



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

———— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 ————

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Πτυχιακή εργασία

Αναλογίες στη διδακτική των φυσικών επιστημών

Η έννοια της αναλογίας
Παραδείγματα αναλογιών στις φυσικές επιστήμες

Άννα-Μαρία Θεολογίτου

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αντωνιάκου Ασημίνα,
σε συνεργασία με Κουμουτσάκου Όλγα

Αθήνα, 2022

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική έρευνα πάνω σε θέματα που άπτονται των αναλογιών στις φυσικές επιστήμες και πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους οι οποίοι κατείχαν πολύ σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση των σπουδών μου. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Αντωνάρακου Ασημίνα η οποία σε συνεργασία με την κα Κουμουτσάκου Όλγα διέθεσαν αρκετό χρόνο και κατανόηση, με καθοδήγησαν πλήρως και μου προσέφεραν πολύτιμες γνώσεις ώστε να ολοκληρωθεί με επιτυχία η παρούσα εργασία.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου για την πίστη τους σε εμένα και για την ακατάπαυστη υποστήριξη όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου, τις ξαδέρφες μου Έβελιν και Γεωργία, τον σύζυγο της Στέφανο και την ανηψιά μου την Βασιλεία που μου δίνουν πάντα δύναμη για να συνεχίζω και να προσπαθώ για το καλύτερο.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον σύντροφο μου, Μάνο, για την συμπαράσταση και την υποστήριξη που μου προσέφερε και σε αυτό το βήμα της ζωής μου.

Στους γονείς μου,

Νίκο και Αλεξάνδρα

Table of Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ.....	8
1.1 Χαρακτηριστικά Αναλογιών.....	9
1.2 Είδη Αναλογιών.....	10
1.3 Ο ρόλος των αναλογιών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.....	11
1.4 Προϋποθέσεις για τη χρήση των αναλογιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	12
1.5 Χρήση των αναλογιών στα σχολικά εγχειρίδια.....	13
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....	13
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	13
3.1 ΜΟΝΤΕΛΑ, ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ.....	14
Κατηγορίες μοντέλων.....	14
3.2 ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ.....	15
3.3 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΣΜΟΥ.....	16
Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας για την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών. 17	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ.....	18
4.1 Θετικά Αποτελέσματα.....	18
4.2 Αρνητικά αποτελέσματα.....	18
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ.....	19
5.1 ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ.....	20
1η αναλογία.....	20
2η αναλογία	21
3η αναλογία.....	21
4η αναλογία.....	22
5η αναλογία.....	23
6η αναλογία.....	23
Λεκτικές.....	24
1η αναλογία.....	24
2η αναλογία.....	25
3η αναλογία.....	26
Λεκτικές και οπτικές.....	27
1η αναλογία.....	27
2η αναλογία.....	28
3η αναλογία.....	29
5.2. ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ.....	30
Λεκτικές.....	31
1η αναλογία.....	31
2η αναλογία.....	32
3η αναλογία.....	32

Λεκτικές και οπτικές αναλογίες.....	33
5.3 ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ.....	37
Λεκτικές.....	38
Λεκτικές και οπτικές.....	40
Λεκτικές.....	41
Λεκτικές και οπτικές.....	44
5.4 ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	53
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	53
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	57

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αναλογίες είναι μία τεχνική που χρησιμοποιείται από τους εκπαιδευτικούς στις φυσικές επιστήμες όταν θέλουν να περιγράψουν κάποιες περίπλοκες και άγνωστες έννοιες στους μαθητές τους. Μερικές φορές δεν γνωρίζουν καν ότι χρησιμοποιούν αναλογίες επειδή συμβαίνει αυτόματα. Στη Βιολογία χρησιμοποιούνται αναλογίες για την επεξήγηση των κυττάρων από τα οποία αποτελούνται οι οργανισμοί. Μια αναλογία της Φυσικής αφορά στην κίνηση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα του κάθε ατόμου. Ένα παράδειγμα στο οποίο χρησιμοποιούνται αναλογίες στη Χημεία είναι για τη δράση των ενζύμων με βάση τη θεωρία 'κλειδιού και κλειδαριάς'. Στη Γεωλογία, είναι πολύ σημαντική η συμβολή των αναλογιών στην ιστορία της Γης καθώς πρόκειται για ένα κεφάλαιο εντελώς άγνωστο προς τους μαθητές. Έτσι για την επεξήγηση της χρησιμοποιήθηκε μία αναλογία με ένα ρολόι 24 ωρών.

Λέξεις - κλειδιά

αναλογίες, φυσικές επιστήμες, διδακτική φυσικών επιστημών, μοντέλα, μεταφορές

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αναλογίες κατέχουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Τα τελευταία τριάντα χρόνια, οι αναλογίες μελετώνται με διάφορες μεθόδους. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται στα σχολικά βιβλία, όποτε κρίνεται απαραίτητο να γίνεται έλεγχος στη διευκόλυνση των μαθητών. Είναι ένα μέσον για την κατανόηση του επιστημονικού κόσμου και την κατανόηση εννοιών αγνώστων προς τους μαθητές.

Αναλογίες συναντάμε και στην καθημερινότητα μας όταν π.χ. κατά τη διάρκεια ενός διαλόγου προσπαθούμε να γίνουμε κατανοητοί προς τον συνομιλητή μας. Τότε χρησιμοποιούμε συχνά μια σειρά από μεθόδους σύγκρισης καθώς υπάρχει η ανάγκη επεξήγησης ή εύρεσης ομοιοτήτων ή διαφορών μεταξύ αντικειμένων ή εννοιών με στόχο να αντιληφθούμε κάτι άγνωστο και μη οικείο προς εμάς.

‘Ο αναλογικός τρόπος σκέψης κυριαρχεί και στον τρόπο που σκέπτεται ο άνθρωπος’ (Aubusson, Harrison, & Ritchie, 2006), γεγονός που συμβαίνει πολύ συχνά στην καθημερινότητα. Κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας μας με έναν συνομιλητή χρησιμοποιούμε συχνά μεταφορές και αναλογίες στην προσπάθεια μας να εξηγήσουμε μία δύσκολη έννοια. Το πλεονέκτημα είναι ότι ο συνομιλητής έχει την δυνατότητα να παρέχει ανατροφοδότηση για τυχόν σημεία που χρειάζονται αποσαφήνιση κάτι που δεν είναι εφικτό για τις γραπτές αναλογίες.

Οι αναλογίες είναι χρήσιμες, όχι μόνο για τη διδασκαλία νέων επιστημονικών εννοιών στους μαθητές, αλλά έχουν επίσης προταθεί να είναι θεμελιώδεις για την ανάπτυξη νέων επιστημονικών ιδεών. Μερικοί ερευνητές υποστηρίζουν ακόμη ότι οι αναλογίες είναι η "ψυχή... της ανθρώπινης σκέψης" (Χόφσταντερ, 2001). Ο ρόλος της αναλογίας στην ανάπτυξη νέων επιστημονικών ιδεών είναι το νήμα που διατρέχει την ιστορία της επιστήμης, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης της μηχανής θερμότητας από τον Sadi Carnot και της ιδέας της τοπικής κίνησης από τον Robert Boyle (Gentner & Jeziorski, 1990).

«Για να είναι παραγωγική και μαθησιογόνος μια αναλογία, θα πρέπει αφενός να είναι αμφιλεγόμενη ώστε να προκαλέσει σκέψη και προβληματισμό αφετέρου δε, να είναι ευχάριστη για να συντονιστεί με τις εμπειρίες των άλλων επί του φαινομένου στο πλαίσιο της μελέτης» (Aubusson 2006, σελ.174).

ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ

Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται από άτομα στην καθημερινή ομιλία και είναι μια σημαντική μέθοδος διδασκαλίας ειδικά για τους φυσικούς επιστήμονες, καθώς διευκολύνει στην κατανόηση των δύσκολων και μη οικείων εννοιών για τους μαθητές.

«Αποτελεί έναν από τους μη κυριολεκτικούς τύπους καθώς πρόκειται για ένα σχήμα λόγου. Χαρακτηριστικά επιπλέον παραδείγματα μη κυριολεκτικού τύπου είναι η μεταφορά, η μετωνυμία, η ειρωνεία κ.λπ.» (Χρηστίδου, 2001).

Οι επιστήμονες μελετούν αρκετά χρόνια την αναλογία. Ξεκίνησαν από τη μελέτη της γλωσσολογίας, της ψυχολογίας, της τεχνητής νοημοσύνης και τέλος της διδακτικής των θετικών επιστημών. Οι επιστήμονες διατύπωσαν ότι οι αναλογίες σχετίζονται με τον τρόπο σκέψης του ανθρώπου και επιπλέον, ότι ο αναλογικός τρόπος σκέψης είναι πολύ χρήσιμος στο να μαθαίνει ο άνθρωπος να επικοινωνεί. Σύμφωνα με την Gentner (1982), οι αναλογίες χρησιμοποιούνται σε συγκρίσεις ίδιων πραγμάτων και εννοιών συμπεριλαμβάνοντας τις μεταφορές και τα μοντέλα. Επιπροσθέτως, το 1991, ο Glynn ανέφερε ότι η αναλογία είναι μία διαδικασία εύρεσης ομοιότητας μεταξύ διαφόρων εννοιών.

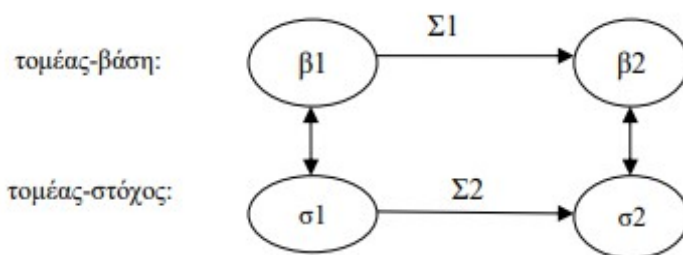
Πιο συγκεκριμένα: **«Αναλογία είναι η αντιστοιχία ανάμεσα σε έννοιες, αρχές, τύπους που γενικά είναι ανόμοιοι. Ουσιαστικά, η αναλογία ταυτοποιεί ομοιότητες σε δύο σύνολα εννοιών»**.

Είναι σημαντικό η αναλογία να είναι επιλεγμένη από βιβλιογραφία ώστε να μην είναι άστοχη καθώς επίσης να είναι επιλεγμένη ανάλογα με το ακροατήριο στο οποίο απευθύνεται.

1.1 Χαρακτηριστικά Αναλογιών

Μία απλή αναλογία αποτελείται από 4 κόμβους που αποτελούνται από ζεύγη με όμοιες σχέσεις. Η γνωστή έννοια έχει διάφορες ονομασίες από τις οποίες πιο συχνά χρησιμοποιείται ο όρος βάση (base), ακολουθεί ο όρος πηγή (source) και τέλος χρησιμοποιείται και οι όροι ανάλογο (analog) ή όχημα (vehicle) αλλά σπανιότερα. Η πιο συχνή ονομασία για την άγνωστη έννοια η οποία πρέπει να εξηγηθεί με σκοπό την κατανόηση του είναι ο στόχος (target) ή το θέμα (topic). Για να δημιουργηθεί μία αναλογία που θα συνδέει την γνωστή έννοια με την άγνωστη πρέπει να έχουν μεταξύ τους κάποια κοινά γνωρίσματα. Όμως είναι φυσικό πέρα από ομοιότητες, οι δύο έννοιες θα παρουσιάζουν και διαφορές. Κρίνεται σημαντικό, οι διαφορές να επισημαίνονται ώστε να μην υπάρχουν παρανοήσεις. Για να ορίζεται μία αναλογία θα πρέπει να μην είναι όμοιες οι ιδιότητες της βάσης με του στόχου, όπως για παράδειγμα το ανθρώπινο μάτι, με το μάτι ενός θηλαστικού (Gentner, 1983).

Σύμφωνα με τους Halford (1993), Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Χρηστίδου, & Σκλαβενίτη (2002) μία αναλογία έχει την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 1: Τετράπολο

Η μορφή αυτή είναι γνωστή ως η μορφή ενός απλού τετραπόλου.

Υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ της έννοιας β_1 της βάσης με την έννοια σ_1 του στόχου και αντίστοιχα η β_2 αντιστοιχεί στη σ_2 . Η σύνδεση των εννοιών της βάσης και του στόχου, πραγματοποιείται με τις σχέσεις Σ_1 , Σ_2 οι οποίες είναι όμοιες. Τα απλά βέλη δείχνουν σχέσεις μεταξύ εννοιών στον ίδιο τομέα, ενώ τα αμφίδρομα βέλη δείχνουν τις αντιστοιχίσεις μεταξύ των δύο τομέων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί το ατομικό πρότυπο του Rutherford. Ο Rutherford παρουσιάζει τη δομή του ατόμου ως ανάλογη της δομής του ηλιακού συστήματος. Γύρω από τον πυρήνα ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο του ατόμου, περιστρέφονται τα ηλεκτρόνια. Αντίστοιχα γύρω από τον Ήλιο, ο οποίος, όπως και ο πυρήνας του ατόμου, βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος, περιστρέφονται η Γη και οι πλανήτες.

1.2 Είδη Αναλογιών

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλά είδη αναλογιών. Μία γενική ταξινόμηση των αναλογιών βασίζεται στον τύπο του λόγου που χρησιμοποιήθηκε για να τα εκφράσει και εν κατακλείδι διακρίνουμε δύο κατηγορίες αναλογιών: τις προφορικές και τις γραπτές. Οι προφορικές εκφράσεις εμφανίζονται στην προφορική επικοινωνία και έχουν ως στόχο την εξήγηση και διευκρίνιση των πληροφοριών που διαβιβάζονται από το ένα άτομο στο άλλο. Χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην καθημερινότητα. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι δίνεται η δυνατότητα στους συνομιλητές να παρέχουν σχόλια και ανατροφοδότηση για οποιοδήποτε μη εξοικειωμένο σημείο για τον συνομιλητή τους.

Αντίθετα, οι γραπτές αναλογίες βοηθούν στην κατανόηση ενός αγνώστου όρου που εμφανίζεται σε ένα κείμενο. Το μειονέκτημα τους είναι ότι δεν παρέχουν στον αναγνώστη τη δυνατότητα απάντησης τυχουσών αποριών του. Οπότε, θα πρέπει ο συγγραφέας του κειμένου να μεριμνήσει ώστε να το κείμενο να αποσαφηνίζεται με πλήρη ακρίβεια και επεξήγηση ώστε να επιτευχθεί ο σκοπός της αναλογίας (Curtis & Reigeluth, 1984).

Ένα άλλο είδος κατηγοριοποίησης αφορά στο περιεχόμενο των τομέων που χρησιμοποιούνται από μια αναλογία. Διακρίνονται σε εξωτερικές (between-domain) και εσωτερικές αναλογίες (within-domain). Ως εξωτερικές αναλογίες χαρακτηρίζουμε τις αναλογίες

που χρησιμοποιούνται όταν οι δύο τομείς μιας αναλογίας δεν συμπίπτουν εννοιολογικά αλλά η δομή τους είναι παρόμοια. Η αναλογία του Rutherford, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εξωτερικών αναλογιών. Αντίθετα, εσωτερικές αναλογίες χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που οι δύο τομείς της αναλογίας έχουν την ίδια έννοια ή παρόμοια. Σύμφωνα με τη Vosniadou, (1989b) ένα παράδειγμα εσωτερικών αναλογιών είναι το εξής: <<ό,τι είναι οι γάτες για τα γατάκια είναι και οι σκύλοι για τα κουτάβια>>. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα συγκρίνονται δύο έννοιες οι οποίες ανήκουν στον ίδιο τομέα δηλαδή τα ζώα. Οι μαθητές χρησιμοποιούν συχνά αυτού του είδους τις αναλογίες κατά την επίλυση προβλημάτων.

1.3 Ο ρόλος των αναλογιών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Οι φυσικές επιστήμες είναι ένα σύνολο επιστημών όπου οι μαθητές έρχονται σε επαφή με μαθήματα όπως είναι οι Γεωεπιστήμες, η Φυσική, η Χημεία, η Αστρονομία και η Βιολογία. *"Το να μάθει κανείς Φυσικές Επιστήμες σημαίνει να κατανοεί την γλώσσα της επιστήμης, να εσωτερικεύει τα νοήματα που μεταφέρει και να διατυπώνει σκέψεις και απόψεις χρησιμοποιώντας τη δομή και το λεξιλόγιο της επιστημονικής γλώσσας"* (Brown & Ryoo, 2008).

Η γλώσσα της κάθε επιστήμης σύμφωνα με τον Mortimer (1998), διαφέρει από αυτήν που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα μας καθώς όπως όλες οι γλώσσες έτσι και αυτή έχει τη δική της γραμματική και τις δικές της λειτουργίες. Στον χώρο της εκπαίδευσης αναδείχθηκαν πολλές διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδακτική των φυσικών επιστημών, όπου κάθε μια από αυτές είχε το δικό της σημείο εφόρμησης και τις δικές της αξιακές προτάσεις. Συχνά χρησιμοποιούνται αναλογίες και στην απεικόνιση μιας φυσικής διεργασίας, όπως για παράδειγμα στη γεωλογία, για την περιγραφή μιας διαδικασίας των τεκτονικών πλακών. Ωστόσο καμία διδακτική προσέγγιση δεν λάμβανε υπόψιν τις γνώσεις που πιθανόν να είχαν αποκτήσει οι μαθητές πριν ξεκινήσει η εκπαίδευση στο σχολείο.

«Σύμφωνα με έρευνες, οι αναλογίες αποτελούν ένα σημαντικό διδακτικό εργαλείο για τις Φυσικές Επιστήμες καθώς συμβάλλουν στην καθιέρωση νέων θεωριών, κανόνων και νόμων και επιπλέον βοηθούν στη μελέτη του μικρόκοσμου και στην κατανόηση αφηρημένων εννοιών για την οικοδόμηση γνώσης» (Harrison, 2001).

Οι αναλογίες είναι λοιπόν μια χρήσιμη διδακτική στρατηγική με ένα πολυδιάστατο ρόλο, με σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα. Σύμφωνα με Bryce & MacMillan (2005) οι αναλογίες είναι μία διδακτική προσέγγιση ώστε το δύσκολο και άγνωστο να μετατρέπεται σε πιο σαφές και το αφηρημένο μετατρέπεται σε συγκεκριμένο. Όπως ανέφερε και ο Glynn το 2007, *"η αναλογία μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να δημιουργήσουν «εννοιολογικές γέφυρες» (conceptual bridges) ανάμεσα στην καινούρια γνώση και σε κάτι που τους είναι οικείο"*.

Οι αναλογίες αποσκοπούν στο να κεντρίσουν το ενδιαφέρον των μαθητών καθώς επίσης και να αποθηκεύονται οι πληροφορίες στην μνήμη (Orgill, Bussey, & Bodner, 2015). Τέλος έχουν

ως στόχο το να κατανοούν οι μαθητές τις άγνωστες έννοιες και να αντιμετωπίζουν τα μαθήματα των φυσικών επιστημών θετικά (Freedman, 1997).

«Αποτελούν έναν τρόπο κατανόησης της επιστημονική γνώσης και κλειδί για τον μετασχηματισμό της σε σχολική γνώση» (Κουλαϊδής et al., 2002).

1.4 Προϋποθέσεις για τη χρήση των αναλογιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Οι φυσικές επιστήμες αποτελούν έναν κλάδο, μη οικείο προς τους μαθητές. Έτσι η χρήση των αναλογιών είναι αρκετά συχνή στη διδασκαλία τους (Brown & Clement, 1989, Dikmenli, 2015), αλλά δεν έχει πάντα τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Για να χρησιμοποιείται μία αναλογία σωστά και να επιτυγχάνεται ο σκοπός της χρήσης της, πρέπει οι εκπαιδευτικοί, καθώς επίσης και οι συγγραφείς των σχολικών βιβλίων να τις χρησιμοποιούν με προϋποθέσεις. Όπως αναφέρουν οι Χατζηνικήτα και Χρηστίδου (2001), η διδακτική των φυσικών επιστημών έχει ως βασικό σκοπό την δημιουργία κατάλληλου διδακτικού υλικού για διδασκαλία, ώστε να επιτυγχάνεται εννοιολογική αλλαγή. (Ελένη Χατζηνικολάου, 2019).

Η εννοιολογική αλλαγή, σύμφωνα με τις Χατζηνικήτα και Χρηστίδου (2001) είναι ένας τρόπος ώστε να μετατραπούν οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σε επιστημονική γνώση. Για να θεωρηθεί αποτελεσματική η χρήση των αναλογιών είναι σημαντικό:

- να κατανοούν οι μαθητές την έννοια του «τομέα-βάσης» ώστε να είναι δυνατόν να αντιληφθούν απόλυτα την αναλογία
- να λαμβάνεται υπόψιν η ήδη υπάρχουσα γνώση των μαθητών σχετικά με την προαναφερθείσα έννοια καθώς όταν η έννοια του «τομέα-στόχου» είναι άγνωστη για τους μαθητές, η χρήση της αναλογίας έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα ενώ στην περίπτωση που η έννοια είναι γνωστή η χρήση της αναλογίας είναι περιττή,
- να λαμβάνεται υπόψιν ότι όταν ο μαθητής έχει αναλογική σκέψη επωφελείται διδακτικά περισσότερο από τη χρήση μιας αναλογίας,
- ο διδάσκων να κάνει χρήση αναλογιών μαζί με εικόνες (εικονικές αναλογίες) συμβάλλουν θετικά στην κατανόηση εννοιών.

Σύμφωνα με τους Orgill & Bodner (2004), Treagust (1993) και Thile & Treagust (1994) για να έχει επιτυχή αποτελέσματα η χρήση των αναλογιών, πρέπει να χρησιμοποιούνται με βάση κάποιες προϋποθέσεις:

1. όταν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, είναι συχνή η ύπαρξη μιας δύσκολης και με οικείας έννοιας,
2. όταν δεν είναι δυνατή η οπτική αναπαράσταση της άγνωστης/ δύσκολης έννοιας,
3. όταν η χρήση της αναλογίας γίνεται στη φάση της εισαγωγής της άγνωστης έννοιας στη διδασκαλία καθώς έχουν θετικά αποτελέσματα
4. να γίνεται η κατάλληλη επιλογή αναλογίας ή μοντέλου ώστε να είναι κατανοητή προς τους μαθητές. Εάν γίνει η σωστή επιλογή αναλογίας, προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Έτσι οι αναλογίες κεντρίζουν την προσοχή των μαθητών (Bean, Searles & Cowen, 1990; Thile & Treagust, 1994; Dagher, 1995; Glynn & Takahashi, 1998) καθώς ταυτίζουν τις λιγότερο γνωστές έννοιες με έννοιες από την καθημερινότητα των μαθητών για να γίνουν κατανοητές. Επιπροσθέτως, θέτουν ως αφετηρία της διδασκαλίας τις αντιλήψεις που οι μαθητές φέρουν (Treagust, 1993) και επιπλέον είναι δυνατόν να συνεισφέρουν θετικά στην αναδόμηση των αντιλήψεων αυτών ή ακόμη και να οδηγήσουν σε εννοιολογική αλλαγή. (Brown & Clement, 1989) (Τσέτσελη Ζωή-Αικατερίνη, 2019)

1.5 Χρήση των αναλογιών στα σχολικά εγχειρίδια

Ο ρόλος των σχολικών βιβλίων είναι πολύ σημαντικός στη διδασκαλία των θετικών επιστημών. Στα κείμενα είναι δύσκολη η χρήση των αναλογιών διότι δεν υπάρχει αρκετή επεξήγηση και αυτό οδηγεί σε μη επιθυμητά αποτελέσματα (Treagust, 1993; Κουλαϊδής κ. συν., 2002; Orgill, 2013), ιδίως σε μαθητές που δεν έχουν αναπτύξει έναν αφηρημένο τρόπο σκέψης (De Rosada, 1999). Αυτό συμβαίνει διότι πρόκειται για ένα κείμενο και δεν υπάρχει η φυσική παρουσία των συγγραφέων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αναπάντητα ερωτήματα στους μαθητές.

ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Υπάρχουν πολλές πληροφορίες στη διεθνή βιβλιογραφία για το πώς ορίζονται οι όροι "μεταφορά" και "αναλογία". Σύμφωνα με τους Aubusson et al. (2006) στις μεταφορές λέμε ότι το Α είναι Β, ενώ στις αναλογίες το Α είναι παρόμοιο με το Β. Εξήγησαν επίσης ότι στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, η χρήση της μεταφοράς είναι σημαντική στον τρόπο διδασκαλίας, αντίθετα, η αναλογία σχετίζεται με την ερμηνεία της επιστημονικής γνώσης.

Η χρήση της μεταφοράς γίνεται με σκοπό να αναφερθούν κοινά γνωρίσματα ανάμεσα σε δύο έννοιες που δεν είναι όμοιες και χαρακτηρίζεται από υπαινικτικό χαρακτήρα που δημιουργεί συναισθηματική ένταση (Χρηστίδου, 1997). Επιπλέον την συναντάμε σε λογοτεχνικά κείμενα. Σε αντίθεση με την μεταφορά, την αναλογία την συναντάμε πιο συχνά σε επιστημονικά κείμενα και ο ρόλος της είναι να επισημαίνει και να επεξηγεί τις ομοιότητες μεταξύ ολόκληρων εννοιολογικών τομέων βγάζοντας νέα συμπεράσματα για τον κάθε τομέα (O' Donoghue, 1997).

ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ

Το μοντέλο είναι η αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας, ή ενός συστήματος (Coll & Taylor, 2005), όπως για παράδειγμα η μάζα, ή οι δυνάμεις (Gilbert et. al 2000, Gilbert & Boulter, 1998).

Στις φυσικές επιστήμες χρησιμοποιούνται μοντέλα τα οποία αποσκοπούν (Gilbert, 2004. Coll, 2006):

- α) στο να παράγουν απλές μορφές αντικειμένων ώστε να γίνει κατανοητή η δομή τους,
- β) στη δημιουργία εικόνων των άγνωστων εννοιών ώστε να γίνονται κατανοητές και
- γ) στο να παρέχουν απαντήσεις σε επιστημονικά φαινόμενα

3.1 ΜΟΝΤΕΛΑ, ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

Κατηγορίες μοντέλων

Το αντικείμενο και το μοντέλο, πρόκειται για δύο διαφορετικές έννοιες που αλληλοεπιδρούν καθώς η αναπαράσταση του περίπλοκου συστήματος, δηλαδή του μοντέλου, είναι απλοποιημένη και απεικονίζεται με το αντικείμενο (Σταυρίδου, 1995).

Παρόλα αυτά είναι πιθανό λόγω της απόκτησης νέων γνώσεων να απορριφθούν μοντέλα (Harrison, 2001).

Παραδείγματα μοντέλων στις φυσικές επιστήμες:

1. η διπλή έλικα των Watson & Crick με την οποία γίνεται αναπαράσταση της δομής του DNA,
2. η προσομοίωση των ατόμων και των μορίων με σφαιρίδια στο μάθημα της Χημείας,
3. τα ελατήρια, τα προπλάσματα ανθρώπινων οργάνων, οι μακέτες που αναπαριστούν το στερεό φλοιό της Γης.

O Black (1962) κατηγοριοποίησε τα μοντέλα σε πέντε κατηγορίες:

1. Τα μοντέλα κλίμακας (π.χ. τα μοντέλα των αυτοκινήτων ή αεροπλάνων σε σμίκρυνση)
2. Τα αναλογικά μοντέλα (π.χ. το υδραυλικό μοντέλο του ηλεκτρικού κυκλώματος)
3. Τα μαθηματικά μοντέλα (π.χ. η μαθηματική εξίσωση της γραμμικής αρμονικής ταλάντωσης)
4. Τα θεωρητικά μοντέλα (π.χ. το μοντέλο του ιδανικού αερίου)
5. Τα αρχέτυπα μοντέλα (π.χ. το ατομικό πρότυπο του Rutherford)

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα αναλογικά, τα θεωρητικά και τα αρχέτυπα μοντέλα σχετίζονται άμεσα με τις αναλογίες.

Οι Coll, France, & Taylor (2005) διατύπωσαν ότι το μοντέλο είναι μία έννοια που περιέχει μία αναλογία. Αυτό συμβαίνει διότι κατά τον σχηματισμό ενός μοντέλου χρησιμοποιούνται αναλογίες δηλαδή πραγματοποιείται μία διαδικασία σύγκρισης όμοιων χαρακτηριστικών.

Σύμφωνα με τους Coll (2006), Gentner (2002), Justi & Gilbert (2006) και Rapp (2005), τα μοντέλα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

1. Νοητικά μοντέλα: δημιουργούνται από εμπειρίες του ανθρώπου από το εξωτερικό του περιβάλλον και με αυτόν τον τρόπο του δίνεται η δυνατότητα να κατασκευάζει μοντέλα.
2. Εκφρασμένα μοντέλα: δημιουργούνται από την εξωτερική χρήση των νοητικών μοντέλων μέσω δράσης, λόγου, γραφής, ή άλλης συμβολικής μορφής έκφρασης.

Τα εκφρασμένα μοντέλα διακρίνονται σε συναινετικά και σε διδακτικά μοντέλα:

I) Τα συναινετικά (consensus) μοντέλα διακρίνονται σε επιστημονικά και ιστορικά. Επιστημονικά είναι όταν η θεωρία που αναπτύσσεται είναι σε ισχύ, ενώ σε ιστορικά όταν έχουν παραχθεί σε ορισμένο ιστορικό πλαίσιο.

II) Τα διδακτικά μοντέλα χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία και εκφράζονται από τον διδάσκοντα ή και τα διδακτικά εγχειρίδια και απευθύνονται στους μαθητές. Στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών αποτελούν το πιο σημαντικό εργαλείο οργάνωσης της γνώσης.

3.2 ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Η χρήση τόσο των νοητικών όσο και των εκφρασμένων μοντέλων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι πολύ σημαντική. Σκοπός τους είναι η κατανόηση και η κατάκτηση νέων επιστημονικών εννοιών. Τα διδακτικά μοντέλα εξυπηρετούν στην καλύτερη αποσαφήνιση των επιστημονικών εννοιών χωρίς ασήμαντες λεπτομέρειες που μπορεί να αποσπάσουν τον μαθητή από την κεντρική ιδέα.

Τα νοητικά μοντέλα συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην κατανόηση των επιστημονικών ορολογιών, καθώς με την χρήση τους μπορεί να οδηγηθεί κανείς στην επίλυση προβλημάτων. Παρόλα αυτά, μπορεί να μην να διευκολύνουν την κατανόηση αλλά μπορεί και να την εμποδίσουν καθώς εκδηλώνονται ως ευμετάβλητες δομές με αποτέλεσμα να αποδεικνύονται αναξιόπιστα (Coll, 2006, Glynn, 2007, Rapp, 2005).

Οι μαθητές κατασκευάζουν μοντέλα διαφορετικά από αυτά των εκπαιδευτικών καθώς οι διδάσκοντες χρησιμοποιούν πιο πολύπλοκα μοντέλα κάτι το οποίο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την διδακτική (Coll 2006, Ogborn & Martins 1996, Rapp 2005, Schwamb, 1990). Σύμφωνα με τους Eilam (2004) και Rapp (2005), στην περίπτωση που τα νοητικά μοντέλα αποδειχθούν αναξιόπιστα, τότε οι μαθητές χρησιμοποιούν αυτά που είχαν ήδη διαμορφώσει πριν από την έναρξη της διδασκαλίας.

3.3 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΣΜΟΥ

Ο εποικοδομητισμός έχει πολύ σημαντική θέση ανάμεσα στις θεωρίες για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες (Βλάχος, 2004, Driver & Oldham, 1986, Κόκκοτας, 2008,

Matthews, 2003). Σύμφωνα με τους Bachelard (1993), Βλάχος, (2004), Driver et al., (1993) Κόκκοτας, (2008) Βοσνιάδου, (1992), ο εποικοδομητισμός υποστηρίζει ότι η γνώση βασίζεται στην προσπάθεια που καταβάλλει ο καθένας ανάλογα με της πληροφορίες που λαμβάνει τις οποίες στη συνέχεια τις ενσωματώνει στις υπάρχουσες γνώσεις. Ο άνθρωπος κτίζει τη γνώση από τις πρώτες κιόλας εμπειρίες του, επομένως, ο μαθητής έχει κάποιες βασικές γνώσεις σχετικά με τις φυσικές επιστήμες. Ρόλος της εκπαίδευσης είναι η εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή η μεταβολή της γνώσης του παιδιού που απόκτησε από τα βιώματα του και η προσαρμογή στις επιστημονικές γνώσεις (Βοσνιάδου, 1992α., Driver, et al., 2000., Κουλαϊδής, 1995). Όταν ο μαθητής λάβει την επιστημονική γνώση, τα γνωρίσματα που είχε ήδη αποκτήσει, πριν την έναρξη της μαθητικής του ζωής, διαφοροποιούνται. Αυτές ονομάζονται «εναλλακτικές αντιλήψεις» (Driver et al., 2000, Gilbert et al., 2004) και εμφανίζονται σε διάφορες έρευνες των φυσικών επιστημών όπως στη Φυσική, στη Χημεία, στη Βιολογία και στη Γεωλογία.

Ο Piaget ανέπτυξε μία θεωρία η οποία έχει ασκήσει μεγάλη επιρροή στη διδακτική των φυσικών επιστημών (γνωστικός εποικοδομητισμός). Ο εκπαιδευτικός κατέχει μεγάλη ευθύνη στο να μεταδώσει την γνώση επομένως πρέπει να είναι καθοδηγητικός και εμπυχωτικός ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει ο μαθητής στις νέες πληροφορίες.

Επιπλέον, κατά τη θεωρία του Vygotsky (κοινωνικός εποικοδομητισμός) σημαντικά στοιχεία για τη μάθηση αποτελούν τα εξής: α) η κοινωνική αλληλεπίδραση η οποία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της γνωστικής ανάπτυξης και β) βασικό χαρακτηριστικό της νόησης αποτελεί η διαμεσολάβηση από εργαλεία νοητικά, ψυχολογικά, πολιτισμικά (Vygotsky, 1978, 1987).

Ο Lerman το 1996 ανέφερε ότι ο κοινωνικός εποικοδομητισμός συνδέει την ατομική οικοδόμηση με την κοινωνική αλληλεπίδραση ανάμεσα στα άτομα. Η κοινωνική αλληλεπίδραση επηρεάζει την κατανόηση καθώς και τις γνώσεις που αποκτώνται.

Ένα σύνηθες φαινόμενο είναι να εργάζονται οι μαθητές σε ομάδες, πράγμα που συμβάλλει σε αυτήν τη κατεύθυνση. Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, η γλώσσα φαίνεται να κατέχει κυρίαρχη θέση καθώς μέσω αυτής οι μαθητές μιλούν, δρουν, κατανοούν, σκέφτονται και γνωρίζουν (Shepardson, 1999. Βοσνιάδου, 1992β).

Σύμφωνα με τους Gauvain (1998) και Robbins, (2005): «Δεν υπάρχει μαθησιακή δραστηριότητα έξω από το κοινωνικό, ιστορικό, πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο διαδραματίζεται». Ακόμα, «η διδασκαλία είναι κοινωνική δραστηριότητα και συγκεκριμένα μια ανθρώπινη κοινωνική κατασκευή με δομή χαλαρή και συγχρόνως πολύπλοκη» (Lemke, 1990).

Επομένως η επιστημονική γνώση μετατρέπεται στη σχολική της εκδοχή η οποία είναι πιο κατανοητή στους μαθητές (Τσατσαρώνη & Κουλαϊδής, 2001). Αυτή η τομή καθημερινών και επιστημονικών ιδεών πρέπει να οροθετείται εντός της Ζώνης Επικείμενης Ανάπτυξης (ZEA) των μαθητών (Καρασαββίδης, 2008) .

Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας για την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών

Στο μοντέλο μάθησης του εποικοδομισμού, η γνώση κάθε ατόμου διαμορφώνεται μέσα από αλληλεπίδραση με το περιβάλλον του (Χαλκιά, 2012). Όπως αναφέρθηκε, οι μαθητές έχουν

αποκτήσει γνώσεις πριν την υποχρεωτική εκπαίδευση στο σχολείο, επομένως οφείλουν οι διδάσκοντες να το λάβουν υπόψη στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών ώστε να είναι εύκολη η εννοιολογική αλλαγή. Πρόκειται για μία διαδικασία αργή και απαιτητική όπου στο πρώτο στάδιο περιλαμβάνεται η συσχέτιση των προϋπαρχουσών αντιλήψεων των μαθητών με τη νέα σχολική γνώση με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η οικοδόμηση νέων αντιλήψεων.

Η διδασκαλία που βασίζεται στη θεωρία του εποικοδομητισμού περιλαμβάνει τις εξής φάσεις (Bliss, 2001, Driver & Oldham, 1986, Matthews, 1994):

A) Προσανατολισμός:

πρόκειται για ένα εισαγωγικό στάδιο το οποίο μπορεί να αποτελείται από προτάσεις και εικόνες και έχει ως στόχο την ενεργοποίηση των συναφών με το θέμα υπαρχουσών εναλλακτικών αντιλήψεων.

B) Εκμείευση εναλλακτικών ιδεών.

Στο στάδιο αυτό ο διδάσκων οφείλει να κάνει διάλογο με ερωτήσεις ή με εργασίες, κυρίως ομαδικές, ώστε να αναδεικνύονται οι αντιλήψεις που έχουν ήδη τα παιδιά για το θέμα που διδάσκεται.

Γ) Αναδόμηση εναλλακτικών ιδεών

Στο σημείο αυτό γίνεται επεξεργασία των υπό εξέταση θεμάτων σύμφωνα με κάποιο προεπιλεγμένο μοντέλο εποικοδομητικού τύπου. Αυτό το στάδιο εφαρμόζεται έτσι ώστε να αναδειχθούν οι εναλλακτικές αντιλήψεις και να αντιληφθούν οι μαθητές τις διαφορές που έχουν οι δικές τους αντιλήψεις με τις βασικές έννοιες του μαθήματος που διδάσκεται.

Δ) Εφαρμογή νέων αντιλήψεων

Στο στάδιο αυτό γίνεται εμπέδωση των γνώσεων που αποκτήθηκαν. Στόχος είναι να εδραιωθούν οι νέες ιδέες.

Ε) Ανασκόπηση

Στο στάδιο αυτό επισημαίνονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν με σκοπό να γίνει η εννοιολογική αλλαγή.

Σύμφωνα με τον Sutton (1992): 'η εκπαίδευση των θετικών επιστημών στο σχολείο περιγράφεται με τη φράση «καταφέρνω να χρησιμοποιώ επιστημονικές γνώσεις καθώς συζητώ για φαινόμενα της καθημερινής ζωής, με έναν νέο τρόπο»'. Σταδιακά λοιπόν ο μαθητής εμπλουτίζει το λεξιλόγιό του και με επιστημονικούς όρους προσεγγίζοντας διάφορες έννοιες των φυσικών επιστημών. Για παράδειγμα στο μάθημα της Χημείας τέτοιες λέξεις είναι οι: «καθαρή ουσία», «σύνθετη ουσία», «χημική αντίδραση», «άτομα και μόρια» κ.ά. Στόχος είναι οι έννοιες που υπάρχουν στην καθημερινότητα να ταυτιστούν με έναν τρόπο που να ταιριάζει στους επιστημονικούς όρους. Έτσι, ο κάθε μαθητής διαμορφώνει τη δική του εννοιολογική αλλαγή, αναφορικά με τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών (Βοσνιάδου, 1999α. Duit, 1999).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ

4.1 Θετικά Αποτελέσματα

Για να υπάρχουν θετικά αποτελέσματα, οι αναλογίες πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει μία δύσκολη έννοια προς διδασκαλία και να μην γίνεται υπερβολική χρήση τους στην τάξη. Επίσης όταν υπάρχουν ασάφειες σε προηγούμενη φάση διδασκαλίας η χρήση τους, ως εξηγηματικά παραδείγματα, οδηγεί στην επίλυση των αποριών που δημιουργήθηκαν. Μια διδασκαλία που αντλεί έννοιες γύρω από τον κόσμο των μαθητών γίνεται προσιτή και έτσι κινεί την προσοχή τους.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης των αναλογιών είναι ότι προωθούν και ενισχύουν την εννοιολογική αλλαγή, η οποία όπως προαναφέρθηκε πρόκειται για τη διαδικασία με την οποία:

- μετατρέπονται σε επιστημονική γνώση οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).
- συμβάλλουν στην κατανόηση διαφόρων εννοιών και φαινομένων τα οποία δεν είναι εφικτό να αντιληφθεί κανείς όταν συμβαίνουν στον μικρόκοσμο επισημαίνοντας τα όμοια χαρακτηριστικά με τον πραγματικό καθημερινό κόσμο.
- παροτρύνουν τον εκπαιδευτικό να λάβει υπόψη του τις γνώσεις των μαθητών που έχουν αποκτηθεί πριν το ξεκίνημα των σχολικών του χρόνων στα πλαίσια της εποικοδομητικής μάθησης.
- Και τέλος οδηγούν στην καλύτερη οργάνωση της μνήμης καθώς και στην αποθήκευση περισσότερων και χρήσιμων πληροφοριών.

4.2 Αρνητικά αποτελέσματα

Η χρήση αναλογιών, εκτός από θετικά αποτελέσματα μπορεί να επιφέρει και αρνητικά. Αρχικά επειδή οι μαθητές εκλαμβάνουν κυριολεκτικά τις αντιστοιχίσεις μιας αναλογίας, οδηγούνται σε παρανοήσεις και λανθασμένες γενικεύσεις. Επιπλέον, υπάρχει η πιθανότητα η χρήση των αναλογιών να γίνεται μηχανικά και όχι επειδή έχουν κατανοηθεί απόλυτα οι πληροφορίες που έχει σκοπό να μεταδώσει.

Επιπροσθέτως, μια άγνωστη έννοια δεν εξηγείται ακριβώς από μία αναλογία. Πάντα υπάρχουν περιορισμοί στη χρήση της αναλογίας. Οι μαθητές συνήθως δεν γνωρίζουν ακριβώς την έννοια-στόχο και δεν μπορούν να καταλάβουν αυτούς περιορισμούς και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μπερδεύουν την πραγματικότητα με την αναλογία.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Οι αναλογίες είναι πολύ δημοφιλή μοντέλα για τους ίδιους τους επιστήμονες καθώς τους βοηθούν στο να προσεγγίζουν φαινόμενα και να κατανοούν έννοιες. Για παράδειγμα, στις γεωεπιστήμες οι αναλογίες είναι ζωτικής σημασίας καθώς είναι πολύ δύσκολο να πάμε σε έναν

άλλο πλανήτη και να δοκιμαστούν οι διάφορες υποθέσεις ή ακόμη πιο δύσκολο να πάμε στο κέντρο της Γης για μια γρήγορη καταγραφή θερμοκρασίας.

Παραδείγματα :

- Ο Κέπλερ μετά το 1601, δηλαδή μετά το θάνατο του Δανού bobleman Tycho Brahe ο οποίος μελετούσε τις κινήσεις των πλανητών για πάνω από 20 χρόνια, ανέπτυξε τη θεωρία του για την κίνηση των πλανητών με βάση το σύστημα λειτουργίας ενός ρολογιού.
- Ο Άμπερ διατύπωσε την αναλογία υδροαντλίας για το ηλεκτρικό ρεύμα (Coll & Taylor, 2005).
- Ο Huygenhs με την κίνηση υδάτινων κυμάτων μπόρεσε να αντιληφθεί τα οπτικά φαινόμενα (Treagust, 1993).
- Ο Χόκινς το 1998 χρησιμοποίησε στο Χρονικό του Χρόνου αναλογίες με σκοπό να εξηγήσει τις έννοιες που αναφέρει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το «το να προσπαθούμε να ανιχνεύσουμε μία μαύρη τρύπα στο διάστημα μοιάζει σαν να ψάχνουμε μία μαύρη γάτα σε μία αποθήκη με κάρβουνο».
- Ο Fourier βασίστηκε στην αναλογία της ροής του υγρού για να αναπτύξει τη θεωρία του για την αγωγή της θερμότητας. Η θεωρία αυτή για τη ροή του υγρού υιοθετήθηκε από τον Ohm, ο οποίος ανέπτυξε τη θεωρία του για τον ηλεκτρισμό. Τέλος, ο Maxwell παρομοίασε την πίεση του νερού σε ένα σωλήνα με τις ηλεκτρικές δυνάμεις ώστε να μπορέσει να τις περιγράψει με μαθηματικό τρόπο (Silva, 2007).
- Ο Νεύτωνας μελέτησε τη φύση του φωτός. Για να γίνει κατανοητή η θεωρία του από τους μαθητές χρησιμοποίησε ως αναλογία τον τρόπο όπου μία μπάλα αναπηδά σε έναν τοίχο και την ανάκλαση του φωτός από ένα κάτοπτρο. Έτσι κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το φως είναι σωματιδιακής φύσεως (Gillispie, 1986). Επιπλέον παρομοίασε το φεγγάρι με μια μπάλα, που εκτοξεύεται με τέτοια αρχική ταχύτητα, με σκοπό να φύγει από τη Γη και να μπει σε τροχιά γύρω της. Στη συνέχεια ο Γαλιλαίος, παρατήρησε τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ της κίνησης της σελήνης με την κίνηση μίας πέτρας την οποία ρίχνουν από ένα κατάρτι ενός κινούμενου πλοίου. Αυτό το έκανε διότι η κίνηση της θα έχει μια κατακόρυφη συνιστώσα και μια οριζόντια ίδια με του πλοίου. Και οι δύο προηγούμενες αναλογίες για την κυκλική κίνηση του φεγγαριού δείχνουν ότι η κίνηση του φεγγαριού οφείλεται σε έναν συνδυασμό κινήσεων, μιας εφαπτόμενης στην τροχιά κίνησης και μιας κάθετης προς τη Γη (Gentner, 1982).

Μία ακόμη άγνωστη έννοια για την οποία χρησιμοποιήθηκαν αναλογίες για την εξήγηση της, σύμφωνα με Horison & Treagust (1993), είναι η διάθλαση του φωτός.

Η φωτεινή ακτίνα η οποία μεταβαίνει από ένα μέσο διάδοσης σε ένα άλλο με διαφορετική πυκνότητα, παρομοιάστηκε με ένα ζεύγος τροχών που μεταβαίνουν από μία λεία επιφάνεια σε μία τραχιά με διαφορετικό συντελεστή τριβής.

«Το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα μοιάζει με ένα ποτάμι που κυλάει». Η αναλογία αυτή χρησιμοποιήθηκε για να επισημανθούν τα όμοια και τα ανόμοια χαρακτηριστικά ανάμεσα στη βάση και το στόχο. Για παράδειγμα το ηλεκτρικό ρεύμα είναι σαν ένα ποτάμι που κυλάει σε μία πεδιάδα και καταλήγει σε μία λίμνη. Αυτό πρόκειται για μία ομοιότητα. Υπάρχουν όμως και διαφορές όπως την περίπτωση της ύπαρξης καταρράκτη, ή ο ποταμός να μην καταλήγει σε λίμνη αλλά σε ωκεανό. Με αυτόν τον τρόπο επιτεύχθηκε αντιπαράθεση γνώσεων και εμπειριών καθώς επίσης επίλυση αποριών. (Θεοδοσίου Μαριάννα, 2017)

Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης αναλογιών στη διδακτική των φυσικών επιστημών είναι στη μελέτη δομής του κυττάρου όπου χρησιμοποιήθηκε η αναλογία του εργοστασίου. Σύμφωνα με αυτήν την αναλογία τα διάφορα οργανίδια του κυττάρου παρομοιάζονται με τομείς του εργοστασίου, και οι διεργασίες του κυττάρου με τις αντίστοιχες εργασίες που πραγματοποιούνται στους διάφορους τομείς. (Θεοδοσίου Μαριάννα, 2017)

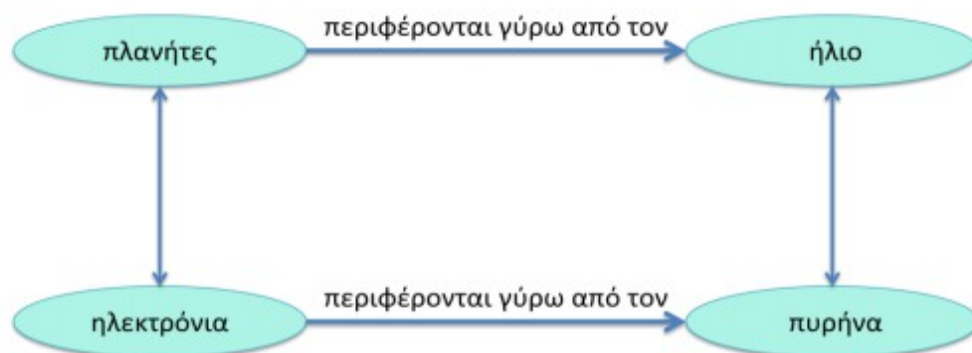
5.1 ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Ο Χαριτωνίδης Ηλίας στη διπλωματική του εργασία με τίτλο : «Η χρήση των αναλογιών ως διδακτικό εργαλείο για την επεξήγηση βασικών εννοιών της Φυσικής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση », παραθέτει τις παρακάτω αναλογίες:

1η αναλογία

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.11, σελ. 211

«Το πιο γνωστό μοντέλο του ατόμου είναι παρόμοιο με αυτό του ηλιακού συστήματος. Και στα δύο μοντέλα, το μεγαλύτερο μέρος του όγκου είναι κενός χώρος, ενώ σώματα σχετικά μικρής μάζας περιφέρονται σε τροχιά γύρω από το κέντρο, όπου είναι συγκεντρωμένο το μεγαλύτερο μέρος της μάζας. Ωστόσο, θα πρέπει να θεωρηθεί απλώς ως συμβολική αναπαράσταση του πραγματικού ατόμου και όχι ως φυσική του εικόνα.»

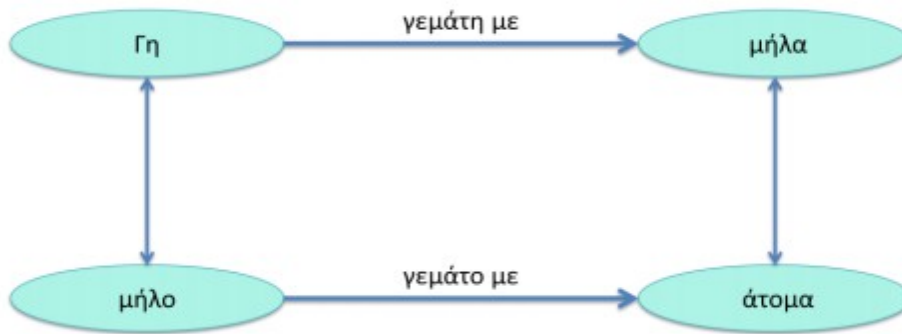


Σχ. 5.1.1. Αναλογία κίνησης πλανητών-ηλεκτρονίων (Hewitt P. 2004)

2η αναλογία

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.11, σελ. 209

«Επομένως αν θέλετε να φανταστείτε ένα μήλο γεμάτο με άτομα, σκεφτείτε τη γήινη σφαίρα γεμάτη με μήλα το ένα πάνω στο άλλο. Και στις δύο περιπτώσεις το πλήθος είναι το ίδιο.»

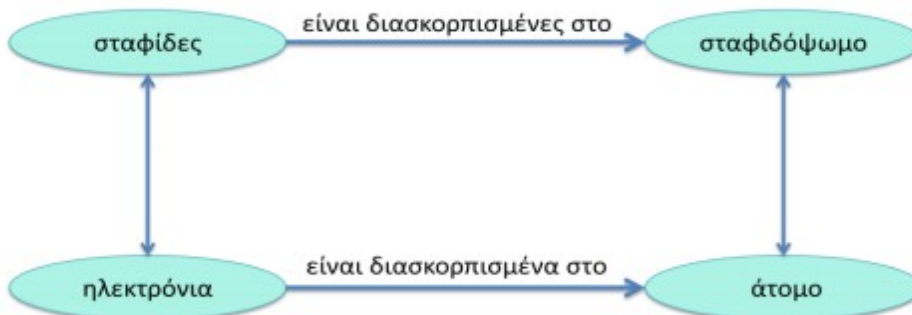


Σχ. 5.1.2. Αναλογία Γης-μήλου (Hewitt P. 2004)

3η αναλογία

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.11, σελ. 214

«Ο Τόμσον αναφέρθηκε στο μοντέλο του «σταφιδόψωμου» για το άτομο. Στο μοντέλο αυτό τα ηλεκτρόνια ήταν διασκορπισμένα όπως οι σταφίδες μέσα σε μια «θάλασσα» από θετικά φορτισμένη ζύμη.»

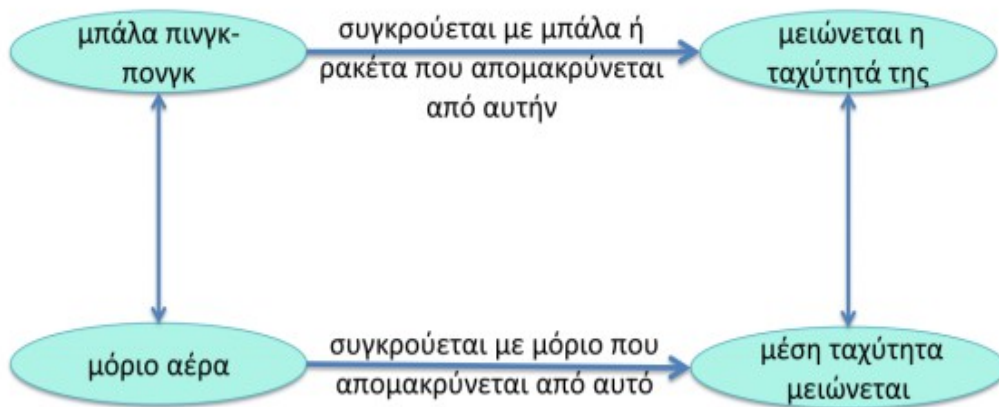


Σχ. 5.1.3. Αναλογία σταφίδων-ηλεκτρονίων (Hewitt P. 2004)

4η αναλογία

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.16, σελ. 312

«Για να καταλάβετε καλύτερα γιατί ψύχεται ο διαστελλόμενος αέρας, φανταστείτε τα μόρια σαν μικροσκοπικές μπάλες του πικ-πονγκ που συγκρούονται μεταξύ τους. Όταν μια μπάλα συγκρούεται με κάποια άλλη ταχύτερη που κινείται προς το μέρος της, η ταχύτητα της αυξάνεται. Όταν, όμως, συγκρούεται με μια μπάλα που «απομακρύνεται», αναπηδά με μειωμένη ταχύτητα. Το ίδιο ισχύει και για μια μπάλα του πινγκ-πονγκ που κινείται προς μια ρακέτα. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και σε μια περιοχή όπου ο αέρας διαστέλλεται: κατά μέσο όρο, ένα μόριο συγκρούεται, ως επί το πλείστο, με μόρια που απομακρύνονται και όχι με μόρια που πλησιάζουν.»

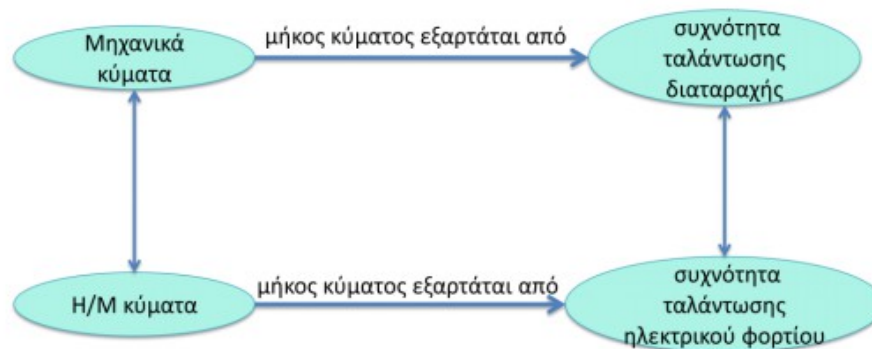


Σχ. 5.1.4. Αναλογία μπάλας πινγκ-πονγκ-μόριου αέρα (Hewitt P. 2004)

5η αναλογία

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.16, σελ. 314

«Το κορίτσι της Εικόνας 16.10 κουνά την άκρη ενός σχοινού με χαμηλή συχνότητα και με υψηλότερη συχνότητα. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Οι ταλαντώσεις υψηλής συχνότητας παράγουν βραχέα κύματα και οι ταλαντώσεις χαμηλής συχνότητας μακρά κύματα.»



Σχ. 5.1.5. Αναλογία ταλάντωσης μηχανικών κυμάτων-H/M κύματα(Hewitt P. 2004)

Στη διπλωματική εργασία της Ελένης Χατζηνικολάου με θέμα: <<Οι αναλογίες ως μέθοδος διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο Γυμνάσιο >> αναφέρονται οι παρακάτω αναλογίες στο μάθημα της Φυσικής.

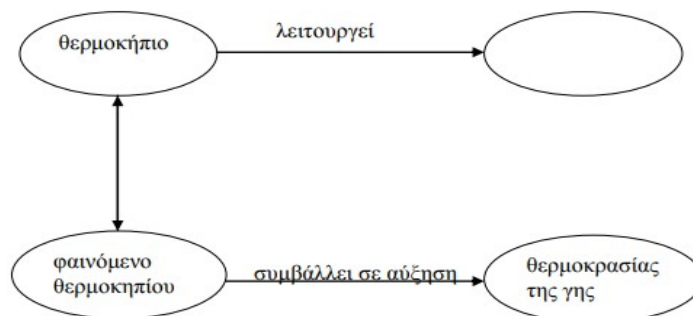
6η αναλογία

Φυσική Α' Λυκείου (Καλκάνης & συν., 2014, Φύλλο Εργασίας 9, σ. 38, 1η έως 5η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Καλκάνης & συν. (2014) αναφέρουν:

<<Παρατήρησε στο παρακάτω ενδεικτικό γράφημα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης από το 1870 έως τις μέρες μας, όπως έχει μετρηθεί από διάφορες επιστημονικές ερευνητικές ομάδες. Η αύξηση αποδίδεται και στη διαρκή αύξηση της περιεκτικότητας της γήινης ατμόσφαιρας σε αέριο διοξείδιο του άνθρακα CO₂. Το φαινόμενο γενικά ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου. (σ. 38) >>



Σχ. 5.1.6. Αναλογία λειτουργίας θερμοκηπίου-συμβολή φαινομένου θερμοκηπίου (Καλκάνης κ. συν. 2014)

Ανάλυση

....Από το τετράπολο απουσιάζει μια έννοια της βάσης και η αντιστοίχισή της με έννοια του στόχου. Επομένως η αναλογία είναι οριζόντια και κατακόρυφα ελλειπής. Η έλλειψη οριζόντιας πληρότητας καθιστά την αναλογία μη συστηματική. Η βάση θεωρούμε ότι είναι μέτρια οικεία, επειδή λείπει μια έννοια της. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μεγάλη, καθώς οι έννοιες των δύο τομέων ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες. Ειδικότερα: (α) Στη βάση η έννοια "θερμοκήπιο" είναι αντικείμενο και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Στον στόχο η έννοια "φαινόμενο θερμοκηπίου" είναι φυσικό φαινόμενο και ανήκει στην κατηγορία Β. Επιπλέον, στον στόχο η έννοια "θερμοκρασία της γης" είναι φυσικό μέγεθος και ανήκει στην κατηγορία Β.

Λεκτικές

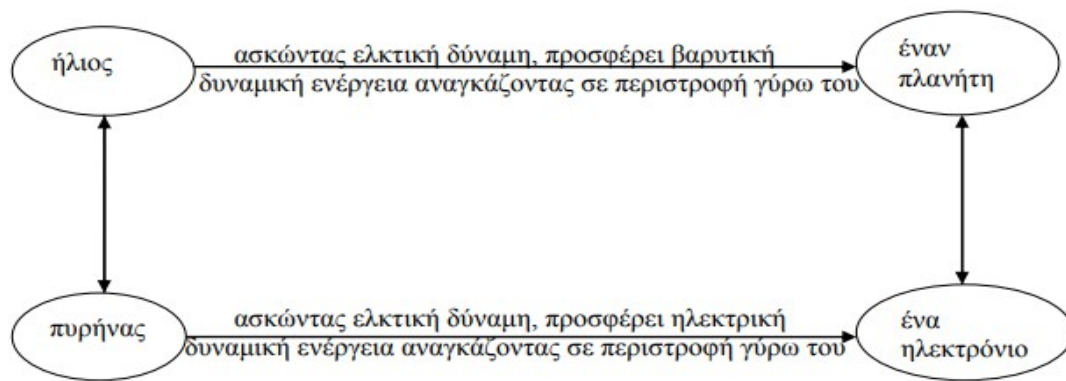
1η αναλογία

Φυσική Β' Λυκείου (Αντωνίου & συν., 2015, Κεφ. 5.2, σ. 94, 7η έως 12η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αντωνίου & συν., (2015) αναφέρουν:

Ένας πλανήτης που περιφέρεται γύρω από τον ήλιο έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια λόγω της βαρυτικής ελκτικής δύναμης που ασκεί ο ήλιος στον πλανήτη. Αλλά και ένα ηλεκτρόνιο που περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου έχει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια λόγω της ελκτικής ηλεκτρικής δύναμης που ασκεί ο πυρήνας. (σ. 94)



Σχ. 5.1.7. Αναλογία ήλιου-πυρήνα (Αντωνίου & συν., 2015)

Ανάλυση

.....Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών βάσης και στόχου. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι μέτρια, καθώς οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες ως προς τις έννοιες "ελκτική δύναμη / περιστροφή / δυναμική ενέργεια", και παρουσιάζουν διαφορές ως προς το είδος της δυναμικής ενέργειας (βαρυτική δυναμική ενέργεια - ηλεκτρική δυναμική ενέργεια). Η βάση, θεωρούμε ότι είναι μέτρια οικεία, επειδή οι μαθητές έχουν διδαχτεί την αλληλεπίδραση από απόσταση (Αντωνίου & συν., 2015, σ. 45), αλλά την δυναμική ενέργεια την διδάσκονται στην ενότητα που περιέχεται η συγκεκριμένη αναλογία (Αντωνίου κ. συν., 2015, σ. 94). Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μεγάλη. Ειδικότερα ισχύει: (α) Οι έννοιες της βάσης είναι αντικείμενα και ανήκουν στην κατηγορία Α. (β) Οι έννοιες του στόχου αναφέρονται σε σωματίδια του μικρόκοσμου, που δεν γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις μας. και δεν έχουν άμεση υλική υπόσταση. Επομένως οι έννοιες του στόχου ανήκουν στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β).....

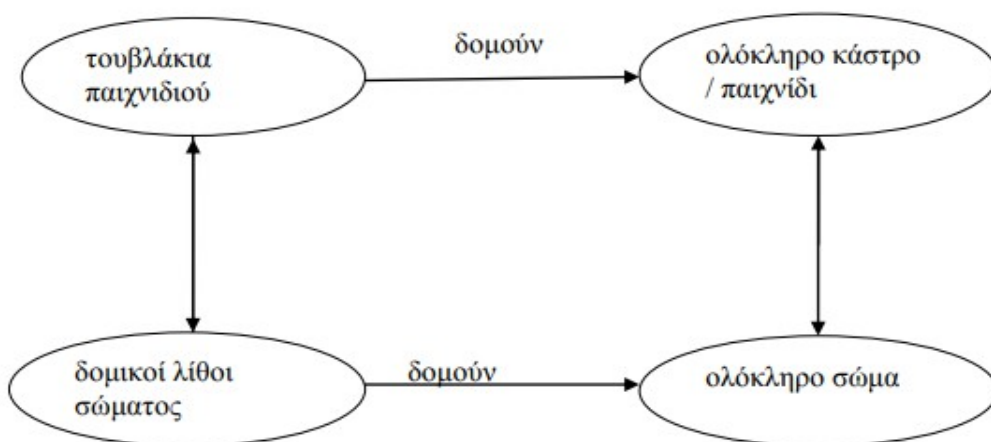
2η αναλογία

Φυσική Β' Λυκείου (Αντωνίου & συν., 2015, Κεφ. 6.4, σ. 126, 17η έως 23η γραμμή

Απόσπασμα

Οι Αντωνίου & συν., (2015) αναφέρουν:

Οι δομικοί λίθοι ενός σώματος είναι τα μικροσκοπικά σωματίδια από τα οποία φτιάχνεται το σώμα. Μπορούμε να τους παρομοιάσουμε με τα τουβλάκια ενός παιχνιδιού, με τα οποία μπορούμε να φτιάξουμε ολόκληρο κάστρο / παιχνίδι. Στα περισσότερα σώματα οι δομικοί λίθοι είναι τα μόρια, σε μερικά όμως μπορεί να είναι τα άτομα ή και τα ιόντα. (σ. 126)



Σχ. 5.1.8. Αναλογία για τα τουβλάκια παιχνιδιών-δομικούς λίθους σώματος (Αντωνίου & συν., 2015)

Ανάλυση

.....Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Άρα η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή επειδή, η σχέση μεταξύ των εννοιών του τομέα - βάσης είναι εντελώς όμοια με τη σχέση μεταξύ των εννοιών του τομέα - στόχου (....δομούν....). Η βάση είναι οικεία στους μαθητές και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Ειδικότερα στον στόχο ισχύει: (α) Η έννοια "δομικοί λίθοι σώματος" αναφέρεται σε σωματίδια του μικρόκοσμου που δεν γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις μας και δεν έχουν άμεση υλική υπόσταση. Επομένως, η συγκεκριμένη έννοια ανήκει σε κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). (β) Η έννοια "ολόκληρο σώμα" είναι αντικείμενο και ανήκει στην κατηγορία Α.....

3η αναλογία

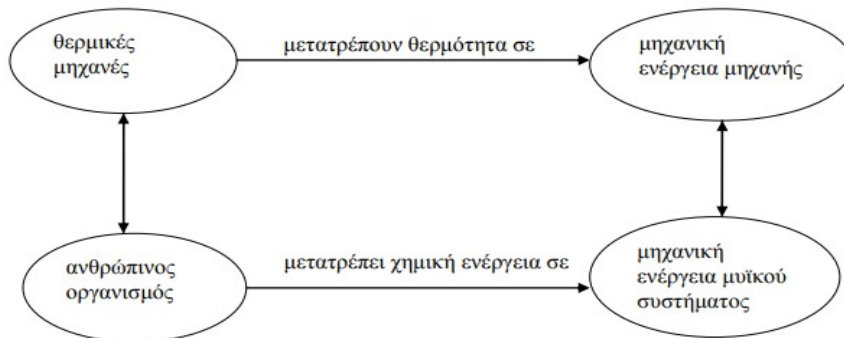
Φυσική Β' Λυκείου (Αντωνίου & συν., 2015, Κεφ. 6.4, 4η έως 10η γραμμή και στο ένθετο <<Φυσική και Βιολογία>> (σ. 129), 1η έως 8η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αντωνίου & συν., (2015) αναφέρουν:

Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος, που εκφράζει βέβαια την αρχή διατήρησης της ενέργειας, αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη των θερμικών μηχανών γνωστών ήδη από την αρχαιότητα. Οι θερμικές μηχανές μετατρέπουν τη θερμότητα σε μηχανική ενέργεια ή έργο. Παραδείγματα τέτοιων μηχανών είναι: οι μηχανές αυτοκινήτων, οι ατμολέβητες των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κ.λ.π. {.....}. ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ: ΜΙΑ ΖΩΪΚΗ ΜΗΧΑΝΗ.{.....}. Στο

ζωικό βασίλειο συχνά συμβαίνουν ενεργειακές μετατροπές ανάλογες με αυτές που συμβαίνουν σε μια μηχανή. Οι τροφές καίγονται. Υδατάνθρακες αντιδρούν με οξυγόνο, οπότε παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό, ενώ χημική ενέργεια μετατρέπεται κατά ένα μέρος σε μηχανική ενέργεια του μυϊκού συστήματος. (σ. 129)



Σχ. 5.1.9. Αναλογία θερμικών μηχανών-ανθρώπινου οργανισμού (Αντωνίου & συν., 2015)

Ανάλυση

..... Οι κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών βάσης - στόχου. Άρα η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι μέτρια, επειδή οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες μόνο ως προς τη μετατροπή της ενέργειας. Ωστόσο, οι δυο σχέσεις διαφέρουν στο είδος της ενέργειας (θερμότητα - χημική ενέργεια). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη επειδή, έχει προηγηθεί η διδασκαλία του πρώτου νόμου της θερμοδυναμικής (Αντωνίου & συν., 2015, σ. 128). Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Ειδικότερα στη βάση ισχύει: (α) Η έννοια "θερμικές μηχανές" αναφέρεται σε αντικείμενα και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Η έννοια "μηχανική ενέργεια μηχανής" εκφράζει φυσικό μέγεθος και ανήκει στην κατηγορία Β. Ομοίως στον στόχο ισχύει: (α) Η έννοια "ανθρώπινος οργανισμός" είναι ζωντανός οργανισμός και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Η έννοια "μηχανική ενέργεια μυϊκού συστήματος" εκφράζει φυσικό μέγεθος και ανήκει στην κατηγορία Β.

Λεκτικές και οπτικές

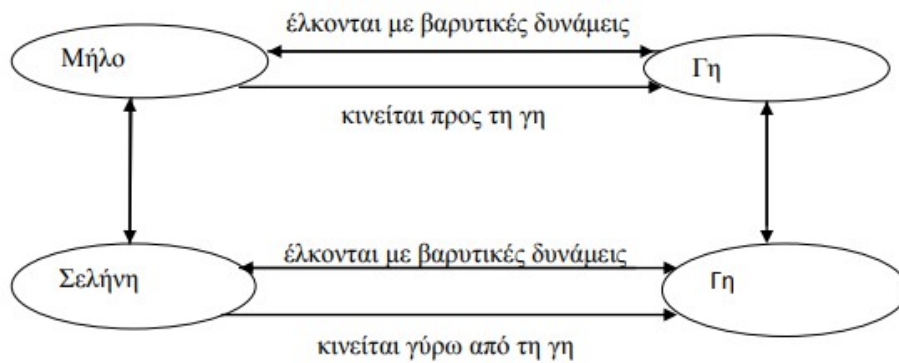
1η αναλογία

Φυσικής Β' Λυκείου (Αντωνίου & συν., 2015, Κεφ. 3.2, σ. 47, 25η έως 27η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αντωνίου κ. συν. (2015) αναφέρουν <<Ο Νεύτωνας δέχτηκε ότι η βαρυτική δύναμη που προκαλεί την πτώση ενός μήλου ασκείται και στη σελήνη και προκαλεί τη (σχεδόν) κυκλική κίνησή της γύρω από τη γη>> (σ. 47). <<Εικόνα 3.15: Το μήλο κινείται προς την επιφάνεια της γης. Η

σελήνη κινείται γύρω από τη γη. Στο μήλο και στη σελήνη ασκούνται βαρυτικές δυνάμεις από τη γη>> (Αντωνίου & συν., 2015, σ. 47).



Σχ. 5.1.10. Αναλογία βαρυτικής δύναμης μήλου-Σελήνης (Αντωνίου & συν., 2015) Ανάλυση

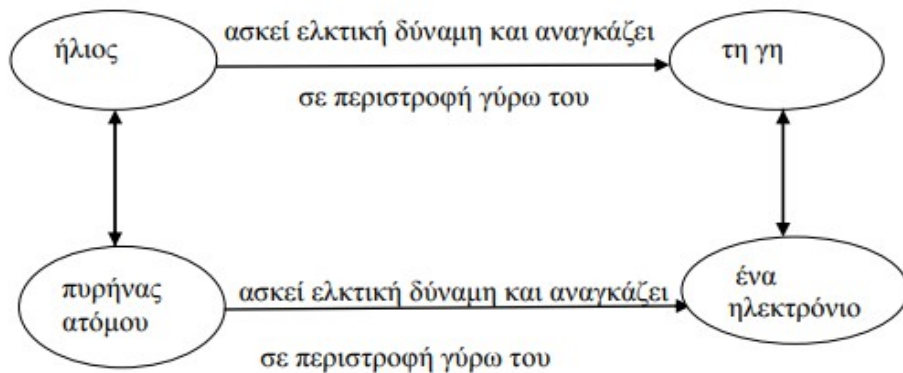
.....Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι μέτρια, επειδή οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες, μόνο ως προς την ύπαρξη βαρυτικών ελκτικών δυνάμεων μεταξύ των σωμάτων. Ωστόσο, οι δυο σχέσεις διαφέρουν ως προς το είδος της κίνησης (κινείται προς τη γη - κινείται γύρω από τη γη). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη επειδή, έχει προηγηθεί η διδασκαλία της ύπαρξης δυνάμεων που ασκούνται από απόσταση (Αντωνίου κ. συν., 2015, σ. 45). Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μικρή, καθώς όλες οι έννοιες του τετραπόλου είναι αντικείμενα και ανήκουν στην κατηγορία Α

2η αναλογία

Φυσικής Β' Λυκείου(Αντωνίου κ. συν., 2015, Κεφ. 3.6, σ. 55, 1η έως 8η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αντωνίου & συν. (2015) αναφέρουν: Κατά την περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο, η ταχύτητά της διαρκώς μεταβάλλεται. Η αιτία που προκαλεί τη μεταβολή της ταχύτητας της γης είναι η ελκτική δύναμη που ασκεί ο ήλιος σ' αυτή. {...}. Αντίστοιχα, ένα ηλεκτρόνιο περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα εξαιτίας της ελκτικής δύναμης που ασκείται σ' αυτό από τον πυρήνα. (σ. 55) <<Εικόνα 3.36: Η δύναμη που ασκεί ο πυρήνας στο ηλεκτρόνιο προκαλεί την κίνησή του γύρω απ' αυτόν. Η βαρυτική έλξη που ασκεί ο ήλιος στη γη, προκαλεί την περιφορά της γύρω του>> (Αντωνίου & συν., 2015, σ. 55).



Σχ. 5.1.11. Αναλογία ελκτικής δύναμης ήλιου-πυρήνα ατόμου (Αντωνίου & συν. 2015)

Ανάλυση

.....Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες. και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή επειδή, οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...ασκεί ελκτική δύναμη και αναγκάζει σε περιστροφή γύρω του...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη καθώς, οι μαθητές έχουν διδαχτεί τις κατηγορίες δυνάμεων (Αντωνίου κ. συν., 2015, σ. 45). Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μεγάλη. Ειδικότερα ισχύει: (α) Οι έννοιες της βάσης είναι αντικείμενα και ανήκουν στην κατηγορία Α. (β) Οι έννοιες του στόχου, αναφέρονται σε σωματίδια του μικρόκοσμου, χωρίς άμεση υλική υπόσταση. Επομένως οι συγκεκριμένες έννοιες ανήκουν σε κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). Θεωρούμε ότι η συγκεκριμένη αναλογία ανήκει στις πλέον διδακτικά κατάλληλες, επειδή παρουσιάζει ταυτόχρονα οριζόντια πληρότητα, κατακόρυφη πληρότητα, υψηλή συστηματικότητα, οικεία βάση και μεγάλη οντολογική απόσταση βάσης - στόχου (Κουλαϊδής κ. Συν., 2002).....

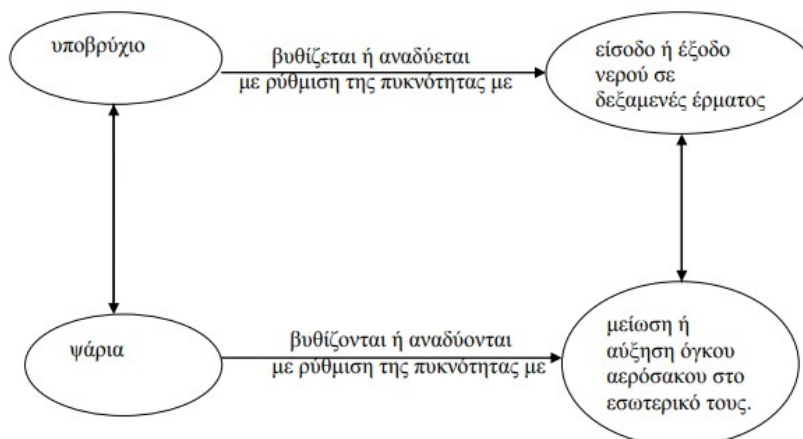
3η αναλογία

Φυσικής Β' Λυκείου (Αντωνίου κ. συν., 2015, Κεφ. 4.6, ένθετο: <<Φυσική και Τεχνολογία, Βιολογία και Μαθηματικά>> (σ. 81), 1η έως 8η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αντωνίου & συν. (2015) αναφέρουν: Η πυκνότητα ενός υποβρυχίου ρυθμίζεται με την είσοδο και έξοδο νερού στις δεξαμενές έρματος. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται ή μειώνεται το βάρος του υποβρυχίου και επιτυγχάνεται η κατάλληλη πυκνότητα ώστε το υποβρύχιο να βυθίζεται ή να αναδύεται. Με τον ίδιο τρόπο τα ψάρια ρυθμίζουν την πυκνότητά τους αυξομειώνοντας τον όγκο ενός αερόσακου που υπάρχει στο εσωτερικό τους. Αυξάνοντας τον όγκο, μειώνεται η πυκνότητά

τους και αναδύονται, μειώνοντας τον όγκο αυξάνεται η πυκνότητά τους και βυθίζονται>>. (σ. 81) <<Εικόνα 4.33>> (Αντωνίου & συν., 2015, σ. 81).



Σχ. 5.1.12. Αναλογία υποβρυχίου-ψάρια (Αντωνίου & συν., 2015)

Ανάλυση

.....Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών βάσης και στόχου. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή, επειδή οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (.....βυθίζεται (- ονται) ή αναδύεται (- ονται) με ρύθμιση της πυκνότητας με.....). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη επειδή, οι μαθητές έχουν διδαχτεί τις έννοιες που περιέχει (Αντωνίου κ. συν., 2015, σ. 80). Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Ειδικότερα, στον στόχο ισχύει: (α) Η έννοια "ψάρια" αναφέρεται σε ζωντανούς οργανισμούς και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Η έννοια "μείωση ή αύξηση όγκου αερόσακου στο εσωτερικό τους" εκφράζει φυσικό μέγεθος και ανήκει στην κατηγορία Β.....

5.2. ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ

Επιπλέον η Ελένη Χατζηνικολάου στη διπλωματική της εργασία, κάνει αναφορές και στο μάθημα της Χημείας.

Αναλογίες στο εγχειρίδιο της Χημείας Β' Γυμνασίου (Αβραμιώτης & συν., 2015)

Λεκτικές

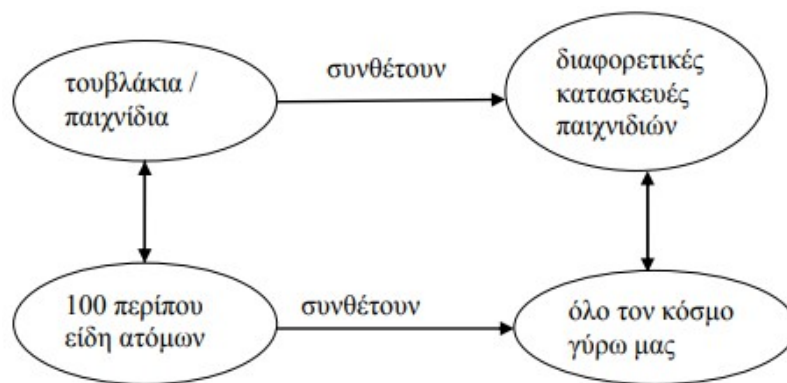
1η αναλογία

Χημείας Β' Λυκείου (Αβραμιώτη & συν., 2015, Κεφ. 2.8, σ.58, 32η έως 35η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αβραμιώτης & συν. (2015) αναφέρουν:

<<Στα παιχνίδια κατασκευών με λίγα μόνο είδη από απλά τουβλάκια τα παιδιά μπορούν να δημιουργήσουν πάρα πολλές διαφορετικές κατασκευές. Έτσι και στη φύση από 100 περίπου είδη ατόμων δημιουργείται όλος ο κόσμος γύρω μας, όπως και εμείς οι ίδιοι>>



Σχ. 5.2.1. Αναλογία από τουβλάκια/παιχνίδια-100 είδη ατόμων (Αβραμιώτης & συν. 2015)

Ανάλυση

Οι κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων, οπότε η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Το επίπεδο συστηματικός είναι υψηλό επειδή οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Πιο συγκεκριμένα στον στόχο ισχύει: (α) Η έννοια "100 περίπου είδη ατόμων" αναφέρεται σε ξεχωριστά άτομα, τα οποία δεν έχουν άμεση υλική υπόσταση και ανήκουν στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). (β) Η έννοια "όλο τον κόσμο γύρω μας" αναφέρεται στα υλικά σώματα που παρατηρούμε γύρω μας, τα οποία έχουν άμεση υλική υπόσταση.

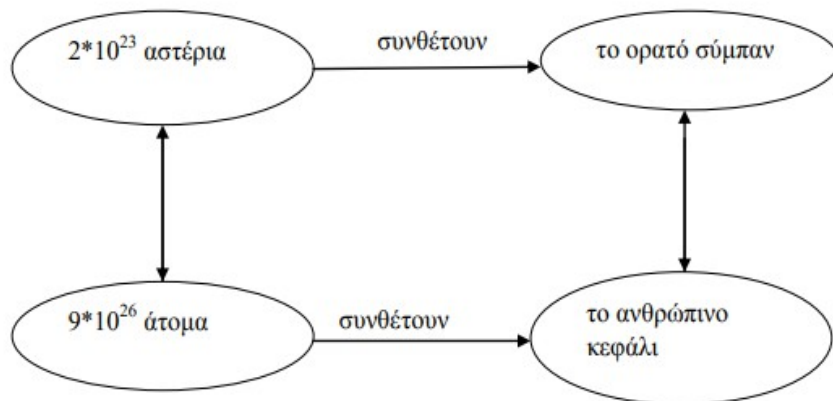
Επομένως η συγκεκριμένη έννοια ανήκει στην κατηγορία Α.

2η αναλογία

Χημείας Β' Λυκείου (Αβραμιώτης & συν., 2015, Κεφ. 2.8, σ. 60, 4η έως 9η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι κ Αβραμιώτης & συν., (2015) αναφέρουν: Οι επιστήμονες έχουν υπολογίσει ότι το ανθρώπινο κεφάλι αποτελείται από $9 \cdot 10^{26}$ άτομα περίπου. Θέλεις να δεις πόσο μεγάλος είναι αυτός ο αριθμός; Σκέψου ότι όλα τα αστέρια του ορατού σύμπαντος μαζί υπολογίζονται ότι είναι $2 \cdot 10^{23}$, δηλαδή 4.500 φορές λιγότερα από τα άτομα του κεφαλιού σου! Για να αποτελείται λοιπόν το κεφάλι σου από έναν τόσο μεγάλο αριθμό ατόμων, φαντάζεσαι πόσο μικρά είναι αυτά; (σ. 60)



Σχ. 5.2.2. Αναλογία αστεριών-ατόμων (Αβραμιώτης & συν., 2015)

Ανάλυση

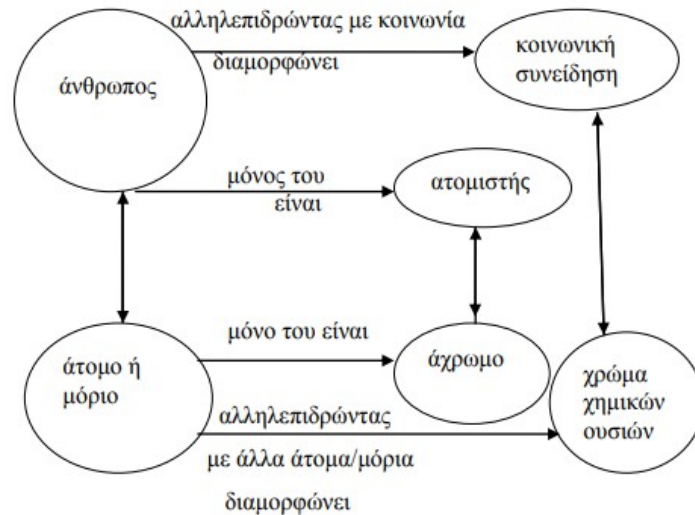
Στον στόχο (α) Η έννοια "ανθρώπινο κεφάλι" έχει υλική υπόσταση και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Η έννοια " $9 \cdot 10^{26}$ άτομα" δεν έχει άμεση υλική υπόσταση και ανήκει στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). Όπως προαναφέραμε δεν μπορούμε να δούμε τα άτομα ξεχωριστά ούτε τις μετατροπές τους

3η αναλογία

Χημείας Β' Λυκείου (Αβραμιώτης κ. συν., 2015, σ. 61, 1η έως 6η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αβραμιώτης & συν. (2015) αναφέρουν: Ένα άτομο μόνο του ή ένα μόριο μόνο του δεν έχει χρώμα. Σε ένα σύνολο όμως ατόμων ή μορίων αναπτύσσονται μεταξύ τους σχέσεις και αλληλεπιδράσεις, από τις οποίες προκύπτει το χρώμα των χημικών στοιχείων ή των χημικών ενώσεων, Κατ' αναλογία, όταν ο άνθρωπος εντάσσεται σε διάφορα κοινωνικά σύνολα, διαμορφώνει τη συμπεριφορά του σε σχέση μ' αυτά, υποστηρίζει του σκοπούς του συνόλου υπερβαίνοντας τον ατομικισμό του και γενικά αποκτά κοινωνική συνείδηση.(σ. 61)



Σχ. 5.2.3. Αναλογία ανθρώπου-ατόμου ή μορίου (Αβραμιώτης & συν., 2015)

Ανάλυση

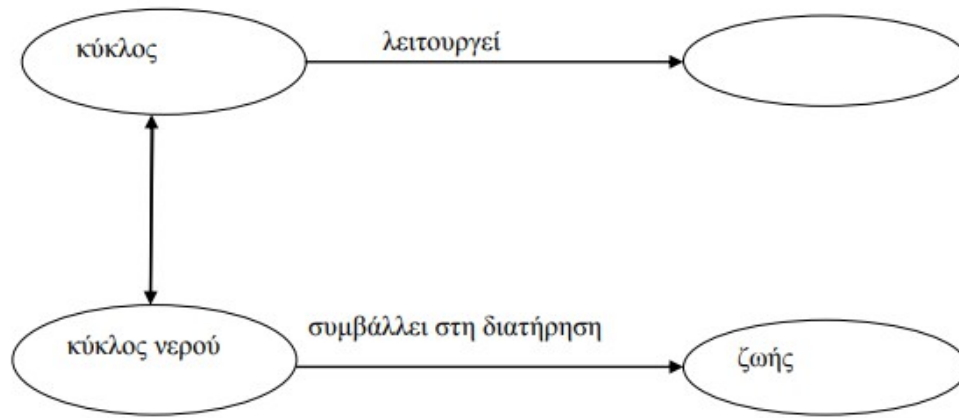
Η παραπάνω αναλογία πρόκειται για μια σύνθετη αναλογία καθώς η βάση και ο στόχος συνδέονται με δυο αναλογικές δομές που περιγράφονται με δύο τετράπολα. Από την ανάλυση κάθε τετραπόλου προκύπτει: Η κάθε αναλογία παρουσιάζει οριζόντια πληρότητα, κατακόρυφη πληρότητα και υψηλή συστηματικότητα. Η βάση σε κάθε τετράπολο είναι οικεία και απέχει από τον στόχο μέτρια οντολογική απόσταση καθώς οι έννοιες του κάθε τομέα ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες. Στη βάση του ευρύτερου τετραπόλου η έννοια "άνθρωπος" είναι ζωντανός οργανισμός (κατηγορία Α) και η έννοια "κοινωνική συνείδηση" είναι αφηρημένη (κατηγορία Β). Στον στόχο του ευρύτερου τετραπόλου η έννοια "άτομο ή μόριο" δεν έχει άμεση υλική υπόσταση και ανήκει στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β), ενώ η έννοια "χρώμα χημικών ουσιών" έχει υλική υπόσταση (κατηγορία Α). Ομοίως η έννοια "άνθρωπος" στην βάση του εσωτερικού τετραπόλου είναι ζωντανός οργανισμός (κατηγορία Α) και η έννοια "ατομιστής" είναι αφηρημένη (κατηγορία Β).

Λεκτικές και οπτικές αναλογίες

1η αναλογία Χημείας Β' (Αβραμιώτης & συν., 2015, Κεφ. 2.1, σ. 29, 6η έως 8η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αβραμιώτης κ. συν. (2015) αναφέρουν: <<Ο κύκλος του νερού στη φύση διαταράσσεται. Ένα από τα σημαντικότερα συστήματα από τα οποία εξαρτάται η ζωή στον πλανήτη μας είναι ο κύκλος του νερού στη φύση>> (σ. 29). Εικόνα: <<Ο κύκλος του νερού στη φύση>> (Αβραμιώτης κ. συν., 2015, σ. 29). Μέσα στην εικόνα αναπαρίσταται με βέλη ένας κύκλος (τομέας – βάση).



Σχ. 5.2.4. Αναλογία κύκλου νερού (Αβραμιώτης & συν., 2015)

Ανάλυση

Από το τετράπολο απουσιάζει μια έννοια της βάσης και η αντιστοίχισή της με τον στόχο. Επομένως η αναλογία είναι οριζόντια και κατακόρυφα ελλιπής. Η απουσία οριζόντιας πληρότητας καθιστά την αναλογία μη συστηματική. Η βάση είναι μέτρια οικεία επειδή, απουσιάζει μια έννοια της. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια.

2η αναλογία Χημείας Β' (Αβραμιώτης & συν., 2015, Κεφ. 2.8, (σ. 58 - 59)) (α) (σ. 58, 1η έως 4η γραμμή)

Απόσπασμα

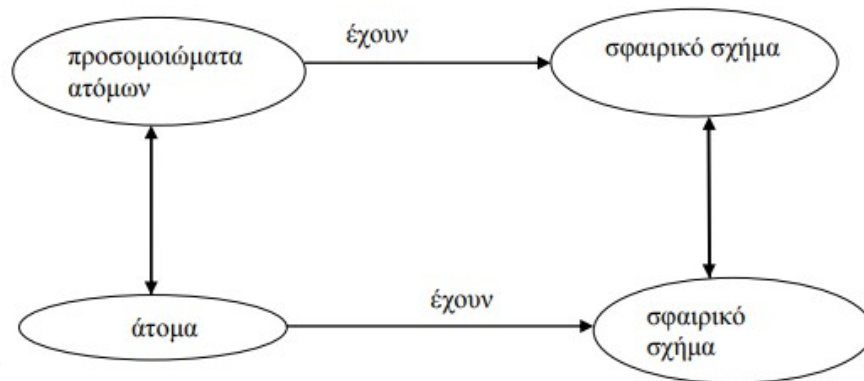
Οι Αβραμιώτης & συν. (2015) αναφέρουν:

<<Πώς να μιλήσουμε για τα άτομα και τα μόρια, που δε μπορούμε να τα δούμε, αλλά οι επιστήμονες μας διαβεβαιώνουν ότι υπάρχουν; Για να τα περιγράψουμε χρησιμοποιούμε τη φαντασία μας, αλλά και χρωματιστά σφαιρίδια, που τα ονομάζουμε προσομοιώματα>> (σ. 58) (β) (σ. 59, 10η έως 14η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Αβραμιώτης κ. συν (2017) αναφέρουν: Σύμφωνα με τη θεωρία του Ντάλτον, τα άτομα μοιάζουν με μικρές σφαίρες. Η άποψη αυτή ενισχύεται από σύγχρονα ευρήματα, 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.(σ. 59) Εικόνα: Προσομοιώματα ατόμων (Αβραμιώτης κ. συν., 2015, σ. 59)



Σχ. 5.2.5. Αναλογία προσομοιωμάτων ατόμων-άτομα (Αβραμιώτης & συν., 2015, Αβραμιώτης & συν., 2017)

Ανάλυση

Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των τομέων. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή επειδή, οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...έχουν...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Ειδικότερα στη βάση ισχύει: (α) Η έννοια "προσομοιώματα ατόμων" αναφέρεται σε αντικείμενα και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Η έννοια "σφαιρικό σχήμα" δεν έχει υλική υπόσταση και ανήκει στην κατηγορία Β.

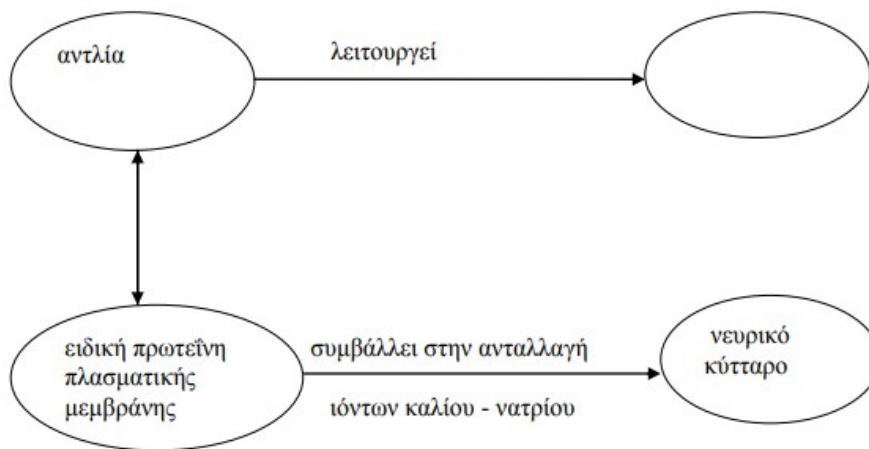
1η αναλογία Χημείας Γ' (Θεοδωρόπουλος κ. συν., 2015, Κεφ. 2.2, ένθετο, σ. 55, 11η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Θεοδωρόπουλος & συν., (2015) αναφέρουν:

Ένα από τα συστατικά της πλασματικής μεμβράνης του κυττάρου είναι μια ειδική πρωτεΐνη η οποία παίζει το ρόλο της "αντλίας" ιόντων νατρίου και καλίου. Η "αντλία" αυτή διασφαλίζει να γίνεται η ανταλλαγή των ιόντων με τέτοιο ρυθμό, ώστε η περιεκτικότητα σε ιόντα καλίου στο

εσωτερικό του νευρικού κυττάρου να είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι στον εξωτερικό χώρο και, αντιθέτως, η περιεκτικότητα σε ιόντα νατρίου να είναι πολύ μικρότερη. (σ.55)



Σχ. 5.2.6. Αναλογία λειτουργίας αντλίας-ειδικής πρωτεΐνης πλασματικής μεμβράνης (Θεοδωρόπουλος & συν., 2015)

Ανάλυση

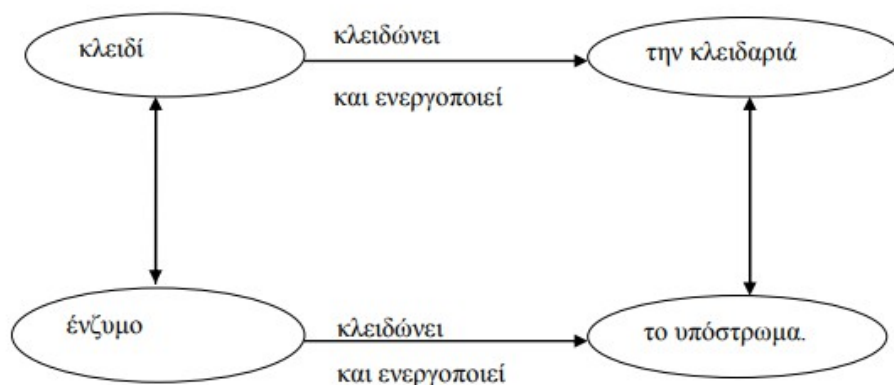
.....Από τις κορυφές του τετραπόλου απουσιάζει μια έννοια της βάσης και η αντιστοίχισή της με έννοια του στόχου. Επομένως η αναλογία είναι οριζόντια και κατακόρυφα ελλιπής. Η απουσία της οριζόντιας πληρότητας καθιστά την αναλογία μη συστηματική. Η βάση είναι μέτρια οικεία, καθώς λείπει μια έννοια της. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μεγάλη. Ειδικότερα ισχύει: (α) Στον στόχο η έννοια "ειδική πρωτεΐνη πλασματικής μεμβράνης" αναφέρεται σε πολύ μικρή ποσότητα μορίων της χημικής ένωσης της πρωτεΐνης, που δεν αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μας. Επομένως η συγκεκριμένη έννοια ανήκει στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). Ομοίως η έννοια "νευρικό κύτταρο" αναφέρεται σε δομικό λίθο του νευρικού συστήματος που δεν αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μας. Επομένως η συγκεκριμένη έννοια ανήκει στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). (β) Στην βάση η έννοια "αντλία" είναι αντικείμενο και ανήκει στην κατηγορία Α.....

2η αναλογία Χημείας Γ' (Θεοδωρόπουλος & συν., 2015, Κεφ. 3.1, σ. 97)

Απόσπασμα

Οι Θεοδωρόπουλος κ. συν. (2015) αναφέρουν:

Εικόνα: <<Η δράση των ενζύμων με βάση τη θεωρία κλειδιού - κλειδαριάς. Το ένζυμο κλειδώνει πάνω στο υπόστρωμα, όπως το κλειδί στην κλειδαριά και το ενεργοποιεί. Το ενεργοποιημένο υπόστρωμα αντιδρά πιο γρήγορα>> (σ. 97).



Σχ. 5.2.7. Αναλογία κλειδιού-ενζύμου (Θεοδωρόπουλος & συν., 2015)

Ανάλυση

Όπως φαίνεται από το σχήμα του τετραπόλου η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή, καθώς οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...κλειδώνει και ενεργοποιεί...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μεγάλη. Ειδικότερα ισχύει: (α) Στη βάση, οι έννοιες είναι αντικείμενα και ανήκουν στην κατηγορία Α. (β) Στον στόχο, οι έννοιες "ένζυμο" και "υπόστρωμα" αναφέρονται σε πολύ μικρές ποσότητες μορίων χημικών ενώσεων που δεν αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μας. Επομένως οι συγκεκριμένες έννοιες ανήκουν στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). Θεωρούμε ότι η συγκεκριμένη αναλογία ανήκει στις πλέον διδακτικά κατάλληλες, εφόσον παρουσιάζει ταυτόχρονα οριζόντια πληρότητα, κατακόρυφη πληρότητα, υψηλή συστηματικότητα, οικεία βάση και μεγάλη οντολογική απόσταση βάσης - στόχου (Κουλαϊδής κ. Συν., 2002)

5.3 ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Ακολουθούν αναλογίες στη Βιολογία από την διπλωματική εργασία της Ελένης Χατζηνικολάου.

Αναλογίες στο εγχειρίδιο του μαθητή της Βιολογίας Α' Γυμνασίου (Μαυρικάκη & συν., 2017α)

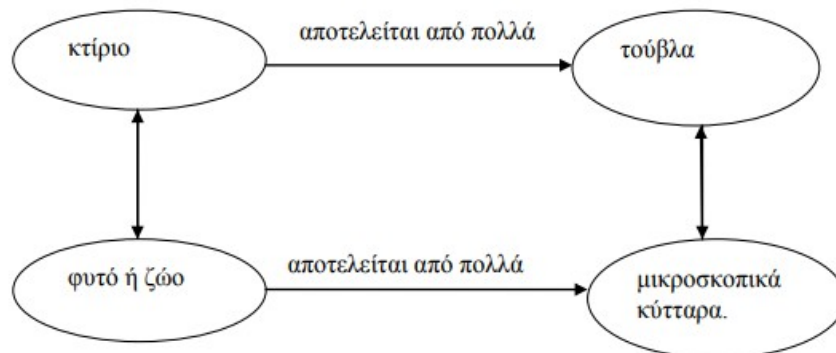
Λεκτικές

1η αναλογία Βιολογίας Α' (Μαυρικάκη & συν., 2017α, Κεφ. 1.2, σ. 21, 7η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη κ. συν. (2017α) αναφέρουν:

<<Όπως ένα κτίριο αποτελείται από πολλά τούβλα, έτσι και ένα φυτό ή ζώο αποτελείται από πολλά μικροσκοπικά κύτταρα>> (σ. 21).



Σχ. 5.3.1. Αναλογία κτιρίου-φυτού ή ζώου (Μαυρικάκη & συν., 2017α)

Ανάλυση

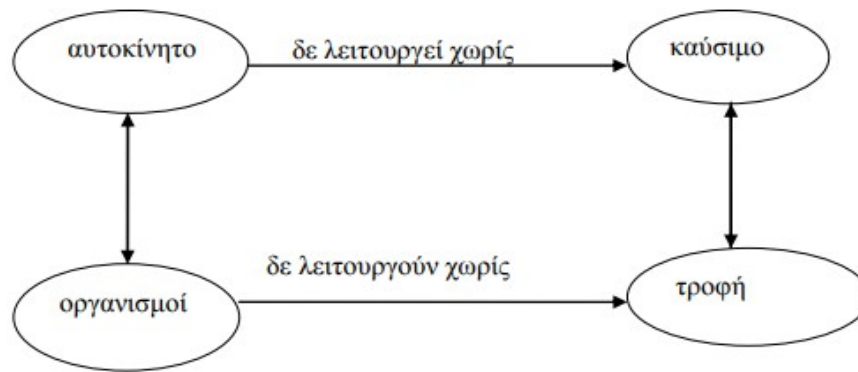
..... Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή, καθώς οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...αποτελείται από πολλά...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Ειδικότερα στον στόχο ισχύει: (α) Η έννοια "φυτό ή ζώο" αναφέρεται σε ζωντανούς οργανισμούς και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Η έννοια "μικροσκοπικά κύτταρα" αναφέρεται σε ξεχωριστά κύτταρα που δεν γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις μας, και ανήκει στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β).....

2η αναλογία Βιολογίας Α' (Μαυρικάκη & συν., 2017α, Κεφ. 2, σ. 38, 9η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη & συν., (2017α) αναφέρουν:

<<Όπως το αυτοκίνητο δε λειτουργεί χωρίς καύσιμο, έτσι και οι οργανισμοί δε λειτουργούν χωρίς τροφή>> (σ. 38).



Σχ. 5.3.2. Αναλογία λειτουργίας αυτοκινήτου-οργανισμών (Μαυρικήκη & συν., 2017α)

Ανάλυση

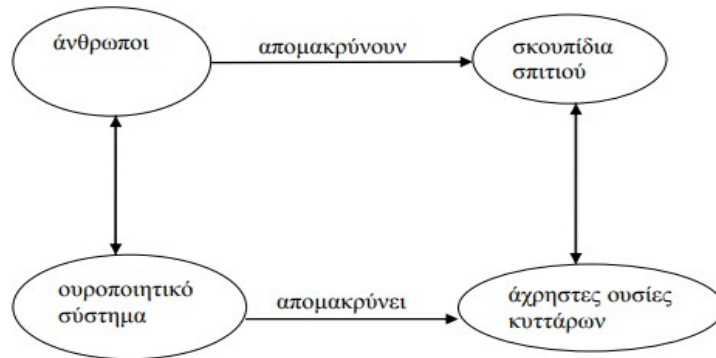
.....Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Άρα η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή επειδή, οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...δε λειτουργεί (-ούν) χωρίς...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μικρή, καθώς όλες οι έννοιες βάσης - στόχου ανήκουν στην ίδια κατηγορία Α. Ειδικότερα οι έννοιες "αυτοκίνητο", "καύσιμο", "τροφή", είναι αντικείμενα και η έννοια "οργανισμοί" είναι ζωντανό οργανισμό.....

3η αναλογία Βιολογίας Α' (Μαυρικήκη & συν., 2017α, Κεφ. 3.4, σ. 71, 1η έως 3η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικήκη & συν. (2017α) αναφέρουν:

<< Οι άχρηστες ουσίες των κυττάρων πρέπει να αποβληθούν από το σώμα μας για τον ίδιο περίπου λόγο που κι εμείς απομακρύνουμε τα σκουπίδια από το σπίτι μας. Τον ρόλο αυτό στο ανθρώπινο σώμα τον αναλαμβάνει κυρίως το ουροποιητικό σύστημα>> (σ.71)



Σχ. 5.3.3. Αναλογία αποβολής άχρηστων ουσιών του ανθρώπου-ουροποιητικού συστήματος (Μαυρικάκη & συν., 2017α)

Ανάλυση

.. Οι κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή, επειδή οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...απομακρύνει (-ουν)...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μικρή καθώς, όλες οι έννοιες του τετραπόλου έχουν άμεση υλική υπόσταση και ανήκουν στην ίδια κατηγορία Α.....

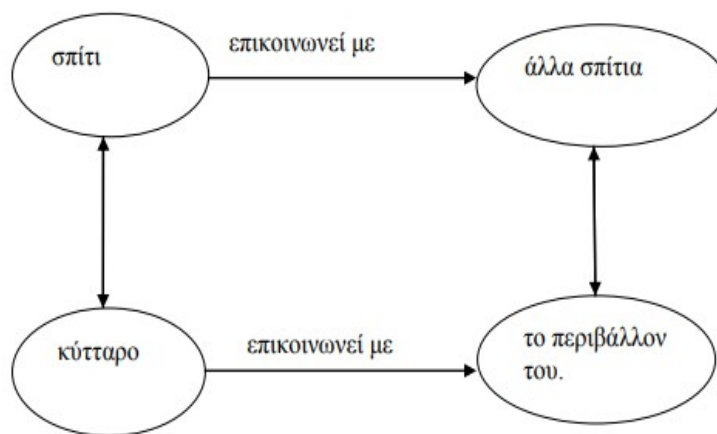
Λεκτικές και οπτικές

1η αναλογία Βιολογίας Α' (Μαυρικάκη & συν., 2017α, Κεφ. 1.2, σ. 22, 5η έως 11η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη & συν., (2017α) αναφέρουν:

<< Κάθε σπίτι είναι ξεχωριστό, αλλά όλα επικοινωνούν με διάφορους τρόπους (τηλεφωνικό και ηλεκτρικό δίκτυο, δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης κ.τ.λ.). Έτσι και τα κύτταρα έχουν τη δυνατότητα να εξασφαλίζουν ενέργεια, να διατηρούν την εσωτερική τους οργάνωση, ενώ ταυτόχρονα επικοινωνούν με το περιβάλλον τους και συνεργάζονται. (σ. 22) >>



Σχ. 5.3.4. Αναλογία σπιτιού-κυττάρου (Μαυρικάκη & συν., 2017α)

Ανάλυση

.... Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή επειδή, οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...επικοινωνεί με...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μεγάλη. Ειδικότερα ισχύει: (α) Στον στόχο η έννοια "κύτταρο" αποτελεί δομικό λίθο της έμβιας ύλης. Το μεμονωμένο κύτταρο δεν γίνεται εύκολα αντιληπτό από τις αισθήσεις μας και ανήκει στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). Επιπλέον η έννοια "το περιβάλλον του" αναφέρεται στο περιβάλλοντα χώρο του ενός κυττάρου, που θεωρούμε ότι είναι αφηρημένη έννοια (κατηγορία Β). (β) Στη βάση οι έννοιες είναι αντικείμενα και ανήκουν στην κατηγορία Α. Θεωρούμε ότι η αναλογία ανήκει στις πλέον διδακτικά κατάλληλες επειδή, παρουσιάζει ταυτόχρονα οριζόντια πληρότητα, κατακόρυφη πληρότητα, υψηλή συστηματικότητα, οικεία βάση και μεγάλη οντολογική απόσταση βάσης - στόχου (Κουλαϊδής & συν., 2002).....

Αναλογίες στο εγχειρίδιο του μαθητή της Βιολογίας Β' και Γ' Γυμνασίου (Μαυρικάκη κ. συν., 2017β)

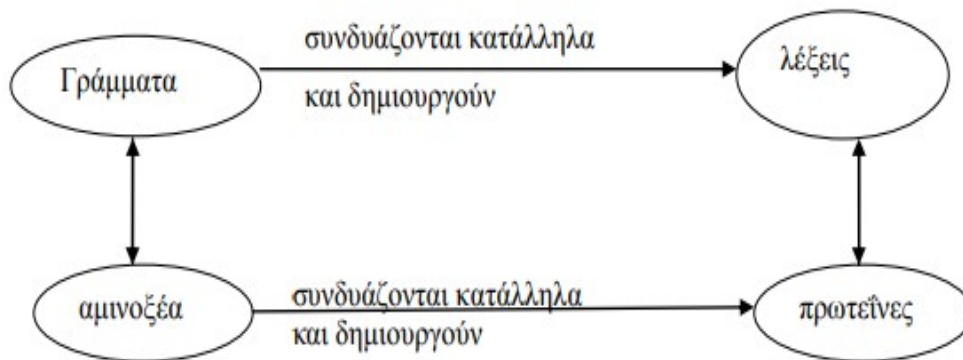
Λεκτικές

1η αναλογία Βιολογίας Β' και Γ' (Μαυρικάκη και συν., 2017β, Κεφ. 1.1, σ. 20, 1η έως 7η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη & συν., (2017β) αναφέρουν:

<<Τα αμινοξέα συνδέονται μεταξύ τους με χημικούς δεσμούς. Όπως τα 24 γράμματα του ελληνικού αλφαβήτου δημιουργούν χιλιάδες λέξεις, τα αμινοξέα συνδυάζονται κατάλληλα και δημιουργούν χιλιάδες πρωτεΐνες>> (σ.20).



Σχ. 5.3.5. Αναλογία ελληνικού αλφαβήτου-αμινοξέα (Μαυρικάκη & συν., 2017β)

Ανάλυση

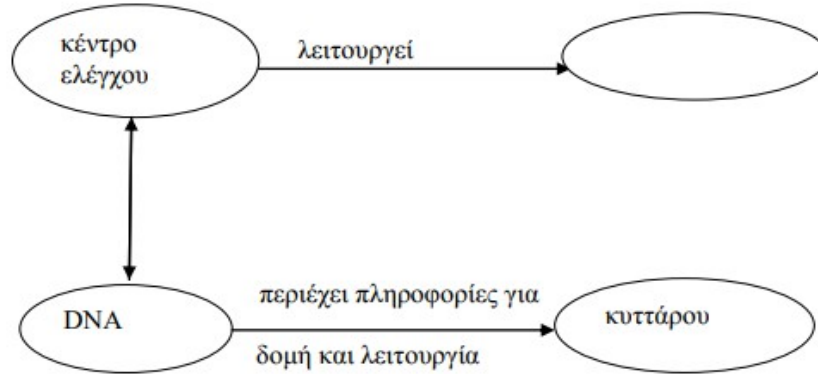
.....Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Άρα, η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή, καθώς οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...συνδυάζονται κατάλληλα και δημιουργούν...). Η βάση είναι οικεία και απέχει μικρή οντολογική απόσταση από τον στόχο, επειδή όλες οι έννοιες του τετραπόλου ανήκουν στην κατηγορία Β. Ειδικότερα ισχύει: (α) Οι έννοιες της βάσης είναι αφηρημένες. (β) Οι έννοιες του στόχου αναφέρονται σε μόρια χημικών ενώσεων. Τα μόρια των πρωτεϊνών αποτελούνται από αμινοξέα και βρίσκονται μέσα σε κάθε κύτταρο. Επομένως οι έννοιες του στόχου δεν γίνονται αντιληπτές από τις αισθήσεις μας και ανήκουν στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση.....

2η αναλογία Βιολογίας Β' και Γ' (Μαυρικάκη & συν., 2017β, Κεφ. 1.2, σ. 22, 13η έως 17η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη & συν. (2017β) αναφέρουν:

<<Ο πυρήνας έχει, συνήθως, σχήμα σφαιρικό ή ωοειδές και αποτελεί το "κέντρο ελέγχου" του κυττάρου. Εκεί βρίσκεται το γενετικό υλικό (DNA) στο οποίο είναι καταγραμμένες οι πληροφορίες για όλα τα χαρακτηριστικά του κυττάρου (δομικά και λειτουργικά)>> (σ. 22).



Σχ. 5.3.6. Αναλογία λειτουργίας κέντρου ελέγχου- DNA (Μαυρικάκη & συν., 2017β)

Ανάλυση

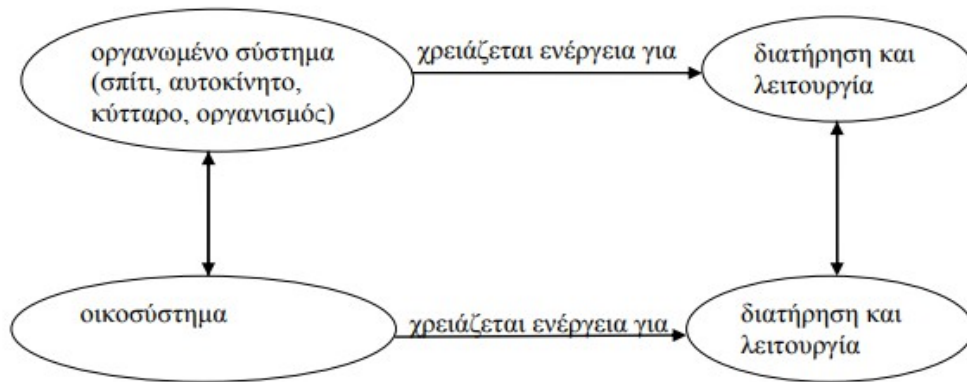
Από τις κορυφές του τετραπόλου απουσιάζει μια έννοια της βάσης και η αντιστοίχισή της με έννοια του στόχου. Επομένως η αναλογία είναι οριζόντια και κατακόρυφα ελλιπής. Η απουσία της οριζόντιας πληρότητας καθιστά την αναλογία μη συστηματική. Η βάση είναι μέτρια οικεία, επειδή απουσιάζει μια έννοια της. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μικρή, επειδή όλες οι έννοιες του τετραπόλου ανήκουν στην ίδια κατηγορία Β. Ειδικότερα ισχύει: (α) Στη βάση η έννοια "κέντρο ελέγχου" είναι αφηρημένη. (β) Στον στόχο οι έννοιες "κυττάρου", "DNA", αναφέρονται σε δομικούς λίθους της έμβιας ύλης. Τα μεμονωμένα κύτταρα και το μεμονωμένο DNA δεν γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις μας και ανήκουν στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση.

3η αναλογία Βιολογίας Β' και Γ' (Μαυρικάκη & συν., 2017β, Κεφ. 2.2, σ. 43, 1η έως 4η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη & συν. (2017β) αναφέρουν:

<<Οργάνωση και λειτουργία του οικοσυστήματος {...}. Κάθε οργανωμένο σύστημα, όπως για παράδειγμα ένα σπίτι, ένα αυτοκίνητο, ένα κύτταρο, ένας οργανισμός ή ένα οικοσύστημα, χρειάζεται ενέργεια προκειμένου να διατηρείται και να λειτουργεί σωστά>> (σ. 43).



Σχ. 5.3.7. Αναλογία διατήρησης και λειτουργίας ενός οργανωμένου συστήματος-οικοσυστήματος (Μαυρικάκη & συν., 2017β)

Ανάλυση

Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών βάσης - στόχου. Επομένως, η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή, επειδή οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...χρειάζεται ενέργεια για...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Ειδικότερα στον στόχο ισχύει: (α) Η έννοια "οικοσύστημα" αναφέρεται στο σύνολο της έμβιας και άβιας ύλης και στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, σε μια καθορισμένη περιοχή της γης. Στην έμβια ύλη περιλαμβάνονται ζωντανοί οργανισμοί, που ανήκουν στην κατηγορία Α. Στην άβια ύλη περιλαμβάνονται ουσίες όπως χώμα, νερό, αέρας, ήλιος κ. ά., που έχουν υλική υπόσταση και ανήκουν στην κατηγορία Α. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ έμβιας και άβιας ύλης αναφέρονται κυρίως σε φαινόμενα και έννοιες των Φυσικών Επιστημών (κατηγορία Β), όπως είναι ο κύκλος του νερού, ο κύκλος του άνθρακα, ο κύκλος του αζώτου. Ωστόσο ένα οικοσύστημα, στο σύνολό του έχει άμεση υλική υπόσταση και γίνεται αντιληπτό από τις αισθήσεις μας. Επομένως θεωρούμε ότι η έννοια "οικοσύστημα" ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Η έννοια "διατήρηση και λειτουργία" είναι αφηρημένη και ανήκει στην κατηγορία Β.

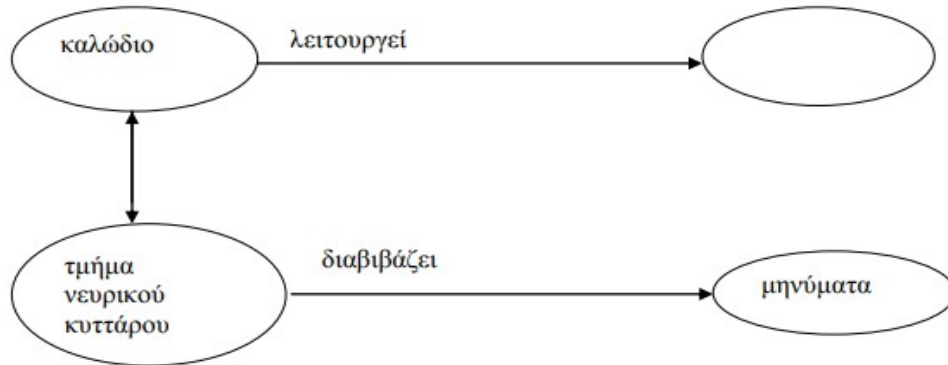
Λεκτικές και οπτικές

1η αναλογία Βιολογίας Β' και Γ' (Μαυρικάκη & συν., 2017β, Κεφ. 1.2, σ. 25)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη & συν. (2017β) αναφέρουν:

<<Εικ. 1.15: Κάθε είδος κυττάρου στο ανθρώπινο σώμα επιτελεί συγκεκριμένη λειτουργία. Έτσι για παράδειγμα, το νευρικό κύτταρο (α) διαβιβάζει μηνύματα. Ένα τμήμα του θυμίζει καλώδιο>> (σ. 25).



Σχ. 5.3.8. Αναλογία λειτουργίας καλωδίου-τμήμα νευρικού κυττάρου (Μαυρικάκη & συν. 2017β)

Ανάλυση

.....Από τις κορυφές του τετραπόλου απουσιάζει μια έννοια της βάσης και η αντιστοίχισή της με έννοια του στόχου. Άρα η αναλογία είναι οριζόντια και κατακόρυφα ελλειπής. Η απουσία της οριζόντιας πληρότητας καθιστά την αναλογία μη συστηματική. Η βάση είναι μέτρια οικεία επειδή λείπει μια έννοια της. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μεγάλη. Ειδικότερα ισχύει: (α) Η έννοια της βάσης "καλώδιο" είναι αντικείμενο και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Στον στόχο η έννοια "τμήμα νευρικού κυττάρου" ανήκει σε κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση, επειδή αναφέρεται σε σωματίδιο πολύ μικρών διαστάσεων που δεν γίνεται αντιληπτό από τις αισθήσεις μας (κατηγορία Β). Επιπλέον η έννοια "μηνύματα" είναι αφηρημένη και ανήκει στην κατηγορία Β.

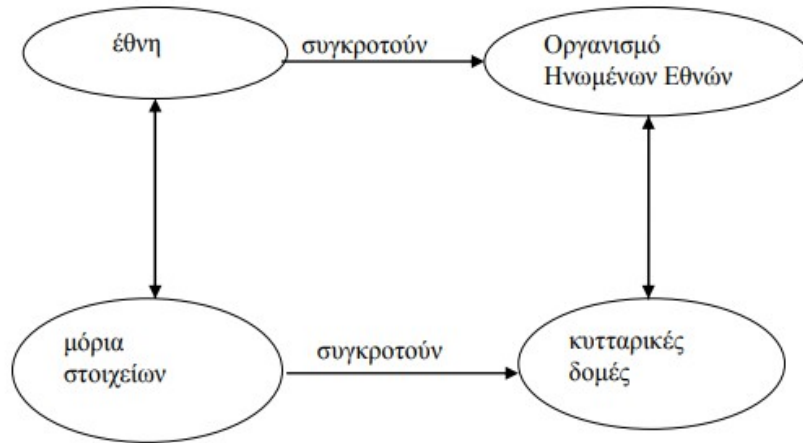
2η αναλογία Βιολογίας Β' και Γ' (Μαυρικάκη & συν., 2017β, Κεφ. 1.3, σ. 30, ένθετο, 1η έως 5η γραμμή)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη κ. συν. (2017β) αναφέρουν:

Η λέξη οργανισμός κρύβει μέσα της τη λέξη οργάνωση. Ένα χαρακτηριστικό - συνώνυμο, θα λέγαμε - των οργανισμών είναι η οργάνωση. Το κύτταρο, όπως το γνωρίσαμε, είναι ένα οργανωμένο σύστημα με μεγάλη πολυπλοκότητα. Αποτελείται από άτομα διάφορων στοιχείων που οργανώνονται σε μόρια, τα οποία με τη σειρά τους συγκροτούν τις κυτταρικές δομές. (σ. 30)

Εικόνα: ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ



Σχ. 5.3.9. Αναλογία εθνών-μόριων στοιχείων (Μαυρικάκη & συν., 2017β)

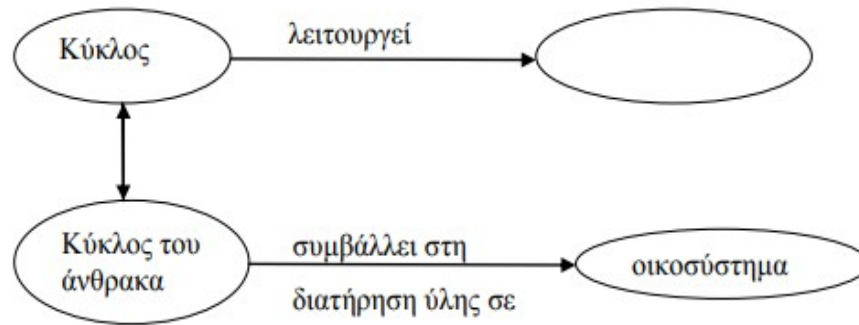
Ανάλυση

.....Οι κορυφές του τετραπόλου είναι όλες συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών βάσης - στόχου. Επομένως η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή, επειδή οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...συγκροτούν...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Ειδικότερα στην βάση ισχύει: (α) Σύμφωνα με τα λεξικά η έννοια "έθνη" αναφέρεται στο σύνολο των ανθρώπων που έχουν κοινή φυλή, κοινή θρησκεία, κοινή γλώσσα, κοινό πολιτισμό - ιστορία και κοινό γεωγραφικό τόπο καταγωγής. Επομένως η έννοια "έθνη", περιλαμβάνει ζωντανούς οργανισμούς με άμεση υλική υπόσταση, και ανήκει στην κατηγορία Α. (β) Σύμφωνα με τα λεξικά, η έννοια "Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών" αναφέρεται στον παγκόσμιο διεθνή οργανισμό που έχει ως σκοπό την διατήρηση της ειρήνης, την ανάπτυξη της οικονομίας, την συνεργασία και την πολιτική ισότητα ανάμεσα στα κράτη του κόσμου. Επομένως η συγκεκριμένη έννοια περιλαμβάνει έννοιες που δεν έχουν άμεση υλική υπόσταση και ανήκει στην κατηγορία Β.

3η αναλογία Βιολογίας Β' και Γ' (Μαυρικάκη & συν., 2017β, Κεφ. 2.3, σ. 49)

Απόσπασμα

Οι Μαυρικάκη & συν., (2017β) αναφέρουν: <<Η ανακύκλωση της ύλης σε ένα οικοσύστημα>> (σ. 49). <<Εικ. 2.17: Ο κύκλος του άνθρακα>> (Μαυρικάκη & συν., 2017β, σ. 49). (Μέσα στην εικόνα αναπαρίσταται με βέλη ένας κύκλος (τομέας - βάση)).



Σχ. 5.3.10. Αναλογία λειτουργίας κύκλου-κύκλου άνθρακα (Μαυρικάκη & συν., 2017β)

Ανάλυση

..... Στο σχήμα του τετραπόλου απουσιάζει μια έννοια της βάσης και η αντιστοίχισή της με έννοια του στόχου. Επομένως η αναλογία είναι οριζόντια και κατακόρυφα ελλιπής. Η απουσία της οριζόντιας πληρότητας καθιστά την αναλογία μη συστηματική. Η βάση είναι μέτρια οικεία επειδή, απουσιάζει μια έννοια της. Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου είναι μέτρια. Ειδικότερα στον στόχο ισχύει: (α) Η έννοια "κύκλος του άνθρακα" είναι φαινόμενο των Φυσικών Επιστημών και ανήκει στην κατηγορία Β. (β) Η έννοια "οικοσύστημα" έχει υλική υπόσταση όπως προαναφέραμε, και ανήκει στην κατηγορία Α.....

5.4 ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

1η αναλογία Γεωλογίας από University of Cansas: Geologic time: A metaphor

Η Γη είναι τουλάχιστον 4,6 δισεκατομμυρίων ετών. Μια τέτοια έκταση χρόνου είναι δύσκολο να κατανοηθεί αλλά είναι θεμελιώδους σημασίας για την κατανόηση βασικών γεωλογικών διεργασιών, όπως η συσσώρευση και η διάβρωση των στρωμάτων των πετρωμάτων που διαμορφώνουν και αναδιαμορφώνουν την επιφάνεια της Γης.

Αν συμπιεστεί όλη η ιστορία της Γης σε ένα ημερολογιακό έτος, τα πρώτα 4 δισεκατομμύρια χρόνια (Precambrian), θα διαρκούν από την πρώτη Ιανουαρίου έως τα τέλη Νοεμβρίου.

Οι παλαιότεροι βράχοι που ανακαλύφθηκαν στην επιφάνεια της Γης θα χρονολογηθούν από τα μέσα Μαρτίου. Οι γεωλόγοι γνωρίζουν πολύ λίγα για το τι συνέβη κατά τη διάρκεια των Προκάμβριων σε σύγκριση με μεταγενέστερες περιόδους. Γνωρίζουν ότι πολλές πρωτόγονες

μορφές ζωής εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στις ύστερες Προκαμβριακές θάλασσες οι οποίες στο ημερολόγιο θα ήταν τέλη Νοεμβρίου.

Η συντριπτική πλειοψηφία όσων γνωρίζουμε για την ιστορία της Γης θα πέσει τον Δεκέμβριο. Οι δεινόσαυροι κυριάρχησαν στα μέσα Δεκεμβρίου, αλλά εξαφανίστηκαν την επομένη των Χριστουγέννων.

Περίπου την ίδια στιγμή, τα Βραχώδη Όρη ανυψώθηκαν. Οι πρώτοι ανθρώπινοι πρόγονοι εμφανίστηκαν κάποια στιγμή το βράδυ της 31ης Δεκεμβρίου. Όλοι στη Γη σήμερα θα είχαν γεννηθεί στο τελευταίο χιλιοστό του δευτερολέπτου της παραμονής της Πρωτοχρονιάς.

2η αναλογία Γεωλογίας από Jon Tennant (2013)

Όταν ερευνούμε την προοπτική της ζωής στον Άρη, έχουμε μόνο ένα μέτρο σύγκρισης το οποίο είναι η Γη.

Ένα στοιχείο που χρησιμοποιούμε ως απόδειξη για ζωή είναι οι μετεωρίτες. Οι περισσότεροι μετεωρίτες είναι τόσο παλιοί όσο η Γη, αλλά οι μετεωρίτες του Άρη είναι πολύ νεότεροι. Ο πιο διάσημος μετεωρίτης του Άρη είναι ο ALH 84001 κατασκευασμένος από βράχο που ονομάζεται πυροξενίτης που περιέχει μαγνητίτη, χρωματίτη, πυρίτη και πυρροτίτη. Ο μετεωρίτης καταγράφει διάφορα γεγονότα πυριτικού σχηματισμού, σοκ πρόσκρουσης και ρωγμής και υγρών, δημιουργώντας δυσκολίες καθώς θα μπορεί να γίνει δειγματοληψία ενός μόνος μέρους του βράχου.

Αν και δεν υπάρχουν άνυδρα ορυκτά στον μετεωρίτη, υπάρχουν σφαιρίδια ανθρακικού άλατος που έχουν προκαλέσει μερικά από τα πιο πολυσυζητημένα στοιχεία για τη ζωή στον Άρη τα τελευταία χρόνια. Τα σφαιρίδια θεωρήθηκαν από μερικούς νανοβακτηριδιακά σφαιρίδια και αποτελούν σημάδια της σύγχρονης ζωής στον Άρη. Αυτό που θα πρέπει να ανακαλυφθεί είναι αν είναι οργανικά ή ανόργανα.

1) Οργανικά:

Τα σφαιρίδια ανθρακικού άλατος είναι νανοβακτηρίδια σε δομές μέσα στα κατάγματα μεταξύ των κόκκων κρυστάλλου. Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες μπορούν να παρατηρηθούν συγκεντρωμένοι σε ρωγμές μέσα στα ανθρακικά άλατα και συνάδουν με την αποσύνθεση των βακτηρίων στη Γη.

2) Ανόργανα:

Υπάρχουν δύο διακριτοί τύποι σφαιριδίων ανθρακικού άλατος στον μετεωρίτη που αντιπροσωπεύουν υψηλούς και χαμηλούς σχηματισμούς. Ο σχηματισμός χαμηλής θερμοκρασίας προκύπτει από υδατικά ιζήματα και ο σχηματισμός υψηλής θερμοκρασίας προέρχεται από την τήξη κραδασμών των βροχοπτώσεων χαμηλής θερμοκρασίας.

Στην πρώτη περίπτωση, δηλαδή όταν τα σφαιρίδια είναι οργανικά, απαιτούνται πολύ περισσότερα στοιχεία όπως εσωτερικές κυτταρικές δομές, εύρος μεγεθών κυττάρων και αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη της ζωής στον Άρη. Για την δεύτερη περίπτωση, δηλαδή των ανόργανων σφαιριδίων, ο αριθμός των υποθέσεων είναι πολύ χαμηλότερος, καθώς υπάρχουν πολύ περισσότερες αποδείξεις για τις προηγούμενες και τις σημερινές γεωλογικές διεργασίες στον Άρη.

Η συζήτηση για το μεθάνιο

Υπάρχει η πεποίθηση ότι η μεθανογένεση (σχηματισμός μεθανίου) είναι μια πιθανή μεταβολική οδός για τους οργανισμούς στον Άρη από την εξέταση αναλογιών στη Γη. Η παρουσία μεθανίου στην αρειανή ατμόσφαιρα σε ποσότητες στο ανώτατο όριο των 20ppb (μέρη ανά δισεκατομμύριο), μπορεί να υποδεικνύει την παρουσία αυτής της ζωής.

Επειδή το μεθάνιο είναι μια εξαιρετικά αντιδραστική ένωση, είναι ασυνήθιστο να βρίσκεται σε τέτοιες ποσότητες που δεν τίθενται σε λειτουργία στην ατμόσφαιρα, γεγονός που υποδηλώνει μια μέθοδο σχηματισμού ή νεροχύτη που απελευθερώνει αυτό το μεθάνιο σε συνεχή βάση. Επειδή δεν υπάρχει γνωστός μηχανισμός σχηματισμού μεθανίου στην ατμόσφαιρα της Γης και επομένως στον Άρη, η απώλεια του μεθανίου στο διάστημα και στις αντιδράσεις με άλλες ενώσεις πρέπει να εξισορροπείται είτε από βιογενείς πηγές είτε από πηγές μετεωρίτη είτε από εξωγενείς ή υδροθερμικές αντιδράσεις.

Η πρωτογενής παραγωγή μεθανίου στη Γη είναι η κατανομή της οργανικής ύλης για τη δημιουργία δεξαμενών φυσικού αερίου, ωστόσο αυτό είναι απίθανο να συμβεί στον Άρη επειδή δεν υπάρχουν μακροσκοπικοί οργανισμοί για αποσύνθεση. Υπάρχει η πιθανότητα σημαντικής συσσώρευσης μεθανογόνων βακτηρίων στο στρώμα του αλατούχου υδροφόρου ορίζοντα στο υπέδαφος του Άρη. Μια άλλη υπόθεση για την οργανική προέλευση του μεθανίου είναι ότι οι οργανισμοί στο παρελθόν παγίδευσαν το μεθάνιο σε ενυδατώσεις μεθανίου και έκτοτε απελευθερώνουν αργά το μεθάνιο στην ατμόσφαιρα.

Ένας άλλος πιθανός τρόπος για να σχηματιστούν μεγάλες ποσότητες μεθανίου στη Γη είναι η σερπεντινοποίηση η οποία είναι σίγουρα δυνατόν να συμβεί και στον Άρη. Η ενυδάτωση από τον παγετό του νερού των υπερμαφικών πυριτίων έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό σερπεντίνης και υδρογόνου, τα οποία στη συνέχεια μπορούν να αντιδράσουν με άνθρακα σε σταυροειδείς βράχους για να σχηματίσουν μεθάνιο. Οι υδροθερμικοί αεραγωγοί όπως φαίνονται στις κορυφογραμμές του μέσου ωκεανού είναι όπου οι όγκοι της σερπεντινοποίησης μπορούν να πραγματοποιηθούν στη Γη, αλλά η σερπεντινοποίηση της κορυφογραμμής του μέσου ωκεανού είναι ένας απίθανος μηχανισμός για τον Άρη, καθώς δεν υπάρχουν ωκεανοί ή ενεργές τεκτονικές. Ωστόσο, θα μπορούσε να ισχύει ότι το μεθάνιο εξακολουθεί να σχηματίζεται από υδατική αλλοίωση του βασάλτη στον Άρη, αλλά σε βάθη περίπου 2 χιλιόμετρα κάτω από την επιφάνεια. Αυτό συμβαίνει συνήθως στις ζώνες υπαγωγής, όπου οι ωκεάνιοι βράχοι, συμπεριλαμβανομένου του βασάλτη, βυθίζονται κάτω από ηπείρους μαζί με θαλάσσια ιζήματα και υγρά. Αν συμβαίνει αυτό, η ποσότητα μεθανίου που παράγεται θα είναι τεράστια, και αυτό θα μπορούσε σιγά σιγά να απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα από το υπέδαφος. Γενικά, δεν υπάρχουν ακόμα αρκετά στοιχεία που να αποδεικνύουν αν το μεθάνιο είναι βιογενές ή ανόργανο. Έτσι, για να διαπιστωθεί εάν το μεθάνιο είναι βιογενές ή υδρο-γεωχημικά σχηματισμένο, είναι απαραίτητες οι μετρήσεις των ισοτόπων του άνθρακα και άλλων στοιχείων, μαζί με οργανικά, οξειδωτικά και άλλα ιχνοστοιχεία, σε δείγματα της επιφάνειας των πετρωμάτων και της ατμόσφαιρας.

3η αναλογία Γεωλογίας από Ilyse Resnick, Alexandra Davatzes, Nora S. Newcombe, Thomas F. Shipleyd (2017)

Η ιστορία της Γης συνήθως χαρτογραφείται επίσης σε ένα ρολόι 24 ωρών. Ωστόσο, αυτή η αναλογία περιέχει τουλάχιστον δύο διαφορές εκτός από τις διαφορές στο μέγεθος (24 ώρες έναντι δισεκατομμυρίων ετών). Η πρώτη είναι ότι τα ρολόγια είναι κυκλικά, ενώ η ιστορία της Γης είναι γραμμική και η δεύτερη είναι ότι τα ρολόγια αποτελούνται από ίσες χρονικές διαιρέσεις ενώ ο γεωλογικός χρόνος περιλαμβάνει άνισες χρονικές διαιρέσεις με βάση μεγάλα γεωλογικά γεγονότα. Έτσι, οι μαθητές μπορεί να μην είναι σε θέση να προσδιορίσουν την κατάλληλη αναλογία για να κατανοήσουν και επιπλέον να βγάλουν εσφαλμένα συμπεράσματα (Brown & Salter, 2010; Gentner, 1983). Σε αυτήν την περίπτωση, οι μαθητές μπορεί λανθασμένα να πιστέψουν ότι, όπως το 24ωρο ρολόι, οι περίοδοι της ιστορίας της Γης είναι επίσης ομοιόμορφα κατανομημένες και να μην κάνουν την κατάλληλη αναλογία μεταξύ των σχετικών μεγεθών του χρόνου.

4η αναλογία Γεωλογίας από Chris Rowan (Οκτώβριος 2008)

Ο Chris Rowan χρησιμοποίησε αναλογία για να εξηγήσει την σύσταση του μανδύα. Ο μανδύας δεν είναι λιωμένος, είναι κατασκευασμένος από Silly Putty. Το Silly Putty ανταποκρίνεται σε σύντομες, αιχμηρές δυνάμεις, όπως η αναπήδηση σε έναν τοίχο, σαν να είναι συμπαγής και ελαστικός. αλλά θα αλλάξει σχήμα και ροή εάν εφαρμόσετε μια σταθερή δύναμη με την πάροδο του χρόνου, ακόμα κι αν αυτή η δύναμη είναι απλώς η έλξη της βαρύτητας. Με παρόμοιο τρόπο, τα πετρώματα βαθιά στον μανδύα είναι πολύ πιο κοντά στο σημείο τήξης τους από τα πετρώματα στην επιφάνεια, αλλά παραμένουν αρκετά άκαμπτα βραχυπρόθεσμα ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση των κυμάτων διάτμησης που δημιουργούνται από τους σεισμούς. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των γεωλογικών χρονοδιαγραμμάτων, οι θερμικές και σύνθετες δυνάμεις άνωσης θα τους αναγκάσουν να ρέουν σε γιγάντια ρεύματα μεταφοράς.

Επιπλέον παρομοίασε τον φλοιό της Γης με ένα μπισκότο. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη μπισκότων: οι ξηροί καρποί τζιτζερ, για παράδειγμα, σπάνε αρκετά δύσκολα και όταν γίνουν θα κουμπώσουν σε μερικά μεγάλα κομμάτια. Τα HobNobs, από την άλλη πλευρά, θρυμματίζονται εύκολα σε πολλά μικρότερα κομμάτια. Αν παρατηρηθεί πώς παραμορφώνεται ο ηπειρωτικός φλοιός, μερικές φορές συμπεριφέρεται σαν να είναι καρύδι τζίντζερ, με έναν μικρό αριθμό μεγάλων θραυσμάτων που χωρίζονται από μεγάλα ρήγματα, και μερικές φορές συμπεριφέρεται σαν HobNob, με πολλά πολύ μικρότερα θραύσματα που χτυπούν το καθένα. άλλα. Ο καθορισμός του, αν η κρούστα σε μια συγκεκριμένη περιοχή είναι περισσότερο σαν καρύδι τζίντζερ ή περισσότερο σαν HobNob, είναι το κλειδί για την σωστή περιγραφή της τεκτονικής και την αξιολόγηση πραγμάτων όπως ο σεισμικός κίνδυνος.

5η αναλογία από Jessica Ball (2008)

Η Jessica Ball το 2008, επιχείρησε να περιγράψει ένα πέτρωμα. Είναι πολύ σημαντικό να είμαστε συστηματικοί και λεπτομερείς στην περιγραφή ενός πετρώματος όσο αναλυτικοί είμαστε και στην περιγραφή του πώς να βρεθεί ένα αυτοκίνητο σε ένα χώρο στάθμευσης εμπορικού κέντρου. Για παράδειγμα το στοιχείο "Είναι το μπλε Camry" είναι ελλιπής περιγραφή. Όμως η περιγραφή "Είναι το σκούρο μπλε Camry με καλύμματα καθισμάτων λεοπάρδαλης και ζεστές ροζ

πινελιές με ένα αυτοκόλλητο στο πίσω μέρος" είναι πολύ πιο χρήσιμη και δίνει όσες λεπτομέρειες απαιτούνται ώστε να ξεχωρίσει ανάμεσα σε έναν μεγάλο αριθμό αυτοκινήτων. Ομοίως, με την περιγραφή ενός πετρώματος "ροζ και λευκός και λαμπερός" δεν δίνονται πολλές πληροφορίες για την κατανόηση σε αντίθεση με το ότι το πέτρωμα έχει "πενήντα τοις εκατό ροζ κρύσταλλα μεγέθους 1-2 cm, 30 τοις εκατό λευκούς κρυστάλλους μεγέθους 0.5-1 cm, και τα υπόλοιπα είναι ίσα ποσά μεγέθους 0,5 cm καθαροί και μαύροι κρύσταλλοι και είναι όλοι ενδασφαλισμένοι", δίνονται αρκετές πληροφορίες ακόμη και για να κατανοήσουμε ότι το πέτρωμα είναι πυριγενές και πιθανότατα γρανίτης.

Αναλογίες από τις γεωεπιστήμες Allison J. Jaeger and Alexandra Davatzes, Temple University (2016)

- Ηπειρωτικές μάζες -> μια σηματοδούρα που επιπλέει στο νερό παγόβουνα στον ωκεανό
- Οι βράχοι αποκτούν ένα παλαιομαγνητικό σήμα. Αυτό εξηγείται με την εξής αναλογία -> βελόνα πυξίδας: ορισμένα ορυκτά (μαγνητίτης) λειτουργούν ως μικρές βελόνες πυξίδας που κλειδώνουν στη θέση τους καθώς ο βράχος ψύχεται. Εάν οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με τις πυξίδες, μπορούν να έχουν μια πρακτική εμπειρία μαζί τους στο εργαστήριο.
- Great Lake Missoula Πλημμύρες κατά την τελευταία Εποχή των Παγετώνων:

1η αναλογία

Ο παγετώνας ήταν σαν ένα ποτήρι νερό που συγκρατούσε την παγετώδη λίμνη Missoula. Όταν το ποτήρι ανατράπηκε, η λίμνη χύθηκε πάνω από τη στεριά.

2η αναλογία

ο παγετώνας ήταν σαν φράγμα που συγκρατούσε την παγετώδη λίμνη Missoula. Όταν το φράγμα κατέρρευσε απότομα, η λίμνη χύθηκε πάνω από τη γη.

- Στρωματογραφία -> layer cakes με διαφορετικά χρώματα γλάσο
- Κατανόηση της ποσότητας χρήσιμου χώματος στη Γη -> ξεφλούδισμα ενός πορτοκαλιού
- Μεταφορά του μανδύα όπου ο πυρήνας της Γης παρέχει τη θερμότητα -> σιγοβράζοντας δοχείο με νερό όπου ο καυστήρας παρέχει τη θερμότητα
- Στρώματα της Γης -> Ένα μήλο
- Ο μανδύας -> καυτό κερι ή silly put (παιδικό παιχνίδι που αποκαλείται 'χλαπάτσα')
- Απομάκρυνση αερίου κατά τη διάρκεια σεισμού -> ανακίνηση ενός μπουκαλιού κόκα κόλα
- Τεκτονική στάσιμου καπακιού -> το φύσημα της κορυφής σε μια κατσαρόλα με βραστό νερό

Φυσικά μοντέλα ως αναλογίες

- Δίπλωμα/λύγισμα/σκίσιμο φύλλου χαρτιού -> Ελκή ή εύθραυστη παραμόρφωση πετρωμάτων
- Λαμπτήρες λάβας -> άνωση ελεγχόμενης πυκνότητας/θερμοκρασίας

- Πηλός και παιχνίδι doh -> γεωλογικά στρώματα, ιζηματολογικές αρχές
- Μοντέλα Sandbox -> ελαττωματικά και αναδιπλούμενα
- Flumes -> Μηχανική ρευστών και ιζημάτων
- Νουντλς -> ασπιρίδια σε ρήγμα ολίσθησης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Jaeger A & Davatzes, A. (2017). Using Analogies to Teach in the Geosciences: ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 18/12/2021): [Using Analogies to Teach in the Geosciences \(carleton.edu\)](http://carleton.edu)

Aubusson, P. J., Harrison, A. G., & Ritchie, S. M. (2006). Metaphor and Analogy. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 1–9). Springer Netherlands

Bachelard, G.(1993). *The new scientific spirit*. Boston: Beacon Press

Bean, T.W., Searles, D. & Cowen, S. (1990). Test-based [sic] analogies. *Reading Psychology*, 11 (4), 323-333.

Black, M. (1962). *Models and metaphors: studies in language and philosophy*. Ithaca, N. Y: Cornell University Press.

Bliss, J. (2001). Από την πρακτικο-βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: το <<παράδειγμα>> του Piaget (μετάφραση Κ. Δημόπουλος). Στο Κ. Δημόπουλος και Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Τόμος Α'* (σελ. 189-216). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Brown, D. & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18 (4), 237-261.

Brown & Ryo, 2008). Teaching science as a language: A “ content-first” approach to science teaching. *Journal of Reasearch in Science Teaching* 45(5), 529-553

Bryce & MacMillan, 2005 Encouraging conceptual change: The use of bringing analogies in the teaching of action- reaction forces and the 'at rest' condition in physics *International Journal of Science Education*, 27(6), 737-763

Chris Rowan (2008). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο (11/7/2021): [Geological analogies of the tectonic kind | Highly Allochthonous \(all-geo.org\)](http://all-geo.org)

Coll, R. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In: P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (eds), *Metaphor and Analogy in Science Education* (65-77). Heidelberg, Germany: Springer

Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183–198

- Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13(2), 99–117
- Dagher, Z.R. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in Science education. *Science Education*, 79 (3), 295-312.
- De Posada, J. M. (1999). The presentation of metallic bonding in high school science textbooks during three decades: science educational reforms and substantive changes of tendencies, *Science Education*, 83(4), 423–447.
- Dikmenli, M. (2015). A study on analogies used in new ninth grade biology textbook. *AsiaPacific Forum on Science Learning and Teaching*, 16 (1). Retrieved February 20, 2017 from https://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v16_issue1_files/dikmenli.pdf
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education*, 75(6), 649–672
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in Science Education. In W. Schnotz, S. Vosniadou and M. Carretero (Eds), *New perspectives on conceptual change* (pp. 263-282). Amsterdam: Pergamon.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. Μία παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Αθήνα: Τυπωθήτω
- Driver, R. & Oldham, V (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13 (1), 105-122
- Gauvain, M. (1998). Thinking in niches: Sociocultural influences on cognitive development. In D. Faulkner, K. Lattalton, and M. Woodhead (Eds), *Learning relationships in the classroom* (pp. 67-89). London: Routledge
- Gentner, D. (1982). Are scientific analogies metaphors? In *Metaphor: Problems and perspectives*. Harvester Press Ltd.
- Gentner, D. (1983). Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, 7(2)
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education, *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2(2),115-130
- Gillispie, C. C. (1994). Στην κόψη της αλήθειας: η εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών από τον Γαλιλαίο ως τον Einstein (Δ. Κούρτοβικ, μεταφρ). Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης. (Το πρωτότυπο έργο εκδόθηκε 1986).
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A Teaching-with-Analogies Model. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Glynn, S.M. & Takahashi, T. (1998). Learning from Analogy-Enhanced Science Text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (10), 1129-1149.

- Glynn, S. (2007). The teaching-with-analogies model. *Science and Children*, 44(8), 52–55.
- Halford, G. S. (1993). *Children's Understanding: The Development of Mental Models*. Routledge
- Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in science education*, 31(3), 401–435.
- Hewitt P. (2004). Ο Έννοιες της Φυσικής, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- [Jessica Ball](#) (2008). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο (19/6/2021): [Geology analogies \(hey, that would be a cool name for a rock band\) - Magma Cum Laude - AGU Blogosphere](#)
- Justi, R., & Gilbert, J. (2006). The role of analog models in the understanding of the nature of models in chemistry. In: P.J. Aubusson, A.G. Harrison, & S.M. Ritchie (eds), *Metaphor and analogy in Science Education* 119-130. Heidelberg, Germany: Springer
- Lemke, J.L., (1990). *Talking Science: Language, Learning and Values*, Norwood, New York: Ablex.
- Lerman, S. (1996). Intersubjectivity in mathematics learning: A challenge to the radical constructivist paradigm? *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(2), 133-150
- Matthews, M.R. (2003). Constructivism in the classroom: Epistemology, history, and empirical evidence. *Teacher Education Quarterly*, 30(2), 51-64
- Mortimer, E.F (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter, *International Journal of Science Education*. 20(1), 67-82
- O'Donoghue, D. (1997). An integrated analogy model of 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
- Orgill, M. & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 15-32.
- Orgill M. (2013). How Effective Is the Use of Analogies in Science Textbooks?. In M. Swe Khine (Eds.), *Critical Analysis of Science Textbooks* (pp. 79-99). Netherlands: Springer Netherlands
- Orgill, M., Bussey, T. J., & Bodner, G. M. (2015). Biochemistry instructors' perceptions of analogies and their classroom use. *Chemistry Education Research in Science Teaching*, 16, 731–746.
- Ogborn, I., & Martins. I. (1996). Metaphorical understandings and scientific ideas. *International Journal Of Science Education* 18 (6), 631-652
- Piaget J. (1950). *The Psychology of Intelligence*. London: Routledge and Kegan Paul.

Piaget J. (1970). *Science of Education and the Psychology of the Child*. New York: Orion Press.
Piaget J. (1973). *To Understand is to Invent. The Future of Education*. New York: Grossman.
Piaget J. (1974). *The Language and the Thought of the Child*. New York: New American Library.
Piaget J., Inhelder B. & Szeminska A. (1960). *The Child's Conception of Geometry*. London: Routledge and Kegan Paul.

Rapp, D. (2005). Mental Models: Theoretical issues for visualizations in science education. In J.K. Gilbert (Ed), *Visualization in Science Education* (pp. 43-60). The Netherlands: Springer

Resnick I., Davatzes A., Nora S. Newcombe, Shipley T. F., (2017). Ανακτήθηκε από:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5357664/?fbclid=IwAR2jFB-E9bP-tXWuoK9ECQwwhhO-lcd5kcJe6BV1xlgrOlkgQoizTYjnOol>

Robbins, J. (2005). "Brown paper packages"? A sociocultural perspective on young children's ideas in science. *Research in Science Education*, 35(2-3), 151-172

Schwamb, K.B. (1990). Mental Models: A survey. Available at <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.55.1155&rep=rep1&type=pdf>

Shepardson, D.P (1999). Learning science in a first grade science activity: a Vygotskian perspective. *Science Education*, 83(5), 621-638

Silva, C. C. (2007). The role of models and analogies in the electromagnetic theory: a historical case study. *Science & Education*, 16(7-8), 835-848

Sutton, C.R. (1992). *Words, science and learning. Developing science and technology series*. Taylor and Francis, Bristol, PA19007

Tennant, J. (2013). *Earthbound connecting geoscience and culture*
[Analogue. Analogous. Analogy. | Earthbound | Learn Science at Scitable \(nature.com\)](http://www.nature.com/earthbound)

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.

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22(1), 61–74

University of Kansas: Geologic time: A metaphor
<https://geokansas.ku.edu/geologic-time-a-metaphor?fbclid=IwAR1enVhAQcTnfVM43GwcwW2jNHHmNBVAS8ukFEimBtbCtm8tgkDTGzgYHZA>

Vygotsky L.S. (1978). *Mind in Society* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989). *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σιναγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., \ Φίλος, Γ., (2015). Χημείας Β' Λυκείου. [ΟΕΔΒ \(ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ\), ΥΠ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ- ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ](#)

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασιμίπα, Λ. (2015). Φυσική Β' Γυμνασίου, βιβλίο μαθητή. Πάτρα: . [ΟΕΔΒ \(ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ\), ΥΠ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ- ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ](#)

Βοσνιάδου, Σ. (1992α). *Κείμενα εξελικτικής ψυχολογίας. Τόμος Β': Σκέψη*. Αθήνα: Gutenberg

Βοσνιάδου, Σ. (1992β). *Κείμενα εξελικτικής ψυχολογίας. Τόμος Α': Γλώσσα*. Αθήνα: Gutenberg

Βλάχος, Ι. (2004). *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της Εποικοδόμησης*. Αθήνα: ΕΚΔ. Γρηγόρη.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΓΕΙΤΟΝΑ: <https://www.geitonas.edu.gr/uploads/2/7/2/9/27298113/nosbook.pdf>

Ζησιού Ε.Π. (2014). Ανάλυση των εφαρμογών των επιστημονικών μοντέλων στα σχολικά βιβλία φυσικής και χημείας στην περιοχή της θερμότητας/ θερμοδυναμικής. ΕΚΠΑ. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1315810/theFile> (3/12/2021).

Θεοδοσίου, Μ. (2017). «Οι διδακτικές αναλογίες και η συμβολή τους στην κατανόηση βασικών εννοιών της χημείας » Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο (4/6/2021): <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/40733>

Θεοδωρόπουλος, κ. συν. (2015) Βιβλίο Χημείας Γ' [ΟΕΔΒ \(ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ\), ΥΠ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ- ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ](#)

Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπασιμίπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., & Πολίτης, Σ. (2014). Η Φυσική με Πειράματα. Α' Γυμνασίου, βιβλίο μαθητή. Πάτρα: [ΟΕΔΒ \(ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ\), ΥΠ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ- ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ](#)

Καρασαββίδης, Η. (2008). Η εννοιολογική αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες υπό το πρίσμα της κοινωνικοπολιτικής ψυχολογίας. Στο: Β. Χρηστίδου (Επιμ.), *Εκπαιδεύοντας τα παιδιά στις Φυσικές επιστήμες* (σελ. 77-89). Θεσσαλονίκη: Αδελφοί Κυριακίδη.

Κόκκοτας, Π. (2008). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας κα της μάθησης (Τόμος Β'), Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη

Κορρές, Κ. (2007). *Μια διδακτική προσέγγιση των μαθημάτων των Θετικών Επιστημών με τη βοήθεια νέων τεχνολογιών*. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο (8/4/2021): <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/17279>

Κουλαϊδής, Β., (1995). *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου. Γνωστική, επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση*. Αθήνα: Gutenberg

Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Χρηστίδου, Β., & Σκλαβενίτη, Σ. (2002). Τα κείμενα της τεχνο-επιστήμης στον δημόσιο χώρο (1ηεκδ.). Αθήνα: Μεταίχιμο.

Μαυρικάκη κ. συν., (2017α). Βιβλίο Βιολογίας Α' Γυμνασίου. [ΟΕΔΒ \(ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ\), ΥΠ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ-ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ](#)

Μαυρικάκη κ. συν., (2017β). Βιβλίο Βιολογίας Β' και Γ' Γυμνασίου. [ΟΕΔΒ \(ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ\), ΥΠ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ- ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ](#)

Τσατσαρώνη, Α., & Κουλαϊδής, Β. (2001). Επιστημονική γνώση και φυσικοεπιστημονική σχολική γνώση: απλοποίηση ή αναπλαισίωση; Στο Κ. Δημόπουλος και Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Τόμος Α' (σελ. 131-151). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Τσέτσελη Ζ.-Α. (2019). «Ανάλυση αναλογιών σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών του δημοτικού σχολείου». Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο (8/10/2021) : <https://docplayer.gr/201163897-Ptyhiaki-ergasia-analysi-analogion-sholikon-egheiridion-fysikon-epistimon-toy-dimotikoy-sholeiogy-tsetseli-zoi-aikaterini.html>

Χαλκιά, Κ. (2010α). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Πατάκη.

Χατζηνικολάου Ε., Αμπατζίδης Γ., Καλογιαννάκης, Μ. (2019). *Συχνότητα και διδακτική καταλληλότητα των αναλογιών των σχολικών βιβλίων φυσικών επιστημών στο γυμνάσιο. Conference: 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, Ρόδος*.

Χαριτωνίδης, Η. (2016) (σελ. 32) . «Η χρήση των αναλογιών ως διδακτικό εργαλείο για την εξήγηση βασικών εννοιών της Φυσικής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση». Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο (7/9/2021): <https://olympias.lib.uoi.gr/jspui/bitstream/123456789/27918/1/M.E.%20ΧΑΡΙΤΩΝΙΔΗΣ%20ΗΛΙΑΣ%202016.pdf>

Χρηστίδου, Β., Δημόπουλος, Κ., & Κουλαϊδής, Β. (2001). Οι μεταφορές ως εργαλείο αναπλαισίωσης της επιστημονικής γνώσης: Η περίπτωση της Βιολογίας. Στο: Πρακτικά του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Μαθηματικών και της Πληροφορικής. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης