος έχει διδακτικό ενδιαφέρον'. Δίνει έτσι τη δυνατότητα να οργανωθεί μία διδακτική παρέμβαση με βάση την επιλογή στόχων – εμποδίων, των οποίων η υπέρβαση θεωρείται δυνατή και σημαντική για την οικοδόμηση της σχολικής εκδοχής του συγκεκριμένου γνωστικού αντικειμένου.

Το εμπόδιο έχει ένα πιο γενικό χαρακτήρα συγκρινόμενο με τις νοητικές παραστάσεις, των οποίων αποτελεί ένα είδος 'σκληρού πυρήνα' (Peterfalvi 1995). Έτσι η επεξεργασία ενός εμποδίου επιφέρει τροποποίηση των συνδεδεμένων με αυτό νοητικών παραστάσεων, ενώ δεν ισχύει πάντα το αντίστροφο. Η συγκρότηση δηλαδή διδακτικών καταστάσεων, που αποσκοπούν στη σημειακή υπέρβαση καθεμιάς από τις νοητικές παραστάσεις, δεν συνεπάγεται και την υπέρβαση των εμποδίων από τις οποίες πηγάζουν. Είναι δυνατόν να τροποποιηθούν ορισμένες από τις νοητικές παραστάσεις μολονότι το σχετιζόμενο εμπόδιο παραμένει ενεργό.

Οι Astolfi και Peterfalvi (1993) παρατηρούν ότι οι μαθητές ή οι φοιτητές εμφανίζουν μια μεγάλη ποικιλία αυθόρμητων νοητικών παραστάσεων, που σχετίζονται με κάποιο φαινόμενο ή έννοια. Ο συσχετισμός αυτών των νοητικών παραστάσεων οδηγεί στον καθορισμό του στόχου – εμποδίου, που ευθύνεται για τη δημιουργία τους και οι οποίες ερμηνεύουν την τάση των διδασκόμενων να μην τις εγκαταλείπουν εύκολα.

Για την διδακτική προσέγγιση της έννοιας του εμποδίου είναι σημαντικό να αναφέρουμε μερικά από τα κύρια συστατικά της κατά Bachelard και τις επιπτώσεις τους στη διδακτική επεξεργασία των εμποδίων (Σκουμιός 2005):

- *Η εσωτερικότητα του εμποδίου*

Εάν η νοητική εξέλιξη θεωρείται ως συσσωρευτική διαδικασία γνώσεων, αποδίδεται στο εμπόδιο ένας περισσότερο εξωτερικός χαρακτήρας. Σύμφωνα όμως με τον Bachelard (1980) το εμπόδιο εμφανίζεται στο εσωτερικό της πράξης του γινώσκειν και επομένως η στρατηγική που θα ακολουθηθεί είναι απαραίτητο να στοχεύει στην εμφάνισή του και όχι στην αποφυγή του.

- *Η θετικότητα του εμποδίου*

Στην παραδοσιακή παιδαγωγική, η έννοια του εμποδίου τείνει να είναι φορτισμένη αρνητικά, το λάθος εξομοιώνεται με την έλλειψη και ως στόχος τίθεται η αποφυγή του εμποδίου. Αν και ο Bachelard χαρακτηρίζει κατ' αρχήν τα εμπόδια ως αρνητικά, ταυτόχρονα αναγνωρίζει μια θετική διάσταση στην αρνητική λειτουργία τους. Το εμπόδιο είναι κατάμεστο από εμπειρικές γνώσεις και αποτελεί μάρτυρα των διαδικασιών σκέψης του ατόμου.

Η διδακτική στρατηγική που θα ακολουθηθεί δεν πρέπει να στοχεύει στην προσθήκη νέων γνώσεων, αλλά στην επεξεργασία αυτών που ήδη κατέχουν οι διδασκόμενοι, στο πλαίσιο μιας διαδικασίας αποδόμησης αυτών των γνώσεων. Το εμπόδιο δεν αποτελεί τόσο μια νοητική 'δυσκολία', αλλά μια νοητική 'ευκολία' στη σκέψη του διδασκόμενου και γι' αυτό το χρησιμοποιεί.

- *Ο επαμφοτερίζων χαρακτήρας του εμποδίου (εργαλείο / εμπόδιο)*

Στο βαθμό που το εμπόδιο δεν είναι κενό, αλλά γεμάτο γνώσεις, υπάρχει κίνδυνος να θεωρηθεί ως ένα παγιωμένο 'αντικείμενο', το οποίο αποτελεί ένα τρόπο σκέψης, που πρέπει να απορριφθεί από μόνος του. Η θεώρηση αυτή αποσιωπά μια σημαντική διά -

σταση του εμποδίου, τη λειτουργία του. Το εμπόδιο λειτουργεί ως εργαλείο γι' αυτό που το χρησιμοποιεί για να επιλύει προβλήματα μέσα σε ένα ορισμένο πλαίσιο.

Το εμπόδιο γίνεται πλέον εργαλείο – εμπόδιο και η θεώρηση αυτή συντελεί στην επιλογή μιας διδακτικής στρατηγικής, που θα στοχεύει στον προσδιορισμό των ορίων εφαρμογής των γνώσεων του μαθητή και στην εμφάνιση μιας νοητικής ‘δυσκολίας’ στη σκέψη του (δημιουργία νοητικής σύγκρουσης), προκειμένου να αρχίσει η διαδικασία της εννοιολογικής αναδόμησης του εμποδίου.

- *Η εκ των υστέρων αναγνώριση του εμποδίου*

Το εμπόδιο δεν αναγνωρίζεται παρά μόνο εκ των υστέρων. Κατά τον Bachelard μόνο η εκ των υστέρων μελέτη των λαθών του παρελθόντος, μπορεί να μας επιτρέψει να τα αναγνωρίσουμε ως λάθη.

Η διδακτική στρατηγική που θα ακολουθηθεί είναι απαραίτητο να αφιερώνει αρκετό χρόνο στη διαδικασία αναγνώρισής του από τους διδασκόμενους, ώστε να το αναγνωρίζουν, όποτε αυτό εμφανίζεται.

- *Η πολυμορφία του εμποδίου*

Η συγκρότηση των εμποδίων δεν περιορίζεται αποκλειστικά στο γνωστικό πεδίο, αλλά δέχεται πιθανώς επιρροές και άλλων πεδίων, όπως το συναισθηματικό, το κοινωνικό και το μυθικό.

Στο πλαίσιο μιας διδακτικής προσέγγισης θα περιοριστούμε στο γνωστικό πεδίο, αλλά μπορούμε να επικαλεστούμε τις άλλες διαστάσεις του εμποδίου προκειμένου να ερμηνεύσουμε την πιθανώς περιορισμένη αποτελεσματικότητα των διδακτικών καταστάσεων που στοχεύουν στην επεξεργασία ενός εμποδίου

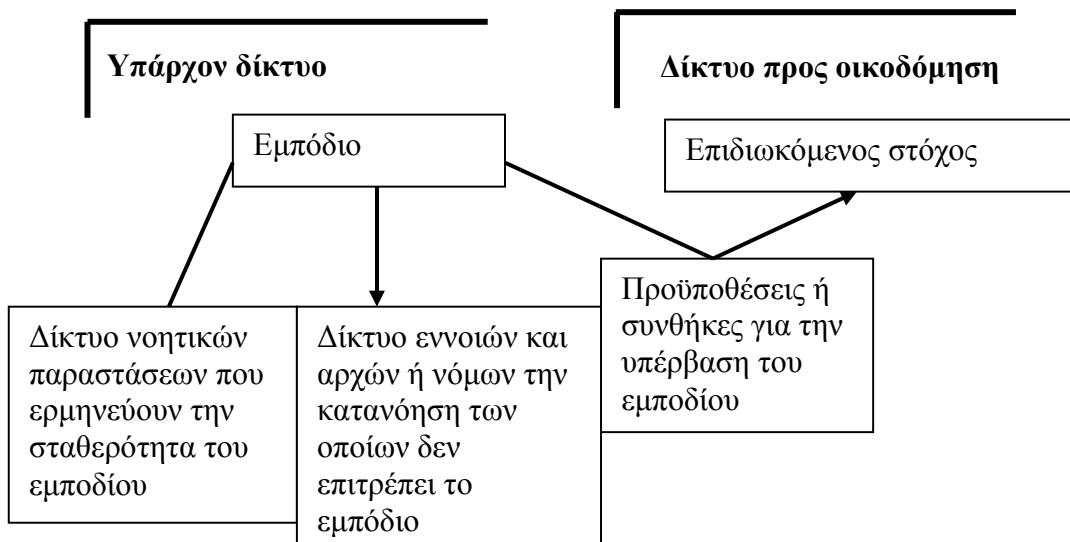
Στο πλαίσιο της έρευνας η οποία σχετίζεται με τη μελέτη των στόχων - εμποδίων, αποδόθηκε ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο στον προσδιορισμό ορισμένων από αυτούς, αλλά στη δημιουργία αλληλουχιών στόχων – εμποδίων, οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν δυναμικά δίκτυα (Ραβάνης 2003). Το μοντέλο των δυναμικών δικτύων προτείνεται από τους Astolfi και Peterfalvi (1993) για την κατανόηση της λειτουργίας των εμποδίων. Η δημιουργία δυναμικών δικτύων αφορά σε ένα ευρύτερο πεδίο συνδεδεμένων μεταξύ τους νοητικών παραστάσεων, οι οποίες συνδέονται με ένα εμπόδιο με πιο γενικό και εγκάρσιο χαρακτήρα (Σκουμιός και Χατζηνικήτα 2000). Τα συστατικά στοιχεία που μπορούμε να διακρίνουμε, σύμφωνα με τους Astolfi και Peterfalvi (1993), σε ένα δυναμικό δίκτυο αναπαριστώνται τροποποιημένα για τις ανά-

γκες της έρευνας στο Σχήμα 4.1 και είναι τα ακόλουθα:

- *Το στόχο – εμπόδιο*, που αντιστέκεται στη μάθηση και μπορεί να είναι επίσης μια προτασιακή νοητική παράσταση ή μια νοητική εικόνα
- *Η επιδιωκόμενη έννοια ή έννοια – στόχος ή προτασιακή νοητική παράσταση ή νοητική εικόνα* συμβατές με την σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης, που είναι ο λογικός αντίποδας του εμποδίου και αναπαριστά τη νοητική πρόοδο, στην οποία στοχεύει η μάθηση
- Ένα *δίκτυο εννοιών και αρχών ή νόμων των Φυσικών Επιστημών* την κατανόηση των οποίων δεν επιτρέπει το εμπόδιο.
- Το *δίκτυο των συσχετιζόμενων αυθόρμητων νοητικών παραστάσεων* που ερμηνεύουν την σταθερότητα του εμποδίου.
- Τις *προϋποθέσεις ή συνθήκες* που πρέπει να εγκαθιδρυθούν προκειμένου να πραγματοποιηθεί η υπέρβαση του εμποδίου και περιλαμβάνουν την τροποποίηση ή δημιουργία μιας νέας νοητικής παράστασης.

Ο στόχος – εμπόδιο, οι αυθόρμητες νοητικές παραστάσεις των φοιτητών και το σύνολο των εννοιών και αρχών, που οι διδασκόμενοι αποτυγχάνουν να κατανοήσουν συγκροτούν το *υπάρχον δίκτυο*, που αναπαριστά την αρχική εννοιολογική κατάσταση τους.

Το δίκτυο προς οικοδόμηση, αποτελείται από τον επιδιωκόμενο στόχο, δηλαδή την έννοια που θα αντικαταστήσει το εμπόδιο και τις συνθήκες που θα συντελέσουν στην υπέρβαση του εμποδίου (Χρηστίδου κ. ά 1997, Χατζηνικήτα 2001β). Η οικοδόμηση της έννοιας - διδακτικός στόχος καθορίζεται από την επιστημονικά τεκμηριωμένη γνώση, ενώ οι συνθήκες για την οικοδόμησή της προκύπτουν από την τροποποίηση υπάρχοντων νοητικών παραστάσεων ή τη δημιουργία νέων. *Το υπάρχον δίκτυο και το προς διδασκαλία δίκτυο* συγκροτούν ένα δυναμικό εννοιολογικό δίκτυο (Verin and Peterfalvi 1994, Χατζηνικήτα κ. ά 1997), που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1 – Δυναμικό δίκτυο / διδακτικής επεξεργασίας εμποδίου – στόχου (Astolfi et Peterfalvi 1993:112)

Συγκρίνοντας μεταξύ τους α) το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας και ειδικότερα τα τέσσερα στάδια μιας διδακτικής στρατηγικής, δια μέσου των οποίων επιτυγχάνεται η υλοποίηση της εννοιολογικής αλλαγής και β) την πρόταση για διδακτική παρέμβαση με τη συγκρότηση των δυναμικών εννοιολογικών δικτύων, συμπεραίνουμε ότι οι δύο ανωτέρω προσεγγίσεις βρίσκονται σε πλήρη αντιστοιχία. Επιπλέον, με την συγκρότηση του δυναμικού δικτύου, με το οποίο συνδέεται ένας στόχος – εμπόδιο, η επιχειρούμενη εννοιολογική αλλαγή συνδέεται με το συγκεκριμένο προς διδασκαλία γνωστικό αντικείμενο.

Εξάλλου οι έρευνες μαρτυρούν ότι η εννοιολογική αλλαγή έχει παροδικά αποτελέσματα όταν συμβαίνει σε τοπικό επίπεδο και για το λόγο αυτό δέχτηκε κριτική η πρόκληση γνωστικών συγκρούσεων στο βαθμό βέβαια που εστιάζει στην άρση μιας νοητικής παράστασης με πολύ συγκεκριμένο περιεχόμενο. Υπάρχουν γενικά αυξημένες πιθανότητες να εμφανιστούν οι ίδιες νοητικές παραστάσεις με αφορμή τη μελέτη μιας νέας κατάστασης, γεγονός που αιτιολογεί τη δυσκολία πρόκλησης μιας μόνιμης εννοιολογικής αλλαγής.

Η ίδια ακριβώς προβληματική εκφράζεται και για την αντιμετώπιση ενός εμποδίου – στόχου. Η Peterfalvi (1995) αναρωτιέται αν θα πρέπει να εστιάσουμε το ενδιαφέρον μας στην αναγνώριση του εμποδίου σε ένα πιο εγκάρσιο επίπεδο ή αντίθετα θα περιοριστούμε στη διδακτική επεξεργασία των τοπικών εκδηλώσεών του. Η Χατζηνικήτα (2001) υποστηρίζει ότι αν περιοριστούμε στη διδακτική αντιμετώπιση

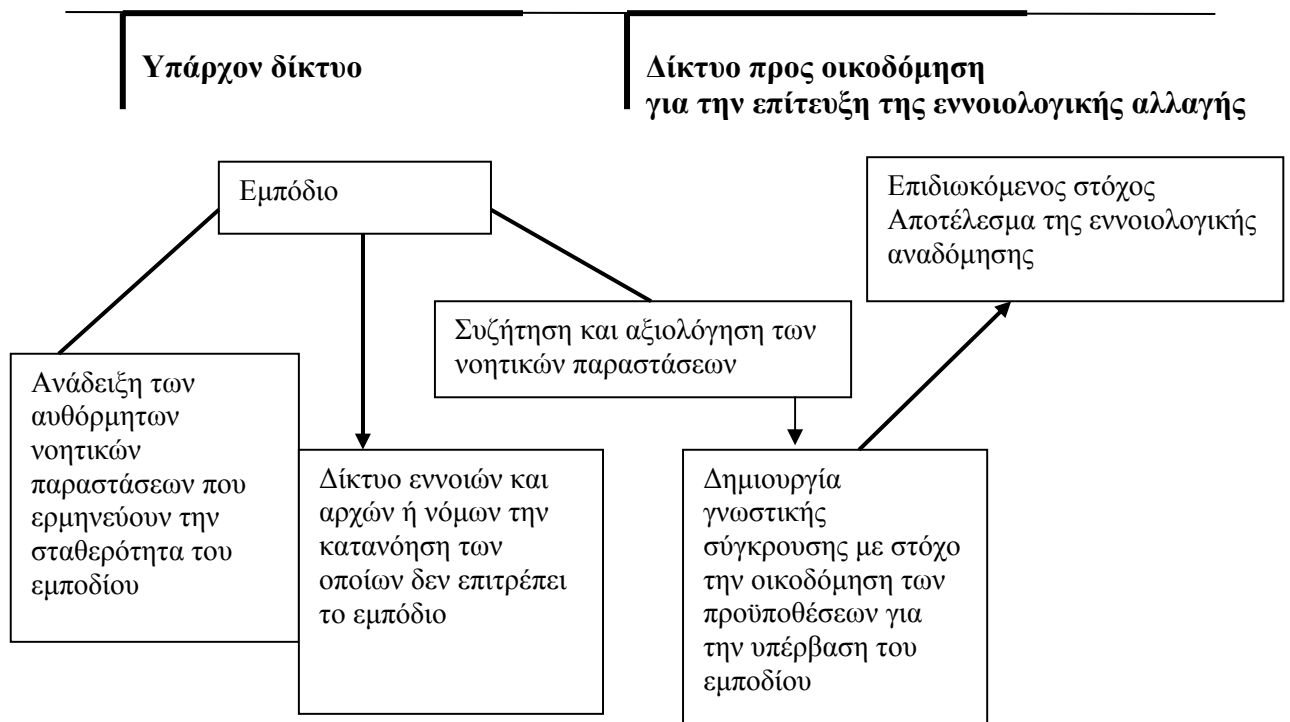
μιας συγκεκριμένης νοητικής παράστασης το αποτέλεσμα συνίσταται στην απλή δημιουργία ‘ρηγματώσεων’ στο εμπόδιο και όχι στην πιθανή υπέρβασή του.

Επομένως ένα κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα του εμποδίου είναι η αντίστασή του στην εννοιολογική αλλαγή. Σ’ αυτό συνηγορούν η λειτουργικότητα του εμποδίου, το ότι έχει ένα χαρακτήρα οικονομίας της σκέψης, το ότι δεν πρόκειται για ένα μεμονωμένο λάθος αλλά για ένα δίκτυο ιδεών, καθώς επίσης και ο γενικός / εγκάρσιος χαρακτήρας του (Σκουμιός 2005), το ότι συνδέεται δηλαδή και με γενικότερους τρόπους σκέψης των διδασκομένων και με ένα σύνολο εννοιολογικών περιοχών των Φυσικών Επιστημών.

Οι M. Larochelle και J. Desautels (1992) αναφέρουν σχετικά με τη δυναμική της λειτουργίας των εμποδίων: ‘Αν η προσοχή στρέφεται στα εμπόδια, δεν είναι γιατί είναι λανθασμένα ή ανώριμα, αλλά γιατί είναι ανθεκτικά. Η ωφελιμότητά τους είναι ανάλογη με τη ρεαλιστική τους επιτυχία, μέσα σε ένα δεδομένο πλαίσιο, να διατηρούνται ως δομή και να επιτρέπουν σε κάποιον να λειτουργεί ικανοποιητικά μέσα στο περιβάλλον του’. Αυτό εξηγεί κατά ένα μεγάλο μέρος το γεγονός ότι τα εμπόδια διατηρούνται και ότι παρεμποδίζουν την εννοιολογική εξέλιξη (Σκουμιός 2005).

Σύμφωνα με τους Astolfi και Peterfalvi (1997), τα εμπόδια δεν καταργούνται και δεν θα καταργηθούν ποτέ. Εξ ορισμού, ένα άτομο υποκύπτει και επανέρχεται σε αυτά. Το εμπόδιο επομένως είναι μια συνεχής επανάληψη. Το πέρας της επεξεργασίας ενός εμποδίου – αν μπορεί να υπάρξει πέρας – δεν μπορεί να είναι η υπερπήδησή του. Αυτό που επιδιώκεται είναι η ανάπτυξη της ετοιμότητας του ατόμου ούτως ώστε να αναγνωρίζει το «παιχνίδι» του εμποδίου, έστω και εκ των υστέρων (Peterfalvi 1997 στο Σκουμιός 2005).

Μια γνωστική σύγκρουση, η οποία οργανώνεται για την άρση ενός εμποδίου ως τμήμα ενός συγκροτημένου δυναμικού δικτύου, αναμένεται ότι θα καταλήγει σε εννοιολογική αλλαγή με μάλλον πιο μόνιμο χαρακτήρα. Στο Σχήμα 2 περιγράφουμε μια διδακτική παρέμβαση εποικοδομητικού χαρακτήρα εμπλουτισμένη από τα χαρακτηριστικά βήματα και των δύο προσεγγίσεων.



Σχήμα 2 – Δυναμικό δίκτυο 2 διδακτικής επεξεργασίας εμποδίου – στόχου

4. Ο παρεμβατικός ρόλος του εκπαιδευτικού λογισμικού

Οι δυνατότητες του υπολογιστή στην επεξεργασία και την εκμετάλλευση μεγάλης ποσότητας πληροφορίας διευκολύνουν και παρακινούν τις νοητικές λειτουργίες του μαθητή. Η συμβολή του στην επίτευξη των επιθυμητών μεταβολών στη μαθησιακή διαδικασία εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο που εμπλέκεται στην διδασκαλία του συγκεκριμένου διδακτικού αντικειμένου, από τις μαθησιακές δραστηριότητες που σχεδιάζονται με την χρήση του.

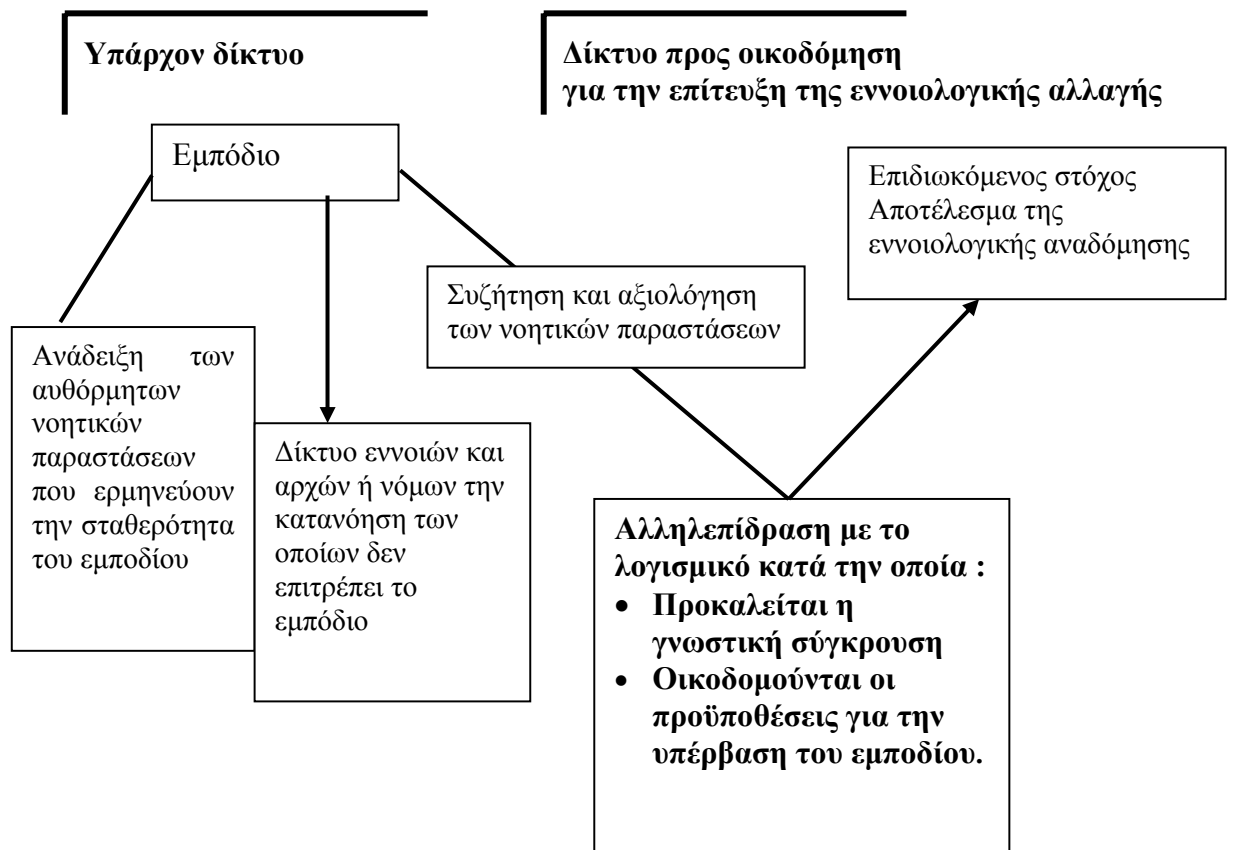
Αν η διδακτική μέθοδος εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες του ηλεκτρονικού υπολογιστή, βοηθά τους διδασκόμενους όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων να εκτελέσουν ορισμένες γνωστικές λειτουργίες και να δημιουργήσουν νοητικές παραστάσεις που προσεγγίζουν τις επιστημονικές. Άλλωστε η κατανόηση επιτυγχάνεται με την σύζευξη αισθήσεων και νόησης και έχει καταγραφεί ότι η μάθηση προέρχεται (Becker 1987, Σιμάτος 1995) : 1% μέσω γεύσης, 1,5 % μέσω αφής, 3,5 % μέσω όσφρησης, 11 % μέσω ακοής και 83 % μέσω όρασης. Τα παραπάνω στοιχεία δεν είναι βέβαια απόλυτα και μεταβάλλονται κατά περίπτωση ανάλογα με το γνωστικό υπόβαθρο και τις ιδιαιτερότητες του καθενός, καθώς και με το περιεχόμενο της πληροφορίας (Μικρόπουλος 2003).

Η χρήση των ΤΠΕ στην τάξη καθορίζεται από τις θεωρίες στις οποίες βασίζεται και η σχεδίαση των αντίστοιχων εκπαιδευτικών λογισμικών. Σύμφωνα με τον Winn (1993) οι θεωρίες αυτές έχουν περάσει τρεις γενιές και σήμερα διανύουμε την τέταρτη η οποία θεωρείται εξέλιξη της τρίτης. Το θεωρητικό μοντέλο στο οποίο βασίζεται η δημιουργία των λογισμικών της τέταρτης γενιάς είναι η εποικοδομητική μάθηση και ένας από τους πλέον σύγχρονους τρόπους υλοποίησης της η ΕΠ (Μικρόπουλος 2003). Η τεχνολογία αυτή 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, όπως αναφέρθηκε στο τρίτο κεφάλαιο.

Η Μπέλλου (2003) υπογραμμίζει, ότι σύμφωνα με το θεωρητικό μοντέλο της κοινωνικής επικοδομητικής προσέγγισης, ο υπολογιστής αναγνωρίζεται ως 'διαμεσολαβητικό εργαλείο' (mediational tool), το οποίο μεταβάλλει τον τρόπο επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης των μαθητών μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους. Ο ακριβής τρόπος με τον οποίο οι υπολογιστές 'διαμεσολαβούν' κατά τη διαδικασία της μάθησης, δεν είναι απολύτως σαφής στη βιβλιογραφία, ούτε υπάρχει απόλυτη συμφωνία μεταξύ των ερευνητών. Ενώ δηλαδή, οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν στο ότι οι υπολογιστές 'υποστηρίζουν' τη μάθηση, δεν υπάρχει συμφωνία ως προς το είδος της 'υποστήριξης'. Οι υπολογιστές απλά 'ενισχύουν' (Jonassen 1992), ή 'αυξάνουν' (Pea 1985, 1993) τις γνωστικές ικανότητες των υποκειμένων; Έχει διατυπωθεί επίσης η άποψη ότι οι υπολογιστές έχουν ένα 'κατάλοιπο φαινόμενο' (residual effect) με την έννοια ότι εφοδιάζουν τους μαθητές με νέα νοητικά εργαλεία, τα οποία μπορούν να δράσουν αποτελεσματικά ακόμα και σε περιβάλλοντα όπου οι υπολογιστές απουσιάζουν (Salomon et al. 1991, Underwood and Underwood 1990, Ράπτης και Ράπτη 2001). Οι διαφορές μεταξύ αυτών των απόψεων είναι σημαντικές, αλλά πολύ πιο σημαντικές είναι οι ομοιότητές τους. Όλες συνδέονται στενά με τη θεωρία του Vygotsky (1978) ότι οι γνωστικές λειτουργίες διεκπεραιώνονται με τη χρήση εργαλείων και με τη συνεργασία με άλλα άτομα.

Προκύπτει επομένως, ως γενικό συμπέρασμα, ότι η χρήση του υπολογιστή και ως διαμεσολαβητικού, αλληλεπιδραστικού εργαλείου, ενεργοποιεί τη διαδικασία της σκέψης των χρηστών και μπορεί να δράσει υποστηρικτικά στην επιχειρούμενη εννοιολογική αλλαγή και κατ' επέκταση στην οικοδόμηση των νοητικών παραστάσεων - στόχων.

Προτείνουμε τον σχεδιασμό κατάλληλων Εκπαιδευτικών λογισμικών, ως αποτέλεσμα έρευνας που θα στοχεύουν στην **εννοιολογική σύγκρουση** κατ' αρχήν και τελικά στην **εννοιολογική αλλαγή** σύμφωνα με τις δραστηριότητες και τα βήματα που περιγράφονται στο Σχήμα 2. Στο Σχήμα 3 εμφανίζεται η τελική μορφή του θεωρητικού πλαισίου που προτείνουμε για την σχεδίαση διδακτικών παρεμβάσεων. Στο χρήστη - διδασκόμενο, ο οποίος αλληλεπιδρά με το πληροφορικό περιβάλλον θα δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την υπέρβαση του εμποδίου, την τροποποίηση των αρχικών νοητικών του παραστάσεων και την οικοδόμηση νέων συμβατών με τον επιδιωκόμενο στόχο (όπως προκύπτουν από την επιστημονικά αποδεκτή γνώση).



Σχήμα 3 – Δυναμικό δίκτυο 3, διδακτικής επεξεργασίας εμποδίου – στόχου

5. Ένα παράδειγμα εφαρμογής του μοντέλου των δυναμικών δικτύων

Από πιλοτική έρευνα (Κοντογεωργίου 2006) προέκυψαν και καθορίστηκαν πέντε εννοιολογικά εμπόδια τα οποία εκφράζουν συνολικά την δυσκολία των φοιτητών του Α΄ Έτους Παιδαγωγικού Τμήματος να μετακινηθούν από την κλασική προσέγγιση του μικρόκοσμου στην περιγραφή του σύμφωνα με την κβαντική θεωρία και να οικοδομήσουν τις αντίστοιχες νοητικές εικόνες. Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση τα αποτελέσματα ερευνών σε ελληνικό και διεθνές επίπεδο συνηγορούν στον καθορισμό των πέντε αυτών εμποδίων ως κομβικών για την υπέρβαση του αιτιοκρατικού τρόπου ερμηνείας της ατομικής δομής της ύλης. Τέλος, η πιο πάνω άποψη ενισχύεται από την ποιοτική ανάλυση του γραπτού λόγου των φοιτητών κατά το πρώτο στάδιο της κύριας έρευνας (Κοντογεωργίου 2006).

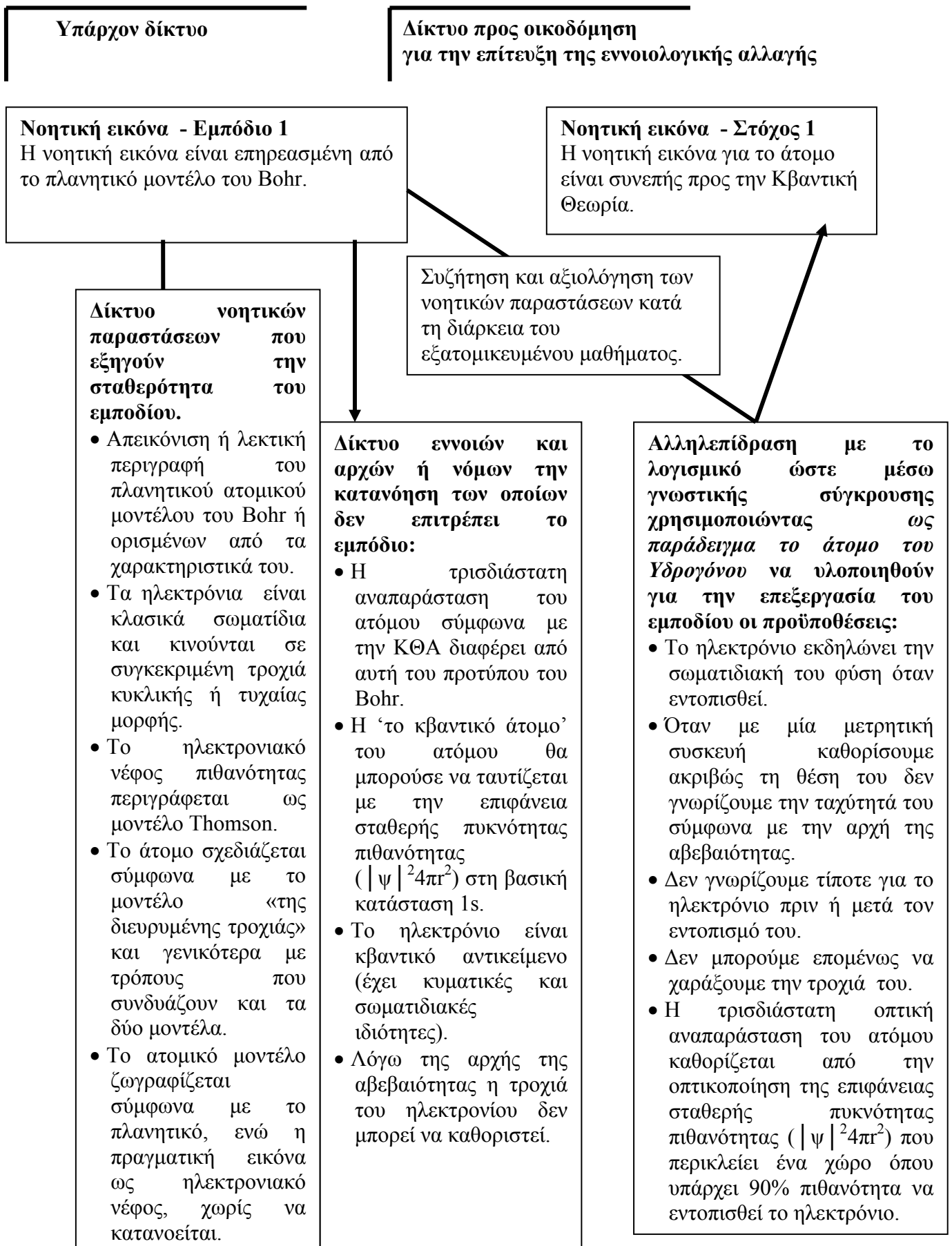
Μετά την αποσαφήνιση των εμποδίων για τη διδακτική τους επεξεργασία ακολούθησε η ολοκλήρωση της συγκρότησης των δυναμικών δικτύων, η οποία είναι οδήγησε στην οργάνωση του εξατομικευμένου μαθήματος με την αξιοποίηση του Εκπαιδευτικού Λογισμικού – Εικονικού Περιβάλλοντος ‘Το Κβαντικό Άτομο’ (Κοντογεωργίου 2006). Τα δυναμικά δίκτυα εμφανίζονται πιο κάτω στην πλήρη μορφή τους.

Στα σχήματα 4 έως 8 εμφανίζονται τα πέντε δυναμικά δίκτυα καθένα από τα οποία αποτελείται από το ‘υπάρχον εννοιολογικό δίκτυο’ και το ‘δίκτυο προς οικοδόμηση για την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής’. Το πρώτο περιλαμβάνει:

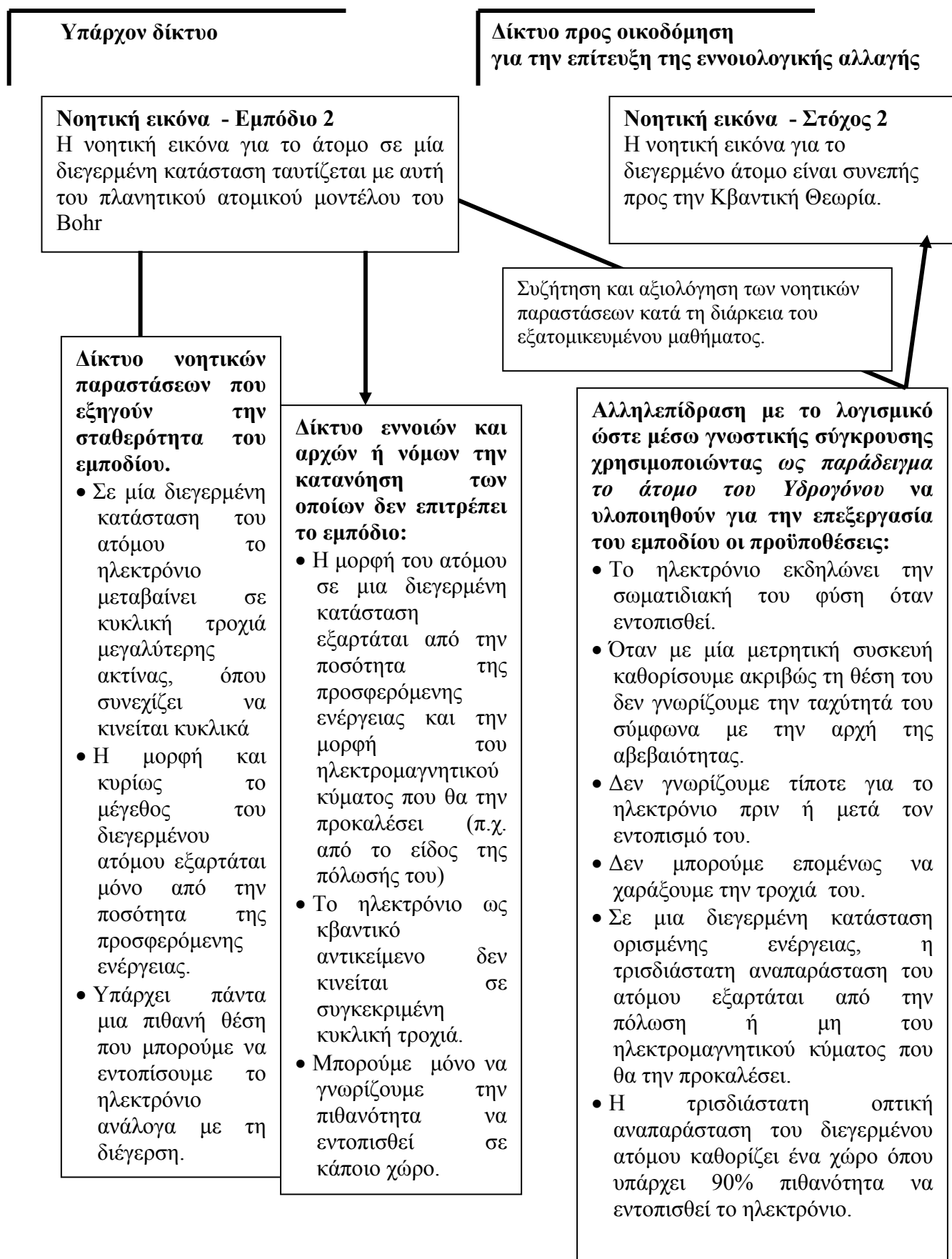
1. Το εμπόδιο
2. το δίκτυο των νοητικών παραστάσεων που εξηγούν την σταθερότητα του εμποδίου μετά την τροποποίησή τους, όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις των φοιτητών στο πρώτο ερωτηματολόγιο
3. Το δίκτυο των εννοιών και αρχών ή νόμων την κατανόηση των οποίων δεν επιτρέπει το εμπόδιο.

Το δεύτερο περιλαμβάνει:

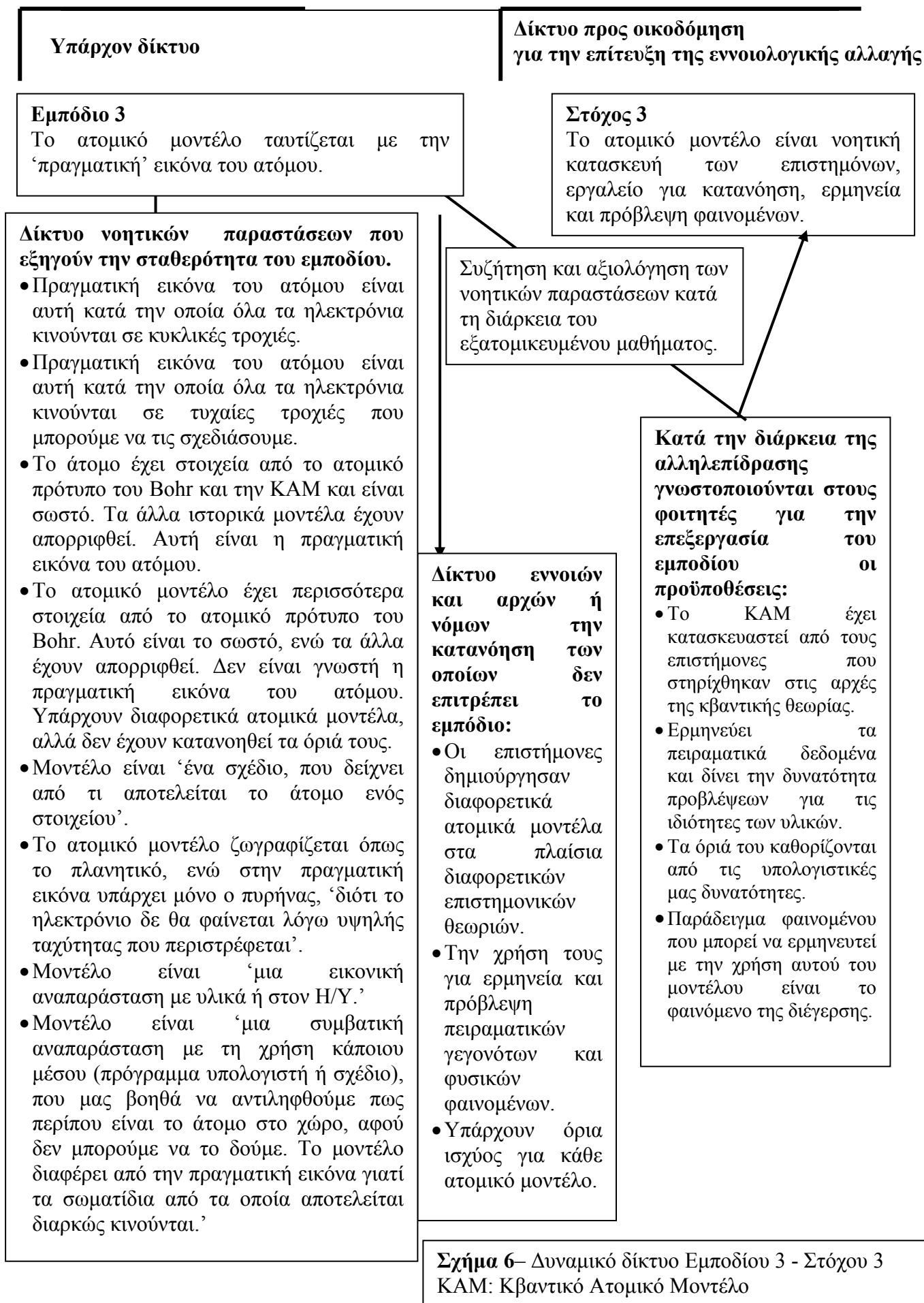
4. Το στάδιο της συζήτησης και αξιολόγησης των νοητικών παραστάσεων κατά τη διάρκεια του εξατομικευμένου μαθήματος που θα ακολουθήσει
5. Τις προϋποθέσεις για την επεξεργασία του εμποδίου, οι οποίες θα υλοποιηθούν μέσω της προκαλούμενης γνωστικής σύγκρουσης κατά την αλληλεπίδραση με το λογισμικό χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα το άτομο του Υδρογόνου
6. Τον επιδιωκόμενο στόχο.

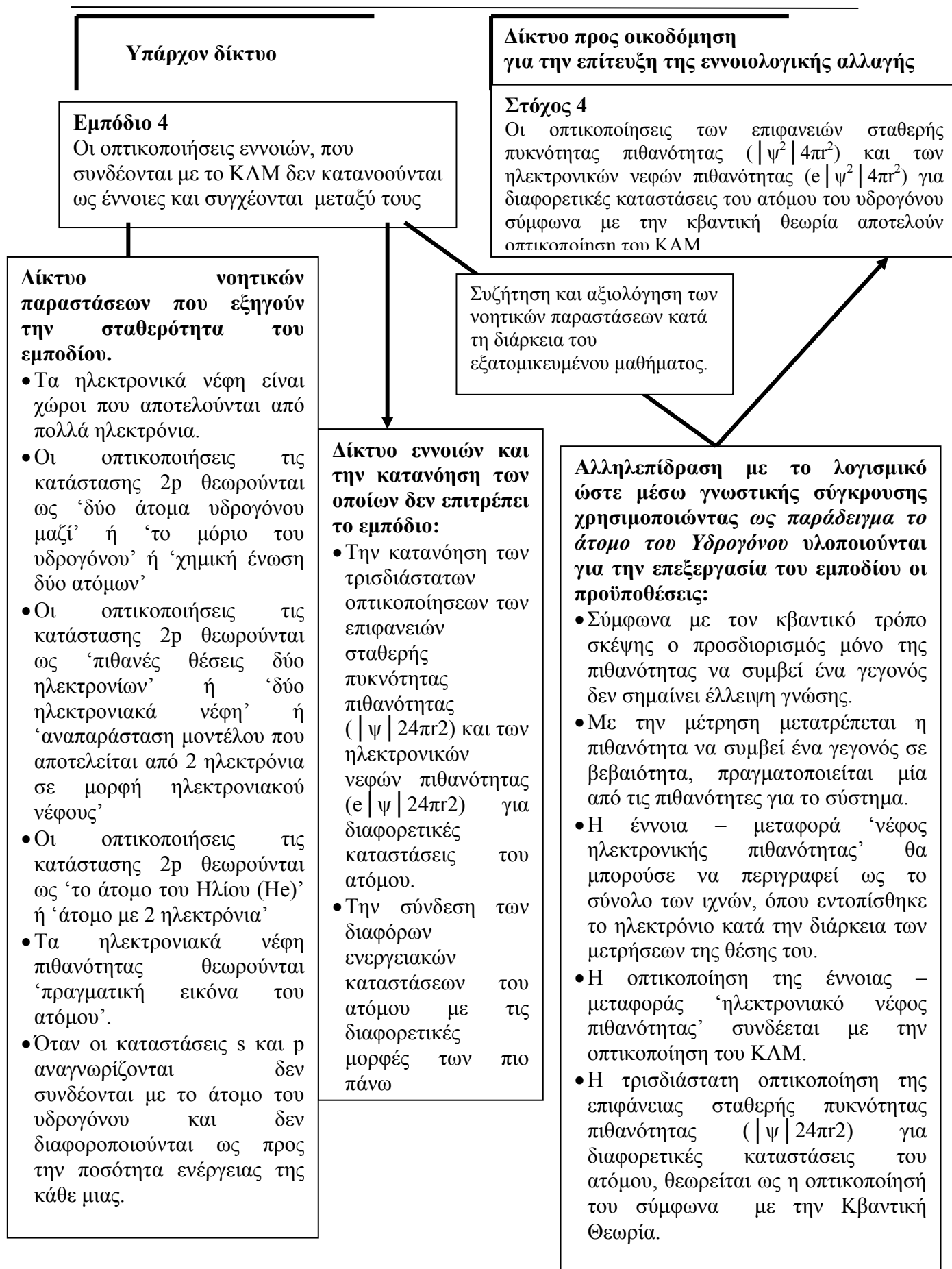


Σχήμα 4 – Δυναμικό δίκτυο Εμποδίου 1 - Στόχου 1

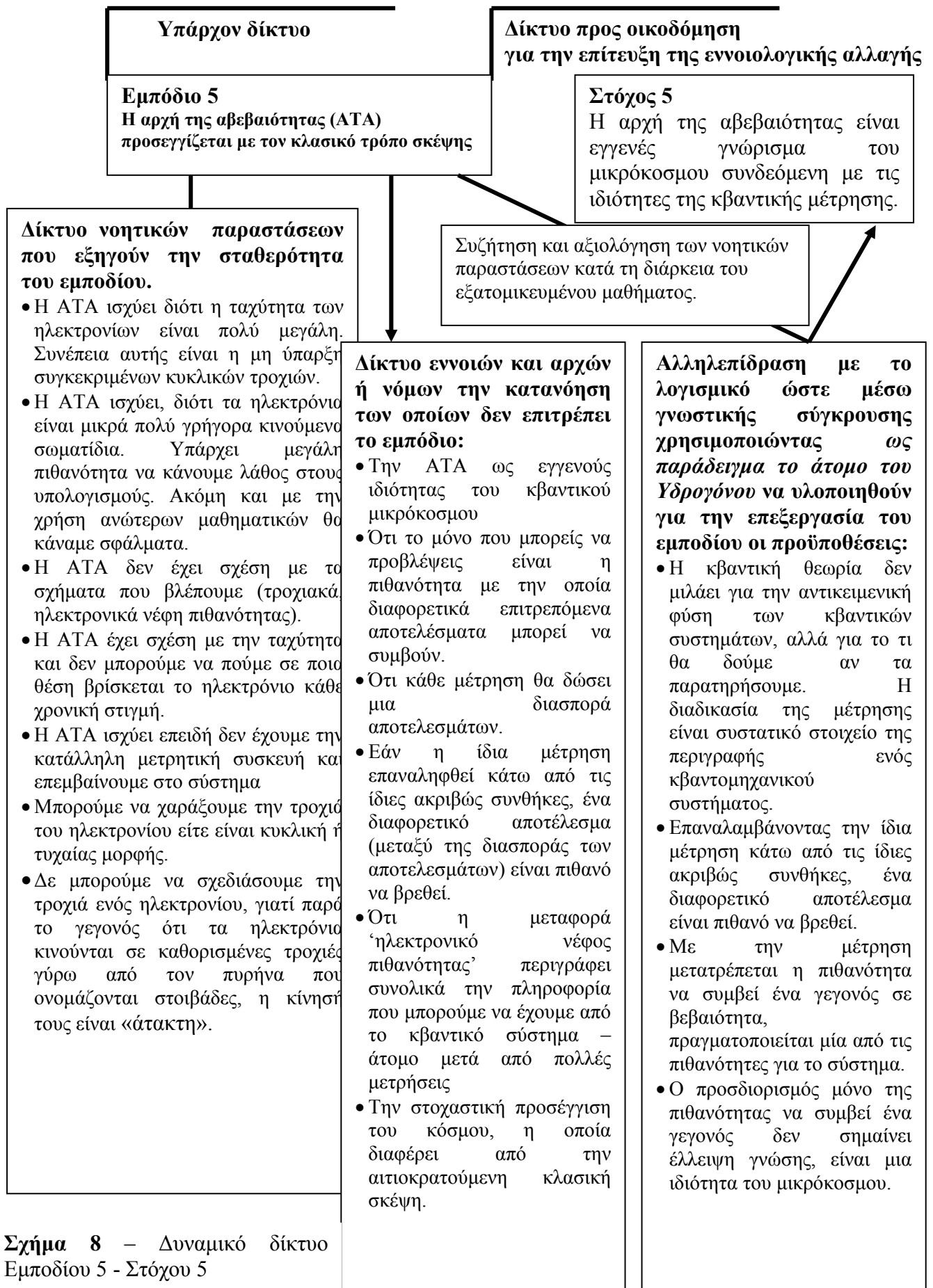


Σχήμα 5 – Δυναμικό δίκτυο Εμποδίου 2 - Στόχου 2





Σχήμα 7 – Δυναμικό δίκτυο Εμποδίου 4 - Στόχου 4



Σχήμα 8 – Δυναμικό δίκτυο Εμποδίου 5 - Στόχου 5

Οι γενικές αρχές για την διδακτική επεξεργασία των εμποδίων καθορίζουν τις νοητικές διαδικασίες που θέλουμε να ενεργοποιήσουμε ή να προκαλέσουμε στους διδασκόμενους οποιασδήποτε εκπαιδευτικής βαθμίδας. Οι αρχές αυτές καθορίστηκαν από τους Astolfi και Peterfalvi (1997) και Peterfalvi (1997). Στη διδακτική παρέμβαση που περιγράφουμε προσαρμόστηκαν για την αξιοποίηση των δυναμικών οπτικοποιήσεων του αλληλεπιδραστικού λογισμικού 'Το Κβαντικό Άτομο' και είναι οι ακόλουθες:

1. *Η επεξεργασία του εμποδίου κατέχει κεντρική θέση στην οργάνωση του εξατομικευμένου μαθήματος και καθοδηγεί τη λογική του αντίστοιχου τμήματος του λογισμικού κατά την σχεδίαση και κατά την αλληλεπίδραση του φοιτητή με αυτό:* Φαίνεται προφανές να επικεντρώνεται η διδασκαλία στην επεξεργασία των εμποδίων, εφόσον αυτός είναι ο στόχος της. Ορισμένες όμως φορές δεν συμβαίνει αυτό γιατί τα εμπόδια συχνά δημιουργούν ένα δίκτυο που περιπλέκει τη διδακτική εστίαση σε αυτά και τα περιορίζει σε δεύτερη μοίρα.
2. *Η ενθάρρυνση για ενεργητική συμμετοχή των φοιτητών στις προτεινόμενες διδακτικές καταστάσεις:* Οι φοιτητές είναι απαραίτητο να εμπλέκονται προσωπικά στην αντιπαράθεση των επιχειρημάτων για την επεξεργασία του εμποδίου, με την προϋπόθεση ότι έχει δημιουργηθεί αίσθηση ασφάλειας για να αρθρώσουν τις νοητικές τους παραστάσεις, ώστε να τις αποσαφηνίσουν να αναστοχαστούν πάνω σε αυτές, να τις επεξεργαστούν και να υιοθετήσουν εκείνες που είναι επιστημονικά αποδεκτές. Οι ισχυρά αλληλεπιδραστικές δυνατότητες των εικονικών περιβαλλόντων εξασφαλίζουν την προσωπική εμπλοκή των διδασκόμενων και διευκολύνουν τα επόμενα στάδια, που περιεγράφησαν πιο πάνω για την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης.
3. *Προοδευτική επεξεργασία του εμποδίου:* Καθώς ο φοιτητής αλληλεπιδρά με τα διάφορα μέρη του λογισμικού επιφέρονται διαδοχικές ρηγματώσεις στα εμπόδια, οι οποίες γνωρίζουμε ότι είναι μερικές και προσωρινές, αλλά με την πρόοδο της διδακτικής παρέμβασης γίνονται διαρκώς πιο μόνιμες.

4. *Πρόκληση αποσταθεροποίησης και αναδόμησης του εμποδίου:* Το πέρασμα από την υπάρχουσα εννοιολογική κατάσταση στην επιδιωκόμενη απαιτεί την αποδόμηση των αρχικών νοητικών παραστάσεων και την αναδόμηση των νέων προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης με τις οποίες ο φοιτητής θα πρέπει να νοιώθει εξ ίσου άνετα όπως και με τις αρχικές. Εάν το πρώτο στάδιο αγνοηθεί από μια διδακτική στρατηγική, η οποία θα επικεντρωθεί κατευθείαν στο δεύτερο, αυτή μακροπρόθεσμα δεν λειτουργεί αποτελεσματικά για την επεξεργασία του εμποδίου. Όπως προκύπτει από τα δυναμικά δίκτυα των εμποδίων που παραθέσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, το στάδιο της αποδόμησης αρχίζει με αφετηρία τις γραπτές απαντήσεις των φοιτητών στο πρώτο ερωτηματολόγιο μετά το ομαδικό μάθημα, με την συζήτηση και αξιολόγηση των νοητικών παραστάσεών τους στην αρχή του εξατομικευμένου μαθήματος. Κατά την αλληλεπίδρασή τους με το λογισμικό η αποδόμηση συνεχίζεται για να ακολουθήσει το στάδιο της αναδόμησης, όπως θα αναλυθεί στην επόμενη παράγραφο.
5. *Απόδοση έμφασης στην εκ των υστέρων αναγνώριση του εμποδίου από τους φοιτητές:* Τελικός στόχος της επεξεργασίας των εμποδίων είναι να αναπτυχθεί η ετοιμότητα του φοιτητή, ώστε να επιτυγχάνει την αναγνώριση των εμποδίων σε νέες καταστάσεις και να είναι σε θέση να ελέγχει τις καινούριες του εκδηλώσεις. Κατά την αλληλεπίδραση με το τελευταίο τμήμα του λογισμικού γίνεται εν μέρει προσπάθεια για να επιτευχθεί και ο στόχος αυτός.

6. Συμπεράσματα

Από την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μετά την αλληλεπίδραση των φοιτητών με το Εκπαιδευτικό Λογισμικό – Περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας προέκυψε ότι:

1. Η νοητική εικόνα των φοιτητών για το άτομο του υδρογόνου, μετά το ομαδικό μάθημα ήταν κυρίως επηρεασμένη από το πλανητικό ατομικό πρότυπο. Μετά τη διδακτική επεξεργασία του Εμποδίου 1 μέσω της αλληλεπίδρασης με το λογισμικό ‘Το Κβαντικό Άτομο’ σε ατομικό επίπεδο η νοητική εικόνα των περισσότερων φοιτητών προσέγγισε τον επιδιωκόμενο Στόχο 1, δηλαδή βρίσκονταν σε συμφωνία με αυτήν της Κβαντικής Θεωρίας. Δύο μήνες αργότερα διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των φοιτητών διατηρούσαν νοητική εικόνα για το άτομο συμβατή με την ΚΘΑ.
2. Η νοητική εικόνα για το διεγερμένο άτομο του υδρογόνου, μετά το ομαδικό μάθημα ήταν κυρίως επηρεασμένη από το πλανητικό ατομικό πρότυπο. Μετά την διδακτική επεξεργασία του Εμποδίου 2 μέσω της αλληλεπίδρασης με το λογισμικό ‘Το Κβαντικό Άτομο’ οι περισσότεροι φοιτητές προσέγγισαν τον επιδιωκόμενο στόχο 2, δηλαδή η νοητική τους εικόνα βρίσκονταν σε συμφωνία με την ΚΘΑ και διαπιστώθηκε ότι δύο μήνες αργότερα εξακολουθούσαν να την διατηρούν.
3. Μετά το ομαδικό μάθημα οι φοιτητές δυσκολεύονταν να διακρίνουν τα ατομικά μοντέλα μεταξύ τους και συχνά ταύτιζαν ένα από αυτά με την ‘πραγματική’ εικόνα του ατόμου. Συνήθως το πλανητικό ατομικό πρότυπο ή την οπτικοποίηση του ηλεκτρονιακού νέφους πιθανότητας. Μετά το εξατομικευμένο μάθημα, αλλά και δύο μήνες μετά, αρκετοί από αυτούς προσέγγισαν το Στόχο 3 και αναφέρονταν σε περισσότερα του ενός ατομικά πρότυπα.
4. Η επεξεργασία του Εμποδίου 4, το οποίο συνδέεται με τις τρισδιάστατες οπτικοποιήσεις των επιφανειών σταθερής πυκνότητας πιθανότητας (isodensity surface) και των ηλεκτρονιακών νεφών πιθανότητας οδήγησε τους περισσότερους από τους φοιτητές σε νοητικές παραστάσεις συμβατές με τον επιδιωκόμενο Στόχο 4, δηλαδή με την ΚΘΑ, τις οποίες από τις απαντήσεις τους στο τρίτο ερωτηματολόγιο, φαίνεται να τις διατηρούσαν και δύο μήνες αργότερα.

5. Η κατανόηση και ερμηνεία της αρχής της αβεβαιότητας που συνδέεται με το εμπόδιο 5. Μετά το ομαδικό μάθημα οι φοιτητές συνέδεαν την αρχή της αβεβαιότητας με τις σωματιδιακές ιδιότητες του ηλεκτρονίου και το σφάλμα στην μέτρηση, όπως έχει διαπιστωθεί και από άλλες έρευνες (Johnston 1998, Olsen 2001). Η επεξεργασία του οδήγησε στην επιτυχή υπέρβασή του σε μεγάλο βαθμό. Δύο μήνες αργότερα η πλειοψηφία των φοιτητών εξακολούθησε να διατηρεί νοητικές παραστάσεις σύμφωνες με την κβαντική θεωρία.

Δεν είναι δυνατό να αναφερόμαστε σε μόνιμη υπέρβαση ενός εμποδίου, η οποία βεβαίως είναι σχεδόν αδύνατον να επιβεβαιωθεί. Το εμπόδιο είναι μια συνεχής επανάληψη. Αυτό που λογικά μπορούμε να επιδιώξουμε είναι να αναπτύξουμε την ετοιμότητα κάποιου ώστε να αναγνωρίζει με διαύγεια το παιχνίδι του εμποδίου (έστω και εκ των υστέρων) (Astolfi and Peterfalvi 1997). Η επεξεργασία του είναι μία διαρκής διαδικασία στην οποία ο διδασκόμενος εμπλέκεται ενεργά.

Μπορούμε, όμως να υποστηρίξουμε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα ενισχύουν την άποψη, ότι η αλληλεπίδραση με εκπαιδευτικά λογισμικά σε εικονικά περιβάλλοντα στα πλαίσια μιας διδακτικής παρέμβασης, όπου δίνεται έμφαση στη διδακτική επεξεργασία των εμποδίων, οδηγεί στην οικοδόμηση νοητικών παραστάσεων συμβατών με τις επιστημονικές σε ικανοποιητικό βαθμό. Δύο μήνες αργότερα οι εμπλεκόμενοι στην έρευνα φοιτητές, φαίνεται να αναγνώριζαν τα εμπόδια και να είχαν μετακινηθεί προς τους επιδιωκόμενους στόχους.

Φαίνεται, επίσης, ότι η συνεισφορά του εκπαιδευτικού λογισμικού είναι θετική, όταν ως διαμεσολαβητικό εργαλείο συνεισφέρει στην δημιουργία νοητικής σύγκρουσης για την έναρξη της διδακτικής επεξεργασίας των εμποδίων και την οικοδόμηση των επιστημονικά αποδεκτών νοητικών παραστάσεων από τους εμπλεκόμενους ενεργά διδασκόμενους.

7. Αναφορές

Astolfi, J. P. et Peterfalvi, B. (1993), Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales, *Aster*, 16, 103 – 141

Astolfi, J. P. et Peterfalvi, B. (1997), Stratégie de travail des obstacles: Dispositifs et ressorts, *Aster*, 25, 193 - 216

Atkinson, R. L., Atkinson, R. C. and Hilgard, E. R. (1981), *Introduction to Psychology*, Harcourt Brace Jovanovich Incorporation

Bachelard, G. (1975), *Le rationalisme appliqué*, Presse Universitaires de France, Paris

Bachelard, G. (1980), *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin, 11ème éd., Paris

Becker, G. E. (ed.)(1987), *Planung von Unterricht, Handlungsorientierte Didaktik Teil I*, Beltz Verlag, Basel

Biggs, J. (1996), Enhancing teaching through constructive alignment, *Higher Education*, 32, 347-364

Carmichael, P., Driver, R., Holdings, B., Phillips, I., Twigger, D. and Watts, M. (1990), *Research on students' conceptions in science: a bibliography*, Leeds: University of Leeds

Davis, J. (2001), Conceptual change, in M. Orey (Eds.), *Emerging perspectives on learning, teaching and technology*,

URL: <http://www.coe.uga.edu/epltt/conceptualchange.htm>

Driver, R.A. (1983), *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open University Press

Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1993), *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*, ΕΕΦ και Τροχαλία, Αθήνα

Duit, R. (1999), Conceptual change approaches in sciences education, in W. Schnotz, S. Vosniadou and M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (263 – 282), Amsterdam: Pergamon Press

Hewson, P. W. and Hewson, M. G. (1984), The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction, *Instructional Science*, 13, 1-13

- Jonassen, D. H. (1992) Evaluating constructivist learning, In T. M. Duffy and D. H. Jonassen (eds) *Constructivism and the technology of instruction*, 138-148, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates
- Kelly, G. (1955), *The Psychology of personal constructs 1 and 2*, New York, Norton), Evolution of the modern photon. *American Journal of Physics*, 57, 27–35
- Kuhn, T. (1970), *The structure of scientific revolution (2nd ed.)*, Chicago: University of Chicago Press
- Larochelle, M. and Desautels, J. (1992), The epistemological turn in science education: The return of the actor, In R. Duit, F. Golberg and H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, (155 – 175), University of Kiel: Institute for Science Education.
- Martinand, J. L. (1986), *Connaître et transformer la matière*, Peter Lang, Berne
- Martinand, J. L. (1989), Des objectifs - capacités aux objectifs - obstacles : deux études des cas, in N. Betnartz and C. Garnier (dir.), *Construction des savoirs, obstacles et conflits*, CIRADE/Agence d' Arc, Ottawa
- Nussbaum, J. and Novick, S. (1982), Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Towards a principled teaching strategy, *Instructional Science*, 11, 183 - 200
- Pea, R. D. (1985), Integrating human and computer intelligence, In E. L. Klein (eds.), *New directions for child development*, 28, *Children and Computers*, 75-96, San Francisco, Jossey-Bass
- Pea, R. D. (1993), Learning scientific concepts through material and social activities: Conversational analysis meets conceptual change, *Educational Psychologist*, 28, 265-277
- Peterfalvi, B. (1995), Activités réflexives d'élèves en classe des sciences: des compétences méthodologiques au travail sur les obstacles, στο A. Giordan, J. L. Martinand, D. Raichvarg, *Actes des XVIIes Journales Internationales sur la Communications, l' Education et la Culture scientifique et Industrielle: Que savons-nous des savoirs scientifiques et techniques?*, Paris: Université Paris VII, 131 - 138
- Peterfalvi, B. (1997), L' indentification d'obstacles par les élèves, *Aster*, 24, 171 – 202
- Peterfalvi, B. (2001), *Obstacles et situations didactiques en sciences: processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière*. Thèse de Doctorat, Université de Rouen

- Pfundt, H. and Duit, R. (1999), *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*, Kiel, Germany: IPN
- Piaget, J. (1968), *Le structuralisme*, Presse Universitaires de France, Paris
- Plé, E. (1997), Transformation de la matière à l'école élémentaire: Des dispositifs flexibles pour franchir les obstacles, *Aster*, 24, 203 - 229
- Salomon, G. (1996), Studying novel learning environments as patterns of change, In S. Vosniadou, E. De Corte, F. Glaser, and H. Mandl (Eds.), *International perspectives*
- Solomon, J. (1993), *Getting to know about energy in school and society*, London: Falmer Press
- Tiberghien, A. (2002), Des connaissances naïves au savoir scientifique, Synthèse commandée par le programme 'École et Sciences Cognitives', UMR GRIC, CNRS – Université Lumière Lyon 2
- Underwood, J. and Underwood, G. (1990), *Computers and Learning*, Oxford, Basil Blackwell Ltd
- Verin, A. and Peterfalvi, B. (1994), Fonctions de l'écriture dans le travail d'obstacles en classe de sciences, in A. Giordan and J. L. Martinand (dir.), *Actes JIES XVI, D.I.R.E.S.*
- Viennot, L. (1979), *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, Hermann, Paris
- Vosniadou, S. (1999), Conceptual change research: State of the art and future directions, in W. Schnotz, S. Vosniadou and M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change (3 – 13)*, Amsterdam: Pergamon Press
- Vygotski, L. S. (1978), *Mind in society: The development of higher psychological processes*, Cambridge Mass: Harvard University Press
- Weil-Barais, A. (1985), L' étude des connaissances des élèves comme préalable à l' action didactique, *Bulletin de Psychologie*, 368, 157 – 160
- Winn, W. (ed.) (1993), *A conceptual basis for educational applications of virtual reality*, HITL University of Washington, <http://www.hitl.washington.edu/publications>
- Βοσνιάδου, Β. (1994), Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία: Παραδείγματα από το χώρο της αστρονομίας, Στο Β. Κουλαϊδής (επιμ.), *Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου*, Αθήνα, Gutenberg, 233 – 261

- Κολιόπουλος, Δ. (2001), Από την πρακτικο-βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: Η εποικοδομητική αντίληψη στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Ελεύθερο Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, τ. Α, 217 – 251
- Κοντογεωργίου, Ασ. (2006), *Η συμβολή της οπτικοποίησης στην κατανόηση και διδασκαλία της ατομικής δομής της ύλης*, Αδημοσέυτη Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Κουλαϊδής, Β. (1994), Όροι και όρια: Φαινομενολογία, αναπαραστάσεις και εννοιολογική αλλαγή, Στο Β. Κουλαϊδής (επιμ.), *Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου*, Αθήνα, Gutenberg, 41 – 69
- Μικρόπουλος, Τ. (εκδ.)(2003), *Εκπαιδευτικό λογισμικό: Θέματα σχεδίασης και αξιολόγησης λογισμικού υπερμέσων*, Κλειδάριθμος, Αθήνα
- Μπέλλου, Ι. (2003), *Εικονικές πραγματικότητες στη γεωγραφική εκπαίδευση: σχεδιασμός, ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση ενός διδακτικού πακέτου για τη διδασκαλία και μάθηση γεωγραφικών εννοιών*, Διδακτορική Διατριβή, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Ραβάνης, Κ. (1999), *Οι φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Διδακτική και γνωστική προσέγγιση*, Τυπωθήτω, Αθήνα
- Ραβάνης, Κ. (2001), Η γνωστική σύγκρουση ως διδακτικό εργαλείο, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Ελεύθερο Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, τ. Α, 253 - 275
- Ραβάνης, Κ. (2003), *Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Νέες Τεχνολογίες, Αθήνα
- Ραβάνης, Κ. (2004), *Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική ηλικία: Διδακτική και γνωστική προσέγγιση*, Τυπωθήτω, Αθήνα
- Σιμάτος, Α. (1995), *Τεχνολογία και Εκπαίδευση*, Πατάκης, Αθήνα
- Σκουμιάς, Μ. και Χατζηνικήτα, Β. (2000), Θερμότητα – θερμοκρασία: Αντιλήψεις μαθητών και εντοπισμός εννοιολογικών εμποδίων, στο Ν. Βαλανίδη (επιμ.) *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου: 'Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση'*, 174 - 183, Λευκωσία, Κύπρος
- Σκουμιάς, Μ. (2005), *Διδακτική επεξεργασία εμποδίων για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας*, Διδακτορική διατριβή, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

- Χατζηνικήτα, Β. Κουλαϊδής, Β. και Χρηστίδου, Β. (1997), Κατασκευή δυναμικού δικτύου 'στόχου – εμποδίου' για μια διδακτικά προσέγγιση: μεταβολές της ύλης, στο Γ. Καλκάνης (επιμ.) *'Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία στην Α' βάρθμια Εκπαίδευση'*, 89 - 94, Αθήνα
- Χατζηνικήτα, Β. και Χρηστίδου, Β. (2001), Πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών: γενικά χαρακτηριστικά, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Ελεύθερο Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, τ. Α, 153 – 188
- Χατζηνικήτα, Β. (2001α), Επιστημονική και καθημερινή γνώση: το επιστημολογικό εμπόδιο, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Ελεύθερο Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, τ. Α, 99 - 127
- Χατζηνικήτα, Β. (2001β), Χρήση εμποδίων και δυναμικών δικτύων στην ανάπτυξη / διαχείριση του διδακτικού υλικού, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Ελεύθερο Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, τ. Β, 335 – 366
- Χατζηνικήτα, Β. και Χρηστίδου, Β. (2001), Πρακτικοβιωματική γνώση μαθητών: γενικά χαρακτηριστικά, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Ελεύθερο Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, τ. Α, 153 – 188
- Χρηστίδου, Β. (1997), *Μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών του Δημοτικού σχολείου για τη μείωση του όζοντος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου*, Διδακτορική Διατριβή, ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα
- Χρηστίδου, Β. Κουλαϊδής, Β. και Χατζηνικήτα, Β. (1997), Δυναμικά εννοιολογικά δίκτυα και εμπόδια στόχοι για μια διδακτική παρέμβαση: η περίπτωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, στο Γ. Καλκάνης (επιμ.) *'Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία στην Α' βάρθμια Εκπαίδευση'*, 15 – 21, Αθήνα

7. Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	2
Το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης.....	5
Οι νοητικές παραστάσεις των διδασκομένων.....	8
Τα εμπόδια και το μοντέλο των δυναμικών δικτύων	11
Ο παρεμβατικός ρόλος του εκπαιδευτικού λογισμικού	18
Ένα παράδειγμα εφαρμογής του μοντέλου των δυναμικών δικτύων	21
Συμπεράσματα	28
Αναφορές.....	30

