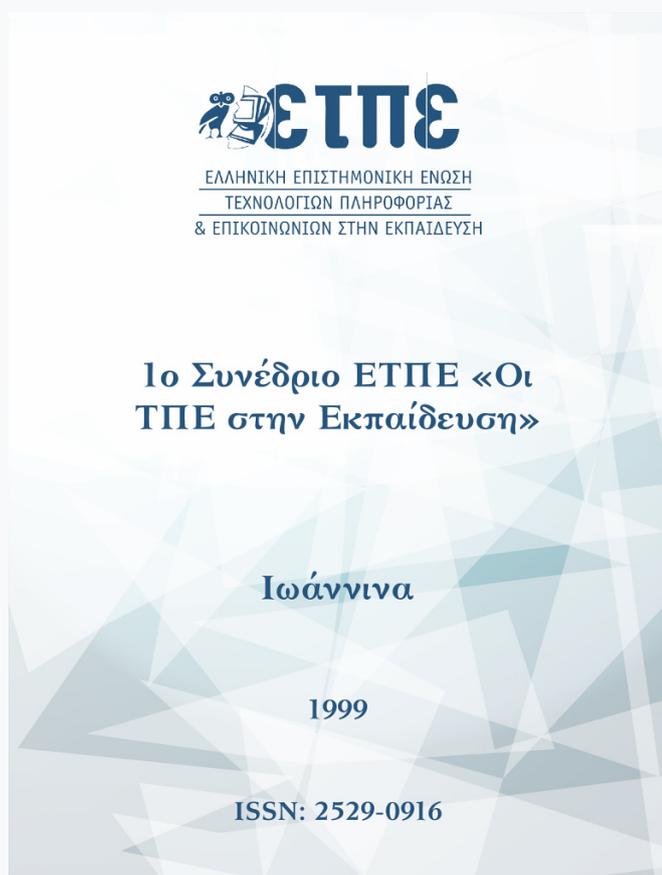


Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Vol 1 (1999)

1ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



Αρχές Ανάπτυξης Λογισμικού για την Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών'

Β. Κουλαϊδής, Δ. Ρογκάκος

To cite this article:

Κουλαϊδής Β., & Ρογκάκος Δ. (2022). Αρχές Ανάπτυξης Λογισμικού για την Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών'. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 081–095. Retrieved from <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4719>

Αρχές Ανάπτυξης Λογισμικού για την Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών'

Β. Κουλαϊδής, Δ. Ρογκάκος

1. Εισαγωγικά

Οι τρεις θεμελιακές αντιλήψεις που διέπουν την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού λογισμικού είναι: η ισόρροπη και ταυτόχρονη ανάπτυξη όλων των στοιχείων του προγράμματος σπουδών, η αλλαγή των παραδοσιακών πρακτικών και η επαναδόμηση του παιδαγωγικού επικοινωνιακού πλαισίου. Στην παρέμβαση αυτή, αναπτύσσεται το παιδαγωγικό πλαίσιο που πρέπει να διέπει το σχεδιασμό τον εκπαιδευτικού λογισμικού, οι ρόλοι που καλείται ν' αναλάβει ο εκπαιδευτικός και τα σενάρια που αναφέρονται στις θεματικές περιοχές του εκπαιδευτικού λογισμικού.

2. Το παιδαγωγικό πλαίσιο

Α. Γενικά: Αρχές του Εποικοδομισμού

Η συνολική παιδαγωγική προβληματική ιδιαίτερα αυτή που αναφέρεται στις διαδικασίες απόκτησης, κατανόησης και επεξεργασίας της διδασκόμενης γνώσης από τους εκπαιδευόμενους- μπορεί να ενταχθεί στον Εποικοδομισμό². Ο Εποικοδομισμός εστιάζεται στην αλληλεπίδραση ανάμεσα στη νέα πληροφορία και στα ήδη υπάρχοντα ερμηνευτικά σχήματα που έχει οικοδομήσει το άτομο σε προηγούμενες ερμηνευτικές τον εμπλοκές με την εξωτερική πραγματικότητα.

Οι απόπειρες εκπαιδευτικής παρέμβασης με εποικοδομητικό προσανατολισμό, στοχεύουν στην προαγωγή της κατανόησης συγκεκριμένων θεματικών περιοχών³. Στην προαγωγή, δηλαδή, της ικανότητας των μαθητών ν' αναπαριστούν εσωτερικά έννοιες και καταστάσεις με τρόπο γενικό και δημιουργικό, οι οποίες συνδέονται με άλλες αναπαραστάσεις, και συμβάλλουν αποφασιστικά στη δημιουργία και μεταφορά διαφόρων ικανοτήτων και στρατηγικών⁴.

Αναμέναμε λοιπόν ότι κατά την χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού, οι πρότερες ιδέες των μαθητών θ' αλληλεπιδράσουν με τη διδασκόμενη γνώση. Γίνεται έτσι σαφές ότι η διατύπωση και μόνο των μαθησιακών στόχων δεν είναι επαρκής για να διασφαλιστεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Επομένως, προκύπτει η ανάγκη, από τη μια, για προσεκτικό σχεδιασμό του εκπαιδευτικού λογισμικού βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων και από την άλλη, για χρήση στρατηγικών εκπαιδευτικής παρέμβασης ικανών να προάγουν την οικοδόμηση της νέας γνώσης. Και στις δύο περιπτώσεις, ο πιθανός χαρακτήρας της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους δύο τύπους γνώσης (προηγούμενη γνώση μαθητή-διδασκόμενη φυσικοεπιστημονική γνώση) προβάλλει ως ιδιαίτερα σημαντικός γιατί θα προκαθορίσει το αποτέλεσμα της μαθησιακής διαδικασίας. Πιθανές περιπτώσεις αλληλεπίδρασης⁵:

- (1) Περίπτωση *σύγκρουσης*: και οι δύο τύποι γνώσης είναι καλά εγκατεστημένοι, βρίσκονται όμως σε σύγκρουση. Απαιτείται από τους μαθητές να αμφισβητήσουν την πραγματικότητα τους και να αντικαταστήσουν τις ιδέες τους με τις αντίστοιχες επιστημονικά αποδεκτές ιδέες που παρουσιάζονται ως *a priori* σωστές.
- (2) Περίπτωση *συμφωνίας*: και οι δύο τύποι γνώσης είναι καλά εγκατεστημένοι, δεν βρίσκονται όμως σε σύγκρουση. Απαιτείται από τους μαθητές να επεκτείνουν τις ιδέες τους και να τις ενσωματώσουν σε μια ευρύτερη οπτική. Η διδασκόμενη γνώση ενισχύει τις υπάρχουσες ιδέες των μαθητών ενσωματώνοντας τις σ' ένα "όλο".
- (3) Περίπτωση *συμβολικής γνώσης*: οι μαθητές δεν έχουν οικοδομήσει κάποιες ιδέες για ένα συγκεκριμένο φαινόμενο ή έννοια οι οποίες ν' αλληλεπιδράσουν με τη διδασκόμενη γνώση. Στην περίπτωση αυτή οι μαθητές αποκτούν καθαρά συμβολική γνώση.

Από τα παραπάνω, προβάλλει η αναγκαιότητα για "*καλή εγκατάσταση*" της διδασκόμενης, μέσω του εκπαιδευτικού λογισμικού, γνώσης στη γνωστική δομή των μαθητών. Αυτός ο μάλλον αφηρημένος στόχος παραπέμπει σε τρεις επιμέρους διαδικασίες:

α) *Εννοιολογική ανάπτυξη*: Περιλαμβάνει την *ενοποίηση και διαφοροποίηση*⁶ αρκετών εννοιών σ' ένα τμήμα της διδασκόμενης γνώσης χωρίς να λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη οι ιδέες των μαθητών και οι δεσμεύσεις τους προς αυτές. Αποτελεί το πρώτο βήμα προς την *εννοιολογική κατανόηση*⁷.

β) *Εννοιολογική επίλυση*: Αφορά κάποιες επιμέρους έννοιες και περιλαμβάνει την επίλυση των διαφορών ανάμεσα στην καθημερινή χρήση τους και στη χρήση τους από το εκπαιδευτικό λογισμικό. Η έντονη παρουσία και οι συνέπειες των *εναλλακτικών* κατά άλλους, *εσφαλμένων ιδεών* καθιστά απαραίτητη τη χρήση διδακτικών στρατηγικών που θα συμβάλλουν στην εννοιολογική επίλυση.

γ) *Εννοιολογική αλλαγή*: Περιλαμβάνει την απόρριψη από τους μαθητές κάποιας προηγούμενης εννοιολογικής κατανόησης και όλων των σχετικών προεκτάσεων της π.χ. δεσμεύσεις, προσδοκίες, ερμηνείες κ.α..., με την παράλληλη αποδοχή μιας άλλης που είναι ασυμβίβαστη. Σύμφωνα με άλλους όμως, η εννοιολογική αλλαγή δεν περιλαμβάνει απαραίτητα μια καθολική αντικατάσταση αλλά, μπορεί να εκφραστεί είτε μέσω αλλαγής στο περιεχόμενο της γνωστικής δομής, είτε μέσω αλλαγής στη δομική της οργάνωση⁸.

Τα παραπάνω θέτουν κάποιους άξονες αναφορικά με τις προδιαγραφές που πρέπει να έχει το εκπαιδευτικό λογισμικό προκειμένου να καταστεί χρήσιμο διδακτικό εργαλείο. Για τη δυσκολότερη περίπτωση αλληλεπίδρασης (περίπτωση σύγκρουσης) και θέτοντας τον πλέον φιλόδοξο στόχο (εννοιολογική αλλαγή) προκύπτουν τα εξής⁹:

- Η διδασκόμενη γνώση θα πρέπει να είναι συγκροτημένη σε ενότητες, οι οποίες θα πρέπει να έχουν μια ιεραρχική οργάνωση (από το γενικό στο ειδικό, από το κομβικό στο δευτερεύον).
- Οι επιμέρους έννοιες και ιδέες θα πρέπει να έχουν υψηλό βαθμό αλληλοσυσχέτισης και να μη χαρακτηρίζονται από ασυνέπεια.

Περαιτέρω χαρακτηριστικά των διδασκόμενων εννοιών και ιδεών, εξαρτώνται άμεσα από το πως ορίζεται η εννοιολογική αλλαγή. Για το λόγο αυτό,

προτού προχωρήσουμε, κρίνεται σκόπιμο να παρατεθεί μια σύντομη περιγραφή της μάθησης ως εννοιολογική αλλαγή.

B. Η μάθηση ως εννοιολογική αλλαγή

Από τις αρχές της δεκαετίας του '70 και μέχρι σήμερα, αρκετοί ερευνητές και θεωρητικοί του χώρου, συναινούν στην περιγραφή της μάθησης ως διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής.

Η πρώτη σύγχρονη προσπάθεια για ν' αναπτυχθεί μια γνωστική σύλληψη για τη μάθηση ως εννοιολογική αλλαγή, είναι αυτή από τους Rumelhart και Norman (1978), οι οποίοι χρησιμοποιώντας ένα σύστημα αναπαράστασης βασισμένο σε σχήματα (schemata), προτείνουν τα εξής (ποιοτικά διαφορετικά) είδη μάθησης¹⁰:

- i. *Προσαύξηση (accretion)* ή, κωδικοποίηση της νέας πληροφορίας μέσα από τα υπάρχοντα σχήματα,
- ii. *Ρύθμιση (tuning)* ή, εξέλιξη των σχημάτων όπου αυτά τροποποιούνται και βελτιώνονται προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές περιπτώσεις.
- iii. *Αναδόμηση (restructuring)* ή, δημιουργία νέων σχημάτων.

Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση της μάθησης, οι Luffiego et. al.¹¹, (1994) προτείνουν ένα μοντέλο σε μια προσπάθεια να ερμηνεύσουν τη δυναμική της εννοιολογικής εξέλιξης, μέσα στο πλαίσιο του εννοιολογικού σχήματος (conceptual structure ή conceptual schema). Το μοντέλο ξεκινά με την επισήμανση ότι το γνωστικό σύστημα, στο οποίο ανήκει το εννοιολογικό σχήμα, είναι ανοικτό, και κατά την αλληλεπίδραση του υποκειμένου με κάποιες νέες ιδέες/γνώσεις, αποκτάται πληροφορία η οποία χρησιμοποιείται για να δοθούν απαντήσεις (περιγραφές και προβλέψεις). Η εισερχόμενη, στο εννοιολογικό σχήμα, πληροφορία ενσωματώνεται σε κάποιες "ελκτικές" έννοιες ("attractors") που υπάρχουν ήδη σ' αυτό (οι "ελκτικές" έννοιες είναι πολύ σημαντικές γιατί καθορίζουν τους ερμηνείες που αποδίδει το εννοιολογικό σχήμα). Η εισροή της νέας πληροφορίας είναι δυνατόν να προκαλέσει μία από τις δύο καταστάσεις:

- i. *Στάδιο σταθερότητας*: οι υπάρχουσες "ελκτικές" έννοιες είναι σε θέση να Ενσωματώσουν τη νέα πληροφορία κι έτσι το εννοιολογικό σχήμα παραμένει σε μια κατάσταση σχετικής σταθερότητας.
- ii. *Στάδιο αστάθειας*: οι υπάρχουσες "ελκτικές" έννοιες δεν είναι σε θέση να ενσωματώσουν τη νέα πληροφορία, ή τμήματα αυτής, κι έτσι το σύστημα υπεισέρχεται σε μια κατάσταση αστάθειας ή καλύτερα, χάους (με την έννοια ότι η εξέλιξη του είναι απρόβλεπτη από τα διαθέσιμα στοιχεία). Κατά συνέπεια, ολόκληρο το εννοιολογικό σχήμα (*ριζική αναδόμηση*), ή μέρος αυτού (*ασθενής αναδόμηση*), υφίσταται μια αναδόμηση.

Καθώς το εννοιολογικό σχήμα αναδομείται, προχωρά σε μια κατάσταση αυξημένης πολυπλοκότητας. Έτσι, δημιουργούνται κάποια άλλα υποσχήματα (subschemata) με λιγότερο ισχυρές "ελκτικές" έννοιες, άρα και αρκετά ευάλωτα στη νέα πληροφορία, τα οποία

όμως συνεισφέρουν στη γενική σταθερότητα του εννοιολογικού σχήματος.

Στο συγκεκριμένο μοντέλο, οι δύο πρώτοι τύποι μάθησης (*προσαύξηση, ρύθμιση*) κατά Rumelhart και Norman, ενσωματώνονται στην κατηγορία της *προσαρμογής (adjustment)*, με τη λογική ότι, ακόμα και η μικρής κλίμακας *προσαύξηση* επηρεάζει το εννοιολογικό σχήμα. Συνοπτικά, οι τύποι μάθησης είναι οι εξής:

- i. *Προσαρμογή (adjustment)*: κατά την *προσαρμογή* έχουμε αλλαγή, σε μικρή κλίμακα, των σχέσεων ανάμεσα στις έννοιες του εννοιολογικού σχήματος. Έτσι, αναδιοργανώνονται μονάχα οι περιφερειακές έννοιες ενώ οι "ελκτικές" έννοιες παραμένουν αμετάβλητες. Τέτοιες *αλλαγές* είναι χαρακτηριστικές του σταδίου σταθερότητας.

Ο συγκεκριμένος τύπος μάθησης (προσαρμογή) ουσιαστικά συμπίπτει με την "*latu sensu*" *εννοιολογική αλλαγή*, η οποία, κατά τον Villani, χαρακτηρίζεται από την ταυτόχρονη παρουσία της παλιάς και της νέας γνώσης. Η συνύπαρξη αυτή οφείλεται στο ότι οι διαδικασίες *αλλαγής* έχουν περιορισμένη επιτυχία, η οποία δεν είναι αρκετή για ν' αντικαταστήσει την προηγούμενη γνώση. Η διαδικασία αυτή αναζήτησης της νέας επιστημονικής γνώσης, αποτελεί βασικό σκοπό της διδασκαλίας στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και προσανατολίζεται κυρίως σε δραστηριότητες που θα τεκμηριώσουν την επιτυχία, αυξάνοντας ταυτόχρονα την ανταγωνιστικότητα, της νέας γνώσης¹².

- ii. *Αναδόμηση (restructuring)*: κατά την *αναδόμηση* έχουμε αλλαγή στις "ελκτικές" έννοιες ή στον "ελκτικό" πυρήνα του εννοιολογικού σχήματος, εξαιτίας της αδυναμίας του να ενσωματώσει τη νέα πληροφορία. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μεταβολή των ερμηνευτικών μηχανισμών του σχήματος. Όμως, προτού την *αναδόμηση* του, το σχήμα απαιτείται να περάσει από τη φάση της *προσαρμογής*.

Η παραπάνω διαδικασία της *αναδόμησης* χαρακτηρίζει τον τύπο της "*strictu sensu*" *εννοιολογικής αλλαγής* κατά την οποία, ο μαθητής ενσωματώνει την επίσημα αποδεκτή γνώση σ' ένα εννοιολογικό σχήμα που χαρακτηρίζεται από συνοχή. Πρόκειται για στόχο που αφορά ανώτατες βαθμίδες της εκπαίδευσης και αποτελεί, κατά κάποιο τρόπο, κάτι σαν τελική κατάσταση μια και το υποκείμενο είναι πλέον σε θέση να χρησιμοποιήσει τους επιστημονικούς κανόνες για να προβεί σε συλλογισμούς που συνδέουν τις επιστημονικές έννοιες και γλώσσα με τις φαινομενολογικές παρατηρήσεις και τα πειραματικά αποτελέσματα¹³.

Στη θεωρητική της προσέγγιση, η Βοσνιάδου, ως "ελκτικές" έννοιες θεωρεί τα πιστεύω που προέρχονται από τις συγκεκριμένες θεωρίες και ως "ελκτικό" πυρήνα, τις προϋποθέσεις που θέτει η γενικότερη *θεωρία πλαίσιο* που έχει οικοδομήσει ο μαθητής. Επομένως η *αναδόμηση ή αναθεώρηση (revisión)*, όπως η ίδια λέει εννοώντας προφανώς την ίδια λειτουργία, μπορεί να λειτουργήσει σε δύο επίπεδα¹⁴:

- i. *Επίπεδο συγκεκριμένης Θεωρίας*: αποτελεί αναγκαία λειτουργία στην περίπτωση που η νέα πληροφορία δεν είναι συνεπής με τα πιστεύα του ατόμου, όπως αυτά διαμορφώνονται από τους περιορισμούς που θέτει η συγκεκριμένη θεωρία. Αν και μια

τέτοια αναθεώρηση είναι ευκολότερη από αυτή που αφορά τη γενική θεωρία πλαίσιο, υπάρχει ο κίνδυνος ο μαθητής ν' αλλάξει τα τοπικά του πιστεύω με άλλα, που να έρχονται όμως και αυτά σε αντίθεση με την επιστημονική γνώση. Και επειδή, πάντοτε κατά τη Βοσνιάδου, δεν είναι οι εσφαλμένες ιδέες/πιστεύω του μαθητή εκείνα που αντιστέκονται στη διδασκαλία αλλά οι προϋποθέσεις που θέτει η γενική θεωρία-πλαίσιο, απαιτείται αναθεώρηση σ' ένα δεύτερο επίπεδο.

- ii. Επίπεδο γενικής θεωρίας-πλαισίου: αυτός ο τύπος αναθεώρησης δεν περιορίζεται στην αλλαγή των πιστεύω του μαθητή αλλά, στη αλλαγή της γενικότερης θεωρίας-πλαισίου και κατά συνέπεια, των προϋποθέσεων που αυτή θέτει. Αντιλαμβανόμαστε ότι κάτι τέτοιο είναι τρομερά δύσκολο γιατί, ο μαθητής καλείται να απορρίψει ένα ερμηνευτικό σύστημα συνοχής, που περιλαμβάνει κάποιες οντολογικές και επιστημολογικές προϋποθέσεις που βασίζονται και επιβεβαιώνονται συνεχώς από την καθημερινή του εμπειρία. Επιπλέον δυσκολία υπάρχει επειδή, πάνω σ' αυτό το σύστημα έχει οικοδομήσει πλήθος από κατοπινές γνωστικές δομές.

Για να αντιμετωπιστούν τέτοιες δυσκολίες, η Βοσνιάδου προτείνει το μηχανισμό της *αναστολής των προϋποθέσεων (presupposition suspension)*¹⁵ με τον οποίο θα περιοριστεί το εύρος της εφαρμογής των προϋποθέσεων κι έτσι δεν θα παρεμποδίζεται μια κλάση οντοτήτων που ανήκουν στην συγκεκριμένη περιοχή γνώσης. Αυτό αποτελεί βασικό βήμα για την τελική αντικατάσταση μιας θεωρίας -πλαισίου μ' ένα διαφορετικό, επιστημονικά αποδεκτό, ερμηνευτικό πλαίσιο. Ωστόσο, δεν διευκρινίζει αν κάτι τέτοιο θα επιτευχθεί μέσω *γνωστικών συγκρούσεων* ή, μέσω της *διαφοροποίησης των πλαισίων* στα οποία εφαρμόζονται οι συγκεκριμένες προϋποθέσεις, αν και η ίδια λέει ότι η πρακτική της γνωστικής σύγκρουσης δεν έχει οδηγήσει σε επιτυχημένες διδακτικές πρακτικές¹⁶. Αλλού όμως, θεωρεί ως σημαντική συνθήκη για να ενεργοποιηθεί η διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής, να βρεθεί ο μαθητής αντιμέτωπος με μια γνωστική διάψευση. Και για το σκοπό αυτό, θα πρέπει η διδασκαλία να δημιουργεί μια *μετα-ιδεών συνειδητοποίηση (metaconceptual awareness)* έτσι ώστε ο μαθητής, να επανεξετάσει τις ιδέες που έχει σε σχέση με την εμπειρία τον και να ελέγξει τη θεωρητική φύση των ιδεών αυτών".

Οι Chi et. al. (1994), στη θεωρητική τους προσέγγιση γνωστή ως *Θεωρία της ασυμβιβατότητας*, διαβλέπουν και αυτοί μια παρόμοια με την παραπάνω διαφοροποίηση στη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής. Όμως, αυτή τη φορά η διάκριση αφορά τα διαφορετικά επίπεδα οντολογικοί κατηγοριών, που είναι τα εξής¹⁸.

- i. Σε επίπεδο *παράλληλων κατηγοριών*: πρόκειται για την περίπτωση που δύο ιδέες είναι οντολογικά συμβατές και συνήθως, η εννοιολογική αλλαγή δεν παρουσιάζει δυσκολίες. Ωστόσο, δεν είναι ξεκάθαρο για τους Chi et. al., αν μια τέτοια αλλαγή αποτελεί μικρότερου βαθμού εννοιολογική αλλαγή, σε σχέση με την αλλαγή ανάμεσα σε διαφορετικά οντολογικά δέντρα.
- ii. Σε επίπεδο *οντολογικών δέντρων*: πρόκειται για την περίπτωση όπου μια ιδέα επαναπροσδιορίζεται από μια οντολογική κατηγορία σε μια άλλη διαφορετική. Μια

τέτοια αλλαγή είναι αρκετά δύσκολη για το μαθητή γιατί θα πρέπει να αλλάξει την οντολογία, ή αλλιώς τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά, που έχει αποδώσει μία έννοια και με βάση τα οποία έχει αναπτύξει ένα πολύπλοκο ερμηνευτικό σύστημα.

Η διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής δεν πρέπει να θεωρηθεί ότι περιορίζεται στην αλλαγή και μόνο των εναλλακτικών ιδεών που έχουν οι μαθητές και στην κατοπινή αποδοχή των επιστημονικών ιδεών από αυτούς. Επιπλέον, αφορά την αλλαγή: στη φύση των ερωτήσεων, στις μεθόδους για την απόκτηση της νέας γνώσης, στις βασικές οντότητες και στους σκοπούς μιας τέτοιας μάθησης. Οι αλλαγές αυτές, στο σύνολο τους, παραπέμπουν σε μια γενικότερη μετατόπιση του μαθητή από το στενό πρίσμα της κοινής λογικής που δημιουργεί μια απόκλιση στους σκοπούς, τη διαδικασία, τη μεθοδολογία και την ίδια την κατανόηση της πραγματικότητας, σε σχέση με την επιστημονική πρακτική. Και όλες αυτές οι αλλαγές, αν ιδωθούν σε αναλογία με την επιστημονική αλλαγή, συνιστούν, κατά τον Laudan, μια αλλαγή στην *ερευνητική παράδοση (research tradition)*¹⁹.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να επέλθει η εννοιολογική αλλαγή είναι, οι αυθόρμητοι τρόποι, με τους οποίους ο μαθητής αιτιολογεί τα διάφορα φαινόμενα, να μην ανταποκρίνονται στους σκοπούς για τους οποίους έχουν δημιουργηθεί²⁰. Από αυτούς τους σκοπούς, ο Halford²¹ (1993) φαίνεται να ξεχωρίζει τη λειτουργία πρόβλεψης υποστηρίζοντας ότι, η μάθηση είναι δυνατή μόνο όταν ο μαθητής βρεθεί αντιμέτωπος με μια ασυμφωνία ανάμεσα στα αποτελέσματα μιας κατάστασης και στις προβλέψεις που έχει κάνει σχετικά με αυτά. Ή αλλιώς, κατά την ορολογία του Piaget, να βιώσει ο μαθητής μια κατάσταση *ανισορροπίας (disequilibrium)*, με την έννοια της *γνωστικής διάψευσης*². Αυτή η θέση ουσιαστικά συμπίπτει με την άποψη των Luffiego et al., όπου η εννοιολογική αλλαγή προϋποθέτει η νέα πληροφορία να μην είναι σχετική με το υπάρχον σχήμα²³ ή, θα λέγαμε καλύτερα, να είναι ασυμβίβαστη με τα νοητικά μοντέλα που έχει οικοδομήσει ο μαθητής. Κάτι τέτοιο καθιστά απαραίτητη την υιοθέτηση επιστημονικών μοντέλων από το μαθητή.

Επομένως, αναγκαία, όχι όμως και ικανή²⁴, συνθήκη για να ενεργοποιηθεί η διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής, είναι να βρεθεί ο μαθητής αντιμέτωπος με μια γνωστική διάψευση. Και για το σκοπό αυτό, θα πρέπει η διδασκαλία να δημιουργεί μια *μετα-ιδεών συνειδητοποίηση (metaconceptual awareness)* έτσι (ώστε ο μαθητής, να επανεξετάσει τις ιδέες που έχει σε σχέση με την εμπειρία του και να ελέγξει τη θεωρητική φύση των ιδεών αυτών²⁵. Ή όπως χαρακτηριστικά λέει ο Kuhn, ο μαθητής να συνειδητοποιήσει ότι σκέφτεται με ιδέες και όχι απλά ότι σκέφτεται για ιδέες²⁶.

Από τα παραπάνω γίνεται εμφανές ότι, ο διάλογος που αφορά την εννοιολογική αλλαγή προσανατολίζεται περισσότερο στην διαδικασία της *σμιμόρφωσης*, παρά αυτή της *αφομοίωσης*²⁷. Και κατά συνέπεια, θα πρέπει να περάσει ο μαθητής ένα στάδιο αστάθειας προκειμένου να προβεί σε εννοιολογικές αλλαγές, ν' αμφισβητήσει τις ιδέες που έχει και να τις αντικαταστήσει με τις επιστημονικά αποδεκτές.

Όμως, οποιαδήποτε προσπάθεια πρόκλησης εννοιολογικής αλλαγής καλείται να ξεπεράσει σημαντικά εμπόδια τα οποία τείνουν να παγιώνουν την εγκυρότητα των πρότερων ιδεών του μαθητή, συμβάλλοντας στη διατήρηση της σταθερότητας του

εννοιολογικού του σχήματος²⁸. Κι επειδή, όπως είδαμε νωρίτερα, το ενδιαφέρον εστιάζεται στη διαδικασία της συμμόρφωσης, οι προσπάθειες για εννοιολογική αλλαγή οφείλουν να ξεκινήσουν από τις προϋποθέσεις που θα ενεργοποιήσουν τη συμμόρφωση. Οι προϋποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν τα εξής²⁹:

1. Δυσαρέσκεια για τις υπάρχουσες ιδέες.
2. Η νέα ιδέα να είναι, έστω και ελάχιστα, κατανοητή. Δηλαδή, ο μαθητής να είναι σε θέση να κατανοήσει πως η εμπειρία του μπορεί να περιγραφεί και να ερμηνευτεί από τη νέα ιδέα.
3. Η νέα ιδέα να είναι πειστική, δηλαδή, να μπορεί να λύσει κάποια προβλήματα και να ταιριάζει με την υπόλοιτη γνώση, αποτέλεσμα της εμπειρίας του μαθητή. Ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα προβλήματα που επηρεάζουν τη σχολική επίδοση ή έχουν αυξημένη σημασία για το μαθητή, αν και η επίλυση τους δεν προδιαγράφει απαραίτητα μια εννοιολογική αλλαγή.
4. Η νέα ιδέα να είναι υποσχόμενη, ή αλλιώς, να είναι πιο ανταγωνιστικά σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες, χωρίς ταυτόχρονα να θυσιάζει κανένα από τα οφέλη των προηγούμενων ιδεών αν κάτι τέτοιο συμβαίνει, θα πρέπει να παρέχει επαρκή κίνητρα.

Γ. Κατευθυντήριες αρχές ανάπτυξης του εκπαιδευτικού λογισμικού

Από τα παραπάνω, προκύπτουν κάποιες βασικές αρχές και προτάσεις που διέπουν το περιεχόμενο και τον τρόπο παρουσίασης (διδασκτική πρακτική) του εκπαιδευτικού λογισμικού έτσι ώστε να είναι ένα αποτελεσματικό διδακτικό εργαλείο.

Γ1. Βασικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού λογισμικού

Η διδασκόμενη γνώση πρέπει να:

α. Έχει τα εξής χαρακτηριστικά που την καθιστούν ανταγωνιστική:

α1. Κατανοητή.

α2. Πειστική.

α3. Υποσχόμενη.

β. Είναι συγκροτημένη σε ενότητες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ιεραρχική οργάνωση.

γ. Έχει υψηλό βαθμό αλληλοσυσχέτισης και δεν χαρακτηρίζεται από ασυνέπεια [βλ. πορεία διδασκαλίας].

Γ2. Στρατηγικές διδασκτικής πρακτικής

Η πορεία που θα επιλεγεί προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν τη διδασκόμενη γνώση, είναι συνάρτηση της μορφής που αναμένεται να έχει η αλληλεπίδραση της νέας γνώσης με τη γνώση που ήδη έχουν οικοδομήσει. Ανά περίπτωση, προτείνεται η χρήση των παρακάτω μοντέλων διδασκαλίας:

α. Στην περίπτωση της συμφωνίας, σημείο εκκίνησης αποτελούν οι ιδέες των μαθητών οι

οποίες τυγχάνουν επεξεργασίας τέτοιας ώστε να υποστούν γενικεύσεις, εμπλουτισμό και πιθανές τροποποιήσεις, προκειμένου να διευρυνθεί το περιεχόμενο τους και να επιλυθούν τυχόν ασυνέπειες.

β. Στην περίπτωση της συμβολικής γνώσης, οι προσπάθειες αφορούν κυρίως τα χαρακτηριστικά της διδασκόμενης γνώσης έτσι ώστε, να καταστεί χρηστική και αποδεκτή στους μαθητές.

γ. Στην περίπτωση της σύγκρουσης, εισάγεται η νέα γνώση και χρησιμοποιώντας τη σε απλές καταστάσεις, γίνεται προσπάθεια οι μαθητές να προβούν σε συγκρίσεις όσον αφορά τη λειτουργικότητα, την αξιοπιστία και γενικότερα την ανταγωνιστικότητα της, σε σχέση με την πρότερη γνώση τους. Χρήσιμες στρατηγικές για την πρόκληση εννοιολογικής αλλαγής:

γ1. Πρόβλεψη από τους μαθητές της έκβασης κάποιου φαινομένου ή διαδικασίας η οποία δύναται να οδηγήσει σε γνωστική διάγνωση. Κατ' αυτό τον τρόπο αναστέλλεται σταδιακά η εγκυρότητα των οντολογικών και επιστημολογικών προϋποθέσεων που ευθύνονται για την παρουσία των εναλλακτικών ή εσφαλμένων ιδεών των μαθητών.

γ2. Δημιουργία μιας μετα-γνωστικής (ή μετα-ιδεών) συνειδητοποίησης οδηγώντας τους μαθητές να επανεξετάσουν την εγκυρότητα των πρότερων ιδεών τους και να ελέγξουν τη θεωρητική φύση αυτών.

3. Ρόλοι του εκπαιδευτικού

Ο ρόλος του καθηγητή προσδιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τους στόχους που διέπουν το σχεδιασμό και τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού. Όπως προαναφέρθηκε, βασική επιδίωξη είναι οι μαθητές να κατανοήσουν τη διδασκόμενη γνώση. Για το λόγο αυτό, ο εκπαιδευτικός δεν θα πρέπει με κανένα τρόπο ν' αγνοήσει ή να θεωρήσει ανύπαρκτη την πρότερη γνώση των μαθητών και ν' αρκεστεί στην απλή μετάδοση της φυσικο-επιστημονικής γνώσης και στην εκμάθηση μεθόδων επίλυσης συγκεκριμένων προβλημάτων σε συγκεκριμένες θεματικές περιοχές. Απεναντίας, πρέπει να χειρίζεται το υλικό του εκπαιδευτικού λογισμικού στη βάση ότι, σκοπός του μαθητή είναι να λύσει νοητικά προβλήματα που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση της προηγούμενης με τη διδασκόμενη γνώση³⁰. Σ' αυτή τη βάση, ο εκπαιδευτικός καλείται ν' αναλάβει τους παρακάτω ρόλους³¹:

(1) Εμπνευστικός ρόλος

Είναι συχνό το φαινόμενο σε μαθήματα των φυσικών επιστημών, ιδίως όταν περιλαμβάνονται κάποιες δραστηριότητες (π.χ. διεξαγωγή πειραμάτων, προβολή ταινιών), η προσοχή των μαθητών να μην εστιάζεται εκεί που επιθυμεί ο εκπαιδευτικός. Κατά συνέπεια, επιβάλλεται η ανάληψη ενός εμπνευστικού ρόλου κατά τον οποίο, ο εκπαιδευτικός δρομολογεί την προσοχή των μαθητών στις περιοχές εκείνες που αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης κατά τη μαθησιακή διαδικασία.

Κάποιες χρήσιμες τεχνικές προς αυτή την κατεύθυνση είναι οι εξής:

- Σαφής διατύπωση του στόχου του μαθήματος ή της δραστηριότητας.
- Προτροπή των μαθητών να θέσουν ερωτήματα, στον εαυτό τους και στους άλλους.

Προτροπή των μαθητών ν' αναλάβουν την ευθύνη και να κατευθύνουν τη μάθησή τους.

- Επιλογή περιπτώσεων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τους μαθητές, π.χ. απρόβλεπτα και μη-αναμενόμενα γεγονότα.
- Προτροπή των μαθητών να εκφράσουν τις ιδέες τους.

(2) Διαγνωστικός ρόλος

Δεδομένου ότι οι ιδέες των εκπαιδευόμενων έχουν σημαντική επίδραση στη μάθηση, προβάλλει ως αναγκαία η ενημέρωση του εκπαιδευτικού σχετικά με το περιεχόμενο των ιδεών των μαθητών του, για συγκεκριμένες εννοιολογικές περιοχές. Μια τέτοια διάγνωση οφείλει να προηγείται της μαθησιακής διαδικασίας κατά την οποία, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μετασηματίζονται προς τις περισσότερο επιστημονικά αποδεκτές ιδέες.

Συνήθως είναι πολύ δύσκολο να διερευνηθούν σε βάθος οι ιδέες των μαθητών μέσα στα πλαίσια της σχολικής τάξης. Ωστόσο, μπορεί να γίνουν κάποιοι χειρισμοί όπως για παράδειγμα, ο μαθητής να αιτιολογεί μια απρόβλεπτη ή μη-αναμενόμενη απάντηση του.

(3) Καθοδηγητικός ρόλος

Γενικά, κατά τη διδακτική πρακτική είναι δυνατό να εφαρμοστούν αρκετά διαφορετικά είδη καθοδήγησης. Για παράδειγμα, ο δάσκαλος οδηγεί τους μαθητές μέσω ενός αιτιολογημένου επιχειρήματος ή προς την επίλυση ενός προβλήματος, χρησιμοποιώντας μια βήμα προς βήμα σειρά ερωτήσεων. Κάθε βήμα σ' αυτή τη διερεύνηση μετατρέπεται σε ερώτηση, η απάντηση της οποίας αποτελεί τη βάση για το επόμενο βήμα. Μια ερώτηση που παραμένει αναπάντητη, ή απαντάται εσφαλμένα, θεωρείται ως ανεπαρκής και ο εκπαιδευτικός επιχειρεί να την αντικαταστήσει με μια λιγότερο δύσκολη, πιο σαφή ή απλούστερη ερώτηση.

Ωστόσο, υπάρχουν πολλά ολισθήματα σ' αυτή τη διαδικασία· ενώ ο εκπαιδευτικός είναι ικανοποιημένος όταν έχει επιτευχθεί ο διδακτικός στόχος, οι μαθητές μπορεί να μην έχουν αίσθηση αυτού του επιτεύγματος. Όταν ο εκπαιδευτικός δεν περιγράφει με σαφήνεια το στόχο μιας άσκησης, ούτε εξηγεί το σκοπό μιας συζήτησης, τότε δεν γίνεται αντιληπτή στους μαθητές η πορεία που έχει ακολουθηθεί αλλά ούτε και ο στόχος που έχει επιτευχθεί.

Αρχική προϋπόθεση για να επιτύχει τον καθοδηγητικό του ρόλο είναι, ο εκπαιδευτικός να βοηθήσει τους μαθητές ν' αναπτύξουν στρατηγικές για την αποτελεσματική επεξεργασία της πληροφορίας έτσι ώστε, να μπορούν να βλέπουν που οδηγεί ο τρόπος σκέψης τους. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω:

- Προσεκτικής υπόδειξης των λογικών σφαλμάτων του τρόπου σκέψης του μαθητή, π.χ. ασυνέπειες, συναγωγή μη-τεκμηριωμένων συμπερασμάτων.
- Πρόκλησης της απροθυμίας του μαθητή να λάβει υπόψη του όλες τις πιθανότητες ή να αναβάλλει την αιτιολόγησή του.
- Υπόδειξης στο μαθητή όπου αυτός έχει προβεί σε υπέρ- ή υπο-γενικεύσεις, ή έχει στηρίξει το επιχείρημα του σε εσφαλμένες παραδοχές.

Όλοι οι μαθητές χρειάζονται καθοδήγηση για να συνδέσουν την παρούσα εμπειρία με τις υπάρχουσες ιδέες τους που βρίσκονται στην μακροπρόθεσμη μνήμη, προκειμένου αυτή να

έχει νόημα. Επίσης, η ιδέα της μάθησης ως γενεσιουργής διαδικασίας (generative process) προτείνει ότι, ο εκπαιδευτικός, ως καθοδηγητής, θα πρέπει να παρέχει στο μαθητή αρκετά παραδείγματα και εφαρμογές της νέας ιδέας, να παρουσιάζει υλικό με πολλούς διαφορετικούς τρόπους και τύπους (π.χ. λεκτικά, διαγραμματικά), και να ενθαρρύνει την περαιτέρω επεξεργασία της νέας ιδέας μέσα από διαφορετικές οπτικές (π.χ. τεχνολογική εφαρμογή, μαθηματικές φόρμουλες, κοινοτικές συνέπειες κτλ). Ο μαθητής, καθώς αφομοιώνει τη νέα πληροφορία, μπορεί να φτιάξει πίνακες, εικόνες, διαγράμματα ροής ή περιλήψεις. Επίσης, μπορεί κατόπιν προτροπής, να διατυπώσει και να ελέγξει τις προβλέψεις του με βάση τις "καινούργιες" γνωστικές κατασκευές του. Κατ' αυτό τον τρόπο, αποκτά τη δυνατότητα ενεργητικής παρέμβασης πάνω στη νέα πληροφορία με την οποία εμπλέκεται, και δεν την αποδέχεται παθητικά.

(4) Καινοτομικός ρόλος

Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να παρέχει το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό και να το οργανώνει με τρόπο τέτοιο ώστε, να δημιουργηθεί ένα αποτελεσματικό μαθησιακό περιβάλλον. Σε επόμενο επίπεδο, ο εκπαιδευτικός οφείλει να αποκτήσει έναν περισσότερο καινοτομικό ρόλο - όταν πλέον οι εναλλακτικές ιδέες του μαθητή είναι γνωστές, θα πρέπει να επινοήσει τρόπους ώστε να τον βοηθήσει να αντιληφθεί τις επιστημονικά αποδεκτές ιδέες ως, περισσότερο εύλογες, ευνόητες και εν δυνάμει χρήσιμες από εκείνες που ήδη έχει οικοδομήσει.

(5) Πειραματικός ρόλος

Άσχετα με την εμπειρία του εκπαιδευτικού, η διδακτική του προσπάθεια δεν είναι πάντοτε εντελώς επιτυχής και γι' αυτό οφείλει να θέτει στον εαυτό του το ερώτημα "Με ποιο τρόπο θα μπορούσα να έχω διδάξει περισσότερο αποτελεσματικά;". Κάτι τέτοιο προϋποθέτει τη συστηματική αξιολόγηση αυτού που έχει γίνει, συμπεριλαμβανομένου του τι έχουν μάθει οι μαθητές ως αποτέλεσμα συγκεκριμένων διδακτικών επεισοδίων.

Αποτελεί κοινή τακτική, οι μαθητές να ελέγχονται στο τέλος του μαθήματος για το τι έχουν μάθει αναφορικά με το θέμα που έχουν διδαχτεί. Όμως, τα αποτελέσματα από αυτά τα τεστ δεν θα πρέπει να συγχέονται με το τι έχουν μάθει οι μαθητές μετά την εμπλοκή τους με τη μαθησιακή διαδικασία. Έτσι, εάν ο εκπαιδευτικός πρόκειται να πάρει σοβαρά το ρόλο του ως "πειραματιστής", θα πρέπει να προχωρά σε συγκρίσεις πριν και μετά του μαθήματος καθώς και σε έλεγχο μετά από διάστημα κάποιων μηνών μετά τη διδασκαλία³².

Αναγνωρίζοντας ότι οι μαθητές είναι πιθανό να έχουν κάποιες λογικές και συνεπείς εναλλακτικές ιδέες, ο εκπαιδευτικός χρειάζεται να (τ) λάβει προσεκτικά υπόψη του ποια μορφή θα έχει η αξιολόγηση της μάθησης και ποιες θα είναι οι συνέπειες ανάδρασης από την αξιολόγηση αυτή. Η αξιολόγηση θα πρέπει να επικεντρώνεται, σε ζητήματα όπως:

- Τη συνέπεια των ιδεών των μαθητών και την αιτιολόγηση για την αποδοχή των συγκεκριμένων ερμηνευτικών σχημάτων.
- Αν οι μαθητές κατανοούν ή όχι την επιστημονικά αποδεκτή θέση, και
- Τι προσπάθειες έχουν κάνει για να γεφυρώσουν τις δύο οπτικές στα σημεία

που αυτές συγκρούονται.

Η χαρτογράφηση αυτού που γνωρίζουν οι μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία, συνιστά έναν τρόπο για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Εξίσου σημαντική είναι η αξιολόγηση της φύσης και της ποιότητας της ίδιας της μαθησιακής διαδικασίας, π.χ. αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών, αντιδράσεις των μαθητών κτλ.

Παραπομπές

1. Η εισήγηση αυτή βασίζεται στην πρόταση για την ανάπτυξη λογισμικού για την διδασκαλία της Χημείας που υποβλήθηκε στο έργο ΣΕΙΡΗΝΕΣ με ανάδοχο φορέα το Εργαστήριο Γενικής Χημείας του ΕΜΠ.

2. Αρκετά συνοπτικά, οι αρχές του Επικοδομισμού περιλαμβάνουν τα εξής:

-Οι ιδέες που έχει οικοδομήσει το υποκείμενο είναι αποτέλεσμα της προσωπικής ιστορίας της *εννοιολογικής του ανάπτυξης (conceptual development)* σε μια προσπάθεια κατανόησης της εξωτερικής πραγματικότητας.

-Οι ιδέες αυτές λειτουργούν (ως φίλτρα για τα δεδομένα που αποκτούνται μέσω της εμπειρίας).

-ενδεχόμενα προβλήματα δεν προέρχονται από την εμπειρία αλλά λόγω ασυμφωνίας μεταξύ νοητικών προσδοκιών και πραγματικής τωρινής του ικανότητας για να ερμηνεύσει την εμπειρία του.

-Οι λύσεις στα διάφορα προβλήματα δίνονται μέσα από τις ιδέες του υποκειμένου οι οποίες θα πρέπει να συμφωνούν με την γενικά αποδεκτή γνώση (επιστημονική γνώση).

(Βλ. Strike K., Posner G., (1985), A Conceptual Change View of Learning and Understanding, σ. 214-215, στο West L, Pines A., (επ.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press).

3. Οι μαθητές, έχοντας κατανοήσει μια ιδέα ή έννοια (με την οποία δεν είναι απαραίτητο να συμφωνούν), είναι σε θέση να τη χρησιμοποιήσουν προκειμένου να λύσουν τυχόν ανωμαλίες που δημιουργούνται από προηγούμενες ιδέες ή, να εφαρμόσουν την ιδέα αυτή για διαφορετικές συνθήκες. Ωστόσο, το πόσο καλά μπορούν να κατανοήσουν κάτι είναι δυνατόν να διαβαθμιστεί ως εξής:

- i. *Ελάχιστη κατανόηση (minimal understanding)*: τα υποκείμενα είναι σε θέση να εφαρμόσουν τη νέα ιδέα σε απλά ή στερεότυπα προβλήματα, όχι όμως και να διακρίνουν πως μπορεί να εφαρμοστεί η ιδέα αυτή σε πιο πολύπλοκες περιπτώσεις
- ii. *Πληρέστερη κατανόηση (fuller understanding)*: τα υποκείμενα είναι σε θέση να διακρίνουν ένα μεγάλο εύρος σημασιών μιας ιδέας καθώς επίσης και να την εφαρμόσουν σε περίπλοκες και νέες περιπτώσεις
- iii. *Συμμόρφωση (accommodation)*: σ' αυτή την κατηγορία απαιτείται επιπλέον η αποδοχή μιας ιδέας. Κατά την συμμόρφωση της αποδεχόμενης ιδέας, τα υποκείμενα αρκεί να έχουν μια ελάχιστη κατανόηση γι' αυτή, ωστόσο, κάτι

τέτοιο είναι ανασφαλές. (Βλ. Strike K., Posner G.. (1985), ό. π., σ. 229).

Η διαβάθμιση αυτή της κατανόησης διαπερνά όλες τις θεματικές ενότητες του εκπαιδευτικού λογισμικού όπου, κάθε αποσκοπούμενος τύπος κατανόησης συνδέεται άμεσα με την παρουσία και τη φύση των πρότερων ιδεών που (γνωρίζουμε βιβλιογραφικά ή αναμένουμε ότι) έχουν οικοδομήσει οι εκπαιδευόμενοι.

4.βλ. Halford G., (1993), σσ. 8,17, *ChildrenVs Understanding. The Development of Mental Models*, Erlbaum.

5.βλ. West L., Pines L., (1985), Introduction, σ. 4, στο West L, Pines A.. (επ.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press.

6.Ο όρος *ενοποίηση (integration)* χρησιμοποιείται για να περιγράψει το βαθμό αλληλοσυσχέτισης των ιδεών. Συχνά λειτουργεί ως δείκτης υπολογισμού της πολυπλοκότητας της γνωστικής δομής π.χ $1 = \text{αριθμός σχέσεων μ.} / \text{αριθμός σχέσεων ενός ιδανικού σκελετού}$.

Ο όρος διαφοροποίηση (*differentiation*) υπονοεί την ύπαρξη μιας ιεραρχικής οργάνωσης; όπου, ειδικότερες έννοιες υπάγονται σε κάποιες άλλες γενικότερες.

(Βλ. West L, Fensham P., Garrard J., (1985), *Describing the Cognitive Structures of Learners Following Instruction in Chemistry*, σσ. 45-46, στο West L, Pines A., (επ.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press).

7.Η εννοιολογική *κατανόηση (conceptual understanding)* αποτελεί μια θεωρία μάθησης όπου δίνεται έμφαση στην μάθηση ενός τμήματος γνώσης που έχει συνοχή και αποτελεί ένα αλληλοσυσχετιζόμενο σύνολο, παρά μια συγκέντρωση απομονωμένων εννοιών.

(βλ. West L. Pines L., (1985), Introduction, σ. 2, στο West L, Pines A.. (επ.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Academic Press).

8. βλ. Champagne A., Gunstone R., Klofter L. (1985), *Effecting Changes in Cognitive Structures Among Physics Students*, σ. 183, στο West L, Pines A.. (επ.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press).

9.Έχει επιλεγεί η δυσκολότερη αυτή περίπτωση επειδή τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά και προδιαγραφές για το εκπαιδευτικό λογισμικό ισχύουν και για τις υπόλοιπες περιπτώσεις αλληλεπίδρασης,

10.βλ. Shuell T., (1985), σ. 126, *Knowledge Representation, Cognitive Structure, and School Learning: A Historical Perspective*, στο West L, Pines A., (επ.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Academic Press.

11. βλ. LutTiego M., Bastida F., Ramos F., Soto J., (1994), *Systemic Model of Conceptual Evolution*, *Inc. J. Sd. Educ.*. 16(3), σσ. 305-313.

12. βλ. Villani A., (1992), *Conceptual Change in Science and Science Education*, *Science Education*. 76(2), σ. 234.

Η Βοσνιάδου ονομάζει το τύπο αυτό εννοιολογικής αλλαγής ως εμπλουτισμό (*enrichment*), κατά τον οποίο, η νέα πληροφορία προστίθεται στις υπάρχουσες εννοιολογικές δομές, που η ίδια χαρακτηρίζει ως συγκεκριμένες θεωρίες, μέσω του μηχανισμού της προσάυξης. Αντίθετα, η γενικότερη *θεωρία* πλαίσιο παραμένει ως έχει. Ο εμπλουτισμός αποτελεί την πιο απλή μορφή εννοιολογικής αλλαγής και όπως

έδειξε έρευνα των Vosniadou & Mathews, ο μαθητής δεν δυσκολεύεται να προσθέσει νέα πληροφορία σε μια υπάρχουσα εννοιολογική δομή. αρκεί βέβαια η νέα πληροφορία να είναι σύμφωνη με το περιεχόμενο της συγκεκριμένης δομής (βλ. Vosniadou S.. (1994), *Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. Learning and Instruction*,4(1), σσ. 45-69).

13. βλ. Villani A.,(1992), ό. π.

14. βλ. Vosniadou S., (1994).ό. π.

15. Στο ίδιο.

16. βλ. Vosniadou S.,(1994). *Introduction. Learning and Instruction. 4(I). σ. 3-6.*

17.βλ. Vosniadou S., (1992), σσ. 354-356, *Know/edge Acquisition and Conceptual Change*, στο *Applied Psychology: An International Review. 41 (4).*

18. βλ. Chi M., et. al., (1994), *From Things to Processes: a Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts*, *Learning and Instruction*, 4(1), σσ. 27-43.

19. Μέσα από το .πίσμα της κοινής λογικής (*common sense*), ο μαθητής κατανοεί την πραγματικότητα μέσα από κάποιες αρχέγονες; έννοιες π.χ. ώραση, αιτία, χρόνος, χώρος

-δίνει ερμηνείες με βάση τις εσωτερικές ιδιότητες των αντικειμένου

-ακολουθεί μια μεθοδολογία που βασίζεται σε 'ad hoc' αίτιες και υπεργενικεύσεις λιγοστών περιπτώσεων

-έχει σκοπούς πρακτικούς και αναζητά λύσεις τυπικές

βλ.. Villani A.,(1992),ό. π.

20. Στο ίδιο.

21.βλ. HalfordG..(1993),ό. π., σ. 153.

22.βλ. Dykstra D., Boyle C, Monarch I.. (1992), σ. 626, *Studying Conceptual Change in LearningPhysics*, *Science Education*, 76(6).

23.βλ. Luffiego M, Baslida F., Ramos F., Soto J., (1994), ό. π.

24.Από μόνη της, η γνωστική διάγνωση δεν αρκεί για την εννοιολογική αλλαγή. Επιπλέον, θα πρέπει να παρουσιάζεται στο μαθητή μια νέα ιδέα η οποία θα πρέπει να έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (βλ. Geddis A.. (1993), *Transforming Subject-matter Knowledge: The Role of Pedagogical Content Knowledge in Learning to Reflect on Teaching. Int. J. Sci. Educ.*, 15(6), σσ. 673-683).

25.βλ. Vosniadou S.. (1992). ό. π.

26.Στη φράση αυτή έχουμε αντικαταστήσει τη λέξη θεωρία με τη λέξη ιδέα γιατί θεωρούμε ότι έχει περισσότερο ουδέτερο περιεχόμενο (βλ. Jimenez M.. (1992), *Thinking About Theories or Thinking With Theories?: A Classroom Study With Natural Selection. Int. J. Sci. Educ.*, 14(1), σσ. 51-61).

27.βλ. Strike K., Posner G., (1985), ό. π.

28.Δεν είναι τόσο εύκολο να υπεισέλθει ο μαθητής σ' ένα τέτοιο στάδιο αστάθειας μια και, όπως έχουν δείξει κάποιοι ερευνητές έχει αναπτύξει κάποιου; μηχανισμούς που ελέγχουν, και σε κάποιο βαθμό αποτρέπουν, την εκδήλωση της. Τέτοιοι μηχανισμοί είναι οι εξής:

- Μεροληπτική επεξεργασία τη; πληροφορίας.
- Στρατηγικές που στοχεύουν στην επιβεβαίωση.

- Αποφυγή "ανώμαλων" στοιχείων π.χ. με το πρόσχημα ότι δεν βρίσκονται στη σφαίρα του ενδιαφέροντος του.
 - Θεώρηση τυχόν ανωμαλιών ως χαρακτηριστικό συγκεκριμένων περιπτώσεων.
 - Τεμαχισμό της γνώσης; π.χ. "η επιστήμη δεν έχει να κάνει τίποτα με τον πραγματικό κόσμο".
 - Αφομοίωση των νέων ιδεών. σε μια ύστατη προσπάθεια ν' αποφευχθεί η συμμόρφωση.
(Βλ. Lutfiego M, Bastida F., Ramos F., Solo J., (1994). ό. π. και Strike K., Posner G., (1985). ό. π.).
- 29.βλ. Strike K., Posner G.. (1985). ό. π., και Villani A., (1992), ό. π.
- 30.Συνήθη νοητικά προβλήματα που προσπαθεί να επιλύσει ο μαθητής, είναι τα εξής:
- Αντιστοιχία προβλέψεων-αποτελεσμάτων.
 - Εφαρμογή νέου κανόνα σε απλές περιπτώσεις.
 - Ανακάλυψη συσχετισμών ανάμεσα σε μεταβλητές.
(Βλ. Villani(1992),ό. π.)
31. βλ. Osborne R.. (1991). σσ. 91-100, Learning in Science: The implications of children's science, Heinemann.
32. Κατά την αξιολόγηση, θα πρέπει ν' αποφευχθούν δύο σοβαρά και αρκετά συχνά ολισθήματα που οδηγούν σε εσφαλμένες εκτιμηθεί; σχετικά με το μαθησιακό αποτέλεσμα. Τα ολισθήματα αυτά. που αφορούν αντιδράσει; των μαθητών κατά τη μαθησιακή διαδικασία, είναι τα εξής
1. Ο μαθητής μαθαίνει τη διδασκόμενη γνώση "παπαγαλία" αποτρέποντας έτσι, πιθανά προβλήματα γνωστικών συγκρούσεων. Στην περίπτωση αυτή, ο μαθητή; έχει δύο διαφορετικές ιδέες για το ίδιο φαινόμενο ή έννοια. Η μία είναι εκείνη που χρησιμοποιείται μέσα στο χώρο της σχολικής τάξης και αποτελεί δείκτη αξιολόγηση; ενώ η άλλη, είναι αυτή που για τον μαθητή είναι σωστή και λειτουργική μια και του παρέχει αληθοφανείς ερμηνείες και ικανότητες πρόβλεψης για τα διάφορα φαινόμενα και καταστάσεις. Αυτό το είδος της γνώσης; που η Βοσνιάδου αποκαλεί αδρανής γνώση, ουσιαστικά δημιουργείται όταν η νέα, ασυνεπής πληροφορία, αποθηκεύεται σε ξεχωριστές μικρο-δομές και χρησιμοποιείται μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Έρευνες έχουν δείξει ότι, η δεύτερη κλάση ιδεών εξακολουθεί να παραμένει και μετά την ολοκλήρωση των σχολικών μαθημάτων, ακόμα και σε μαθητές με υψηλή σχολική επίδοση.
 2. Ο μαθητής, υπό τη σκιά της σχολικής αυθεντίας, αποδέχεται χωρίς αμφισβήτηση τη διδασκόμενη γνώση η οποία δεν μπορεί να είναι παρά σωστή και την αφομοιώνει στις πρότερες ιδέες του. Η αποδοχή αυτή συνεπάγεται και μία αλλαγή στις πρότερες ιδέες του μαθητή όπου αυτές δεν συμφωνούν με την επίσημα αποδεκτή γνώση. Αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας αφομοίωσης είναι ο σχηματισμός; *συνθετικών μοντέλων ή, αλλιώς, εσφαλμένων αντιλήψεων.*
(Βλ. Norman D., (1983), Some Observations on Mental Models, σ. 7, στο Gentner D., Stevens A., (επ.). *Mental Models*, London and New Jersey: Erlbaum, Champagne A., et.

al. (1985), Instructional Consequences of Students' Knowledge About Physical Phenomena, στο West L. Pines A.. (επ.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press. Vosniadou S., (1992), *Knowledge Acquisition and Conceptual Change*, ό. π. και Vosniadou S., (1994), *Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change*, ό.π.).