

# «Διδακτική αξιοποίηση των εννοιολογικών χαρτών με χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού CmapTools σε Μαθηματικά – Φυσική»

**A. Αντωνίου<sup>1</sup>, E. Καλογερί<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> MSc Φυσικός, 2ο Γυμνάσιο Περάματος  
[antoniou@sch.gr](mailto:antoniou@sch.gr)

<sup>2</sup> MSc Μαθηματικός, 3ο Γυμνάσιο Αργυρούπολης  
[ekaloger@ppp.uoa.gr](mailto:ekaloger@ppp.uoa.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δύο από τα σημαντικότερα προβλήματα που οι Διδακτικές των Μαθηματικών και της Φυσικής καλούνται να αντιμετωπίσουν είναι οι εγγενείς δυσκολίες που προκύπτουν από την ίδια τη φύση των διδακτικών αντικειμένων και η έλλειψη σύνδεσης εννοιών ανάμεσά τους.

Το παρόν σενάριο αποτελεί πρόταση για την ανάπτυξη διαδικασιών συσχέτισης εννοιών τόσο στο εσωτερικό των δύο αυτών διδακτικών αντικειμένων όσο και μεταξύ τους. Έχει επιλεγεί η διδακτική προσέγγιση της «εννοιοκεντρικής διδασκαλίας», η οποία επιδιώκει αρχικά την κατανόηση συγκεκριμένων μεμονωμένων εννοιών στο κάθε διδακτικό αντικείμενο ξεχωριστά και στη συνέχεια επιδιώκει την οριζόντια διασύνδεση μεταξύ τους, αποτελώντας κατ' αυτόν τον τρόπο διεπιστημονική προσέγγιση.

Αναπτύσσονται πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την υλοποίηση του σεναρίου με την χρήση νέων τεχνολογιών και προτείνεται στρατηγική εφαρμογής με το ελεύθερο λογισμικό *cmaptools*.

Παρατίθενται φύλλα εργασίας για την εφαρμογή του σεναρίου στην θεματική περιοχή των κινήσεων, από την πλευρά της φυσικής και των γραμμικών συναρτήσεων, από την πλευρά των μαθηματικών.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εννοιολογικοί χάρτες, εννοιοκεντρική διδασκαλία, *cmaptools*, κινηματική, συναρτήσεις, γραφικές παραστάσεις.

## 1. Η ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ Ο ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Η ανάπτυξη του παρόντος σεναρίου εστίασε σε δύο από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στα Μαθηματικά και τη Φυσική: 1. Στις εγγενείς δυσκολίες που προκύπτουν από τη φύση των διδακτικών αντικειμένων και 2. Στην έλλειψη σύνδεσης εννοιών ανάμεσα σε Μαθηματικά και Φυσική.

Σε σχέση με το πρώτο πρόβλημα, πηγές δυσκολίας για τους μαθητές στα Μαθηματικά αποτελούν η αλυσιδωτή σειρά των εννοιών, η πυραμιδωτή – παραγωγική ανάπτυξή τους, η συνοχή και συνεκτικότητά τους, η ειδική ορολογία και τα αφηρημένα σύμβολα. Η αυστηρότητα και ο φορμαλισμός τους, αποτελούν προβλήματα σύμφυτα με το αντικείμενο, που επιβάλλονται στο μαθητή αφαιρώντας του τη δυνατότητα κατανόησης της φυσιολογικής προέλευσης των μαθηματικών ιδεών (Τουμάσης, 2002). Η κομψότητα, η πειθαρχία, η σαφήνεια και η ακρίβεια στη μαθηματική έκφραση, η αντικειμενικότητα της μαθηματικής γλώσσας και η πυκνότητα στην έκφραση των μαθηματικών νοημάτων που είναι η ωραιότητα και η δύναμη των μαθηματικών είναι και οι αιτίες δυσκολίας τους (Καραγεώργος, 2000). Επίσης οι πρωταρχικές – εμπειρικές γνώσεις των μαθητών από την καθημερινή τους ζωή αποτελούν πολλές φορές ένα ακόμα εμπόδιο στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών (Κολέζα, 2000). Αντίστοιχα προβλήματα στη Φυσική αποτελούν: α) Η φαινομενική αντίφαση μεταξύ βιωματικής εμπειρίας και επιστημονικών νόμων, δηλαδή η απόκλιση που έχουν οι προϋποθέσεις και τα νοησιακά μοντέλα των μαθητών από το επιστημονικά αποδεκτό, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν κάθε μελλοντική μάθηση και έχουν ως χαρακτηριστικό ότι εμφανίζονται σε όλα τα εκπαιδευτικά συστήματα με παρόμοιο τρόπο, ανεξάρτητα δηλαδή από εθνικότητα, κοινωνική τάξη, πολιτισμικό επίπεδο και ηλικία μαθητών (Κασσέτας, 2004). Οι μαθητές έρχονται στο σχολείο με κανόνες και έννοιες που τους υπαγορεύει η διαίθησή τους. Αυτές οι «πρωτογενείς αντιλήψεις» των μαθητών αποδεικνύεται ότι έχουν μια εκπληκτική αντίσταση σε κάθε μεταβολή τους, ακόμα και μετά τη διδασκαλία (Δαπόντες, 2002). β) Η ανάγκη για πειραματική μελέτη με ταυτόχρονη ανάπτυξη μοντέλων. γ) Η επεξεργασία με μαθηματικές μεθόδους που πολλές φορές προηγούνται από τη διδακτέα ύλη των Μαθηματικών και δ) Η γλωσσική αυστηρότητα και ο φορμαλισμός (Lemaignan & Weil-Barais, 1997). Οι εγγενείς δυσκολίες που αναφέραμε, συνδυαζόμενες και με άλλους παράγοντες που υπεισέρχονται στη μαθησιακή διαδικασία, έχουν ως αποτέλεσμα τη βίωση αποτυχιών, που αυτές με τη σειρά τους οδηγούν στην ανάπτυξη αρνητικών στάσεων απέναντι στη μάθηση των συγκεκριμένων μαθημάτων (Φιλίππου και Χρίστου, 2001).

Σε σχέση με το δεύτερο πρόβλημα η Ιστορία των Επιστημών έχει καταγράψει τα Μαθηματικά και τη Φυσική, ως δυο επιστήμες με παράλληλη πορεία ανάπτυξης, καθώς η οποιαδήποτε εξέλιξη στη μια από αυτές έχει άμεσες συνέπειες και στην άλλη. Τα Μαθηματικά χρησιμοποιούν προβλήματα από τη Φυσική για να εφαρμόσουν και να επεκτείνουν τη θεωρία τους αποδεικνύοντας πόσο χρήσιμα είναι στην καθημερινή μας ζωή και από την άλλη μεριά η Φυσική δεν μπορεί να προχωρήσει χωρίς τη βοήθεια των Μαθηματικών. Ωστόσο, αυτή η σχέση αλληλεξάρτησης ελάχιστα λαμβάνεται υπόψη και υλοποιείται στο σχεδιασμό των Αναλυτικών προγραμμάτων, στα οποία δεν προβλέπεται καμία συνεργασία μεταξύ των αντίστοιχων μαθημάτων και – κυρίως- εκπαιδευτικών. Αυτό έχει σοβαρές συνέπειες στο διδακτικό έργο, αφού είναι δυνατόν δυο εκπαιδευτικοί (π.χ. Μαθηματικός και Φυσικός) να μιλούν στην ίδια τάξη, την ίδια μέρα, για το ίδιο θέμα με διαφορετικές λέξεις, διαφορετικά σύμβολα και διαφορετική διδακτική προσέγγιση, με αποτέλεσμα, οι μαθητές να μην αναγνωρίζουν στο περιεχόμενο της Φυσικής τις «κρυμμένες» μαθηματικές έννοιες, αλλά και αντίστροφα, να μην μπορούν να εφαρμόσουν τις μαθηματικές τους γνώσεις στις έννοιες της Φυσικής. Πολλές από τις «λανθασμένες» ιδέες των μαθητών για έννοιες της Φυσικής σχετίζονται αφενός με τη δομή της ελληνικής γλώσσας αφετέρου με τη διδακτική παράδοση της χρήσης της Αλγεβρας σε ζητήματα Φυσικής. Ενώ λοιπόν, οι μαθητές μπορεί να γνωρίζουν από τα Μαθηματικά τα πάντα για τη συνάρτηση  $f(x)=ax$ , δεν μπορούν να την αναγνωρίσουν και να εφαρμόσουν τις ιδιότητές της στη μορφή  $s=ut$  (Καραγεώργος, 2000).

Με βάση τα παραπάνω, σκοπός του προτεινόμενου σεναρίου, είναι η ανάπτυξη διαδικασιών συσχέτισης εννοιών, τόσο στο εσωτερικό των διδακτικών αντικειμένων, όσο και μεταξύ τους.

## 2. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η διδακτική μας πρόταση εκφράζει –σε ένα πρώτο επίπεδο- μια γενικότερη παιδαγωγικο-επιστημολογική αντίληψη για την οργάνωση και τη χρήση της γνώσης, η οποία επιδιώκει στο επίπεδο αυτό να εξασφαλίσει «συνοχή και ενιαιοποίηση στο εσωτερικό κάθε διδακτικού αντικειμένου». Η προσέγγιση αυτή εντάσσεται στις διεπιστημονικές ενδοκλαδικής συνοχής και θεωρείται προϋπόθεση για το επόμενο επίπεδο της δια-κλαδικής προσέγγισης. Βασικό ρόλο στην ύπαρξη ενδοκλαδικής συνοχής έχει η κατακόρυφη μορφή συσχέτισης της γνώσης, που αποβλέπει στην οργανική ένταξη των νέων γνώσεων στο σώμα των γνώσεων που ήδη υπάρχουν.

Σε ένα δεύτερο επίπεδο, ζητούμενο είναι «η αναζήτηση και ανάδειξη των εννοιολογικών και διαδικαστικών συναρτήσεων», δηλαδή η εύρεση των οριζόντιων συνδέσεων ανάμεσα στα Μαθηματικά και τη Φυσική. Η προσέγγιση στο επίπεδο αυτό πηγάζει από μια ευρύτερη επιστημολογική αντίληψη που αναφέρεται στη χρήση της γνώσης και οδηγεί στην αλληλοσυσχέτιση και τον αλληλο-εμπλουτισμό όμορων επιστημονικών κλάδων. Μέσα από τις αλληλεξαρτήσεις, τις αλληλεπιδράσεις, τις διαφοροποιήσεις και τις εξειδικεύσεις των δυο κλάδων, υλοποιείται ένας σπουδαίος παιδαγωγικός στόχος, αυτός της ανάδειξης της ενότητας– πολλαπλότητας της γνώσης και των ορίων της (Ματσαγγούρας, 2002).

Η επίτευξη της ενδοκλαδικής ενιαιοποίησης, υλοποιείται μέσα από προσεγγίσεις «εννοιοκεντρικής διδασκαλίας», δηλαδή μιας διδασκαλίας που αρχικά εξασφαλίζει την κατανόηση συγκεκριμένων μεμονωμένων δεδομένων, την οποία στη συνέχεια ανάγει μέσα από μετασχηματισμούς, σε έννοιες και γενικεύσεις, που τελικά διευκολύνουν τη μεταφορά της γνώσης σε συγγενή θέματα.

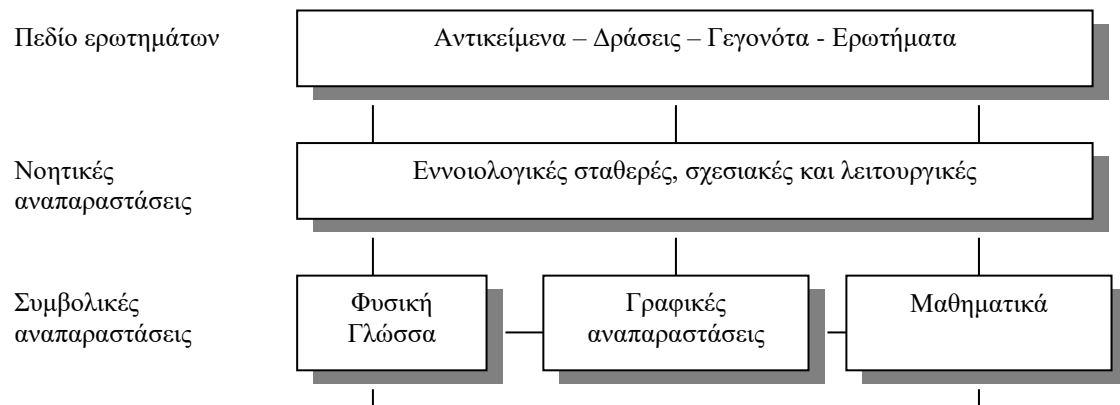
Η εννοιοκεντρική διδασκαλία, είναι εφαρμόσιμη στα δεδομένα της ελληνικής πραγματικότητας: α) αποδέχεται την ύπαρξη ξεχωριστών μαθημάτων με σαφή εσωτερική διάρθρωση, έννοιες και γενικεύσεις β) προωθεί τη μάθηση σε επίπεδα βαθύτερης κατανόησης, γ) διευκολύνει τη χρηστική λειτουργικότητα της γνώσης και την οριζόντια διασύνδεση με μορφές γνώσης από άλλους γνωστικούς χώρους. Βασικό πλεονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι ότι συμβάλλει στο να εσωτερικεύσει ο μαθητής τη γνώση με τρόπο που του επιτρέπει να έχει μια σαφή αντίληψη των μερών, αλλά και του τρόπου με τον οποίο τα μέρη εντάσσονται στο όλον (Ματσαγγούρας, 2002). Επειδή, κομβικό σημείο αυτής της προσέγγισης αποτελούν οι έννοιες, θα πρέπει στη συνέχεια να αναφερθούμε στη σημασία, στα στοιχεία τους, στις κατηγορίες εννοιών και στη διαδικασία σχηματισμού τους.

Ο Novak ορίζει την έννοια ως μια προσλαμβανόμενη κανονικότητα (normality) σε γεγονότα ή αντικείμενα, ή καταγραφές γεγονότων ή αντικειμένων, αντιστοιχισμένη σε μια ονομασία –ετικέτα (Novak, 1998). Οι έννοιες είναι ταξινομήσεις της εμπειρίας, συνοδεύονται από ένα όνομα και περιέχουν ένα σύνολο χαρακτηριστικών (Κολέζα, 2000. Στοιχεία των εννοιών είναι (Ματσαγγούρας, 2004): α) ο όρος της έννοιας: το γλωσσικό σύμβολο που συνδέει την έννοια με το σύστημα γλωσσικής επικοινωνίας. Η σύνδεση αυτή οριοθετεί την έννοια, βοηθά στη διάκρισή της από άλλες, επιτρέπει την εύκολη κωδικοποίηση και χρήση της και μορφοποιεί τις αισθήσεις και εμπειρίες μας. β) τα χαρακτηριστικά των εννοιών: τα κοινά στοιχεία που οδήγησαν στο σχηματισμό της έννοιας και μπορούν να τα διακρίνουμε σε κύρια και δευτερεύοντα. γ) οι ιεραρχίες εννοιών: ένα πλέγμα σχέσεων που συνδέει τις έννοιες μεταξύ τους. Σε μια ιεραρχία διακρίνουμε έννοιες υπάλληλες (που απορρέουν από γενικότερες και συνδέονται κατακόρυφα με αυτές) και έννοιες παράλληλες (που ανήκουν στην ίδια κατηγορία και συνδέονται οριζόντια μεταξύ τους) δ) ο ορισμός μιας έννοιας: Πρέπει να περιλαμβάνει το όνομα, την εννοιολογική ιεραρχία στην οποία ανήκει, τα κύρια χαρακτηριστικά που συνδέουν την έννοια και την αντιδιαστέλλουν από παρεμφερείς και τέλος τον τρόπο με τον οποίο τα χαρακτηριστικά αυτά συνδέονται. Οι μαθηματικές έννοιες χαρακτηρίζονται από τον λεκτικό ορισμό τους (concept definition), που αναφέρεται στο μαθηματικό τους νόημα και από την εικόνα τους (concept image), που περιγράφει τη συνολική γνωστική δομή

που σχετίζεται με αυτή. Η εικόνα μιας έννοιας περιλαμβάνει ένα σύνολο ιδιοτήτων συνδεδεμένων με την έννοια αυτή, καθώς και τη νοερή της εικόνα (mental picture). Για παράδειγμα, η γραφική παράσταση συνάρτησης και τα σύμβολα  $\psi=f(\chi)$ , μπορεί να περιλαμβάνονται (μαζί με πολλά άλλα πράγματα) στη νοερή εικόνα κάποιου ατόμου για την έννοια της συνάρτησης (Vinner, 1993).

Οι έννοιες μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως (Lemeignan & Weil-Barais 1997): α) Κατηγορικές: αυτές που μπορούν να ορισθούν από ιδιότητες και λειτουργίες και δομούνται μέσα από μια διαδικασία εμπειρικής αφαίρεσης. Στην μηχανική έννοιες αυτού του είδους είναι η τροχαλία, το ελατήριο, το κεκλιμένο επίπεδο, ο κινητήρας και στα μαθηματικά η γωνία, το τρίγωνο κλπ β) Τυπικές: έννοιες σχεσιακής φύσης, δηλαδή ορίζονται μέσα από τη σχέση τους με άλλες έννοιες (δύναμη, ορμή, ενέργεια, παράγωγος), ή παραπέμπουν σε υποθετικές οντότητες (άτομο). Τις έννοιες αυτές δεν μπορούν να δομήσουν οι μαθητές από μόνοι τους, αλλά μπορούν να τις προσεγγίσουν μέσω μιας διαδικασίας κοινωνικής μεταφοράς και προβλημάτων προς επίλυση. γ) Ψευδο-κατηγορικές: έννοιες που χρησιμοποιούνται σαν κατηγορικές, ενώ είναι τυπικές (κρούση).

Οι διαφορετικές εγγραφές που είναι αναγκαίο να επικαλεσθούμε για το σχηματισμό εννοιών, ανακεφαλαιώνονται στο επόμενο σχήμα (Lemeignan & Weil-Barais, 1997):



Μαθαίνω μια έννοια σημαίνει ταυτοποιώ τις σταθερές που χαρακτηρίζουν τις ιδιότητες ή τις λειτουργίες οι οποίες ορίζουν την έννοια και συνδέω μια ονομασία-ετικέτα σε αυτό το σύνολο. Διαρκώς σταθεροποιώ την γνώση μου ανακαλύπτοντας ιδιότητες που διαφοροποιούν τις υποκατηγορίες.

Η εννοιοκεντρική διδασκαλία, εντάσσεται στα πλαίσια μιας γενικότερης στρατηγικής διδασκαλίας, που ονομάζεται «προοργανωτική», βάσει της οποίας το μάθημα αρχίζει με την παρουσίαση μιας ανωτάτου επιπέδου γενίκευσης, την οποία στη συνέχεια χρησιμοποιεί ως πλαίσιο ένταξης και κατανόησης των νέων στοιχείων. Η προοργανωτική στρατηγική βασίζεται στις απόψεις του Ausubel και άλλων γνωστικών ψυχολόγων, σχετικά με τη διαδικασία επεξεργασίας πληροφοριών, σύμφωνα με τις οποίες, ο ανθρώπινος νους οργανώνει την εμπειρία του (γνώση) σε σχήματα εννοιών, τα οποία οι ψυχολόγοι ορίζουν ως οργανωμένα δίκτυα αλληλοσυσχετιζόμενων ιδεών και τα θεωρούν ως τις δομικές μονάδες της γνωστικής διαδικασίας. Κάθε νέο γνωστικό ερέθισμα γίνεται αντιληπτό, επεξεργάζεται και αποδελτιώνεται ως νέα γνώση με βάση τα προϋπάρχοντα γνωστικά σχήματα, τα οποία τροποποιούνται με την ένταξη των νέων πληροφοριών και έτσι συντελείται η γνωστική ανάπτυξη του ατόμου.

Η προοργανωτική στρατηγική αποτελείται από 3 στάδια: 1) Προοργανωτής (advance organizer): Είναι η ανώτατου επιπέδου γενίκευση με την οποία ξεκινά η διδασκαλία και ουσιαστικά παρέχει στο μαθητή μια «νοητική σκαλωσιά» για την ένταξη των νέων γνώσεων στις ήδη υπάρχουσες, τον βοηθά να διακρίνει τα νέα πληροφοριακά στοιχεία από τα προϋπάρχοντα και να κάνει τις απαραίτητες εκείνες συνδέσεις που θα διατηρήσουν τη νέα γνώση στη μνήμη του. Στο σενάριο που προτείνουμε, στη Φυσική προοργανωτής θεωρείται η έννοια «κίνηση» και στα μαθηματικά η έννοια «συνάρτηση» με εστίαση στη «γραφική παράσταση» και ειδικότερα στις «ευθείες». 2) Προοδευτική διαφοροποίηση (progressive differentiation): Δηλώνει την σταδιακή ανάλυση των εννοιών, των γενικεύσεων και της οργανωμένης γνώσης σε επιμέρους έννοιες, γενικεύσεις και πληροφορίες (Ματσαγγούρας, 2004). Η διαδικασία της διαφοροποίησης λαμβάνει συνήθως την μορφή ενός ιεραρχικού σχήματος που προκύπτει καθώς οι γενικότερες έννοιες εξειδικεύονται σε επιμέρους έννοιες, σχήμα το οποίο ανταποκρίνεται στο γνωστικά σχήματα που αναπτύσσουν οι μαθητές καθώς εμπλουτίζουν και εξειδικεύουν την γνώση τους σε ένα συγκεκριμένο τομέα. Σκοπός της προοδευτικής διαφοροποίησης είναι να διευκολύνει με την ανάλυση την διαδικασία συσχέτισης και ταυτόχρονα να προσδώσει δομή και οργάνωση στη διδακτική ενότητα. Στο προτεινόμενο σενάριο, η ύπαρξη κριτηρίων είναι το στοιχείο που καθορίζει την προοδευτική διαφοροποίηση. 3) Οργανική ένταξη (Integrated Reconciliation): Με τον όρο αυτό, ο Ausubel δηλώνει την συστηματική προσπάθεια του εκπαιδευτικού να αναδείξει τις λογικές συσχετίσεις που διέπουν τα βασικά στοιχεία του διδασκόμενου αντικειμένου και τα συνδέουν με το γνωστικό σχήμα του προοργανωτή. Ιδιαίτερη προσπάθεια καταβάλλεται για να ερμηνευτούν οι παρανοήσεις, οι παραδοχές και οι συνεπαγωγές των εννοιών, θεμάτων και απόψεων που συναπαρτίζουν το μάθημα (Ματσαγγούρας 2004). Η οργανική ένταξη

επιτυγχάνεται με ερωτήσεις συσχέτισης των εννοιών του προοργανωτή που επιδιώκουν την οριζόντια συσχέτιση (συγκρίσεις, σειροθετήσεις, κατηγοριοποιήσεις κλπ μεταξύ παράλληλων εννοιών).

### 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων του σεναρίου προτείνεται το λογισμικό κατασκευής εννοιολογικών χαρτών CmapTools, το οποίο αποτελείται από δύο βασικά μέρη: 1) το CmapTools Program: εκτελείται τοπικά σε έναν υπολογιστή και είναι το περιβάλλον δόμησης και τοπικής διαχείρισης εννοιολογικών χαρτών και γενικότερα διαχείρισης μοντέλων γνώσεων (μετάφραση του όρου Knowledge Models) δηλαδή συνόλων εννοιολογικών χαρτών, συνδεδεμένων μεταξύ τους, τα οποία συνοδεύονται από πολυμεσικό, υποστηρικτικό υλικό. 2) το CmapServer με το οποίο οι εννοιολογικοί χάρτες και το υλικό που τους συνοδεύει διαμοιράζονται, είτε σε τοπικό δίκτυο, είτε στο διαδίκτυο.

Στο παρόν σενάριο η τεχνολογική υποδομή που απαιτείται είναι το CmapTools Program και η χρήση του είναι μόνο τοπική. Αποτελείται από:

1. Το Views που είναι ένα ξεχωριστό παράθυρο και προσφέρει:
  - Διαχείριση Αρχείων και Εκτυπώσεων
  - Διαχείριση ρυθμίσεων
  - Εργαλεία : i) Αναζήτησης σε τοπικό και διαδικτυακό περιβάλλον,  
ii) Δημοσίευσης στο διαδίκτυο,  
iii) Ελέγχου ορθότητας των συνδέσμων μεταξύ των εννοιών
  - Διαχείριση παραθύρων
  - Βοήθεια για τον χρήστη
2. Το περιβάλλον εργασίας σε ξεχωριστό παράθυρο το οποίο παρέχει
  - Διαχείριση αρχείων, παραθύρων και επεξεργασίας, όπως και στο Views.
  - Λειτουργίες κατασκευής εννοιολογικών χαρτών

### 4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΤΟ CMAPTOOLS

Οι δομικές μονάδες που συγκροτούν τα μοντέλα γνώσεων, ιεραρχικά από τις απλούστερες στις συνθετότερες, είναι: 1) Έννοιες (Concepts) οι οποίες εισάγονται με το όνομά τους, ως περιεχόμενο σε πλαίσια κειμένου που βρίσκονται στους κόμβους του δικτύου. 2) Σύνδεσμοι (Links) που συνδέουν έννοιες, δηλαδή γραμμές, ανάμεσα σε δύο ή περισσότερους κόμβους. 3) Συνδετικές φράσεις/λέξεις μεταξύ εννοιών (Links phrases), είναι λέξεις ή φράσεις που χαρακτηρίζουν, διευκρινίζουν ή σχολιάζουν τις συνδετικές γραμμές ανάμεσα σε έννοιες. 4) Προτάσεις (Propositions), δηλαδή το σχήμα «έννοια – σύνδεσμος – έννοια», το οποίο έχει λογική αυτονομία. 5) Εννοιολογικοί χάρτες (Concept Maps) ένα δίκτυο από έννοιες (κόμβοι) και συνδέσμους (συνδετικές γραμμές ανάμεσα σε κόμβους) που αποτελούν μια αναπαράσταση του τι γνωρίζει ένας άνθρωπος, για μια γνωστική περιοχή. 6) Μοντέλα γνώσεων (Knowledge Models). Η υλοποίηση της στρατηγικής μέσα από το λογισμικό αποτυπώνεται σε τρεις διακριτές λειτουργίες και ιδιότητες που έχουν οι εννοιολογικοί χάρτες: 1) Είναι οι ίδιοι οι εννοιολογικοί χάρτες σχηματικοί προοργανωτές (Ματσαγγούρας 2004) και ως τέτοιοι αποτυπώνουν την απαραίτητη προϋπάρχουσα γνωστική δομή προς περαιτέρω ανάπτυξη. 2) Με την κατακόρυφη ανάπτυξη τους συμβάλλουν στην προοδευτική διαφοροποίηση των εννοιών, από τις πιο αφηρημένες και περιεκτικές στις όλο και πιο ειδικές και συγκεκριμένες. 3) Με την οριζόντια ανάπτυξη τους συμβάλλουν στην οργανική ενσωμάτωση των νέων, ή αναδόμηση των ήδη υπαρχόντων εννοιών.

Βασικές ενέργειες που κάνει ο πρωτόπειρος χρήστης – δημιουργός ενός εννοιολογικού χάρτη στο περιβάλλον εργασίας του CmapTools Program είναι: 1) Δημιουργία πλαισίου που θα συμπληρωθεί με το όνομα μιας έννοιας, διπλό κλικ στην λευκή επιφάνεια του περιβάλλοντος εργασίας. 2) Δημιουργία σύνδεσης ανάμεσα σε δύο πλαίσια – έννοιες, με κλικ στο πάνω μέρος του πλαισίου και σύρσιμο. 3) Βασικές λειτουργίες επεξεργασίας όπως επιλογής αντικειμένου, αντιγραφής – αποκοπής και επικόλλησης, αναζήτησης (Menu-Edit). 4) Μορφοποίηση των στοιχείων που δημιουργούνται στο περιβάλλον εργασίας (Menu->Format).

### 5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΟΥ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΤΡΟΠΟΥ

Η δόμηση εννοιολογικών χαρτών, όταν γίνεται σε σύγχρονα υπολογιστικά περιβάλλοντα, έχει σαφή πλεονεκτήματα σε σχέση με το παραδοσιακό περιβάλλον 'χαρτί – μολύβι':

- Ένας εννοιολογικός χάρτης δεν είναι στατικός και δεν τελειώνει μέσα στα πλαίσια μιας διδακτικής ενότητας ή κεφαλαίου, αλλά αναπτύσσεται καθώς η γνώση του μαθητή αυξάνεται στην συγκεκριμένη περιοχή της γνώσης και αναμορφώνεται κάθε φορά που νέα γνώση προστίθεται στο δίκτυο των κόμβων. Αυτό πρακτικά είναι αδύνατο να συμβεί με τον παραδοσιακό τρόπο. Οι νέες τεχνολογίες παρέχουν την δυνατότητα να μεταβάλλονται οι εννοιολογικοί χάρτες με τον πλέον ευέλικτο τρόπο. Οι έννοιες, οι συνδέσεις μεταξύ των εννοιών, η μορφή και τα χρώματα αλλάζουν με ταχύτητα, κατά τις βουλές του σκεπτόμενου χρήστη.
- Η διαχείριση μεγάλων, σε έκταση, εννοιολογικών χαρτών που προκύπτουν, είτε από λεπτομερή εξέταση, είτε από την φύση του θέματος στο περιβάλλον του CmapTools είναι εύκολη υπόθεση αλλάζοντας απλώς

την εστίαση (zoom). Μια άλλη δυνατότητα που αντιμετωπίζει αυτό το πρόβλημα είναι η διαίρεση ενός μεγάλου εννοιολογικού χάρτη σε μικρότερους, που όμως συνδέονται μεταξύ τους, έτσι ώστε με ένα απλό κλικ να μεταβαίνει ο χρήστης από τον έναν χάρτη στον άλλο. Είναι μια λειτουργία υπερκειμένου (hypertext).

- Η δυνατότητα σύνδεσης των εννοιών ή των συνδέσμων μεταξύ των εννοιών, με υποστηρικτικό, πολυμεσικό υλικό (εικόνες στατικές και κινούμενες, κείμενα, υπερσύνδεσμοι, ήχοι, αλλά και άλλοι εννοιολογικοί χάρτες) υλοποιείται μόνο με την χρήση της νέας ψηφιακής τεχνολογίας. Στην προκειμένη περίπτωση εισάγεται ένα άλλο επίπεδο δομής, εκείνο του μοντέλου γνώσεων (Knowledge Model).
- Οι δυνατότητες να χρησιμοποιείται το λογισμικό CmapTools σε δικτυακό περιβάλλον (τοπικό ή στο διαδίκτυο) καθιστά τα μοντέλα γνώσεων προσβάσιμα από χρήστες σε όλο τον κόσμο χωρίς χρονικούς περιορισμούς. Η επικοινωνία των χρηστών που συνδέονται με τον CmapServer είναι είτε ασύγχρονη, δηλαδή επεξεργάζονται έναν εννοιολογικό χάρτη σε διαφορετικούς χρόνους, είτε σύγχρονη, όταν επεξεργάζονται τον ίδιο εννοιολογικό χάρτη πολλοί χρήστες μαζί, ταυτόχρονα. Στον παρόν σενάριο δεν απαιτείται η ύπαρξη του CmapServer. Οι εννοιολογικοί χάρτες των ομάδων, σε κάθε σταθμό εργασίας, μπορούν να προσπελαθούν από όλους με την χρήση απλών λειτουργιών του τοπικού δικτύου των υπολογιστών του σχολικού εργαστηρίου.
- Τα προϊόντα του λογισμικού CmapTools, ως ψηφιακά, είναι μεταφερέτα και επεξεργάσιμα από πλήθος άλλων λογισμικών. Η χρήση, τους μετά από κατάλληλη επεξεργασία, μπορεί να ενσωματωθεί και σε άλλες δραστηριότητες της μαθητικής ζωής, όπως παρουσιάσεις στις ιστοσελίδες των σχολείων.

Σε μια γενικότερη κριτική θεώρηση της χρήσης των εννοιολογικών χαρτών στη διδακτική πρακτική, θα μπορούσαμε να προσθέσουμε και τη δυνατότητα σχεδιασμού αποτελεσματικότερων διδακτικών στρατηγικών, μέσα από τη σύγκριση των νοητικών χαρτών των μαθητών για μια έννοια, με αυτόν του καθηγητή ή άλλων επιστημόνων. Η σύγκριση των χαρτών που απεικονίζουν τις αντιλήψεις των μαθητών με αυτές των επιστημόνων, μας βοηθά να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα, όπως π.χ. οι πηγές των δυσκολιών που θα αντιμετωπίσουν οι μαθητές στην προσπάθειά τους να μεταβάλουν τις απόψεις τους. Η γνώση των απόψεών τους, αλλά και της πηγής των εμποδίων τους, οδηγεί σε αναπροσαρμογή το σχεδιασμό της διδασκαλίας, με στόχο την σταδιακή κατάκτηση του γνωστικού αντικείμενου από τους μαθητές (Κόκκοτας κ.ά., 1996).

## 6. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Οι δραστηριότητες αυτές απευθύνονται σε μαθητές Α΄ Λυκείου, κατά τη διάρκεια του Α΄ τετραμήνου. Προαπαιτούμενες γνώσεις θεωρούνται για μεν τη Φυσική οι βασικές έννοιες της κινητικής (κίνηση, θέση - μετατόπιση, χρόνος, επιτάχυνση), για δε τα μαθηματικά οι γραφικές παραστάσεις βασικών συναρτήσεων και κυρίως της γραμμικής.

Στόχοι

Οι στόχοι του σεναρίου είναι:

- Η διάκριση και η διαφοροποίηση εννοιών της φυσικής και ειδικότερα της κινηματικής.
- Η διάκριση και διαφοροποίηση, εννοιών των μαθηματικών σχετιζόμενων με γραφικές παραστάσεις γραμμικών συναρτήσεων.
- Η σύνδεση εννοιών από την φυσική με έννοιες από τα μαθηματικά, ώστε να εμπλουτιστεί και να αναπροσαρμοστεί η συνολική γνώση των μαθητών, και για τις δύο περιοχές γνώσης.
- Να εμπλακούν οι μαθητές σε έναν διάλογο με αντικείμενο τα κοινά προβλήματα και τις δυσκολίες που έχουν στην μαθησιακή τους προσπάθειά.
- Η εξοικείωση των μαθητών με την συμβολική γραφή.

### Δραστηριότητα 1

Εισαγωγή

Ανοίξτε το λογισμικό CmapTools. Εξοικειωθείτε με τις βασικές λειτουργίες του λογισμικού:

- Δημιουργία πλαισίου – κόμβου
- Δημιουργία συνδέσμων μεταξύ των κόμβων με τις υποδείξεις του διδάσκοντα.

Στον κατάλογο που θα σας υποδειχθεί και στο αρχείο PhysicsBlank υπάρχουν, μέσα στα τετραγώνια οι όροι εννοιών που έχετε διδαχθεί στην φυσική, ασύνδετες μεταξύ τους.

Όροι εννοιών από την φυσική στις κινήσεις

Μεταβαλλόμενες, Μη ομαλά μεταβαλλόμενες, αρχική ταχύτητα, Ομαλά Μεταβαλλόμενες, Ομαλή κυκλική, Επιταχυνόμενη, Επιβραδυνόμενη, Ομαλή κ.α.

Κριτήρια διαφοροποίησης των «κινήσεων»

Ταχύτητα, επιτάχυνση, μέτρο της ταχύτητας, πρόσημο αλγεβρικών τιμών ταχύτητας και επιτάχυνσης, αρχική τιμή της ταχύτητας.

Δόμηση εννοιολογικού χάρτη

Αξιοποιώντας τις γνώμες όλων των μελών της ομάδας:

Συζητήστε για την αρχή του χάρτη, που διαχωρίζονται οι κινήσεις σε καμπυλόγραμμες και ευθύγραμμες με κριτήριο την τροχιά.

	Αναπτύξτε ιεραρχικά τις έννοιες που γνωρίσατε στην φυσική, με την χρήση των κριτηρίων που δόθηκαν παραπάνω. Τα κριτήρια θα επεξηγούν τις συνδέσεις που πραγματοποιείτε ανάμεσα στις έννοιες. Μετά την δημιουργία του εννοιολογικού χάρτη, αποθηκεύστε την εργασία σας στον κατάλογο που θα σας υποδειχθεί με το όνομα της ομάδας.
Πώς δούλεψαν οι άλλοι;	Δείτε κριτικά τον εννοιολογικό χάρτη που δημιούργησε μια άλλη ομάδα, ανοίγοντας το κατάλληλο αρχείο και σχολιάστε:
Ας συνοψίσουμε:	Συμμετέχετε στην δημιουργία ενός εννοιολογικού χάρτη που προκύπτει από την συνεισφορά όλων (Βιντεοπροβολέας).

## Δραστηριότητα 2

Εισαγωγή	Ανοίξτε το λογισμικό CmapTools. Στον κατάλογο που θα σας υποδειχθεί και στο αρχείο MathBlank υπάρχουν μέσα στα πλαίσια έννοιες και εξισώσεις που έχετε διδαχθεί στα Μαθηματικά, ασύνδετες μεταξύ τους.
Όροι εννοιών από τα μαθηματικά	$\varphi = \alpha\chi + \beta$ , $\psi = \beta$ , $\varphi = \alpha\chi$ , γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων, ευθείες, καμπύλες
Κριτήρια διαφοροποίησης των «εξισώσεων»	$\alpha = 0$ , $\beta = 0$ , $\alpha < 0$ , $\alpha > 0$ , $\beta < 0$ , $\beta > 0$ , γενική μορφή εξίσωσης
Δόμηση εννοιολογικού χάρτη	Αξιοποιώντας τις γνώμες όλων των μελών της ομάδας: Συζητήστε για την αρχή του χάρτη σε ποιες μεγάλες κατηγορίες διαχωρίζονται οι γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων Αναπτύξτε ιεραρχικά τις έννοιες – σχέσεις – αναπαραστάσεις τους που γνωρίσατε στα μαθηματικά, με συνδυαστική χρήση των κριτηρίων που δόθηκαν παραπάνω. Τα κριτήρια θα επεξηγούν τις συνδέσεις που πραγματοποιείτε ανάμεσα στις έννοιες. Μετά την δημιουργία του εννοιολογικού χάρτη, αποθηκεύστε την εργασία σας στον κατάλογο που θα σας υποδειχθεί με το όνομα της ομάδας.
Πώς δούλεψαν οι άλλοι;	Δείτε κριτικά τον εννοιολογικό χάρτη που δημιούργησε μια άλλη ομάδα, ανοίγοντας το κατάλληλο αρχείο και σχολιάστε
Ας συνοψίσουμε:	Συμμετέχετε στην δημιουργία ενός εννοιολογικού χάρτη που προκύπτει από την συνεισφορά όλων (Βιντεοπροβολέας)

## Δραστηριότητα 3

Εισαγωγή	Στην δραστηριότητα αυτή θα συνδυάσουμε δύο εννοιολογικούς χάρτες, που δημιουργήθηκαν με προοδευτικό διαχωρισμό των εννοιών, βαδίζοντας από τις πιο περιεκτικές στις πιο ειδικές και συγκεκριμένες, στα μαθηματικά και στην φυσική. Στο κατάλογο που θα σας υποδειχθεί και στο αρχείο PhysMath, θα βρείτε έτοιμους, στον ίδιο χώρο εργασίας, δύο εννοιολογικούς χάρτες. Το ένα μέρος του αφορά στην φυσική και το άλλο μέρος στα μαθηματικά. Μεταξύ τους αρχικά δεν υπάρχουν συνδέσεις.
Από την φυσική στα μαθηματικά	Τοποθετήστε σε νέους κόμβους (τετραγωνάκια) τα φαινόμενα <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελεύθερη πτώση</li> <li>• Κατακόρυφη βολή προς τα κάτω</li> <li>• Κατακόρυφη βολή προς τα πάνω</li> <li>• Ελεύθερη, ασύγχρονη πτώση δύο σωμάτων (αφήνονται να πέσουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές)</li> </ul> Ξεκινώντας από έννοιες της φυσικής, θεωρείστε ότι κάθε ένα από τα παραπάνω φαινόμενα είναι παράδειγμα ενός συγκεκριμένου είδους κίνησης και ακολουθείστε την κατάλληλη διαδρομή στον εννοιολογικό χάρτη της φυσικής Πραγματοποιείτε συνδέσμους με αφετηρία τα φαινόμενα και κατάληξη σε έννοιες των μαθηματικών. Για κάθε μια συνδετική γραμμή, που καταλήγει σε έννοιες μαθηματικών, να βάλετε ως συνδετική φράση τα φυσικά μεγέθη που παριστάνονται στους άξονες.
Από τα μαθηματικά στην φυσική	Τοποθετήστε σε νέους κόμβους (τετραγωνάκια) τα είδη των γραφικών παραστάσεων. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων</li> <li>• Ευθεία παράλληλη με τον άξονα <math>\chi'</math></li> <li>• Ευθεία που δεν διέρχεται από την αρχή των αξόνων</li> </ul> Ξεκινώντας από τις γραφικές παραστάσεις στο χώρο των μαθηματικών να πραγματοποιήσετε συνδέσμους με έννοιες της φυσικής. Ως συνδετικές φράσεις στους συνδέσμους να βάλετε τις περιγραφές των γραφικών παραστάσεων που δίνονται (τετμημένη – τεταγμένη).

Πραγματοποιείτε συνδέσμους με αφετηρία τις περιγραφές των γραφικών παραστάσεων και κατάληξη στις έννοιες της φυσικής. Για κάθε συνδετική γραμμή, που καταλήγει σε έννοιες φυσικής, να βάλετε ως συνδετική φράση τα φυσικά μεγέθη που παριστάνονται στους άξονες.

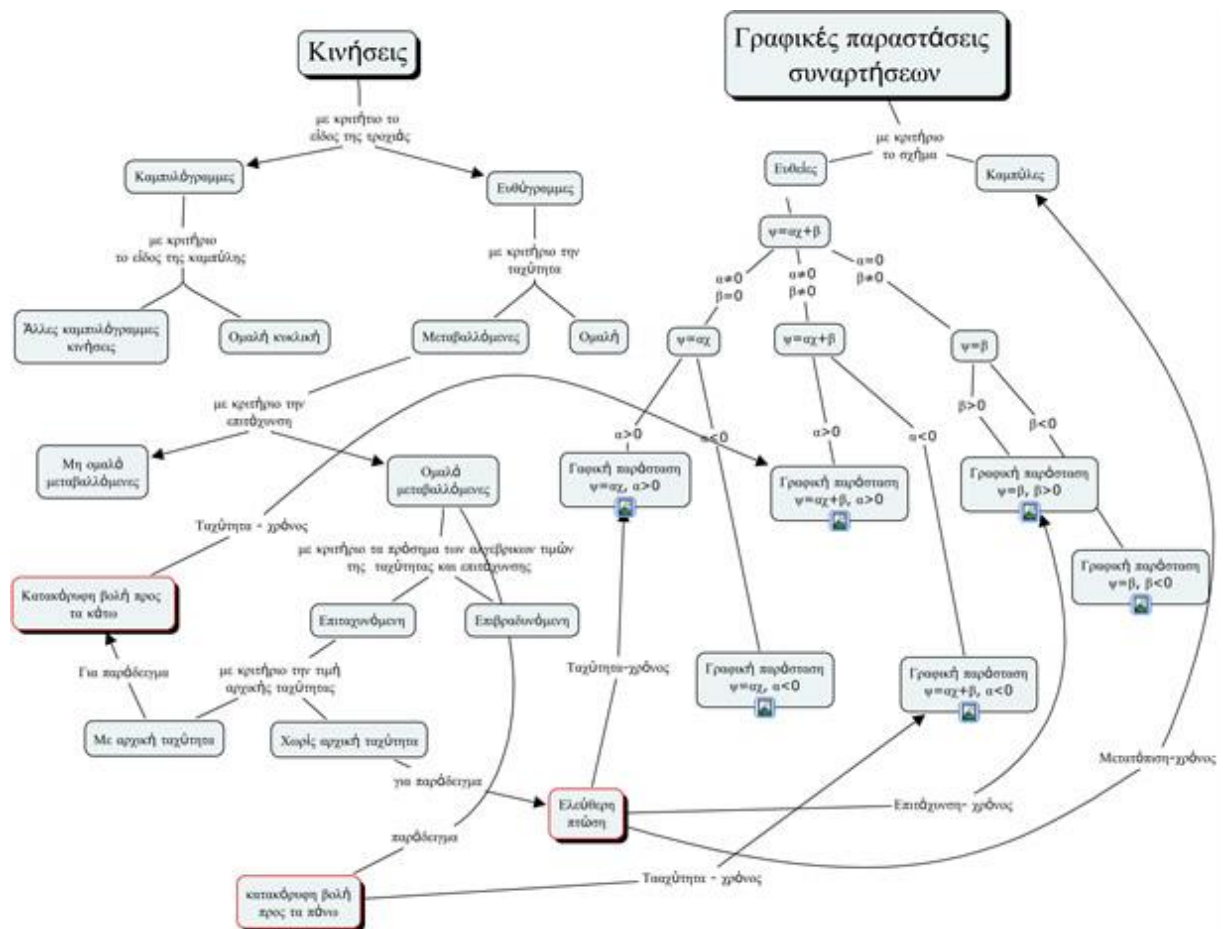
Ερωτήματα  
ζητούν απάντηση

Στα μαθηματικά οι άξονες στις γραφικές παραστάσεις αναπαριστούν τις μεταβλητές. Στην φυσική στους άξονες έχουμε φυσικά μεγέθη. Σε ποιο μάθημα οι έννοιες έχουν αφηρημένη και γενικότερη ισχύ; Συζητήστε και δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Ποιες παραδοχές πρέπει να δεχθούμε και ποιους περιορισμούς πρέπει να θέσουμε, όταν εφαρμόζουμε τις γνώσεις μας από τα μαθηματικά, στην φυσική στο κεφάλαιο με τις κινήσεις;

## 7. ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Στη συνέχεια παραθέτουμε ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, τον εννοιολογικό χάρτη της 3ης δραστηριότητας, όπως προέκυψε μετά την συμπλήρωσή του από μαθητές:



## 8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Αξιολογούνται ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των εννοιολογικών χαρτών (Chinnappan & Lawson, 2005), ανάλογα με τη δραστηριότητα και το βαθμό συμμετοχής των μαθητών στην κατασκευή τους. Ποσοτικά στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη είναι ο αριθμός των κόμβων που ξεκινούν από μια έννοια και συνδέονται άμεσα με την εξεταζόμενη έννοια και ο αριθμός των συνδέσεων μιας έννοιας με άλλες. Ποιοτικά στοιχεία που αξιολογούνται είναι η πληρότητα (completeness) και η ακρίβεια (accuracy) της παρεχόμενης από το μαθητή πληροφορίας ή σχέσης, καθώς και η συνδεσιμότητά της (connectedness) με άλλες (το βάθος των κατακόρυφων συνδέσεων, οι διακλαδώσεις, οι διασταυρώσεις, η πολυπλοκότητα των σχέσεων).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγαλιώτης Ι., (2004), «Μαθησιακές Δυσκολίες στα Μαθηματικά», Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα
2. Βασιλοπούλου Μ., (2001), «Ο χάρτης εννοιών ως εργαλείο μάθησης», Αθήνα

3. Chinnappan, M., Lawson, M., (2005), A framework of analysis of Teachers' Geometric Content Knowledge and Geometric Knowledge for teaching, *Journal of Mathematics Teacher Education*, 8: 197-221
4. Δαπόντες, Ν., (2002), Το διερευνητικό λογισμικό φυσικής: Η δομή και το περιεχόμενο των μαθητικών δραστηριοτήτων, στο Χ. Κυνηγός, Ε. Δημαράκη, (επιμ.), «*Νοητικά εργαλεία και πληροφοριακά μέσα*», Αθήνα: Καστανιώτης
5. Καραγεώργος Δ., (2003), «*Διδακτική των θετικών επιστημών*», Αθήνα: Σαββάλας,
6. Καραγεώργος Δ., (2000), «*Το πρόβλημα και η επίλυσή του. Μια Διδακτική Προσέγγιση*», Αθήνα: Σαββάλας,
7. Κασσέτας Α., (2004), «*Το Μήλο και το Κονάρκ. Διδακτική της Φυσικής*», Αθήνα: Σαββάλας
8. Κόκκοτας Π., Βλάχος Γ., Καρανίκας Γ., (1996), Διδακτικές Στρατηγικές για Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες, στο Η. Ματσαγγούρας «*Η εξέλιξη της Διδακτικής*», Αθήνα: Gutenberg
9. Κολέζα, Ε., (2000), «*Γνωσιολογική και Διδακτική προσέγγιση των Στοιχειωδών Μαθηματικών Εννοιών*», Αθήνα: Σαββάλας
10. Κυνηγός Χ., Δημαράκη Ε., (2002), (επιμ.), «*Νοητικά εργαλεία και πληροφοριακά μέσα*», Αθήνα: Καστανιώτης,
11. Lemeignan G., Weil-Barais A., (1997), «*Η οικοδόμηση των εννοιών στη Φυσική. Η διδασκαλία της Μηχανικής*», Αθήνα: Τυπωθήτω
12. Novak J., (1998), «*Learning, Creating and Using Knowledge*», London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers
13. Ματσαγγούρας Η., (1996), «*Η εξέλιξη της Διδακτικής*», Αθήνα: Gutenberg
14. Ματσαγγούρας Η., (2002), «*Η διαθεματικότητα στη σχολική γνώση*», Αθήνα: Γρηγόρης
15. Ματσαγγούρας Η., (2004), «*Στρατηγικές διδασκαλίας*», Αθήνα: Gutenberg
16. Τουμάσης Μ., (2002), «*Σύγχρονη Διδακτική των Μαθηματικών*», Αθήνα: Gutenberg
17. Φιλίππου Γ., Χρίστου Κ., (2001), «*Συναισθηματικοί παράγοντες και μάθηση των Μαθηματικών*», Αθήνα: Ατραπός
18. Vinner S., (1983), Concept definition, concept image and the notion of function, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, v.14, n.3, 293-305