

## «Η αναλογία ως διδακτικό εργαλείο στη διδασκαλία της συγκρότησης της ύλης και των μορίων»

**Σταύρος Σταυρινούδης**

Εκπαιδευτικός ΠΕ04.01

Υποψ. Δρ., ΜEd Σπουδές στην Εκπαίδευση, Ε.Α.Π.

*ststavrinoudis@gmail.com*

### ➤ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδασκαλία, στο πεδίο των φυσικών επιστημών και στο πλαίσιο της εποικοδομητικής θεωρίας της μάθησης, γίνεται με τη διαμεσολάβηση διδακτικών εργαλείων, όπως αυτά του ποικίλου εποπτικού υλικού και της γλώσσας, με σκοπό να γίνουν κατανοητές από τους μαθητές επιστημονικές έννοιες και φαινόμενα. Αυτό προϋποθέτει την εμπλοκή των μαθητών τόσο σε ομαδικές δραστηριότητες όσο και σε διαλογική επικοινωνία και συνεργασία με το σύνολο της τάξης. Η χρήση διδακτικών εργαλείων, όπως είναι αυτά του μοντέλου, της μεταφοράς και της αναλογίας, δίνουν τη δυνατότητα να κατανοηθούν επιστημονικές έννοιες και φαινόμενα, καθώς και να αναδειχθεί η περίοπτη θέση που κατέχει η γλώσσα, ως πολιτισμικό εργαλείο που τίθεται στην υπηρεσία της διδασκαλίας. Σκοπός του παρόντος άρθρου είναι η θεωρητική ενασχόληση με την αναλογία, ως ένα από τα διδακτικά εργαλεία, που τίθεται στις υπηρεσίες της διδακτικής των φυσικών επιστημών για την επίτευξη των διδακτικών και μαθησιακών στόχων. Ακολούθως γίνεται διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο δομούνται, παρουσιάζονται και αξιοποιούνται οι αναλογίες στην ενότητα του σχολικού εγχειριδίου της Χημείας Β΄ Γυμνασίου, που διαπραγματεύεται τη σωματιδιακή δομή της ύλης από άτομα και μόρια. Το άρθρο δομείται σε δύο βασικές ενότητες. Στην πρώτη έχουμε το θεωρητικό πλαίσιο, όπου γίνεται θεωρητική πλαισίωση των διδακτικών εργαλείων που τίθενται στην υπηρεσία της εποικοδομητικής διδακτικής προσέγγισης των φυσικών επιστημών, με ιδιαίτερη επικέντρωση και έμφαση στο εργαλείο της αναλογίας. Στη δεύτερη ενότητα του άρθρου παρουσιάζονται, αναλύονται, συμπληρώνονται και αξιολογούνται δύο αναλογίες που απαντώνται στη διδακτική ενότητα «άτομα και μόρια» του σχολικού εγχειριδίου της χημείας της Β΄ τάξης του Γυμνασίου. Το άρθρο ολοκληρώνεται με την εξαγωγή συμπερασμάτων και την κατάθεση προτάσεων.

**Λέξεις Κλειδιά:** δομή της ύλης, άτομο, μόριο, εποικοδομητισμός, διδακτικό εργαλείο, αναλογία



## ➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν άρθρο αποτελείται από δύο βασικά μέρη. Στο πρώτο μέρος περιγράφεται το θεωρητικό υπόβαθρο της αναλογίας ως διδακτικού εργαλείου που στο πλαίσιο του εποικοδομητισμού στηρίζεται στις πρακτικό-βιωματικές γνώσεις των μαθητών για την κατανόηση της καινούριας γνώσης. Γίνεται αναφορά στη λειτουργία της αναλογικής σκέψης, στα στάδια της διαδικασίας ανακάλυψης και χρήσης της αναλογίας με τις προϋποθέσεις, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς χρήσης της.

Στο δεύτερο μέρος εστιάζουμε την προσοχή μας στην παράγραφο 2.8 (σσ. 58-61), που έχει τίτλο «Άτομα και μόρια», της 2ης γενικής ενότητας, που τιτλοφορείται «Από το νερό στο άτομο-Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο», του βιβλίου της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου (Αβραμιώτης, κ.ά., 2007α). Ειδικότερα, εντοπίζονται αναλογίες που παραθέτουν οι συγγραφείς στην εν λόγω ενότητα, τις οποίες μελετούμε διεξοδικά. Σε καθεμία από τις αναλογίες αναφέρεται ο τομέας-βάση και ο τομέας-στόχος, ο βαθμός ανάπτυξής της, η καταλληλότητά της ως εργαλείου μάθησης, τα όρια και οι περιορισμοί της και, όπου απαιτείται, διατυπώνονται συμπληρωματικές και βελτιωτικές προτάσεις.

Το άρθρο ολοκληρώνεται με την παράθεση σχετικής αποτίμησης, όπου περιλαμβάνει την εξαγωγή συμπερασμάτων και την κατάθεση προτάσεων.

## ➤ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### Πρακτικο-βιωματικές αντιλήψεις και εποικοδομητισμός

Οι μαθητές, ερχόμενοι σε πρώτη επαφή με την τυπική σχολική εκπαιδευτική διαδικασία, έχουν ήδη διαμορφωμένες, μέσω καθημερινών εμπειριών και βιωμάτων, πρακτικο-βιωματικές αντιλήψεις για τον φυσικό κόσμο που τους περιβάλλει (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001). Παράλληλα με την τυπική σχολική εκπαιδευτική διαδικασία, οι μαθητές συνεχίζουν να αποκτούν εμπειρίες και βιωματικές καταστάσεις που εμπλουτίζουν και διευρύνουν το πλαίσιο και το περιεχόμενο των πρακτικο-βιωματικών αντιλήψεών τους.

Η διδακτική των φυσικών επιστημών από τη σκοπιά της θεωρεί απαραίτητη την καταγραφή των αντιλήψεων αυτών. Η καταγραφή αυτή συμβάλλει στο να αναπτυχθούν εργαλεία και μοντέλα διδασκαλίας, καθώς και το κατάλληλο διδακτικό υλικό, με στόχο την καθοδήγηση των αντιλήψεων αυτών προς την επιστημονική άποψη (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

Στο πλαίσιο της εποικοδομητικής θεωρίας της μάθησης, οι πρακτικο-βιωματικές αυτές αντιλήψεις ως νοητικές οντότητες αποτελούν «σημείο εκκίνησης» της διδακτικής διαδικασίας (Κολιόπουλος, 2001), καθώς και «δομές υποδοχής» της νέας γνώσης που προκύπτει ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης των πρακτικο-βιωματικών αντιλήψεων και της σχολικής εκδοχής της γνώσης (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001). Στη διαδικασία αυτή, της οικοδόμησης της γνώσης, απαιτείται η ενεργός συμμετοχή



του μαθητή, ο οποίος κατασκευάζει μια καινούρια γνώση μέσω της αλληλεπίδρασης των βιωματικών ιδεών και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, όπου γίνεται χρήση του διδακτικού υλικού πλαισιωμένου με κατάλληλα διδακτικά εργαλεία (Σκουμιάς, 2012).

### Διδακτικά εργαλεία στις φυσικές επιστήμες

Για την επίτευξη των διδακτικών στόχων στον χώρο των φυσικών επιστημών ο εκπαιδευτικός αξιοποιεί, κατά την εξέλιξη της διδακτικής διαδικασίας, διδακτικά εργαλεία, όπως το πείραμα, τους εννοιολογικούς χάρτες, τη γνωστική σύγκρουση, τα μοντέλα, τις μεταφορές και τις αναλογίες.

Το πείραμα ως ένα μοντέλο διαλεκτικής διαμεσολάβησης μεταξύ διδασκόμενου και φύσης δοκιμάζει την αλήθεια μιας υπόθεσης ή έρχεται να επιβεβαιώσει ή να αμφισβητήσει μια θεωρία (Σκουμιάς, 2012) και αποτελεί την πιο ουσιαστική πτυχή στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Arons, 1991, όπ. αναφ. στο Σκουμιάς, 2012).

Ο εννοιολογικός χάρτης είναι σχεδιάγραμμα αποτελούμενο από κόμβους (πεδία) που περιλαμβάνουν έννοιες και μονόδρομες ή αμφίδρομες σχέσεις, δηλαδή βέλη, που συνδέουν κατάλληλα τις έννοιες αυτές μεταξύ τους με απώτερο στόχο την οργανωσιακή αναπαράσταση και κωδικοποίηση της γνώσης (Σκουμιάς, 2012).

Γνωστική σύγκρουση χαρακτηρίζουμε κάθε περίπτωση στο πλαίσιο της οποίας, προϋπάρχουσες προβλέψεις, υποθέσεις και εκτιμήσεις που έχουν αναπτυχθεί ως απάντηση σε κάποιο ερώτημα ή πρόβλημα διαψεύδονται ή τίθενται σε αμφισβήτηση. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται αποσταθεροποίηση της γνώσης των αρχικών προβλέψεων, υποθέσεων και εκτιμήσεων (Ραβάνης, 2001).

Το μοντέλο είναι η αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας, ή ενός συστήματος (Coll & Taylor, 2005). Αυτή η αναπαράσταση αποτελεί μια απλοποιημένη εικόνα ενός πολύπλοκου «πρωτοτύπου» (αντικειμένου, γεγονότος κ.λπ.). Πρωτότυπο και μοντέλο, ως δύο διαφορετικές οντότητες, βρίσκονται σε διαρκή αμφίδρομη επικοινωνία, τόσο στη φάση της κατασκευής όσο και στη φάση της χρήσης (Σταυρίδου, 1995).

Οι αναλογίες και οι μεταφορές επιτυγχάνουν τον μετασχηματισμό των αρχικών ιδεών των μαθητών, καθώς τους παρέχονται νέα εναλλακτικά πεδία για την ανάπτυξη ιδεών (Ραβάνης, 2001). Με τη χρήση τους επιτυγχάνεται η προσέγγιση τομέων μη οικείων προς τους μαθητές, με βάση τις γνώσεις που έχουν από άλλους οικείους τομείς (Σκουμιάς, 2012). Ως προς τον ορισμό, μεταφορά έχουμε όταν  $A=B$ , ενώ αναλογία όταν  $A$  μοιάζει με  $B$  και ως προς τη χρήση η μεταφορά αφορά όψεις και δίνει έμφαση μόνο στις ομοιότητες, ενώ η αναλογία ερμηνεύει περιεχόμενα εστιάζοντας τόσο στις ομοιότητες όσο και στις διαφορές (Χαλκιά, 2010), οι οποίες πρέπει να επισημανθούν στους μαθητές για την αποφυγή υπεργενικεύσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε παρανοήσεις (Harrison, 2001· Θεοδοσίου 2007).



## Γενικά για την αναλογία

Τόσο ο προφορικός όσο και ο γραπτός λόγος εμπεριέχουν δύο κατηγορίες έκφρασης, την κυριολεξία και τα ρητορικά σχήματα, όπως είναι η αναλογία, η μεταφορά, η μετωνυμία, η συνεκδοχή, η ειρωνεία κτλ. Η αναλογία ως σχήμα λόγου αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της καθημερινής μας επικοινωνίας, για να κάνει τον λόγο μας πιο ζωντανό και παραστατικό. Όμως η αναλογία δεν είναι μόνο ένα σχήμα λόγου, αλλά, στον χώρο της έρευνας-διδασκαλίας γενικότερα και ειδικότερα σε αυτόν της διδακτικής των φυσικών επιστημών, έχει καταγραφεί η βαθύτερη σχέση της με τον μηχανισμό που ο ανθρώπινος νους αντιλαμβάνεται, κατανοεί και εξηγεί τα γεγονότα και τα φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω του και ως διδακτικό εργαλείο προσεγγίζει καινούριες ιδέες με τη βοήθεια γνωστών και οικείων προς τον μαθητή εννοιών (Χρησιτίδου, 2001).

Η αναλογία πολλές φορές εκλαμβάνεται ως συνώνυμο της μεταφοράς, γεγονός που με όρους κυριολεξίας, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, δεν ισχύει. Ο ρόλος που επωμίζεται η μεταφορά ως διδακτικό εργαλείο είναι επεξηγηματικός και περιορίζεται στον εντοπισμό και αξιοποίηση μόνο των ομοιοτήτων μεταξύ δύο φαινομενικά ανόμοιων εννοιών. Η αναλογία εντοπίζει και εν συνεχεία επεκτείνει ομοιότητες αλλά και διαφορές μεταξύ ολόκληρων εννοιολογικών τομέων (Ο' Donoghue, 2004· Θεοδοσίου, 2007).

## Η λειτουργία της αναλογικής σκέψης

Η αναλογία είναι μια διεργασία που ταυτοποιεί ομοιότητες, επισημαίνοντας συγχρόνως και τις διαφορές μεταξύ δύο συνόλων εννοιών, που ονομάζονται εννοιολογικοί τομείς (Teagust, 1993· Θεοδοσίου, 2007). Δηλαδή, δεν έχουμε σύνδεση δύο μεμονωμένων εννοιών, αλλά εμπλοκή ολόκληρων νοητικών μοντέλων, όπου, με την επίδραση της μεταφορικής σκέψης, επιδιώκεται η αναπεριγραφή ενός μη οικείου γνωστικού τομέα, που αποκαλείται τομέας-στόχος, με την αξιοποίηση-αναπαράσταση ενός οικείου γνωστικού τομέα, που φέρει την ονομασία τομέας-βάση (Χρησιτίδου, 2001).

Στον αναλογικό μηχανισμό εμπλέκονται στην ολότητά τους δύο εννοιολογικοί τομείς, εκ των οποίων ο ένας ως περιεχόμενο είναι γνωστός και οικείος στο μαθητικό κοινό και αποκαλείται τομέας-βάση, ενώ ο δεύτερος τομέας τού είναι άγνωστος, μη οικείος, περιέχει έννοιες και γνώση προς κατάκτηση και αποκαλείται τομέας-στόχος (Harrison, 2001· Θεοδοσίου, 2017).

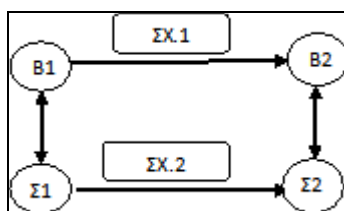
Κάθε αναλογία είναι, λοιπόν, η αντιστοίχιση μεταξύ δύο εννοιολογικών τομέων, του τομέα-βάσης και του τομέα-στόχου (Θεοδοσίου, 2017), που επιδιώκει την κατάκτηση της γνώσης που εμπεριέχεται στον δεύτερο τομέα με εργαλείο την αξιοποίηση οντολογικών όρων και εννοιών του πρώτου τομέα (Χρησιτίδου & Κουλαϊδής, 2000). Πέρα από τον τομέα-στόχο, στον οποίο αναζητείται η νέα γνώση, και τον τομέα-βάση, για τον οποίο γνωρίζουμε μερικά πράγματα σε ικανοποιητικό βαθμό, την αναλογία την πλαισιώνουν οι σχέσεις, ως μηχανισμοί που συσχετίζουν εννοιολογικά στοιχεία μεταξύ των δύο τομέων (May, Hammer & Roy, 2006).

Στόχος, εκ μέρους της διδακτικής χρήσης της αναλογίας και βάση της παιδαγω-



γικής της αξίας, είναι η αλλαγή των γνωστικών δομών, κοινώς η κατασκευή νέας γνώσης με τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής (Duit, 1991) και την αξιοποίηση των συσχετισμών μεταξύ προϋπάρχουσας και ζητούμενης γνώσης (Driver & Bell, 1986).

Στην πιο απλή μορφή μια αναλογία περιλαμβάνει τέσσερις κόμβους-έννοιες B1, B2, Σ1, Σ2 (τετράπλοιο). Οι δύο εξ αυτών βρίσκονται στον τομέα-βάση (B1 και B2), ενώ οι άλλοι δύο στον τομέα-στόχο (Σ1 και Σ2) και οι οποίοι συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους (B1 με B2 και Σ1 με Σ2) με όμοιες σχέσεις (ΣΧ1 και ΣΧ2 αντίστοιχα). Η έννοια B1 της βάσης αντιστοιχεί στην έννοια Σ1 του στόχου και η έννοια B2 στην έννοια Σ2 (Σκουμιάς, 2012). Όλα τα παραπάνω αποτυπώνονται στην εικόνα 1 που ακολουθεί.



Εικόνα 1

Για παράδειγμα, η δομή του ατόμου ως μη οικείος εννοιολογικός τομέας αναπαράστηκε από το Rutherford με βάση έναν οικείο εννοιολογικό τομέα για την εποχή εκείνη, το ηλιακό σύστημα. Έτσι, έννοιες εντελώς ανόμοιες, όπως αυτή του ατόμου και του ηλιακού συστήματος, σχετίζονται λόγω ανάλογων λειτουργιών, όπως είναι η ελκτική δύναμη τόσο μεταξύ ήλιου και πλανητών όσο και μεταξύ πυρήνα και ηλεκτρονίων (Χρηστίδου, 2001). Η αναλογία αυτή, λοιπόν, δομείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Τομέας-βάση: B1  $\xrightarrow{\Sigma\chi 1}$  B2: Ο Ήλιος έλκει τη Γη (πλανητικό σύστημα)
- Τομέας-στόχος: Σ1  $\xrightarrow{\Sigma\chi 2}$  Σ2: Ο πυρήνας έλκει το ηλεκτρόνιο (άτομο)
- Κόμβοι βάσης: B1: Ήλιος, B2: Γη
- Κόμβοι στόχου: Σ1: πυρήνας, Σ2: ηλεκτρόνιο
- Σχέσεις ΣΧ1 και ΣΧ2: έλκει (Θεοδοσίου, 2007).

### Η διαδικασία της ανακάλυψης και χρήσης μιας αναλογίας

Έχοντας υπόψη ότι σε μια αναλογία δεν υπάρχει ομοιότητα στα χαρακτηριστικά των εννοιών αλλά μόνο στη δομή των σχέσεων, στη διαδικασία ανακάλυψης και χρήσης της αναλογίας υπεισέρχονται τέσσερα βασικά στάδια (Χρηστίδου, 2001):

- 1ο. Κωδικοποίηση του προβλήματος: στο στάδιο αυτό δημιουργείται μια πρωτογενής νοητική αναπαράσταση του τομέα στόχου, που λειτουργεί ως πυξίδα για τον εντοπισμό των πιθανών αναλογιών που θα συμβάλουν στην κατανόηση του στόχου.
- 2ο. Επιλογή του τομέα-βάσης: με κριτήριο τις ορισμένες ομοιότητες που πρέπει να παρουσιάζει με τον τομέα-στόχο. Εδώ έχουμε τρία επιμέρους βήματα: α) σύγκρι-



ση των χαρακτηριστικών των δύο βάσεων, β) αναγνώριση των όμοιων λειτουργιών μεταξύ των δύο τομέων, γ) αναγνώριση των χαρακτηριστικών του τομέα-βάσης, που δεν έχουν όμοια στον τομέα-στόχο.

3ο. Κατασκευή αναλογικού μοντέλου για τον στόχο: στο στάδιο αυτό γίνεται προβολή της δομής του οικείου τομέα-βάσης στον τομέα-στόχο και ακολούθως έλεγχος κατά πόσο η ερμηνεία που ικανοποιεί τον τομέα-βάση, δικαιολογείται από τον τομέα-στόχο.

4ο. Υιοθέτηση της αναλογίας: εφόσον η ερμηνευτική δομή του τομέα-βάση ικανοποιεί τον στόχο, ως φυσικό επακόλουθο ο τομέας-στόχος παύει να αποτελεί πρόβλημα.

### **Προϋποθέσεις, πλεονεκτήματα και περιορισμοί στη χρήση αναλογιών**

Από διδακτική σκοπιά όλες οι αναλογίες δεν είναι πρόσφορες καθώς και όλες οι χρονικές στιγμές και οι ηλικίες των μαθητών κατάλληλες. Για τους λόγους αυτούς οι αναλογίες πρέπει να χρησιμοποιούνται υπό προϋποθέσεις, όπως η ύπαρξη δύσκολης ή αφηρημένης προς διδασκαλία έννοιας και η δυνατότητα ύπαρξης της κατάλληλης αναλογίας με την πρέπουσα σχεδίαση και τον σαφή και αναλυτικό τρόπο σχεδίασης (Orgill & Bodner, 2004· Treagust, 1993· Θεοδοσίου, 2007).

Με τη χρήση των αναλογιών ανακλύπουν σημαντικά διδακτικά πλεονεκτήματα: θέτουν ως αφετηρία τις αντιλήψεις των μαθητών, οπτικοποιούν αφηρημένες έννοιες, κινούν το ενδιαφέρον τους, βοηθούν να ξεπεραστούν παρανοήσεις και προωθούν την εννοιολογική αλλαγή (Orgill & Bodner, 2004· Treagust, 1993· Χρηστίδου, 2001· Θεοδοσίου, 2007). Από την άλλη όμως πλευρά, σε ορισμένες περιπτώσεις αποδεικνύονται αναποτελεσματικές είτε γιατί ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής δεν εννοούν την αναλογία με τον ίδιο τρόπο, είτε γιατί ο μαθητής δεν κατέχει ικανοποιητικά τον τομέα-βάση, είτε γιατί ο μαθητής αντιλαμβάνεται την αναλογία ως μια επιφανειακή περιγραφή, είτε γιατί η αναλογία διακατέχεται από μεγάλη έκταση ή απαιτεί απομνημόνευση (Nashon, 2004· Orgill & Bodner, 2004· Treagust, 1993· Χρηστίδου, 2001· Θεοδοσίου, 2007).

### **Εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης**

Προϋπάρχουσες εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών/μαθητριών για βασικές έννοιες και οντότητες της Χημείας, όπως είναι αυτές του ενδομοριακού και διαμοριακού δεσμού, του ατόμου και του μορίου, η ανίχνευση αυτών και η συμπερίληψη τους στη διδακτική πράξη, επιδρούν και διαμορφώνουν τη μαθησιακή πορεία (Barker, 2000· Briggs & Holding, 1986· Griffiths & Preston, 1992).

Έρευνα των Brook, Briggs & Driver (1984) κατέγραψε ως συμπέρασμα ότι μαθητές/μαθήτριες ηλικίας 13-14 ετών παραβλέπουν τη σωματιδιακή θεωρία. Συγκεκριμένα, αντιλαμβάνονται την ύλη ως ένα συνεχές, στο οποίο δεν παρεμβάλλεται



κενό, αλλά απλώς μεταξύ των «κομματιών» της ύλης έχουμε την παρεμβολή άλλων σωματιδίων (πχ αέρας) που γεμίζουν τον χώρο. Σε ανάλογα συμπεράσματα οδηγήθηκε και η Barker (2000).

Ως προς τα άτομα, διαπιστώθηκε ότι επικρατούν αντιλήψεις που τα θέλουν να έχουν χρώμα, λάμψη, φυσική κατάσταση (Griffiths & Preston, 1992) και συγκεκριμένα απαντώνται σε στερεή μορφή (Smith, Wisser, Anderson & Krajcik, 2006) με συγκεκριμένο σχήμα (Θεοδοσίου, 2017). Η έρευνα των Smith et al. (2006), επίσης, αποτυπώνει δυσκολία των μαθητών/μαθητριών στη διάκριση μεταξύ ατόμου και μορίου καθώς και στη διάκριση μεταξύ μορίου-χημικού στοιχείου και μορίου-χημικής ένωσης. Επίσης, έρευνες καταγράφουν δυστοκία στην κατανόηση εκ μέρους των μαθητών/μαθητριών των οντοτήτων του ατόμου και του μορίου, θεωρώντας τα ορατά με τη χρήση μικροσκοπίου (Griffiths & Preston, 1999; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer & Blakeslee, 1993).

Ο εντοπισμός και η καταγραφή των ανωτέρω εναλλακτικών αντιλήψεων καθώς και άλλων, η σύνδεση αυτών με τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος, η σχεδίαση και η εφαρμογή διδακτικών παρεμβάσεων εποικοδομητικού τύπου με εργαλείο την «αναλογία» μπορούν να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας και της μάθησης (Θεοδοσίου, 2017).

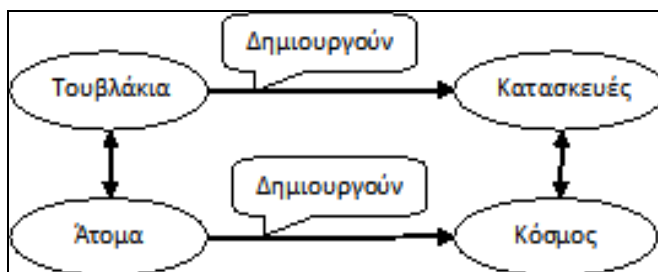
## ➤ ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ §2.8 ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

### Εντοπισμός αναλογιών και τομέων βάσης και στόχου σε αυτές

1η αναλογία: (εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου, βιβλίο του μαθητή, σελ. 58)

«Στα παιχνίδια κατασκευών με λίγα μόνο είδη από απλά τουβλάκια, τα παιδιά μπορούν να δημιουργήσουν πάρα πολλές κατασκευές. Έτσι και στη φύση από 100 περίπου είδη ατόμων δημιουργείται όλος ο κόσμος γύρω μας, όπως και εμείς οι ίδιοι» (Αβραμιώτης, κ.ά., 2007α).

Η αναλογία απεικονίζεται στην εικόνα 2 που ακολουθεί:



Εικόνα 2



Στη συγκεκριμένη αναλογία έχουμε:

Τομέας-βάση: B1 —ΣΧ1→ B2: Με τα τουβλάκια δημιουργούνται κατασκευές

Τομέας-στόχος: Σ1 —ΣΧ2→ Σ2: Με τα άτομα δημιουργείται ο κόσμος

Κόμβοι βάσης: B1: Τουβλάκια, B2: Κατασκευή

Κόμβοι στόχου: Σ1: Άτομα, Σ2: Κόσμος

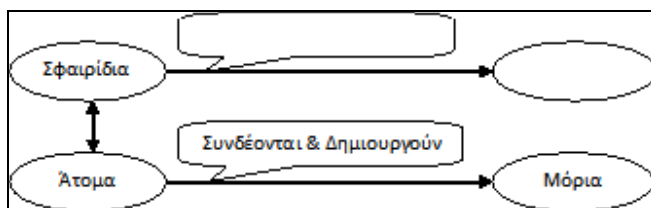
Σχέσεις ΣΧ1 και ΣΧ2: Δημιουργούν ή Δημιουργούνται ή Δημιουργείται

Όπως γίνεται αντιληπτό και από το παραπάνω σχήμα, η αναλογία έχει οριζόντια πληρότητα εφόσον περιέχει και τις τέσσερις έννοιες του τετραπύλου καθώς και τις απαραίτητες σχέσεις που τις διακρίνει υψηλή συστηματικότητα. Επίσης, τη διακρίνει και κατακόρυφη πληρότητα, γιατί η κάθε έννοια της βάσης αντιστοιχίζεται με μία μόνο έννοια του στόχου και αντίστροφα. Η βάση είναι οικεία, με έννοιες που έχουν υλική υπόσταση και επομένως κρίνεται κατάλληλη. Ο στόχος περιλαμβάνει αφηρημένες έννοιες και έχει μεγάλη οντολογική απόσταση από τη βάση.

2η αναλογία: (εγχειρίδιο Χημείας Β' Γυμνασίου, βιβλίο του μαθητή, σελ. 59)

«...τα άτομα μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους και να δημιουργούν μόρια. Όταν ενώνονται όμοια άτομα, δημιουργούνται μόρια χημικών στοιχείων. Όταν ενώνονται διαφορετικά άτομα, δημιουργούνται μόρια χημικών ενώσεων. ...Σύμφωνα με τη θεωρία του Ντάλτον, τα άτομα μοιάζουν με μικρές σφαίρες... γι' αυτό παριστάνουμε τα άτομα με σφαιρίδια. Στο επίπεδο τα παριστάνουμε με απλούς κύκλους. Τα σφαιρίδια και οι κύκλοι ονομάζονται προσομοιώματα ατόμων. Ενώ τα άτομα είναι πολύ μικρά και δεν έχουν χρώμα, τα προσομοιώματά τους τα φτιάχνουμε πολύ μεγαλύτερα και χρωματιστά, για να τα διακρίνουμε» (Αβραμιώτης, κ.ά., 2007α).

Η αναλογία απεικονίζεται στην εικόνα 3 που ακολουθεί:



Εικόνα 3

Στη συγκεκριμένη αναλογία έχουμε:

Τομέας-βάση: B1 —ΣΧ1→ B2: .....

Τομέας-στόχος: Σ1 —ΣΧ2→ Σ2: Τα άτομα συνδέονται και δημιουργούν μόρια

Κόμβοι βάσης: B1: Σφαιρίδια (προσομοιώματα ατόμων), B2: .....

Κόμβοι στόχου: Σ1: Άτομα, Σ2: Μόρια

Σχέση ΣΧ1: .....

Σχέση ΣΧ2: Συνδέονται & Δημιουργούν

Στη συγκεκριμένη αναλογία δεν υφίσταται οριζόντια πληρότητα, γιατί απουσιάζει





ζει ένας από τους κόμβους του τετραπύλου στον τομέα-βάση (ο B2) και δεν αναφέρεται καμία σχέση που να συνδέει τις έννοιες του τομέα αυτού (Σχ1), γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα η αναλογία να μη διακρίνεται από κάποιον βαθμό συστηματικότητας. Σε επίπεδο κατακόρυφης πληρότητας είναι ελλιπής, γιατί δεν υπάρχει αντιστοίχιση της δεύτερης έννοιας του τομέα-στόχου με κάποια έννοια του τομέα-βάσης (B2 με Σ2). Η βάση είναι οικεία με έννοιες που έχουν υλική υπόσταση και επομένως κρίνεται κατάλληλη. Ο στόχος περιλαμβάνει αφηρημένες έννοιες και έχει μεγάλη οντολογική απόσταση από τη βάση.

### Ομοιότητες και διαφορές των δύο εννοιολογικών τομέων

1η αναλογία: (εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου, βιβλίο του μαθητή, σελ. 58)

Παρ' όλες τις βασικές διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στα άτομα και τα τουβλάκια, όπως το σχήμα, το μέγεθος, το χρώμα κτλ., η βασική ομοιότητα ανάμεσα στα άτομα και τα τουβλάκια είναι η δυνατότητα που έχουν και τα δύο, τόσο τα τουβλάκια με τις κατάλληλες υποδοχές όσο και τα άτομα μέσω των δεσμών, να ενώνονται και να φτιάχνουν πιο σύνθετες καταστάσεις. Στις ομοιότητες εντάσσεται και η δυνατότητα της δημιουργίας πολύπλοκων και διαφορετικών μεταξύ τους κατασκευών από λίγες θεμελιώδεις μονάδες.

2η αναλογία: (εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου, βιβλίο του μαθητή, σελ. 59)

Τα άτομα, σύμφωνα με τη θεωρία του Dalton, μοιάζουν με μικροσκοπικές σφαίρες, οπότε ορθά επιλέχθηκε ως σχήμα των προσομοιωμάτων των ατόμων το σφαιρικό. Επίσης, τα άτομα διαφορετικών στοιχείων έχουν διαφορετικό μέγεθος και ιδιότητες και γι' αυτό τα προσομοιώματα ατόμων διαφορετικών στοιχείων επιλέχθηκαν να έχουν διαφορετικό μέγεθος και χρώμα.

Σημαντικές διαφορές είναι το μικροσκοπικό μέγεθος που έχουν τα άτομα σε σχέση με αυτό των προσομοιωμάτων τους, καθώς και το ότι τα άτομα δεν έχουν χρώμα, σε αντίθεση με την επιλογή των χρωματιστών προσομοιωμάτων τους, επιλογή που έρχεται να οπτικοποιήσει τις διαφορετικές ιδιότητες που έχουν τα άτομα διαφορετικών στοιχείων.

### Εκτίμηση της διδακτικής χρησιμότητας και περιορισμοί των αναλογιών

Στην 1η αναλογία ο διδακτικός στόχος, που διαπραγματεύεται τη δυνατότητα που έχουν οι θεμελιώδεις μονάδες να ενωθούν και παρά του περιορισμένου αριθμού τους να οδηγήσουν στην κατασκευή πολύπλοκων και διαφορετικών μεταξύ τους συνθέσεων, επιτυγχάνεται σε απόλυτα ικανοποιητικό βαθμό. Από την άλλη, οι υφιστάμενες διαφορές δεν είναι σε θέση να δημιουργήσουν παρανοήσεις, αρκεί να επισημανθούν ρητά και επισταμένως από τον διδάσκοντα.



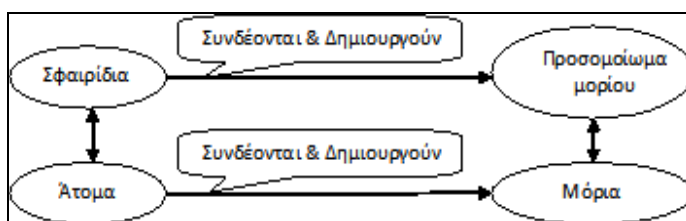
Στη 2η αναλογία ο διδακτικός σκοπός περιορίζεται στο σχήμα που πρέπει να έχουν τα προσομοιώματα των ατόμων και στη διαφορά μεγέθους και χρώματος μεταξύ δύο προσομοιωμάτων ατόμων διαφορετικών στοιχείων. Οι υφιστάμενες διαφορές, όπως το μεγάλο μέγεθος των προσομοιωμάτων έναντι αυτού των ατόμων και το διαφορετικό χρώμα των προσομοιωμάτων έναντι των διαφορετικών ιδιοτήτων που έχουν τα άτομα διαφορετικών στοιχείων, πρέπει να επισημανθούν ρητά και επιστημονικά από τον διδάσκοντα, για να αποφευχθούν παρανοήσεις στους μαθητές και τις μαθήτριες.

### Συμπλήρωση της 2ης αναλογίας

Για να αποκτήσει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα η 2η αναλογία, πρέπει να συμπληρωθεί ο τέταρτος πόλος του τετράπολου (B2) με την έννοια «προσομοίωμα μορίου» ως αντίστοιχη έννοια του μορίου, που δημιουργείται από τη σύνδεση δύο ή περισσότερων σφαιριδίων (προσομοιώματα ατόμων). Επίσης, πρέπει να αναπτυχθεί και να περιγραφεί η αντιστοίχιση μεταξύ δεύτερης έννοιας του τομέα-στόχου με τη δεύτερη έννοια του τομέα-βάσης (B2 με Σ2).

Η πληρότητα της αναλογίας έρχεται να συμβάλει στο να δημιουργήσουν οι μαθητές/μαθήτριες τις ενδεδειγμένες «εννοιολογικές γέφυρες» (conceptual bridges) μεταξύ της καινούριας γνώσης και μιας γνώσης που κατέχουν και τους είναι οικεία (Glynn, 2007). Αποτελεί τον δρόμο που οδηγεί στην κατανόηση της επιστημονικής γνώσης και κλειδί για τον μετασχηματισμό της σε σχολική γνώση (Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Χρηστίδου & Σκλαβενίτη, 2002).

Η 2η αναλογία συμπληρωμένη απεικονίζεται στην εικόνα 4 που ακολουθεί:



Εικόνα 4

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η χρήση των ρητορικών σχημάτων και ιδιαίτερα της αναλογίας συμβάλλει ως ένα σημαντικό διδακτικό εργαλείο στο πλαίσιο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών για την επίτευξη της μάθησης. Η χρήση του εργαλείου αυτού προϋποθέτει ο εκπαιδευτικός να είναι γνώστης των πρακτικο-βιωματικών αντιλήψεων των μαθητών, καθώς επίσης η σχεδίαση και η εφαρμογή των αναλογιών να διακρίνονται από πληρότητα και αρτιότητα. Στην κατασκευή μιας αναλογίας θα πρέπει να λαμβάνονται



υπόψη οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών, οι παρανοήσεις τους ως προς συγκεκριμένες έννοιες και φαινόμενα, καθώς επίσης να δίνεται από την πλευρά του συγγραφέα ή του διδάσκοντα-ερευνητή η πρέπουσα σημασία στους περιορισμούς και στα όρια επεκτασιμότητας της αναλογίας με τη ρητή και κατηγορηματική αναφορά των αδύναμων σημείων της.

Η αναλογία, ως διδακτικό εργαλείο στο πεδίο των φυσικών επιστημών και ιδιαίτερα σε αυτό της χημείας, χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των διδακτικών και μαθησιακών σεναρίων για την περιγραφή και την εξήγηση αφηρημένων εννοιών ή εννοιών και οντοτήτων που δεν καθίστανται ορατές ή αντιληπτές με τις ανθρώπινες αισθήσεις. Ειδικότερα στο πεδίο της συγκρότησης της ύλης τέτοιες έννοιες είναι οι ενδομοριακοί και διαμοριακοί δεσμοί και ως οντότητες συναντάμε τα άτομα και τα μόρια.

Η έλλειψη εμπειρικών ερευνών στον Ελλαδικό χώρο, που να εκτείνονται στο πεδίο του βαθμού και του τρόπου αξιοποίησης των αναλογιών και της αποτελεσματικότητας που επιτυγχάνουν στη διδασκαλία και τη μάθηση, καθιστούν σε μελλοντικό ερευνητικό πλαίσιο μια τέτοια διερεύνηση άκρως ελκυστική και ιδιαίτερως αναγκαία και χρήσιμη.

## Βιβλιογραφία

- Barker, V. (2000). Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. *A report prepared for the Royal Society of Chemistry*, 2. Ανακτήθηκε από: <http://chemsoc.org/learnnet/miscon/htm> (28/05/2012).
- Briggs, H., & Holding, B. (1986). *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry*. Leeds: Center for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Brook, A., Briggs, H., & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. Leeds: Center for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Coll, R., Taylor I. (2005). The role of models and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.
- Driver, R. & Bell, B. (1986). Student's thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Glynn, S. (2007). The teaching-with-analogies model. *Science and Children*, 44(8), 52-55.
- Griffiths, A.K., & Preston, K.R. (1992). Grade – 12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Harrison A. (2001). How do teachers and textbook writers' model scientific ideas for students. *Research in Science Education*, 31(3), 401-435.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D., & Blakeslee, T.D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- May D.B., Hammer D., Roy D. (2006). Children's analogical reasoning in a third-grade



- science discussion. *Science Education*, 34, 316-330.
- Nashon, S. M. (2004). The nature of analogical explanations: High school physics teachers use in Kenya. *Research in Science Education*, 34(4), 475-502.
- O'Donoghue, D. (1997). An integrated analogy model for creative reasoning. In T. Veale (Ed.), *Proceedings of the International Mind II Conference on Computational Models of Creative Cognition*. Dublin City University, The Netherlands: John Benjamins Publisher.
- Orgil, M.K., & Bodner, G. (2004). What research tell us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 15-32.
- Smith, C., Wisner, M., Anderson, C., & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and atomic-molecular theory. *Measurement*, 14(1&2), 1-98.
- Treagust, D.F. (1993). The evolution of an approach for using analogies in teaching and learning science. *Research in Science Education*, 23(1), 293-301.
- Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β., Καπελώνης Γ., Σινιγάλιας Π., Σπαντίδης Δ., Τρικαλίτη Α., Φίλος Γ. (2007α). *Χημεία Β΄ Γυμνασίου-Βιβλίο μαθητή*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Θεοδοσίου, Μ. (2007). *Οι αναλογίες ως διδακτικό εργαλείο για τη διδασκαλία βασικών εννοιών της χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση* (Ανέκδοτη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Θεοδοσίου, Μ. (2017). *Οι διδακτικές αναλογίες και η συμβολή τους στην κατανόηση βασικών εννοιών της χημείας* (Ανέκδοτη Διδακτορική Διατριβή). Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Κολιόπουλος, Δ. (2001). Από την πρακτικό-βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: η εποικοδομητική αντίληψη στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Α΄*, (σσ. 217-251). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Χρηστίδου, Β., & Σκλαβενίτη, Σ. (2002). *Τα κείμενα της τεχνο-επιστήμης στον δημόσιο χώρο* (1η εκδ.). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Ραβάνης, Κ. (2001). Η γνωστική σύγκρουση ως διδακτικό εργαλείο. Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Α΄*, (σσ. 253-274). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Σκουμιός, Μ. (2012). *Διδακτική των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Σταυρίδου, Ε. (1995). *Μοντέλα φυσικών επιστημών και διαδικασίες μάθησης*. Αθήνα: Σαββάλας.
- Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Χατζηνικήτα, Β. & Χρηστίδου Β. (2001). Σημασία της έρευνας σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών. Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Α΄*, (σσ. 51-74). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Χρηστίδου, Β. (2001). Ο ρόλος των ρητορικών σχημάτων: η μεταφορά και η αναλογία ως μηχανισμοί σκέψης και κατανόησης στις φυσικές επιστήμες. Στο Β. Χατζηνικήτα & Κ. Δημόπουλος (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Β΄*, (σσ. 293-320). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Χρηστίδου, Β. & Κουλαϊδής, Β. (2000). Οι αναλογίες ως διδακτικό εργαλείο: μελέτη των σχολικών εγχειριδίων Στο Ν. Βαλανίδης (επιμ.), *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα: Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σελ. 51-60). Λευκωσία: Τμήμα Επιστημών της Αγωγής Πανεπιστημίου Κύπρου.