



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ»

Κατεύθυνση
«Θετικές επιστήμες στην εκπαίδευση»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα: «Η χρήση των αναλογιών ως διδακτικό εργαλείο
για την επεξήγηση βασικών εννοιών της Φυσικής στην
τριτοβάθμια εκπαίδευση.»**

Όνοματεπώνυμο: Ηλίας Χαριτωνίδης

Επιβλέπων: Καθηγητής Κώστας Κωνσταντίνος

Ιωάννινα, Σεπτέμβριος 2016

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα:

«Η χρήση των αναλογιών ως διδακτικό εργαλείο για την επεξήγηση βασικών εννοιών της Φυσικής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.»

Όνοματεπώνυμο: Ηλίας Χαριτωνίδης

Επιβλέπων: Καθηγητής Κώσης Κωνσταντίνος

Ιωάννινα, Σεπτέμβριος 2016

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Κώστη Κωνσταντίνο, Καθηγητή του Παιδαγωγικού τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόηση, την επιστημονική καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διάρκεια συγγραφής αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής. Οι συζητήσεις, κατά την διάρκεια του μαθήματός του, μου έδωσαν το ερέθισμα για την επιλογή και ενασχόληση με το συγκεκριμένο ερευνητικό θέμα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους φίλους μου που πίστεψαν σε μένα, καθώς και όσους συμφοιτητές συνέβαλαν με τα σχόλια, την κριτική και τις γνώσεις τους στην αντιμετώπιση των δυσκολιών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να εκφράσω στους γονείς μου Βασίλειο και Ευαγγελία, που όλα αυτά τα χρόνια μου συμπαραστέκονται ηθικά και οικονομικά και με στηρίζουν σε όλες τις αποφάσεις που έχω πάρει κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Ηλίας Χαριτωνίδης
Ιωάννινα 2016

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	7
1.1 Τι είναι αναλογία.....	7
1.2 Διάκριση αναλογίας από συγγενικές έννοιες	9
1.2.1 Αναλογία και μεταφορά.....	9
1.2.2 Αναλογία και μοντέλο	9
1.2.3 Αναλογία και παράδειγμα.....	10
1.3 Είδη αναλογιών	10
1.4 Ρόλος αναλογιών στη διδασκαλία	12
1.5 Ιστορικές αναλογίες στις Φυσικές Επιστήμες.....	13
1.6 Καταλληλότητα αναλογιών στη διδασκαλία	14
1.7 Πλεονεκτήματα	15
1.8 Μειονεκτήματα	15
1.9 Μοντέλα διδασκαλίας με αναλογίες	16
1.10 Χρήση αναλογιών στα σχολικά βιβλία.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΡΕΥΝΑ.....	20
2.1 Ερευνητικά ερωτήματα	20
2.2 Μεθοδολογία	21
2.3 Συνοπτικά αποτελέσματα και συζήτηση.....	22
2.4 Αναλυτικά Αποτελέσματα	27
2.4.1 Αναλογίες από τον Hewitt.....	27
2.4.2 Αναλογίες από τον Young.....	54
2.4.3 Αναλογίες από τους Halliday Resnik	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	93
3.1 Συμπεράσματα	93
3.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	94

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αναλογία στον χώρο της εκπαίδευσης αποτελεί μια σημαντική διδακτική στρατηγική. Τόσο οι εκπαιδευτικοί, όσο και οι συγγραφείς των πανεπιστημιακών εγχειριδίων κάνουν χρήση των αναλογιών για να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν νέες και δύσκολες έννοιες. Ο αναλογικός συλλογισμός είναι κυρίαρχος στην καθημερινή ομιλία των ανθρώπων και λειτουργεί ως εργαλείο σκέψης και ερμηνείας. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι η μελέτη της χρήσης των αναλογιών στα πανεπιστημιακά εγχειρίδια Φυσικής και η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο αυτές δομούνται και παρουσιάζονται. Τρία διδακτικά βιβλία Φυσικής μελετήθηκαν για την ύπαρξη ή όχι αναλογιών και συνολικά καταγράφηκαν 97 αναλογίες. Στη συνέχεια, οι αναλογίες κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με διάφορα κριτήρια, όπως αναλογική σχέση, γνωστικό αντικείμενο, τρόπος παρουσίασης, επίπεδο εμπλουτισμού κ.ά. Σαν αποτέλεσμα της έρευνας βρέθηκε ότι οι συγγραφείς κάνουν εκτεταμένη χρήση αναλογιών και τις χρησιμοποιούν κυρίως σε έννοιες, που έχουν υψηλό επίπεδο αφαίρεσης και είναι δύσκολα κατανοητές από τους μαθητές.

Λέξεις κλειδιά: αναλογία, διδακτικό εργαλείο, σχολικό εγχειρίδιο, ανάλυση περιεχομένου, αναλογικός συλλογισμός.

ABSTRACT

Analogy in education is an important teaching strategy. Teachers and textbook authors use analogies to help students understand new and difficult concepts. Analogical reasoning is dominant in everyday speech of people and acts as a tool of reflection and interpretation. The purpose of this study is to investigate the use of analogies in university physics textbooks and to investigate the way in which they are structured and presented. Three physics textbooks studied for the presence of analogies and totally were detected 97 analogies. Then, analogies classified according to various criteria such as analogical relationship, subject, presentation format, level of enrichment etc. As a result of the analysis, it was found that authors do make extensive use of analogies and they are used primarily for concepts that have a high level of abstraction and are poorly understood by students.

Keywords: analogy, teaching tool, textbook, content analysis, analogical reasoning.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην ιστορία των Φυσικών Επιστημών η αναλογία κατέχει σημαντικό ρόλο στην ανακάλυψη νέων θεωριών και νόμων (Iding, 1997). Επιπρόσθετα, οι αναλογίες συχνά χρησιμοποιούνται σαν μηχανισμός κατανόησης της επιστημονικής γνώσης. Στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών οι αναλογίες και οι μεταφορές αποτελούν ένα από τα ποικίλα διδακτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά την διδασκαλία με σκοπό να γίνουν κατανοητές από τους μαθητές οι επιστημονικές έννοιες. Εκτός, όμως, από ένα αυστηρό επιστημονικό πλαίσιο οι αναλογίες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην καθημερινή ομιλία. Συχνά χρησιμοποιούμε εκφράσεις όπως: «μοιάζει με...», «σε αναλογία με...», «έτσι όπως...», «είναι σαν...» και άλλες για να εξηγήσουμε στον ομιλητή μας άγνωστες σε αυτόν έννοιες συγκρίνοντας τις τελευταίες με έννοιες που του είναι πιο οικείες. Η αναλογία αποτελεί σημαντικό εργαλείο σκέψης και επικοινωνίας των ανθρώπων και έχει μελετηθεί εκτενώς.

Οι αναλογίες αποτελούν αντικείμενο έρευνας τα τελευταία τριάντα χρόνια με διάφορες προσεγγίσεις, όπως διερεύνηση της αποτελεσματικότητας στη διδασκαλία, είδη αναλογιών και πλεονεκτήματα τους, μηχανισμός αναλογικής σκέψης, ρόλος αναλογιών στα σχολικά βιβλία, χρήση αναλογιών από τους μαθητές και από τους εκπαιδευτικούς κ.ά. Δύο σημαντικές ανασκοπήσεις της βιβλιογραφίας αποτελούν αυτές του Duit (1991) και της Dagher (1995). Η σπουδαιότητα του ρόλου της αναλογίας στη διδακτική πράξη αλλά και στην καθημερινότητά μας, καθώς είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός σκέψης αποτέλεσε το ερέθισμα για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία κεφάλαια:

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας. Καταρχήν, γίνεται η εννοιολογική αποσαφήνιση του όρου «αναλογία» και η διάκρισή του από άλλα είδη μη κυριολεκτικού λόγου. Στη συνέχεια καταγράφονται τα είδη των αναλογιών που υπάρχουν, ο ρόλος τους στην ιστορία και την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που εμφανίζονται από τη χρήση τους. Τέλος, γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που μελετούν τη χρήση των αναλογιών στα σχολικά εγχειρίδια.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά την κυρίως έρευνα που πραγματοποιήθηκε. Αρχικά αναφέρονται τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν προς διερεύνηση, στη συνέχεια εξηγείται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας.

Το τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα από την ανάλυση των εκπαιδευτικών εγχειριδίων καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα επί του θέματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.1 Τι είναι αναλογία

Ο όρος «αναλογία» πρέπει να αντιμετωπίζεται με προσοχή κατά την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, καθώς ο κάθε συγγραφέας δίνει διαφορετικό νόημα σε αυτή την έννοια και δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός της. Το περιεχόμενο της έννοιας εξαρτάται επίσης από το είδος της επιστημονικής προσέγγισης, δηλαδή από ποια επιστήμη εξετάζεται η αναλογία.

Η αναλογία είναι σχήμα λόγου και αποτελεί έναν από τους τρόπους μη κυριολεκτικής έκφρασης. Άλλα παραδείγματα μη κυριολεκτικού λόγου είναι η μεταφορά, παρομοίωση, ειρωνεία, αλληγορία. Η αναλογία μελετάται από τους επιστήμονες εδώ και τριάντα χρόνια, ξεκινώντας από τη γλωσσολογία, τη γνωστική επιστήμη, την ψυχολογία, την επιστημολογία, την τεχνητή νοημοσύνη και τελευταία από τη διδακτική των φυσικών επιστημών, υποστηρίζοντας ότι έχει άμεση σχέση με τον τρόπο που ο άνθρωπος σκέφτεται, μαθαίνει και επικοινωνεί.

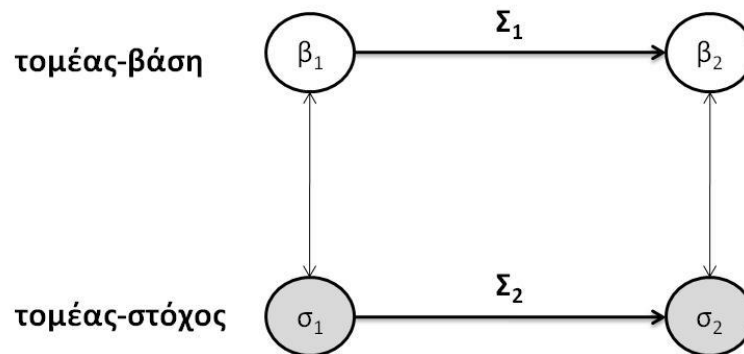
Η Gentner (1982) χρησιμοποιεί τον όρο αναλογία για κάθε μη κυριολεκτική σύγκριση όμοιων οντοτήτων, η οποία περιλαμβάνει τις μεταφορές, τις παρομοιώσεις και τα μοντέλα. Ο Glynn (1991) αναφέρει ότι η αναλογία είναι μια διαδικασία: είναι η διαδικασία της εύρεσης ομοιοτήτων ανάμεσα σε διαφορετικές έννοιες ή εννοιολογικούς τομείς. Η γνωστή έννοια ονομάζεται *βάση* (base) ή *πηγή* (source) ή πιο σπάνια *ανάλογο* (analog) ή *όχημα* (vehicle) και η άγνωστη έννοια ονομάζεται *στόχος* (target) ή *θέμα* (topic). Η βάση είναι το μέρος της αναλογίας που θεωρείται γνωστό ή οικείο, ενώ ο στόχος αποτελεί την γνώση που πρέπει να εξηγηθεί και να κατανοηθεί. Τόσο η βάση όσο και ο στόχος έχουν κάποιες ιδιότητες και κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Εάν αυτοί οι δύο τομείς παρουσιάζουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά τότε μπορεί να δημιουργηθεί μια αναλογία που να τους συνδέει. Αυτή η σύγκριση, οπτική ή λεκτική, των χαρακτηριστικών των δύο οντοτήτων ονομάζεται *αντιστοιχίση* (mapping). Οι Duit et al. (2001) υποστηρίζουν ότι υπάρχουν δύο είδη γνωρισμάτων τα οποία είναι κοινά στη βάση και στο στόχο: α) απλές ιδιότητες ή λειτουργικά χαρακτηριστικά, όπως γεωμετρικά χαρακτηριστικά ή χρώμα και β) βαθύτερες ιδιότητες ή δομικά χαρακτηριστικά.

Ο Zeitoun (1984) ορίζει ποια χαρακτηριστικά μπορούν να θεωρηθούν ως ανάλογα ανάμεσα στα δύο μέρη μιας αναλογίας. Αυτά που: α) παρουσιάζουν μια φυσική ή δομική ομοιότητα, δηλαδή όταν μοιάζουν εξωτερικά ή έχουν μία παρόμοια μορφολογία β) παρουσιάζουν μια λειτουργική ομοιότητα, δηλαδή όταν ενεργούν με παρόμοιο τρόπο γ) παρουσιάζουν μια επακόλουθη ομοιότητα, δηλαδή όταν μια παρόμοια ή η ίδια αιτία δημιουργεί παρόμοια αποτελέσματα.

Όμως εκτός από τα κοινά τους χαρακτηριστικά, οι δύο τομείς παρουσιάζουν και διαφορές οι οποίες πρέπει να επισημανθούν, ώστε να μην δημιουργήσουν παρανοήσεις. Τα μη κοινά γνωρίσματα είναι μέρος της φύσης της αναλογίας. Δεν ορίζεται αναλογία όταν οι ιδιότητες της βάσης και του στόχου είναι ταυτόσημες

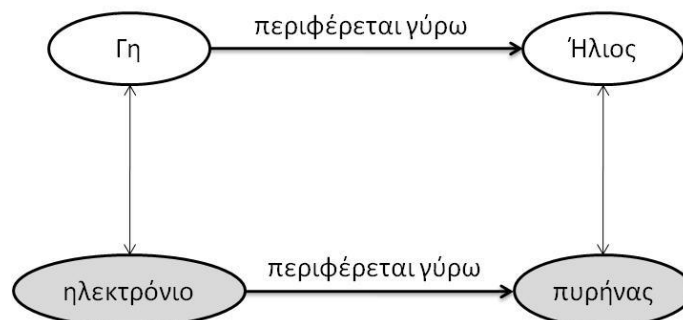
(π.χ. στην σύγκριση του ενός ανθρώπινου ματιού με το άλλο) ή κυριολεκτικά παρόμοιες (π.χ. στην σύγκριση του ανθρώπινου ματιού με το μάτι ενός άλλου θηλαστικού όπως ο λαγός) (Gentner, 1983).

Ένας τρόπος αναπαράστασης μιας αναλογίας είναι αυτός που δείχνει το Σχήμα 1 και έχει τη μορφή ενός απλού τετραπόλου (Halford, 1993; Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Χρηστίδου, & Σκλαβενίτη, 2002).



Σχήμα 1: Τετράπολο

Μια απλή αναλογία αποτελείται συνήθως από τέσσερις κόμβους-έννοιες, που συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους με όμοιες σχέσεις. Η έννοια β_1 της βάσης αντιστοιχεί στην έννοια σ_1 του στόχου και η έννοια β_2 αντιστοιχεί στη σ_2 . Οι έννοιες της βάσης και του στόχου συνδέονται μεταξύ τους με τις όμοιες σχέσεις Σ_1 και Σ_2 αντίστοιχα. Τα απλά βέλη δείχνουν σχέσεις μεταξύ εννοιών στον ίδιο τομέα, ενώ τα διπλά βέλη υποδηλώνουν αντιστοιχίσεις μεταξύ των δύο τομέων. Για παράδειγμα στο ατομικό πρότυπο του Rutherford η δομή του ατόμου παρουσιάζεται ως ανάλογη της δομής του ηλιακού συστήματος. Τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα που είναι στο κέντρο του ατόμου όπως η Γη και οι πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο, ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος. Η αναπαράσταση αυτής της αναλογίας με μορφή τετραπόλου φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 2.



Σχήμα 2: αναλογία δομής ατόμου-ηλιακό σύστημα

Ένας κανόνας που διέπει τις αναλογίες είναι αυτός της συμμετρίας (Duit, 1991). Ο τομέας της βάσης και του στόχου δεν παρουσιάζουν κάποια ιεραρχία αλλά είναι οι δύο όψεις του ίδιου νομίσματος. Δεν υπάρχει μια μοναδική κατεύθυνση στην αναλογική σχέση και η βάση μπορεί να προσεγγιστεί ως ανάλογη του στόχου και το

αντίθετο. Δηλαδή ο τομέας-στόχος μιας αναλογίας μπορεί να λειτουργήσει σαν βάση σε μια άλλη αναλογία ή στην ίδια.

1.2 Διάκριση αναλογίας από συγγενικές έννοιες

1.2.1 Αναλογία και μεταφορά

Υπάρχει μεγάλη συζήτηση στη διεθνή βιβλιογραφία για τον τρόπο που ορίζονται οι όροι «μεταφορά» και «αναλογία». Οι Aubusson et al. (2006) υποστηρίζουν ότι στη μεταφορά λέμε ότι το A είναι B, ενώ στην αναλογία ότι το A μοιάζει με το B. Επίσης, εξηγούν ότι στην διδακτική των φυσικών επιστημών, η μεταφορά αναφέρεται στον τρόπο διδασκαλίας, ενώ, αντίθετα η αναλογία συνδέεται με την ερμηνεία της επιστημονικής γνώσης.

Παρόλο που οι αναλογίες και οι μεταφορές χρησιμοποιούνται μερικές φορές αδιάκριτα, γενικά ο όρος αναλογία απαντάται πιο συχνά σε επιστημονικά και τεχνολογικά κείμενα, ενώ η μεταφορά σε λογοτεχνικά κείμενα (S. M. Glynn & Duit, 1995). Σύμφωνα με τον Duit (1991) και οι δύο όροι αναφέρονται σε συγκρίσεις δύο πραγμάτων και τονίζουν τις ομοιότητες αλλά το κάνουν με διαφορετικό τρόπο. Μια αναλογία συγκρίνει ρητά τους δύο τομείς δίνοντας έμφαση στα κοινά χαρακτηριστικά, ενώ η μεταφορά συγκρίνει εμμέσως τονίζοντας τις ιδιότητες και τις σχέσεις που δεν συμπίπτουν στους δύο τομείς. Θέλει προσοχή γιατί μια μεταφορά, αν τη λάβουμε υπόψη μας κυριολεκτικά, θα μας οδηγήσει σε ψευδή συμπεράσματα.

1.2.2 Αναλογία και μοντέλο

Μοντέλο ορίζεται η αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος (Gilbert & Boulter, 2000). Το μοντέλο συνήθως αποτελεί μια απλοποίηση της πραγματικότητας αναπαριστώντας επιλεκτικά ορισμένες μόνο όψεις της και διευκολύνοντας έτσι την κατανόηση, την περιγραφή και την επεξεργασία της (Ingham & Gilbert, 1991). Επίσης το μοντέλο επιτρέπει την πρόβλεψη της εξέλιξης ενός συστήματος ή ενός φαινομένου χωρίς να χρειάζεται άμεση παρατήρηση της πραγματικότητας (Σταυρίδου, 1995)

Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Black (1962) τα μοντέλα χωρίζονται 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)

Από την παραπάνω κατηγοριοποίηση φαίνεται ότι τα αναλογικά, τα θεωρητικά και τα αρχέτυπα μοντέλα έχουν άμεση σχέση με τις αναλογίες. Καταρχήν, το μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ως αναλογία με την έννοια ότι αναπαριστά ένα σύστημα με ένα άλλο, περισσότερο οικείο, και του οποίου οι ιδιότητες είναι ανάλογες με αυτές του πρώτου. Επίσης, κατά την διαδικασία σχηματισμού ενός μοντέλου γίνεται χρήση μιας αναλογίας, ένας αναλογικός συλλογισμός, μια διαδικασία σύγκρισης και συσχέτισης όμοιων χαρακτηριστικών. Το μοντέλο, κατά μια άποψη, είναι μια έννοια που περικλείει την αναλογία (Coll, France, & Taylor, 2005). Ως εκ τούτου, πολλές φορές αυτοί η δύο όροι χρησιμοποιούνται αδιακρίτως στην βιβλιογραφία. Το υδραυλικό μοντέλο συχνά λέγεται και υδραυλικό ανάλογο, όπως και η αναλογία μεταξύ ατόμου και ηλιακού συστήματος συχνά απαντάται ως πλανητικό μοντέλο του ατόμου.

1.2.3 Αναλογία και παράδειγμα

Υπάρχει μεγάλη σύγχυση ανάμεσα στις αναλογίες που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία και στα παραδείγματα. Το παράδειγμα ορίζεται ως μια ενδεικτική περίπτωση, του οποίου ο ρόλος είναι η κατανόηση εννοιών, φαινομένων, διαδικασιών και σχέσεων. Ο Glynn (1991) υποστηρίζει ότι το παράδειγμα αποτελεί ένα κομμάτι μιας έννοιας και όχι μια σύγκριση σε παρόμοια χαρακτηριστικά δύο διαφορετικών εννοιών. Όταν διαβάζουμε, δηλαδή στα επιστημονικά βιβλία, ότι η αστραπή είναι σαν ένας μεγάλος ηλεκτρικός σπινθήρας, αυτή η πρόταση είναι λανθασμένη και δεν αποτελεί αναλογία γιατί η αστραπή είναι όντως ένας μεγάλος σπινθήρας (S. M. Glynn, Yeany, & Britton, 1991). Επίσης, τα παραδείγματα λειτουργούν ως ένα υπόδειγμα που μας βοηθούν στην επίλυση ενός προβλήματος. Ακολουθώντας τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιήσαμε για την επίλυση ενός αντίστοιχου προβλήματος, φτάνουμε στη λύση του.

1.3 Είδη αναλογιών

Στην βιβλιογραφία εμφανίζονται διάφοροι τρόποι με τους οποίους κατηγοριοποιούνται οι αναλογίες, ανάλογα με τα εκάστοτε κριτήρια που χρησιμοποιούνται κάθε φορά.

Μια γενική κατηγοριοποίηση των αναλογιών γίνεται σε σχέση με το είδος του λόγου που χρησιμοποιείται για να τις εκφράσουμε. Οπότε, έχουμε τις προφορικές αναλογίες και τις γραπτές αναλογίες ή τις αναλογίες που υπάρχουν στον γραπτό λόγο. Οι προφορικές αναλογίες εμφανίζονται κατά τον προφορικό λόγο και την επικοινωνία των ανθρώπων με σκοπό την επεξήγηση και τη διασαφήνιση πληροφοριών που μεταβιβάζονται από ένα άτομο σε ένα άλλο. Είναι ευρέως διαδεδομένες στην καθημερινή ομιλία και συνήθως χρησιμοποιούνται για να εξηγήσουμε μια έννοια στον συνομιλητή μας που του είναι άγνωστη χρησιμοποιώντας μια άλλη έννοια που του είναι πιο οικεία. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που παρουσιάζουν τέτοιου είδους αναλογίες είναι ότι δίνουν την δυνατότητα στον συνομιλητή να παρέχει ανατροφοδότηση για τυχόν σημεία της

αναλογίας που δεν τα κατανόησε ή χρειάζονται περαιτέρω αποσαφήνιση. Αντίθετα, τις γραπτές αναλογίες τις βρίσκουμε σε βιβλία και παρουσιάζουν μικρές διαφορές σε σχέση με τις προφορικές αναλογίες. Χρησιμοποιούνται σαν διδακτική στρατηγική με σκοπό τη μάθηση ενός άγνωστου τομέα ο οποίος παρουσιάζεται στο κείμενο και το μειονέκτημα τους είναι ότι δεν παρέχουν στον αναγνώστη τη δυνατότητα απάντησης τυχών αποριών του. Θα πρέπει να αντισταθμιστεί αυτή τους η αδυναμία με όσο το δυνατόν καλύτερη και πληρέστερη εξήγηση του περιεχομένου της αναλογίας από την πλευρά του συγγραφέα ώστε να επιτευχθεί ο σκοπός της (Curtis & Reigeluth, 1984).

Μια άλλη κατηγοριοποίηση αφορά το περιεχόμενο των τομέων που χρησιμοποιούνται από μια αναλογία. Όταν οι δύο τομείς μιας αναλογίας ανήκουν σε διαφορετικές εννοιολογικές περιοχές αλλά παρουσιάζουν παρόμοια δομή, τότε αυτού του είδους οι αναλογίες ονομάζονται εξωτερικές (between-domain) ή μεταφορικές. Για παράδειγμα, η αναλογία του Rutherford για τη δομή του ατόμου που μοιάζει με το ηλιακό σύστημα και βασίζεται στην ομοιότητα που παρουσιάζουν στη δομή τους τα δύο συστήματα. Στην αντίθετη περίπτωση κατά την οποία οι δύο τομείς της αναλογίας ανήκουν στην ίδια εννοιολογική περιοχή ή σε συναφείς περιοχές τότε έχουμε τις εσωτερικές (within-domain) ή κυριολεκτικές αναλογίες. Τέτοιου είδους αναλογίες χρησιμοποιούνται κατά την επίλυση προβλημάτων, για παράδειγμα από τους μαθητές, όταν ανακαλούν και βασίζονται στα λυμένα παραδείγματα του βιβλίου για να λύσουν πανόμοιες ασκήσεις (Thagard, 1992; Vosniadou & Ortony, 1989).

Σκοπός της αναλογίας είναι να παρέχει εξηγήσεις για διάφορα φαινόμενα, έννοιες ή καταστάσεις. Με βάση αυτό το κριτήριο οι αναλογίες που σκοπό έχουν να καταστήσουν κάτι ξεκάθαρο ή σαφές ονομάζονται διευκρινιστικές (clarifying), ενώ οι αναλογίες που σκοπό έχουν να αναζητήσουν τις αιτίες ή τους λόγους για τους οποίους συμβαίνει κάτι ονομάζονται αιτιολογικές (why-answering). Για παράδειγμα, η αναλογία του Rutherford για τη δομή του ατόμου σε σχέση με τη δομή του ηλιακού συστήματος κατατάσσεται στις διευκρινιστικές αναλογίες (Thagard, Cohen, & Holyoak, 1989).

Στη βιβλιογραφία (Duit, 1991; Treagust, 1993) αναφέρονται, επίσης, διάφορα είδη αναλογιών που περιλαμβάνουν λεκτικές (verbal), οπτικές (pictorial), προσωποποιημένες (personal), αναλογίες-γέφυρες (bridging analogies) και πολλαπλές αναλογίες (multiple analogies). Λεκτικές χαρακτηρίζονται οι αναλογίες, όταν εκφράζονται με λέξεις: είτε διατυπώνονται προφορικά από τον ομιλητή, είτε παρατίθενται στο κείμενο ενός βιβλίου. Οπτικές είναι οι αναλογίες οι οποίες παρουσιάζονται με εικόνες, σκίτσα ή φωτογραφίες για να επιτευχθεί η εστίαση στα επιθυμητά χαρακτηριστικά της επιλεγμένης βάσης. Αυτή η οπτικοποίηση μειώνει την πιθανότητα οι μαθητές να μην είναι επαρκώς εξοικειωμένοι με το ανάλογο. Στην πραγματικότητα οι πιο πολλές οπτικές αναλογίες συνοδεύονται από λεκτική επεξήγηση και θα έπρεπε να αναφέρονται ως οπτικές-λεκτικές αναλογίες. Οι Glynn

και Takahashi (1998) ονομάζουν τέτοιου είδους αναλογίες επεξεργασμένες (elaborate) και θεωρούνται ιδιαίτερα αποτελεσματικές στην εκπαιδευτική διαδικασία αυξάνοντας το ενδιαφέρον των μαθητών για μάθηση (Paris & Glynn, 2004). Αναλογίες-γέφυρες χαρακτηρίζονται οι αναλογίες οι οποίες αποτελούνται από δύο μέρη (την άγκυρα και τη γέφυρα), ώστε η μετάβαση από τη βάση στο στόχο να μη γίνεται αμέσως, αλλά σε δύο φάσεις μικρότερου εύρους η καθεμιά. Πολλαπλές χαρακτηρίζονται οι αναλογίες όταν περιλαμβάνουν περισσότερες από μία αναλογίες. Σ' αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται περισσότερες από μία βάσεις για να αντιστοιχηθούν στον ίδιο στόχο (J. Clement, 1993).

Οι προσωποποιημένες αναλογίες βοηθούν τους μαθητές να συσχετίσουν αφηρημένες επιστημονικές έννοιες με οικείες έννοιες από την καθημερινή τους εμπειρία. Συχνά, οι μαθητές μαθαίνουν βιωματικά καθώς οι ίδιοι «πρωταγωνιστούν» σε μια προσωποποιημένη αναλογία. Για παράδειγμα, ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να περπατήσουν στο προαύλιο του σχολείου σε κυκλικές τροχιές και σε συγκεκριμένες αποστάσεις από το κέντρο σε αναλογία με τις κυκλικές τροχιές των πλανητών γύρω από τον Ήλιο. Εναλλακτικά, οι μαθητές μπορούν να συμμετέχουν σε ένα νοητικό επίπεδο. Η βιβλιογραφία δείχνει ότι οι προσωποποιημένες αναλογίες βοηθούν στην καλύτερη εκμάθηση των εννοιών και ότι η μαθησιακή διαδικασία γίνεται πιο ευχάριστη. Ωστόσο, ενέχουν και μεγάλο κίνδυνο να παρερμηνευθούν καθώς οι μαθητές μπορεί να αποδώσουν ανθρώπινα χαρακτηριστικά και ιδιότητες σε άψυχα αντικείμενα και έννοιες (Treagust, 1993).

1.4 Ρόλος αναλογιών στη διδασκαλία

Οι αναλογίες αποτελούν ένα από τα πολλά διδακτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Είναι μια χρήσιμη διδακτική στρατηγική έχοντας ένα πολυδιάστατο ρόλο, η οποία μπορεί να επιφέρει σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα. Συχνά, οι εκπαιδευτικοί κάνουν χρήση αναλογιών προκειμένου να εξηγήσουν στους μαθητές τους ένα άγνωστο φαινόμενο ή μια νέα και αφηρημένη έννοια (Harrison, 2001). Συγκρίνοντας ο μαθητής δύο φαινομενικά ανόμοια αντικείμενα μπορεί να κατανοήσει μια δύσκολη έννοια καταγράφοντας τις ομοιότητες με μια ήδη γνωστή έννοια ή μια έννοια που μπορεί πιο εύκολα να καταλάβει. Έτσι, η γνώση κάποιου για ένα τομέα χρησιμοποιείται για να κατανοήσει έναν άγνωστο τομέα. Όπως λέει και ο Glynn (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. Αποτελεί ένα τρόπο κατανόησης της επιστημονική γνώσης και κλειδί για τον μετασχηματισμό της σε σχολική γνώση (Κουλαϊδής et al., 2002). Με την αναλογία ο μαθητής δημιουργεί τις δικές του αναπαραστάσεις για κάποιον άγνωστο εννοιολογικό τομέα στηριζόμενος στην εξοικείωσή του με κάποιον πιο οικείο. Με αυτόν τον τρόπο βρίσκει κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα σε δύο ξεχωριστές γνωστικές περιοχές. Στόχος της διδακτικής αναλογίας είναι η οικοδόμηση νέας

γνώσης, η οποία θα προέλθει μέσα από την εννοιολογική αλλαγή. Αρκετές έρευνες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα των αναλογιών στη διδακτική πράξη αλλά υπάρχουν και έρευνες στις οποίες η αναλογία δεν έφερε τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (Duit, Roth, Komorek, & Wilbers, 2001; Harrison & Treagust, 2006).

Σημαντικός, επίσης, είναι ο ρόλος της αναλογίας και του αναλογικού συλλογισμού στην επίλυση προβλημάτων. Θεωρείται ως μια από τις βασικές στρατηγικές επίλυσης ενός προβλήματος και βοηθάει στην αναπαράσταση και τον σχεδιασμό της λύσης. Οι μαθητές, όταν καλούνται να αντιμετωπίσουν ένα άγνωστο πρόβλημα, ανακαλούν στη μνήμη τους ένα πρόβλημα του οποίου γνωρίζουν τη λύση και που το θεωρούν ανάλογο με το προς επίλυση πρόβλημα. Ο Clement (1998) σε έρευνά του διαπίστωσε ότι η αναλογία είναι ένα αυθόρμητος και φυσικός τρόπος σκέψης τόσο για έμπειρους όσο και για αρχάριους λύτες.

1.5 Ιστορικές αναλογίες στις Φυσικές Επιστήμες

Στη βιβλιογραφία της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών αναφέρονται πλήθος περιπτώσεων χρήσης αναλογιών που οδήγησαν στην ανακάλυψη νόμων, την εξήγηση φαινομένων ή την επινόηση νέων επιστημονικών θεωριών, καθώς και στην μετάδοση αυτών στα υπόλοιπα μέλη της επιστημονικής κοινότητας (Harrison & Treagust, 2006).

Για παράδειγμα, ο Joseph Priestley (1773-1804) σκεπτόμενος αναλογικά πρότεινε ένα νόμο για την ηλεκτρική δύναμη. Γνωρίζοντας ήδη τον νόμο της παγκόσμιας έλξης του Νεύτωνα που λέει ότι η βαρυτική έλξη ανάμεσα σε δύο σώματα είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης, πρότεινε το ίδιο και για την ηλεκτρική δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο φορτία. Ο νόμος της ηλεκτρικής δύναμης επιβεβαιώθηκε πειραματικά αργότερα από τον Charles Coulomb και σήμερα φέρει το όνομά του (S. Glynn, 1995).

Επίσης, ο αστρονόμος Κέπλερ (1571-1630) υποστήριζε πάρα πολύ τον αναλογικό συλλογισμό και στην προσπάθειά του να εξηγήσει τις κινήσεις των πλανητών, παρομοίασε την λειτουργία του πλανητικού συστήματος με τον μηχανισμό ενός ρολογιού.

Ο Huygens χρησιμοποίησε την κυματική θεωρία του ήχου για να διατυπώσει την κυματική θεωρία του φωτός. Ο Fourier ανέπτυξε τη θεωρία του για την αγωγή της θερμότητας βασιζόμενος στην αναλογία της ροής ενός υγρού, την οποία υιοθέτησε αργότερα ο Ohm, όταν ανέπτυξε τη θεωρία του για τον ηλεκτρισμό. Ο Maxwell, για να περιγράψει μαθηματικά τις ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές, τις παρομοίασε με την πίεση του νερού σε ένα σωλήνα (Silva, 2007).

Τον 17^ο αιώνα στην Αγγλία, ο Νεύτωνα διερευνά τη φύση του φωτός. Η ομοιότητα στην συμπεριφορά μιας μπάλας, όταν αναπηδά σ' ένα τοίχο και στην ανάκλαση του φωτός από ένα κάτοπτρο, τον οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το φως είναι σωματιδιακής φύσεως (Gillispie, 1986). Ο Νεύτωνα παρομοίασε το φεγγάρι με μια μπάλα, που εκτοξεύεται με τέτοια αρχική ταχύτητα, ώστε να καταφέρει να

φύγει από τη Γη και να μπει σε τροχιά γύρω της. Ο Γαλιλαίος σύγκρινε την κίνηση του φεγγαριού με την κίνηση μιας πέτρας, που ρίχνεται από το κατάρτι ενός κινούμενου πλοίου. 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 αποτελεί ένα συνδυασμό κινήσεων, μιας εφαπτόμενης στην τροχιά κίνησης και μιας κάθετης προς τη Γη (Gentner, 1982).

Στην αρχή του 20^{ου} αιώνα, οι επιστήμονες έκαναν χρήση αναλογιών ώστε να ανακαλύψουν και να κατανοήσουν τη δομή του ατόμου. Αρχικά, ο J.J. Thomson, το 1904, πρότεινε ένα ατομικό πρότυπο γνωστό και ως «σταφιδόψωμο» καθώς διατύπωνε ότι τα ηλεκτρόνια βρίσκονται διασκορπισμένα ομοιόμορφα σε μια θετικά φορτισμένη σφαίρα, όπως οι σταφίδες είναι διασκορπισμένες μέσα στο ψωμί. Αργότερα ο Ernest Rutherford το 1911 πρότεινε το πλανητικό μοντέλο του ατόμου, ενώ το 1912 ο Bohr πρότεινε ένα διαφορετικό μοντέλο, στο οποίο οι στιβάδες των ηλεκτρονίων δεν ήταν σαν τις τροχιές των πλανητών αλλά σαν σκαλοπάτια σκάλας. Τα ηλεκτρόνια μπορούν να βρίσκονται μόνο στα σκαλοπάτια και όχι στα μεταξύ τους διαστήματα.

1.6 Καταλληλότητα αναλογιών στη διδασκαλία

Η χρήση των αναλογιών στη διδακτική πράξη πρέπει να γίνεται με προσοχή και σωστό σχεδιασμό. Δεν είναι όλες οι αναλογίες αποτελεσματικές ούτε κάθε στιγμή κατάλληλη για την χρησιμοποίησή τους στη διδασκαλία. Είναι απαραίτητο να εξεταστούν ποια χαρακτηριστικά πρέπει να περιέχει μια αναλογία ώστε να επιφέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Οι Holyoak και Thagard (1989) αναφέρουν ότι μια σωστή αναλογία πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

1. Το περιεχόμενο της πηγής πρέπει να είναι οικείο στους μαθητές και να έχει σχέση με καθημερινές ή πρακτικές καταστάσεις (pragmatic centrality).
2. Να υπάρχει δομική συνάφεια (structural consistency) μεταξύ πηγής και στόχου.
3. Να υπάρχει σημασιολογική ομοιότητα (semantic similarity) ανάμεσα στα χαρακτηριστικά της πηγής με τα αντίστοιχα του στόχου.

Οι παραπάνω απαιτήσεις παίζουν καθοριστικό παράγοντα για την αποτελεσματικότητα μιας αναλογίας και θα πρέπει να ικανοποιούνται και οι τρεις ταυτόχρονα κατά τον σχεδιασμό της.

Ο Zeitoun (1984) υποστηρίζει ότι οι αναλογίες έχουν μικρή ή μηδενική θετική επίδραση στη μαθησιακή διαδικασία, όταν:

- οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάλογη έννοια.
- οι μαθητές έχουν αρκετό γνωστικό υπόβαθρο για το θέμα το οποίο πρόκειται να διδαχθούν.

- οι μαθητές δεν έχουν αναπτύξει επαρκώς κάποιες γνωστικές τους ικανότητες, όπως ο αναλογικός συλλογισμός, η δημιουργία οπτικών αναπαραστάσεων και νοητικών μοντέλων.
- ο αριθμός των ανάλογων χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων είναι περιορισμένος, ενώ ο αριθμός των χαρακτηριστικών, που δεν είναι κοινός είναι περισσότερος .

Επιπρόσθετα, στην βιβλιογραφία αναφέρονται και άλλες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται από μια διδακτική αναλογία (Duit, 1991; Gentner, 1982; Thagard, 1992; Treagust, 1993). Αυτές είναι οι εξής:

- Πρέπει να ορίζεται πλήρως και λεπτομερώς η έννοια της βάσης, ώστε να είναι κατανοητή από τους μαθητές.
- Πρέπει να καθορίζονται από τον διδάσκοντα τα όρια της αναλογία εντός των οποίων είναι αποτελεσματική.
- Πρέπει να φαίνονται ξεκάθαρα οι αντιστοιχίσεις ανάμεσα στα χαρακτηριστικά της βάσης και τα χαρακτηριστικά του στόχου.
- Η χρήση των αναλογιών στην τάξη πρέπει να γίνεται με σύνεση, γιατί η υπερβολή μπορεί να κουράσει τους μαθητές.

1.7 Πλεονεκτήματα

Υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα, που απορρέουν από τη χρήση των αναλογιών ως διδακτικό και γνωστικό εργαλείο (Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004; Thiele & Treagust, 1991; Treagust, 1993). Αυτά είναι τα εξής:

- Προωθούν και ενισχύουν την εννοιολογική αλλαγή, βοηθώντας τους μαθητές να ξεπεράσουν τις εναλλακτικές τους ιδέες.
- Βοηθούν την κατανόηση και ερμηνεία αφηρημένων εννοιών και φαινομένων που συμβαίνουν στον μικρόκοσμο, τονίζοντας τις ομοιότητες με τον πραγματικό καθημερινό κόσμο.
- Παρέχουν οπτικοποίηση των αφηρημένων εννοιών, το οποίο βοηθάει στην κατανόησή τους.
- Παρέχουν ισχυρά κίνητρα στους μαθητές, αυξάνοντας τον ενδιαφέρον τους για μάθηση.
- Προτρέπουν τον εκπαιδευτικό να λάβει υπόψη του τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών στα πλαίσια της εποικοδομητικής μάθησης.
- Βοηθούν στην καλύτερη οργάνωση της μνήμης και στην αποθήκευση περισσότερων και πιο χρήσιμων πληροφοριών, καθώς και στην ανάκλησή τους.

1.8 Μειονεκτήματα

Όπως υποστηρίζεται, (Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004; Thagard, 1992) οι αναλογίες αποτελούν «δίκωπο μαχαίρι» για τον εκπαιδευτικό, καθώς, ενώ παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα, μπορεί να επιφέρουν αντίθετα

αποτελέσματα από αυτά που θα περίμενε αν δεν χρησιμοποιηθούν με τον κατάλληλο τρόπο. Μερικά τους μειονεκτήματα είναι τα εξής:

- Οδηγούν σε παρανοήσεις και σε λανθασμένες γενικεύσεις καθώς οι μαθητές εκλαμβάνουν κυριολεκτικά τις αντιστοιχίσεις μιας αναλογίας.
- Μπορεί να περιέχουν περιττές πληροφορίες για τον μαθητή, όταν ο ίδιος έχει ήδη κατανοήσει την έννοια-στόχο, που πρέπει να διδαχτεί.
- Οι μαθητές μπορεί να χρησιμοποιούν μια αναλογία μηχανικά, χωρίς να κατανοούν τις πληροφορίες που η αναλογία έχει σκοπό να μεταδώσει. Μια αιτία αυτής της μηχανιστικής χρήσης της αναλογίας αποτελεί το γεγονός ότι οι μαθητές δεν είναι πρόθυμοι να επενδύσουν χρόνο για να μάθουν μια άγνωστη έννοια, αν μπορούν να θυμηθούν απλώς μια γνωστή αναλογία για την έννοια αυτή. Εξάλλου γνωρίζοντας μόνο την αναλογία οι μαθητές μπορεί να απαντούν σωστά σε διαγωνίσματα χωρίς να έχουν κατανοήσει πλήρως την άγνωστη έννοια.
- Μια αναλογία δεν εξηγεί πλήρως την άγνωστη έννοια ή το φαινόμενο. Πάντα υπάρχουν περιορισμοί και ένα σημείο στο οποίο η αναλογία παύει να ισχύει. Οι μαθητές συνήθως δεν έχουν επαρκή γνώση για την έννοια-στόχο και δεν μπορούν να καταλάβουν τους περιορισμούς, που εμπεριέχονται σε μια αναλογία με αποτέλεσμα να συγχέουν την αναλογία με την πραγματικότητα.
- Ο μαθητής μπορεί λανθασμένα να συμπεράνει ότι η αναλογία αποτελεί το μοναδικό ή τον απαραίτητο τρόπο για να κατανοήσει ένα γνωστικό αντικείμενο.

1.9 Μοντέλα διδασκαλίας με αναλογίες

Για την καλύτερη και πιο αποτελεσματική χρήση των αναλογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα διδασκαλίας με μορφή οδηγιών προς τους εκπαιδευτικούς.

A. Το μοντέλο TWA (Teaching-with-Analogies Model)

Μια ομάδα παιδαγωγών με επικεφαλής τον Shawn Glynn διαμόρφωσε ένα πλαίσιο οδηγιών για την αποτελεσματικότερη χρήση των αναλογιών στη διδασκαλία, το οποίο ονόμασε Μοντέλο Διδασκαλίας με Αναλογίες (Teaching-with-Analogies Model). Το μοντέλο προέκυψε από τη μελέτη και ανάλυση των αναλογιών που περιέχονται σε 43 διδακτικά βιβλία φυσικών επιστημών (S. M. Glynn et al., 1991). Οι ερευνητές επισήμαναν ορισμένες βασικές διαδικασίες, που οι συγγραφείς των βιβλίων είχαν ενσωματώσει στις πλέον αποτελεσματικές αναλογίες και με βάση αυτές διαμόρφωσαν το μοντέλο τους. Το μοντέλο αυτό αποτελείται από τα παρακάτω έξι στάδια:

- 1) Εισήγαγε τον τομέα-στόχο.
- 2) Υπενθύμισε την ανάλογη έννοια (βάση).

- 3) Ταυτοποίησε τα χαρακτηριστικά των δύο τομέων που θα συσχετιστούν.
- 4) Αντιστοίχισε τις ομοιότητες.
- 5) Βγάλε συμπεράσματα για τον τομέα-στόχο.
- 6) Δείξε σε ποιο σημείο η αναλογία καταρρέει.

B. Το μοντέλο GMAT (General Model of Analogy Teaching)

Ο Zeitoun (1984) πρότεινε ένα μοντέλο για την διδασκαλία επιστημονικών αναλογιών. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στην θεωρία σχημάτων από την γνωστική ψυχολογία και περιέχει κάποιες ιδέες, όπως είναι ο καθορισμός της προϋπάρχουσας γνώσης των μαθητών ως αναγνώριση της σημασίας που έχει στην εκμάθηση ενός νέου γνωστικού αντικειμένου. Το συγκεκριμένο μοντέλο περιλαμβάνει τα παρακάτω εννέα στάδια:

- 1) Μέτρησε μερικά από τα χαρακτηριστικά των μαθητών που σχετίζονται με τον αναλογικό συλλογισμό.
- 2) Καθόρισε την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών για την έννοια-στόχο.
- 3) Ανέλυσε το εκπαιδευτικό υλικό, που αναφέρεται στην έννοια-στόχο.
- 4) Κρίνε την καταλληλότητα της αναλογίας που θα χρησιμοποιηθεί.
- 5) Καθόρισε τα χαρακτηριστικά της αναλογίας που θα χρησιμοποιηθεί.
- 6) Επέλεξε την διδακτική στρατηγική και τον τρόπο παρουσίασης της αναλογίας.
- 7) Παρουσίασε την αναλογία στους μαθητές.
- 8) Αξιολόγησε τα μαθησιακά αποτελέσματα από την χρήση της αναλογίας.
- 9) Αναθεώρησε τα στάδια του μοντέλου.

C. Το μοντέλο WWA (Working with Analogies)

Το συγκεκριμένο μοντέλο, όπως υποστηρίζει ο δημιουργός του Nashon (2004), δανείζεται στοιχεία από τα δύο προηγούμενα μοντέλα, το GMAT και το TWA. Βασίζεται στην άποψη ότι τα χαρακτηριστικά, που δεν μπορούν να αντιστοιχηθούν στους δύο τομείς πρέπει να προσδιορίζονται πριν την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την έννοια-στόχος. Είναι παιδαγωγικά σημαντικό ο σαφής διαχωρισμός του τομέα-στόχου από τον τομέα-βάση, βοηθώντας τους μαθητές στην βαθύτερη κατανόηση της άγνωστης έννοιας κάνοντας χρήση και άλλων τεχνικών, όπως τα παραδείγματα και η επίλυση προβλήματος. Το μοντέλο αποτελείται από τα παρακάτω έξι στάδια:

- 1) Εκτίμησε την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών για το ανάλογο.
- 2) Εκτίμησε την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών για την άγνωστη έννοια.
- 3) Αναγνώρισε τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των δύο τομέων.

- 4) Αντιστοίχισε τα όμοια χαρακτηριστικά.
- 5) Επισήμανε μη κοινά χαρακτηριστικά.
- 6) Βγάλε συμπεράσματα για τον στόχο.

1.10 Χρήση αναλογιών στα σχολικά βιβλία

Η έρευνα πάνω στην χρήση των αναλογιών από τους συγγραφείς των σχολικών βιβλίων δεν είναι τόσο εκτενής. Περιορίζεται στην αναζήτηση της ύπαρξης ή όχι αναλογιών και στην καταγραφή τους, καθώς και στην κατηγοριοποίηση με συγκεκριμένα κριτήρια, που έχουν προταθεί από κάποιους ερευνητές (Curtis & Reigeluth, 1984; Thiele & Treagust, 1994), με σκοπό να βρεθούν κάποια χαρακτηριστικά τους ως προς τη δομή, τη λειτουργία τους και την αποτελεσματικότητά τους. Το μεγαλύτερο πλήθος των ερευνών αναφέρονται γενικά σε σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών ή μόνο Χημείας. Λιγότερα είναι αυτά που αναφέρονται στην Βιολογία και στην Φυσική, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις που συγκρίνουν δύο επιστημονικούς κλάδους (π.χ. Βιολογία και Χημεία).

Οι Glynn et al. (1989) στην έρευνά τους εξέτασαν τη χρήση της αναλογίας σε 43 βιβλία Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου των ΗΠΑ και βρήκαν αρκετές αναλογίες μπορούν να χαρακτηριστούν ως απλές συγκρίσεις. Η ανάλυσή τους είχε μια πιο ερμηνευτική προσέγγιση και δεν βασίστηκε σε συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση. Αναλογίες οι οποίες κάλυπταν σε έκταση μια παράγραφο του κειμένου ή μια ολόκληρη σελίδα ήταν σχετικά σπάνιες και εμφανίζονταν κυρίως σε βιβλία Φυσικής. Ένα ακόμη συμπέρασμα της έρευνά τους ήταν ότι, παρόλο που στην εισαγωγή του κάθε βιβλίου ο συγγραφέας παρείχε οδηγίες προς τον αναγνώστη να χρησιμοποιεί το σχολικό εγχειρίδιο αποτελεσματικά, δεν υπήρχε σαφής αναφορά για τις αναλογίες.

Οι Curtis και Reigeluth (1984) ανέλυσαν τις αναλογίες που περιέχονται σε 26 σχολικά βιβλία Φυσικών Επιστημών. Η έρευνά τους ήταν πιο ποσοτική από αυτή των Glynn et al. (1989) και βασίστηκε σε ένα συγκεκριμένο σύστημα κατηγοριών που οι ίδιοι ανέπτυξαν. Συνολικά βρέθηκαν 216 αναλογίες με μέσο όρο 8.3 αναλογίες ανά βιβλίο. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, όταν η άγνωστη έννοια είναι εύκολη και συγκεκριμένη, χρησιμοποιούνται αναλογίες, που βασίζονται σε δομικές ομοιότητες, ενώ, όταν η έννοια είναι δύσκολη και αφηρημένη οι αναλογίες προβάλλουν τις λειτουργικές ομοιότητες των δύο τομέων. Το 90% των αναλογιών, που βρέθηκαν σε βιβλία Χημείας και Φυσικής, ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία. Είναι ενδιαφέρον, επίσης, ότι στο 50% περίπου από το σύνολο των αναλογιών, οι συγγραφείς δεν περιγράφουν την ανάλογη έννοια ούτε δίνουν οδηγίες για το πώς να αξιοποιηθεί διδακτικά η αναλογία.

Οι Thiele και Treagust (1994, 1995) επινόησαν ένα πλέγμα ανάλυσης σχολικών βιβλίων και με αυτό μελέτησαν τις αναλογίες, που υπήρχαν σε σχολικά βιβλία Χημείας και διδάσκονταν μαθητές Λυκείου της Αυστραλίας. Στην πρώτη τους έρευνα βρήκαν 93 αναλογίες σε 10 βιβλία Χημείας με μέσο όρο 9,3 αναλογίες ανά

βιβλίο. Παρατήρησαν ότι περισσότερες αναλογίες εύρισκαν για έννοιες, που ήταν πιο αφηρημένες και για φαινόμενα που δεν ήταν παρατηρήσιμα, όπως π.χ. ατομική δομή, δεσμούς και ενέργεια. Επίσης, είδαν ότι οι αναλογίες χρησιμοποιούνται πιο πολύ στα πρώτα κεφάλαια του βιβλίου και αυτό συμβαίνει, διότι πολλές αφηρημένες έννοιες ορίζονται στην αρχή του βιβλίου, ώστε να τις χρησιμοποιήσει ο μαθητής για την περεταίρω μελέτη του. Το μεγαλύτερο ποσοστό αναλογιών ήταν απλές, ενώ ήταν ελάχιστες οι αναφορές από τους συγγραφείς για τυχών περιορισμούς σε μια αναλογία. Στην δεύτερή τους έρευνα μελετούν 8 βιβλία Χημείας του Λυκείου και βρίσκουν 62 αναλογίες. Για την ανάλυση των αναλογιών χρησιμοποιούν την ίδια κατηγοριοποίηση με την προηγούμενη έρευνά τους ενώ επιπρόσθετα παίρνουν συνεντεύξεις από τους ίδιους τους συγγραφείς των βιβλίων για την άποψη που έχουν για το ρόλο και τη χρήση των αναλογιών στη μάθηση.

Στην έρευνα των Χρηστίδου κ.ά. (2001) μελετήθηκε το σχολικό βιβλίο Βιολογίας Γ' Γυμνασίου και καταγράφηκαν 83 μεταφορές. Οι μεταφορές, που καταγράφηκαν εξετάστηκαν ως προς την οντολογία του τομέα-βάσης, που αφορά το είδος της έννοια που χρησιμοποιείται ως βάση, και ως προς την ύπαρξη μοντέλων ή τυποποιημένων προτύπων με βάση τα οποία περιγράφονται βασικές έννοιες της Βιολογίας. Βρέθηκε ένα αρκετά μεγάλο πλήθος μεταφορών με τις περισσότερες (59%) να αποτελούν προσωποποιήσεις, δηλαδή αποδίδονται ανθρώπινα χαρακτηριστικά σε έννοιες, ώστε να γίνουν πιο εύκολα κατανοητές.

Οι Thiele et al. (1995) μελέτησαν 4 βιβλία Βιολογίας και 10 βιβλία Χημείας και κατέγραψαν 174 και 93 αναλογίες αντίστοιχα κάνοντας μια συγκριτική μελέτη ανάμεσα στα δύο γνωστικά αντικείμενα. Χρησιμοποίησαν το ίδιο πλέγμα ανάλυσης που απαντάται και σε άλλες έρευνές τους για να βγάλουν χρήσιμα συμπεράσματα και προτάσεις προς τους εκπαιδευτικούς, ώστε να χρησιμοποιήσουν τον αναλογικό συλλογισμό για την καλύτερη και βαθύτερη κατανόηση των εννοιών που διδάσκουν.

Οι Orgill και Bodner (2006) ανέλυσαν την αποτελεσματικότητα των αναλογιών στα πανεπιστημιακά βιβλία Βιοχημείας. Μελέτησαν τον τρόπο που παρουσιάζονται και χρησιμοποιούνται οι αναλογίες σε 8 πανεπιστημιακά εγχειρίδια. Βρέθηκαν 158 αναλογίες με μέσο όρο 19.75 αναλογίες ανά βιβλίο. Παρατήρησαν ότι η χρήση των αναλογιών δεν εξαρτάται από το επίπεδο δυσκολίας του βιβλίου αλλά από το στυλ του κάθε συγγραφέα. Επίσης, παρατήρησαν ότι κανένα βιβλίο δεν παρείχε οδηγίες προς τον αναγνώστη για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να επωφεληθεί γνωστικά από τις αναλογίες και ούτε παρουσιάζονται με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο. Τέλος, οι συγγραφείς υποθέτουν ότι ο εκπαιδευτικός θα εξηγήσει την αναλογία στο μαθητή αλλά αυτό δεν συμβαίνει πάντοτε και σωστά.

Ο Yener (2012) ερεύνησε το είδος των αναλογιών που χρησιμοποιούνται στα βιβλία Φυσικής του Λυκείου της Τουρκίας και μελέτησε τον τρόπο που σχεδιάζονται και παρουσιάζονται χρησιμοποιώντας το σύστημα κατηγοριών των Thiele και Treagust (2004). Το δείγμα της έρευνάς του ήταν 4 σχολικά εγχειρίδια και

κατέγραψε συνολικά 50 αναλογίες με μέσο όρο 12.5 αναλογίες ανά βιβλίο. Κατέληξε ότι ένα μεγάλο πλήθος αναλογιών χρησιμοποιούνται στη Φυσική και περισσότερο για έννοιες που είναι αφηρημένες και οι οποίες δυσκολεύουν πιο πολύ τους μαθητές. Μόνο το 6% των αναλογιών παρείχαν σαφής εξηγήσεις για τους περιορισμούς και τα αδύνατα σημεία της αναλογίας, στοιχείο που είναι πολύ σημαντικό για να αποφεύγονται οι παρανοήσεις.

Η Newton (2003) μελέτησε 80 βιβλία Φυσικών Επιστημών για την ύπαρξη ή όχι αναλογιών, τα οποία απευθύνονται σε παιδιά Δημοτικού της Αγγλίας. Σε 45 από τα βιβλία δεν βρέθηκαν καθόλου αναλογίες, ενώ στα εναπομείναντα 35 καταγράφηκαν συνολικά 92 αναλογίες. Η κατηγοριοποίησή τους έγινε με το πλέγμα ανάλυσης που πρότειναν οι Curtis και Reigeluth (1984). Παρατήρησε ότι αρκετά βιβλία δεν περιείχαν καθόλου αναλογίες αλλά αυτό δεν είναι κριτήριο για το αν το βιβλίο είναι αποτελεσματικό ή όχι στο να βοηθάει την κατανόηση των διάφορων εννοιών.

Οι Sendur et al. (2011) μελέτησαν δύο βιβλία Χημείας του Λυκείου στην Τουρκία και συνολικά κατέγραψαν 22 αναλογίες. Παρ' όλο που οι περισσότερες αναλογίες χρησιμοποιούνταν για να περιγράψουν δύσκολες και αφηρημένες έννοιες, η δομή που παρουσίαζαν ήταν απλή.

Οι Amin et al. (2012) ανέλυσαν τρία πανεπιστημιακά συγγράμματα για την ύπαρξη μεταφορών σε σχέση με την έννοια της εντροπίας και του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής. Για τον λόγο αυτόν επέλεξαν δύο βιβλία Φυσικής και ένα Χημείας. Η έρευνά τους είχε μια πιο ποιοτική προσέγγιση με κύριο άξονα την παιδαγωγική χρήση των μεταφορών στην διδασκαλία.

Οι Κουλαϊδής κ.ά. (2002) χρησιμοποίησαν ένα διαφορετικό πλέγμα ανάλυσης από τους υπόλοιπους και μελέτησαν 8 βιβλία φυσικών επιστημών που διδάσκονται στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο. Το δείγμα τους αποτελούσε βιβλία φυσικής του δημοτικού και βιβλία φυσικής, χημείας και βιολογίας του Γυμνασίου. Συνολικά κατέγραψαν 52 αναλογίες και συμπέραναν ότι δεν γίνεται εκτεταμένη χρήση από τους συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΡΕΥΝΑ

2.1 Ερευνητικά ερωτήματα

Τα εκπαιδευτικά εγχειρίδια παίζουν σημαντικό ρόλο στην διδασκαλία και τη μάθηση και αποτελούν αντικείμενο έρευνας και αξιολόγησης. Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου καθορίζει το πώς θα διδάξει ο εκπαιδευτικός και έχει άμεση σχέση με το Αναλυτικό Πρόγραμμα (Μπονίδης, 2004; Σοφού, Κατσαντώνη, & Ταβουλάρη, 2011). Η χρήση της αναλογίας στο γραπτό λόγο είναι δύσκολη και σε μερικές περιπτώσεις επικίνδυνη καθώς μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις, αφού ο συγγραφέας δεν είναι παρών για να λύσει τυχόν απορίες των μαθητών. Για τους λόγους αυτούς είναι σημαντική η μελέτη και ανάλυση των συγγραμμάτων ως προς

τη χρήση των αναλογιών. Στην παρούσα εργασία τέθηκαν προς διερεύνηση τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

- Πόσο συχνά χρησιμοποιούν οι συγγραφείς των διδακτικών εγχειριδίων αναλογίες για την διδασκαλία των εννοιών της φυσικής;
- Τι είδους αναλογίες χρησιμοποιούνται στα διδακτικά εγχειρίδια;
- Σε ποιους κλάδους της φυσικής χρησιμοποιούνται αναλογίες;
- Πόσο κατάλληλες είναι οι αναλογίες για την κατανόηση των εννοιών της φυσικής;
- Αναφέρονται οι περιορισμοί της αναλογίας από τον συγγραφέα, που μπορεί να οδηγήσουν σε παρερμηνείες από την πλευρά των μαθητών;

2.2 Μεθοδολογία

Για την συγκεκριμένη έρευνα επιλέχθηκαν να αναλυθούν τρία βιβλία, τα οποία χρησιμοποιούνται ως πανεπιστημιακά εγχειρίδια Φυσικής από αρκετά τμήματα ΑΕΙ και ΤΕΙ της Ελλάδος. Τα βιβλία που αναλύθηκαν είναι μεταφρασμένα στα ελληνικά και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

α/α	Βιβλίο
1	Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής. (2004)
2	Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική: Με Σύγχρονη Φυσική. (2010)
3	Halliday, D., Resnick, R., & Krane, K. Φυσική. (2009)

Πίνακας Ι

Κάθε βιβλίο διαβάστηκε γραμμή-γραμμή δύο φορές για να εντοπιστούν και να καταγραφούν όλες οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται από τους συγγραφείς. Αρχικά, κάθε αναλογία αναπαραστάθηκε με τη μορφή τετραπόλου (βλ. Σχήμα 1), ώστε να φαίνονται ξεκάθαρα οι έννοιες της βάσης και του στόχου και οι αντιστοιχίσεις τους, καθώς και οι αναλογικές σχέσεις που συνδέουν τις έννοιες όπως και τα χαρακτηριστικά του κάθε τομέα.

Το πλέγμα ανάλυσης, που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των αναλογιών βασίζεται σε δύο σχήματα, που έχουν προταθεί για αυτόν τον σκοπό, το ένα από ξένους ερευνητές και το άλλο από Έλληνες και είναι ελαφρά τροποποιημένο για να καλύπτει τις ανάγκες και τις απαιτήσεις αυτής της έρευνας και γιατί υπήρχαν κάποιες επικαλύψεις στα δύο σχήματα. Δηλαδή, έγινε ένας συνδυασμός κριτηρίων από το σχήμα ανάλυσης που χρησιμοποίησαν στην έρευνά τους οι Thiele και Treagust (1994), το οποίο βασίστηκε σε αυτό που αρχικά πρότειναν οι Curtis και Reigeluth (1984) και στο πλέγμα ανάλυσης που προτείνουν οι ερευνητές Κουλαϊδής κ.ά. (2002). Συνολικά το πλέγμα ανάλυσης, που τελικά υιοθετήθηκε, περιλαμβάνει 5 διαστάσεις:

- 1) Το **γνωστικό περιεχόμενο** του τομέα-στόχου. Ποια έννοια της φυσικής εξηγείται και σε ποια θεματική ενότητα ανήκει.

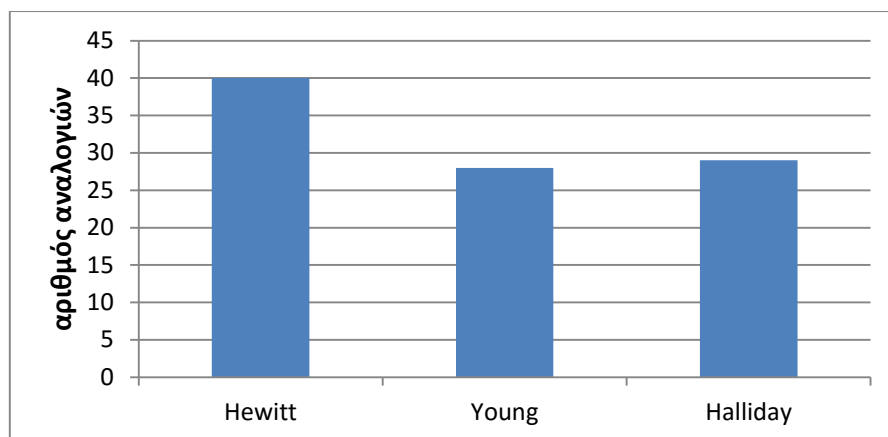
- 2) **Τρόπος παρουσίασης.** Με ποιον τρόπο παρουσιάζεται η αναλογία μέσα στο κείμενο. Διακρίνονται δύο τρόποι παρουσίασης:
- Λεκτικός:** Η αναλογία περιγράφεται μόνο με λέξεις στο κείμενο.
 - Οπτικός-Λεκτικός:** Η αναλογία περιγράφεται λεκτικά στο κείμενο και συνοδεύεται από μια οπτική αναπαράσταση του τομέα-βάση. Η απεικόνιση μπορεί να είναι ένα σκίτσο ή μια φωτογραφία.
- 3) **Αναλογική σχέση** μεταξύ βάσης και στόχου. Με ποιον τρόπο και τι κοινά χαρακτηριστικά έχουν οι δύο τομείς. Διακρίνονται τρία είδη αναλογικών σχέσεων:
- Δομική:** Οι έννοιες της βάσης και του στόχου έχουν κοινή δομή και κοινά χαρακτηριστικά όπως σχήμα, χρώμα, μέγεθος κ.ά.
 - Λειτουργική:** Οι έννοιες της βάσης και του στόχου έχουν κοινή λειτουργία, συμπεριφορά κ.ά.
 - Δομική-Λειτουργική:** Οι έννοιες της βάσης και του στόχου έχουν κοινά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.
- 4) Το **επίπεδο εμπλουτισμού** της αναλογίας. Περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες:
- Απλή:** Η αναλογία παρουσιάζεται σαν μια απλή πρόταση και περιλαμβάνει μόνο την έννοια της βάσης και του στόχου και μια συνδετική φράση που τις συνδέει όπως το «είναι ανάλογο με».
 - Εμπλουτισμένη:** Η αναλογία αναφέρεται στα κοινά χαρακτηριστικά και τις σχέσεις που παρουσιάζουν η βάση και ο στόχος καθώς και σε τυχόν περιορισμούς ή αδύνατα σημεία στα οποία η αναλογία παύει να ισχύει.
 - Εκτεταμένη:** Η αναλογία περιλαμβάνει πολλές ανάλογες έννοιες και χαρακτηριστικά, που βοηθούν στην βαθύτερη επεξήγηση και πληρέστερη κατανόηση του στόχου ή διαφορετικές βάσεις που αντιστοιχούν στον ίδιο στόχο.
- 5) **Περιορισμοί** της αναλογίας. Διερευνάται κατά πόσο ο συγγραφέας αναφέρεται ή όχι στις αδυναμίες που μπορεί να παρουσιάζει η αναλογία, στα μη κοινά χαρακτηριστικά των δύο τομέων, καθώς και σε ποια σημεία μπορεί η αναλογία να προκαλέσει παρερμηνείες στους μαθητές.

2.3 Συνοπτικά αποτελέσματα και συζήτηση

Συνολικά καταγράφηκαν 97 αναλογίες στα 3 πανεπιστημιακά συγγράμματα που μελετήθηκαν με μέσο όρο 32,3 αναλογίες ανά βιβλίο. Η κατανομή τους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Βιβλίο	Συχνότητα	Ποσοστό %
Hewitt	40	41,2
Young	28	28,9
Halliday	29	29,9
Σύνολο	97	100

Πίνακας II :Συχνότητες αναλογιών



Σχήμα 3: Αριθμός αναλογιών ανά σχολική τάξη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρξαν αρκετές κοινές αναλογίες ανάμεσα στους τρεις συγγραφείς. Βρέθηκαν 4 κοινές αναλογίες και στα τρία βιβλία (π.χ μοντέλο σταφιδόψωμου για το άτομο, ηλεκτρική αντίσταση με σωλήνα νερού κ.ά.), 3 κοινές αναλογίες ανάμεσα στους Hewitt και Young, 1 κοινή αναλογία ανάμεσα στους Hewitt και Halliday και 2 κοινές αναλογίες ανάμεσα στους Halliday και Young.

2.3.1 Γνωστικό περιεχόμενο του στόχου

Το γνωστικό περιεχόμενο του τομέα-στόχου κατηγοριοποιήθηκε σε 10 κατηγορίες, όπως αυτές προέκυψαν μετά την ανάλυση του περιεχομένου των σχολικών βιβλίων και οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα III. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αναλογιών αφορά τον τομέα του ηλεκτρισμού (34%) και ακολουθεί η ατομική φυσική και η σύγχρονη φυσική. Οι περιοχές αυτές αποτελούνται από έννοιες με υψηλή αφαίρεση που είναι δύσκολα κατανοητές από τους μαθητές και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι αναλογίες ως γνωστικό εργαλείο.

Γνωστικό Περιεχόμενο	n	%
Ηλεκτρισμός	34	35,1
Ατομική Φυσική	22	22,7
Σύγχρονη Φυσική	18	18,6
Οπτική	8	8,2
Ρευστομηχανική	5	5,2
Θερμοδυναμική	4	4,1
Κυματική	2	2,1
Ηλεκτρομαγνητισμός	2	2,1
Πυρηνική Φυσική	1	1,0
Μαγνητισμός	1	1,0
ΣΥΝΟΛΟ	97	100,0

Πίνακας III

Είναι αξιοσημείωτο ότι τα τρία συγγράμματα δεν είχαν αναλογίες από τις ίδιες γνωστικές περιοχές. Μόνο ο Ηλεκτρισμός, η Ατομική φυσική και η Σύγχρονη Φυσική ήταν κοινές. Παρακάτω φαίνονται οι κλάδοι της Φυσικής για τους οποίους ο κάθε συγγραφέας επέλεξε να χρησιμοποιήσει αναλογίες ώστε να τους επεξηγήσει καλύτερα.

Βιβλίο Hewitt	n	%
Ηλεκτρισμός	10	25,0
Ατομική Φυσική	13	32,5
Σύγχρονη Φυσική	5	12,5
Οπτική	8	20
Θερμοδυναμική	2	5,0
Κυματική	1	2,5
Μαγνητισμός	1	2,5
ΣΥΝΟΛΟ	40	100,0

Πίνακας IV

Βιβλίο Young	n	%
Ηλεκτρισμός	15	53,6
Ατομική Φυσική	4	14,3
Σύγχρονη Φυσική	6	21,4
Θερμοδυναμική	2	7,1
Ηλεκτρομαγνητισμός	1	3,6
ΣΥΝΟΛΟ	28	100,0

Πίνακας V

Βιβλίο Halliday	n	%
Ηλεκτρισμός	9	31,0
Ατομική Φυσική	5	17,2
Σύγχρονη Φυσική	7	24,1
Κυματική	1	3,4
Ρευστομηχανική	5	17,2
Πυρηνική Φυσική	1	3,4
Ηλεκτρομαγνητισμός	1	3,4
ΣΥΝΟΛΟ	29	100,0

Πίνακας VI

2.3.2 Τρόπος παρουσίασης

Υπάρχουν δύο τρόποι παρουσίασης μιας αναλογίας, περιγράφοντας μόνο με λέξεις την αναλογία ή κάνοντας χρήση και μιας εικόνας για να ενδυναμώσει την οπτική αναπαράστασή της. Από το σύνολο των 97 αναλογιών οι 71 παρουσιάζονται λεκτικά (73%) και οι 26 οπτικά – λεκτικά (27%). Ο Hewitt είναι ο συγγραφέας που προτιμά περισσότερο από τους άλλους να παραθέτει και κάποια εικόνα, η οποία θα συνοδεύει την αναλογία. Σε ποσοστό 43% χρησιμοποιεί οπτικές αναλογίες, ενώ το ποσοστό μειώνεται στον Young σε 25% και καταλήγει στους Halliday κ.ά. στο πολύ μικρό 7%. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό περιγράφεται με λόγια και έτσι δίνει στο μαθητή τη δυνατότητα να δημιουργήσει ο ίδιος τη δικιά του αναπαράσταση για την αναλογία. Βέβαια, αυτή η διαδικασία ενέχει κινδύνους, διότι ο κάθε μαθητής έχει διαφορετικό τρόπο αναπαράστασης και μπορεί να δημιουργήσει λανθασμένη εικόνα στο μυαλό του. Το πρόβλημα αυτό λύνεται δίνοντας στο μαθητή μια έτοιμη εικόνα, ώστε να την χρησιμοποιήσει ως οδηγό στην κατανόηση των αντιστοιχίσεων της αναλογίας (Issing, 1990; Lin, Shiau, & Lawrenz, 1996). Οι Bean κ.ά. (1990) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, όταν μια αναλογία συνοδεύεται από εικόνα τότε αυξάνεται πολύ η αποτελεσματικότητά της στην κατανόηση της δομής και της λειτουργίας του κυττάρου.

Τρόπος παρουσίασης	n	%
Λεκτικός	71	73,2
Οπτικός-Λεκτικός	26	26,8
ΣΥΝΟΛΟ	97	100,0

Πίνακας VII

2.3.3 Αναλογική σχέση

Αναφορικά με το είδος της αναλογικής σχέσης ανάμεσα στη βάση και στον στόχο, η πλειοψηφία των αναλογιών εμφανίζει λειτουργική σχέση (ποσοστό 85,6%). Οχτώ αναλογίες παρουσιάζουν δομική σχέση (8,2%) και 6 αναλογίες (6,2%) εμφανίζουν κοινά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Ερευνητές έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι πιο χρήσιμες και αποτελεσματικές αναλογίες είναι αυτές που προβάλλουν την κοινή συμπεριφορά ή τις κοινές λειτουργίες των δύο εννοιολογικών τομέων (Duit, 1991; Gentner & Gentner, 1983). Έτσι μια αναλογική σχέση που συνδέει δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι πολύ χρήσιμη αρκεί να υπάρχουν αρκετές αντιστοιχίσεις και ομοιότητες και λίγα μη κοινά στοιχεία ανάμεσα στη βάση και τον στόχο (Curtis & Reigeluth, 1984). Η καθαρά δομική σχέση ενέχει τους περισσότερους κινδύνους, γιατί η μόνη ομοιότητα βασίζεται στην κοινή τους δομή και οι μαθητές μπορεί να μεταφέρουν αυτή την ομοιότητα και στα λειτουργικά χαρακτηριστικά των δύο τομέων (Orgill & Bodner, 2006).

Αναλογική σχέση	n	%
Δομική	8	8,2
Λειτουργική	83	85,6
Δομική-Λειτουργική	6	6,2
ΣΥΝΟΛΟ	97	100,0

Πίνακας VIII

2.3.4 Επίπεδο εμπλουτισμού

Αναφορικά με το επίπεδο εμπλουτισμού μιας αναλογίας, καταγράφηκαν 21 απλές αναλογίες (21,6%), 66 εμπλουτισμένες αναλογίες (68%) και 10 εκτεταμένες αναλογίες (10,3%). Έρευνες έχουν δείξει ότι η χρήση απλών αναλογιών ενέχει κινδύνους, καθώς οι φοιτητές πρέπει να σχηματίσουν οι ίδιοι την αναλογική σχέση ανάμεσα στη βάση και το στόχο και να βρουν τις ομοιότητες και τις διαφορές τους (Thiele, Venville, & Treagust, 1995). Οι αναλογίες θα πρέπει να εξηγούνται λεπτομερώς και να αναφέρονται οι ομοιότητες των δύο τομέων ώστε να κατανοούνται πλήρως (S. M. Glynn & Takahashi, 1998). Οι απλές αναλογίες έχουν ένα πιο περιγραφικό ρόλο της δομής των διάφορων εννοιών, ενώ οι εμπλουτισμένες και οι εκτεταμένες αναλογίες προσθέτουν και μια εξήγηση για τις ομοιότητες ή τις διαφορές που υπάρχουν και μειώνουν την δημιουργία παρανοήσεων (Harrison & Treagust, 1993, 2000, 2006).

Επίπεδο εμπλουτισμού	n	%
Απλή	21	21,6
Εμπλουτισμένη	66	68,0
Εκτεταμένη	10	10,3
ΣΥΝΟΛΟ	97	100,0

Πίνακας IX

2.3.5 Περιορισμοί

Είναι σημαντικό να ξεκαθαρίζονται από τον συγγραφέα τα όρια και οι περιορισμοί της αναλογίας, καθώς κάθε αναλογία έχει ένα σημείο στο οποίο καταρρέει (Thagard, 1992). Μόνο με αυτό τον τρόπο μια αναλογία δεν θα οδηγήσει σε παρανοήσεις και οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί στις αντιστοιχήσεις που κάνουν (Webb, 1985). Το μεγαλύτερο ποσοστό των αναλογιών (92,8%) δεν παρουσίαζε τους περιορισμούς της και μόνο 7 αναλογίες (7,2%) εξηγούσαν σε ποια σημεία η αναλογία έπαυε να ισχύει.

Περιορισμοί	n	%
Ναι	7	7,2
Όχι	90	92,8
ΣΥΝΟΛΟ	97	100,0

Πίνακας X

2.4 Αναλυτικά Αποτελέσματα

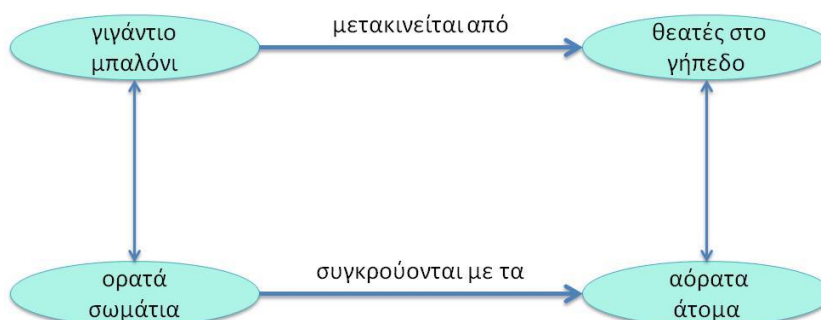
Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της έρευνας για όλες τις αναλογίες που βρέθηκαν. Ξεχωριστά για κάθε μία, παρατίθεται το κείμενο της αναλογίας, όπως αυτό εισάγεται στο βιβλίο, η αναπαράστασή της σε μορφή τετραπόλου και τέλος η ανάλυσή της σύμφωνα με τις διαστάσεις του πλέγματος ανάλυσης που εξηγήθηκαν στην παράγραφο 2.2 .

2.4.1 Αναλογίες από τον Hewitt

Αναλογία 1^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.11, σελ. 207

«Αυτή η ακατάπαυστη σπασμωδική κίνηση των σωματιδίων -που σήμερα ονομάζεται κίνηση Μπράουν- οφείλεται στις κρούσεις μεταξύ των ορατών σωματιδίων και των αόρατων ατόμων.[...]Είναι σαν να βλέπει κανείς ένα γιγάντιο μπαλόνι να μετακινείται από το πλήθος των θεατών ενός ποδοσφαιρικού αγώνα. Αν πετάει κανείς με αεροπλάνο σε μεγάλο ύψος πάνω από το γήπεδο, δεν μπορεί να διακρίνει τους θεατές, μπορεί όμως να δει το πολύ μεγαλύτερο μπαλόνι.»



Σχήμα 4

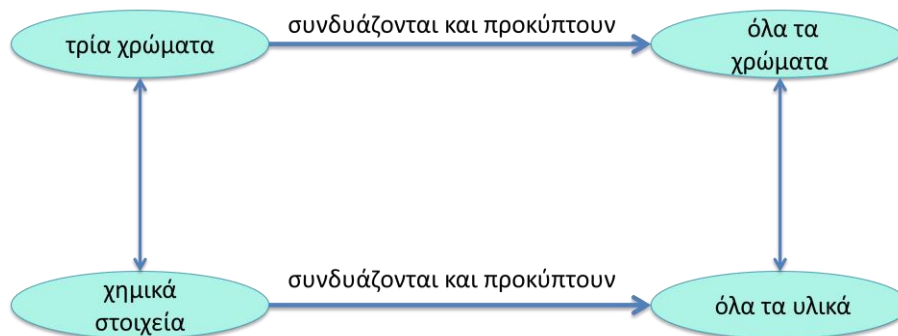
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XI

Αναλογία 2^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.11, σελ. 208

«Η μεγάλη ποικιλία των υλικών δεν οφείλεται στη μεγάλη ποικιλία των ατόμων, αλλά στο γεγονός ότι τα λίγα υπάρχοντα είδη ατόμων μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους με πάρα πολλούς τρόπους- ακριβώς όπως σε μια έγχρωμη εκτύπωση οι διαφορετικοί συνδυασμοί τριών μόνο χρωμάτων δημιουργούν σχεδόν όλα τα χρώματα που μπορούμε να φανταστούμε.»



Σχήμα 5

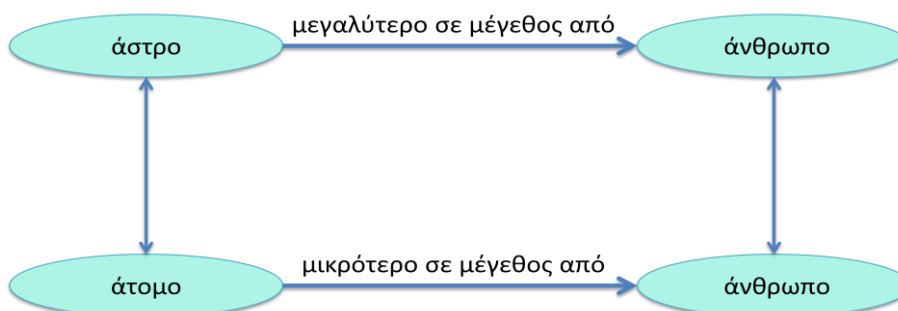
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XII

Αναλογία 3^η

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

«Τα άτομα είναι απίστευτα μικρά. Ένα άτομο είναι τόσες φορές μικρότερό σας όσες φορές ένα μέσο άστρο είναι μεγαλύτερό σας..»



Σχήμα 6

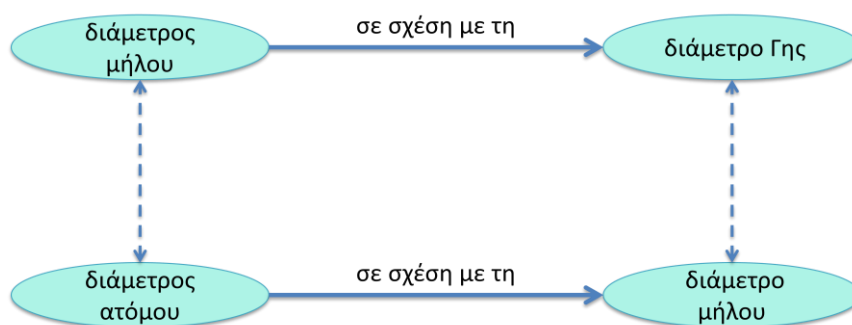
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XIII

Αναλογία 4^η

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

«Η διάμετρος ενός ατόμου σε σχέση με τη διάμετρο ενός μήλου είναι όση η διάμετρος του μήλου σε σχέση με τη διάμετρο της Γης.»



Σχήμα 7

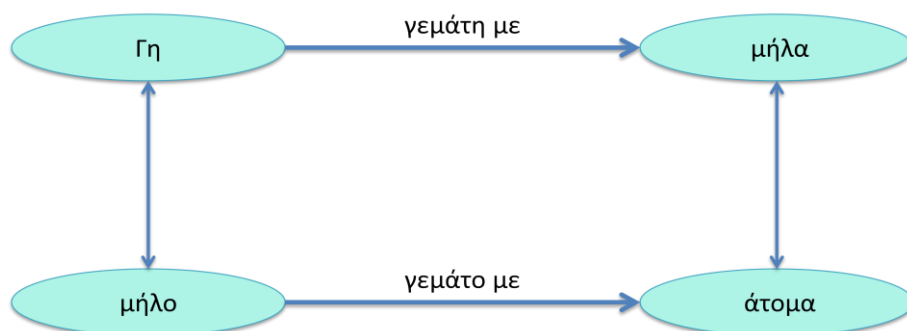
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XIV

Αναλογία 5^η

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.»



Σχήμα 8

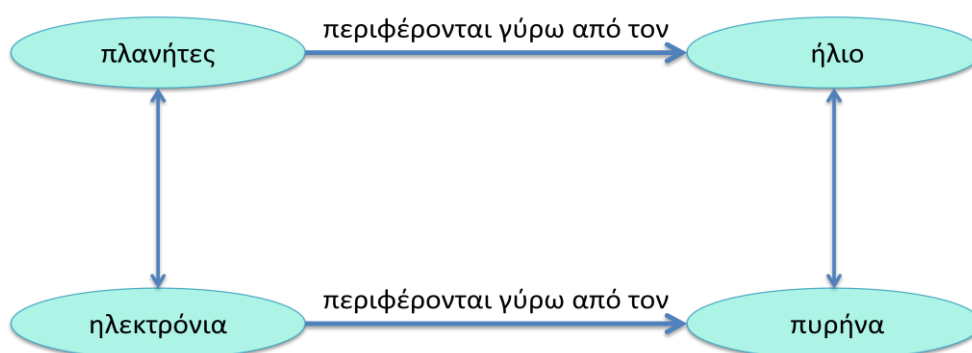
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XV

Αναλογία 6^η

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.»



Σχήμα 9

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός

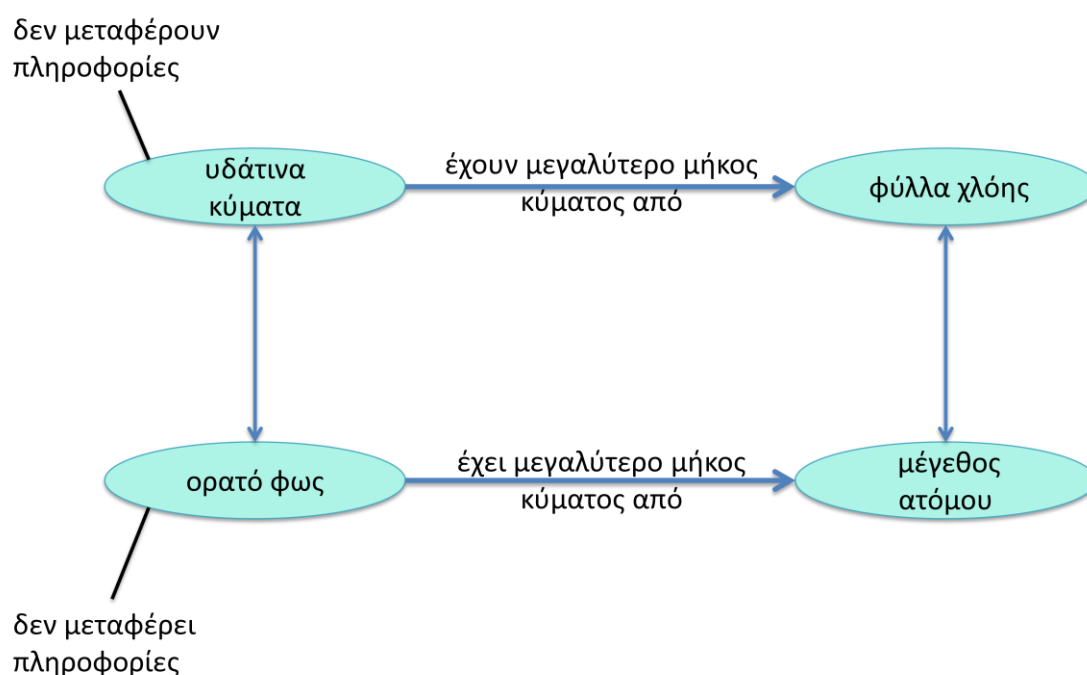
Αναλογική Σχέση	Δομική – Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Ναι

Πίνακας XVI

Αναλογία 7^η

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

«Για να είναι ένα σωματίο ορατό, έστω και υπό μέγιστη μεγέθυνση, θα πρέπει το μέγεθός του να είναι μεγαλύτερο από το μήκος κύματος του φωτός. Αυτό μπορούμε να το καταλάβουμε καλύτερα εξετάζοντας την αντίστοιχη περίπτωση των υδάτινων κυμάτων.[...]»



Σχήμα 10

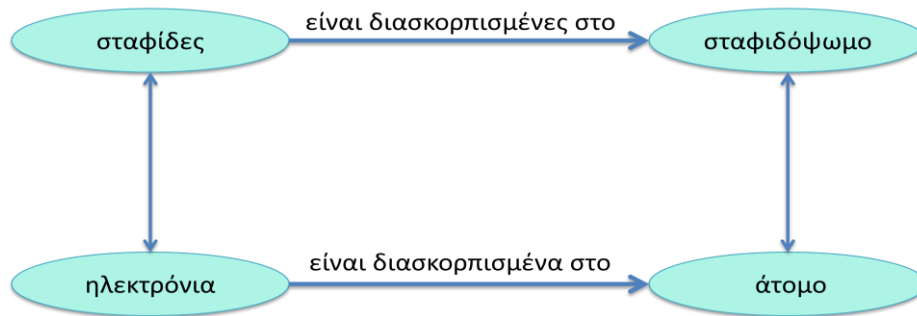
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική-Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XVII

Αναλογία 8^η

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

«Ο Τόμσον εισήγαγε το λεγόμενο μοντέλο του «σταφιδόψωμο» για το άτομο, σύμφωνα με το οποίο τα ηλεκτρόνια ήταν εγκατεσπαρμένα σαν σταφίδες μέσα σε μια «θάλασσα» από θετικά φορτισμένη ζύμη.»



Σχήμα 11

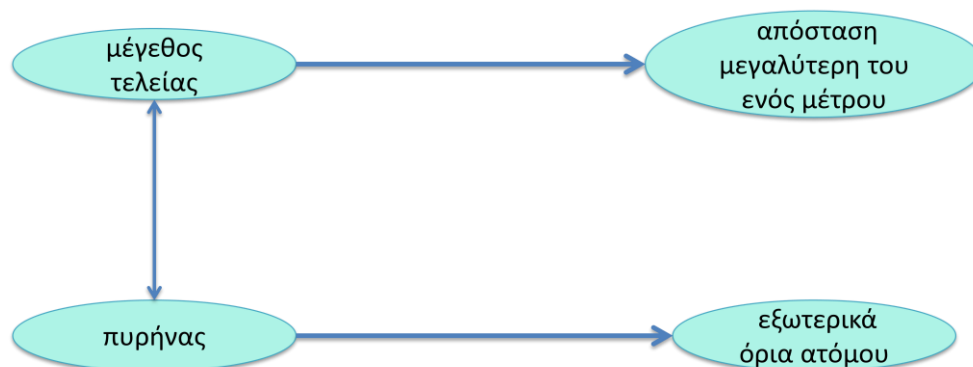
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XVIII

Αναλογία 9^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.11, σελ. 215

«Όπως και το ηλιακό σύστημα, το άτομο είναι ως επί το πλείστον κενός χώρος- χώρος στον οποίο στροβιλίζονται ηλεκτρόνια.[...]Με άλλα λόγια, αν ο πυρήνας είχε το μέγεθος της τελείας στο τέλος αυτής της πρότασης, τα εξωτερικά όρια του ατόμου θα βρίσκονταν σε απόσταση μεγαλύτερη του ενός μέτρου.»



Σχήμα 12

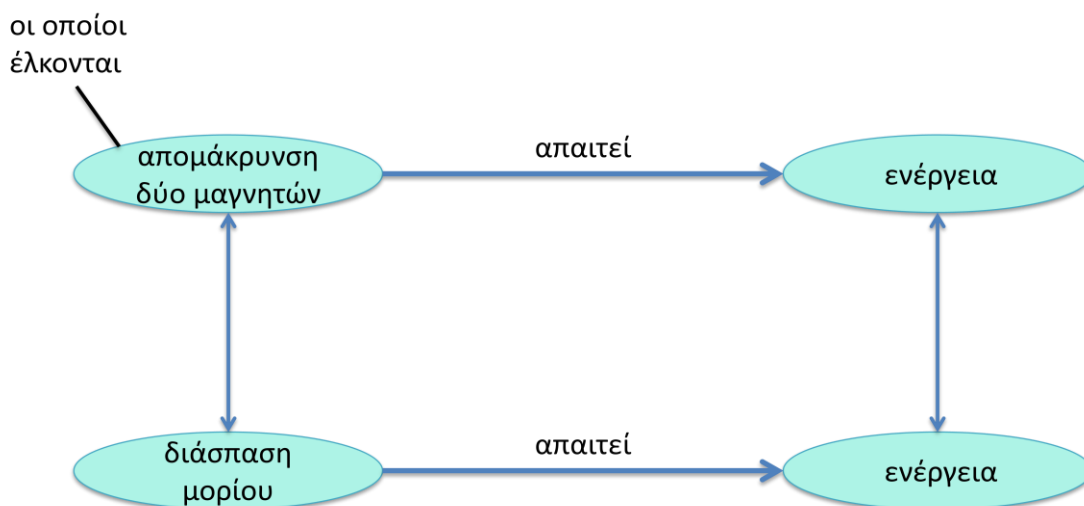
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XIX

Αναλογία 10^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.11, σελ. 224

«Για να διασπαστεί ένα μόνιο απαιτείται ενέργεια. Αυτό μπορείτε να το αντιληφθείτε καλύτερα αν φανταστείτε δύο μαγνήτες ενωμένους μεταξύ τους λόγω της αμοιβαίας τους έλξης. Ακριβώς όπως για να απομακρυνθεί ο ένας μαγνήτης από τον άλλον απαιτείται κάποια «μυϊκή ενέργεια», έτσι και για να διασπαστεί ένα μόνιο απαιτείται ενέργεια.»



Σχήμα 13

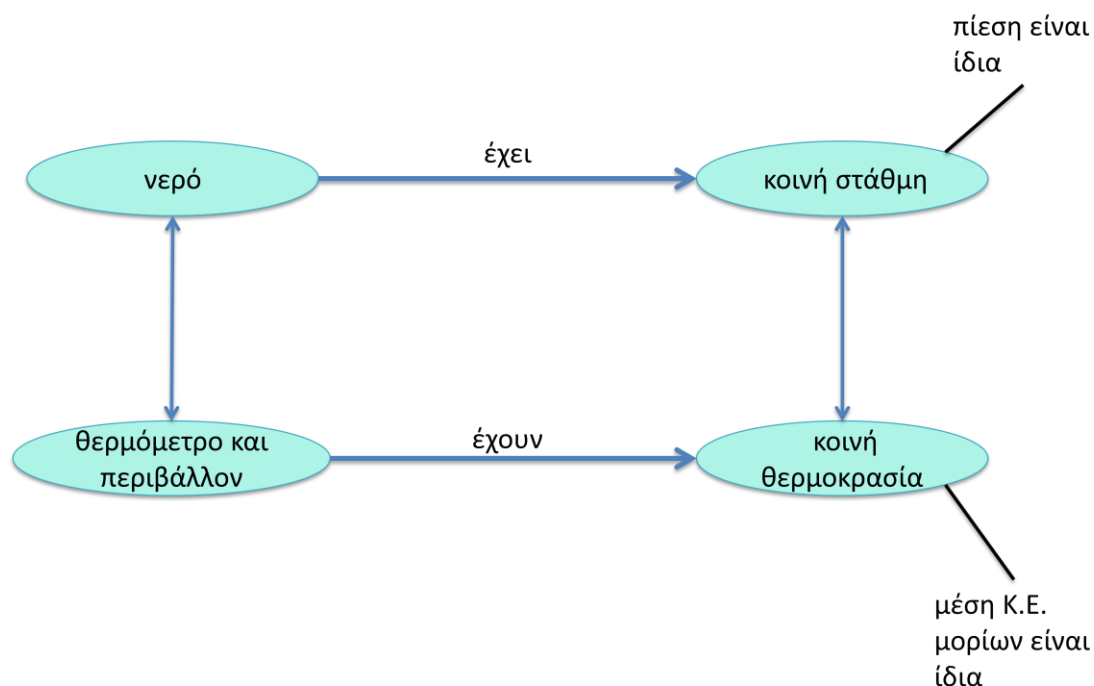
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XX

Αναλογία 11^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.15, σελ. 297

«Όπως το νερό στα δύο σκέλη του πεταλοειδούς σωλήνα «αναζητά» μια κοινή στάθμη (ώστε η πίεση σε οποιοδήποτε δεδομένο βάθος να είναι ίδια και στα δύο σκέλη), έτσι και το θερμόμετρο και το άμεσο περιβάλλον του φτάνουν σε μια κοινή θερμοκρασία (οπότε η μέση κινητική ενέργεια των μορίων είναι ίδια και στα δύο).»



Σχήμα 14

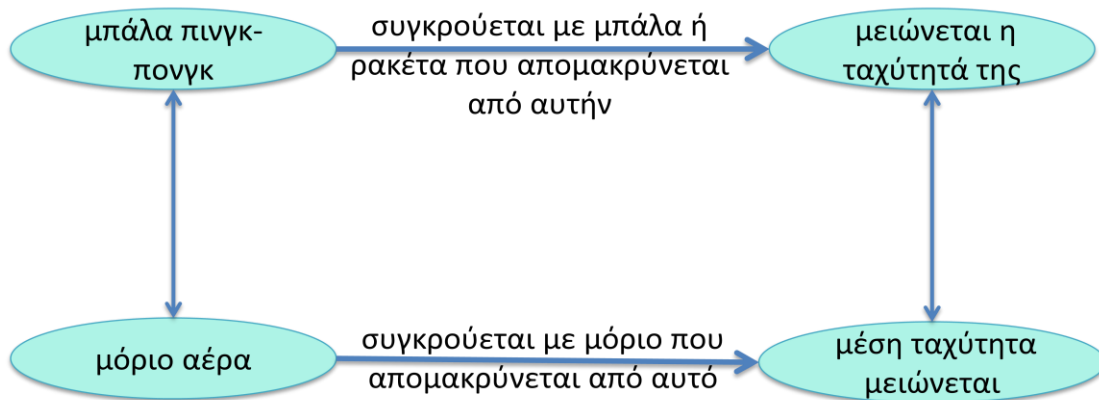
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Θερμοδυναμική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXI

Αναλογία 12^η

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 πινγκ-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 πλείστον, με μόρια που απομακρύνονται, και όχι με μόρια που πλησιάζουν.»



Σχήμα 15

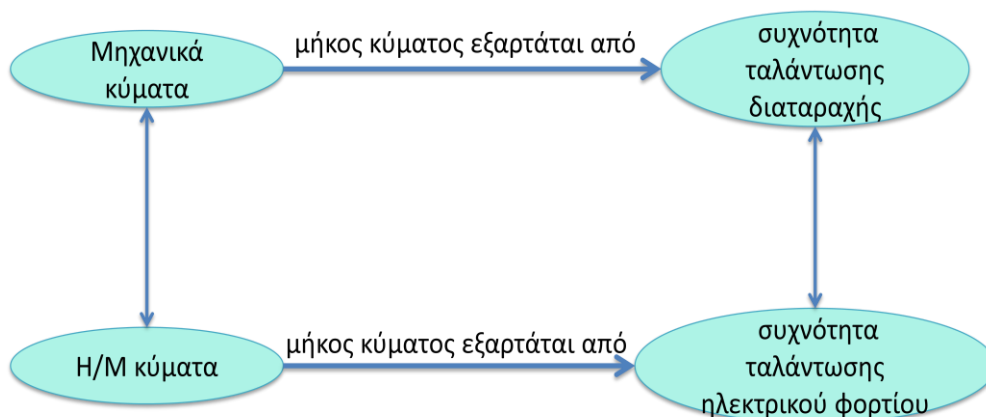
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXII

Αναλογία 13^η

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.»



Σχήμα 16

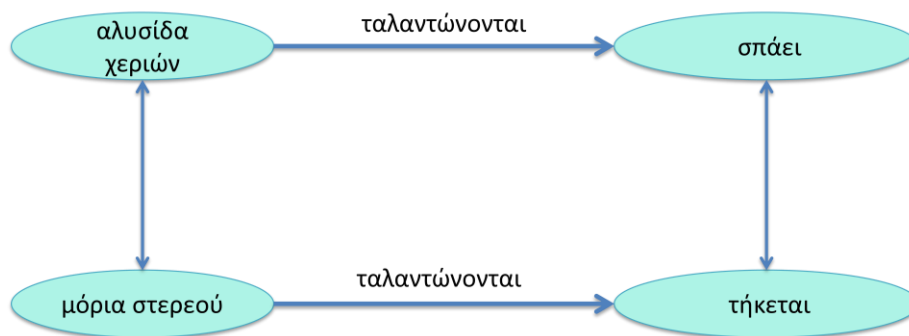
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Κυματική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXIII

Αναλογία 14^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.17, σελ. 336

«Αν υποθέσουμε ότι κρατιέστε με κάποιον από τα χέρια και αρχίζετε να χοροπηδάτε και οι δύο στην τύχη. Όσο πιο απότομα πηδάτε, τόσο πιο δύσκολο γίνεται να κρατιέστε. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει με τα μόρια ενός στερεού, όταν θερμαίνεται. Καθώς απορροφούν θερμότητα, ταλαντώνονται όλο και πιο έντονα.»



Σχήμα 17

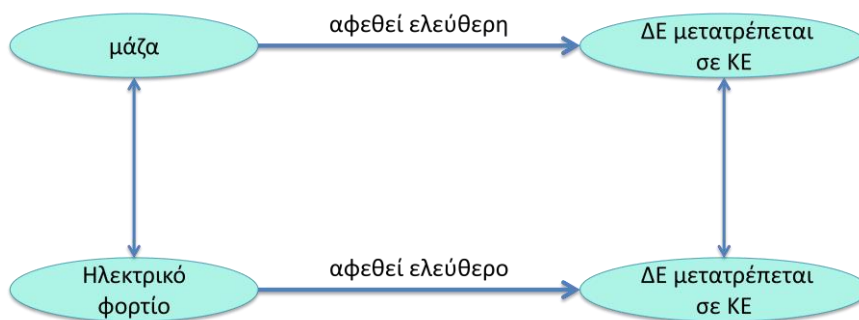
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Θερμοδυναμική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXIV

Αναλογία 15^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.22, σελ. 433

«Όταν μια μάζα που συγκρατείται σε ένα βαρυτικό πεδίο αφεθεί ελεύθερη, η βαρυτική δυναμική της ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική. Όταν ένα φορτισμένο σωματίο που συγκρατείται σε ένα ηλεκτρικό πεδίο αφεθεί ελεύθερο, η δυναμική του ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική.»



Σχήμα 18

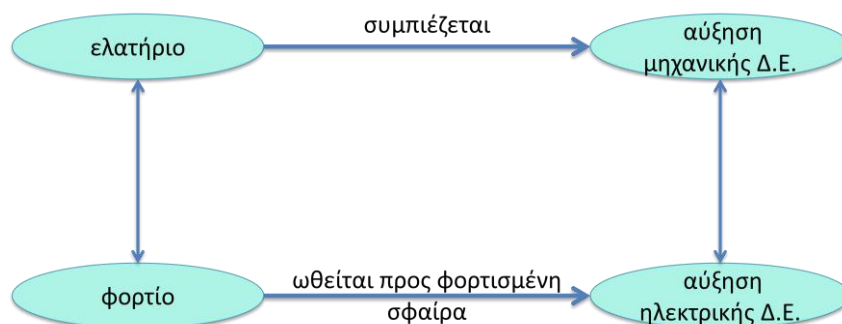
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXV

Αναλογία 16^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.22, σελ. 433

«Όταν το ελατήριο συμπιέζεται, η μηχανική δυναμική του ενέργεια αυξάνεται. Αντίστοιχα, όταν το φορτισμένο σωματίο ωθείται πλησιέστερα προς τη φορτισμένη σφαίρα, η ηλεκτρική δυναμική του ενέργεια αυξάνεται. Και στις δύο περιπτώσεις, η αύξηση της δυναμικής ενέργειας είναι αποτέλεσμα του έργου που καταβλήθηκε.»



Σχήμα 19

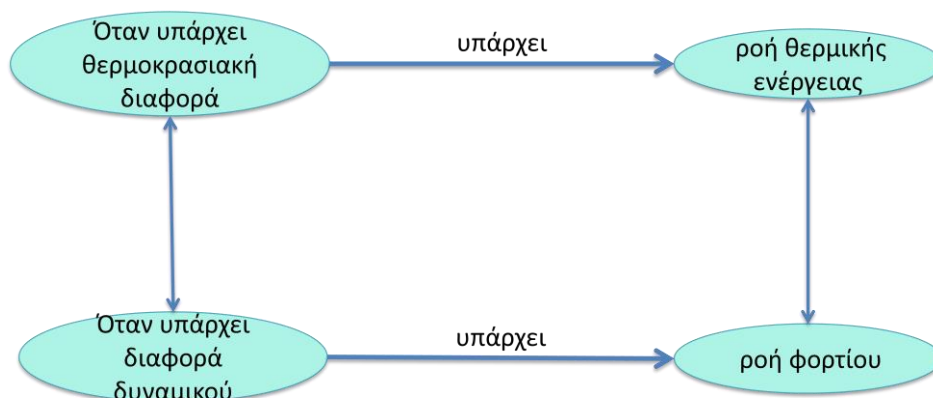
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXVI

Αναλογία 17^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.23, σελ. 442

«Όταν τα άκρα ενός αγώγιμου μέσου βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, υπάρχει ροή θερμικής ενέργειας από την περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλότερης θερμοκρασίας. Αντίστοιχα, όταν τα άκρα ενός ηλεκτρικού αγωγού βρίσκονται σε διαφορετικό ηλεκτρικό δυναμικό- όταν, δηλαδή, υπάρχει μεταξύ τους διαφορά δυναμικού- υπάρχει ροή φορτίου από το ένα άκρο προ το άλλο.»



Σχήμα 20

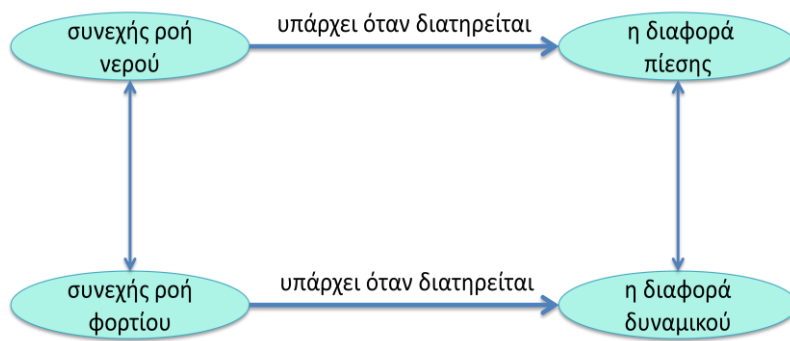
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXVII

Αναλογία 18^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.23, σελ. 443

«Για να επιτευχθεί συνεχής ροή φορτίου σε ένα αγωγό, θα πρέπει να εξασφαλιστεί με κάποιον τρόπο η διατήρηση της διαφοράς δυναμικού καθώς το φορτίο ρέει από το ένα άκρο στο άλλο. Η κατάσταση εδώ είναι ανάλογη με τη ροή νερού από ένα δοχείο με υψηλή στάθμη νερού προς ένα άλλο με χαμηλότερη στάθμη. Μέσα στο σωλήνα που συνδέει τα δύο δοχεία θα υπάρχει ροή μόνο όσο υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο σταθμών.»



Σχήμα 21

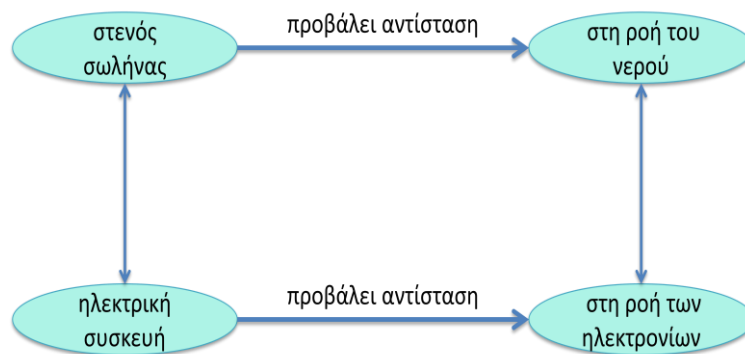
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXVIII

Αναλογία 19^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.23, σελ. 444

«Σε ένα υδραυλικό κύκλωμα, ένας στενός σωλήνας προβάλλει αντίσταση στη ροή του νερού. Σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ένας λαμπτήρας ή κάποια ηλεκτρική συσκευή προβάλλει αντίσταση στη ροή των ηλεκτρονίων.»



Σχήμα 22

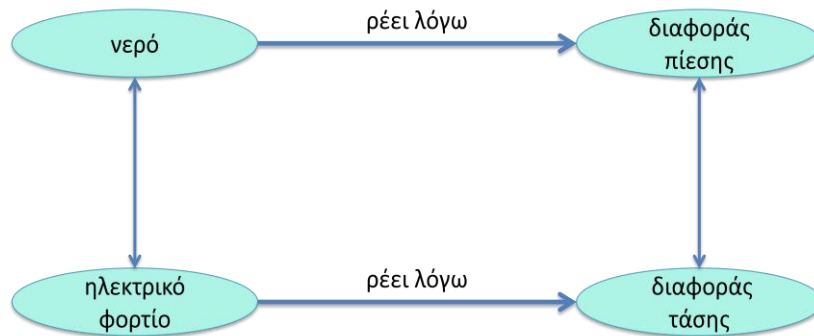
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXIX

Αναλογία 20^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.23, σελ. 444

«Το νερό ρέει διαμέσου του σωλήνα όταν υπάρχει κάποια διαφορά πίεσης στα άκρα ή, αλλιώς, μεταξύ των άκρων. Αυτό που ρέει είναι μόνο το νερό, και όχι η πίεση. Αντίστοιχα, το ηλεκτρικό φορτίο ρέει λόγω διαφοράς στην ηλεκτρική πίεση (τάση).»



Σχήμα 23

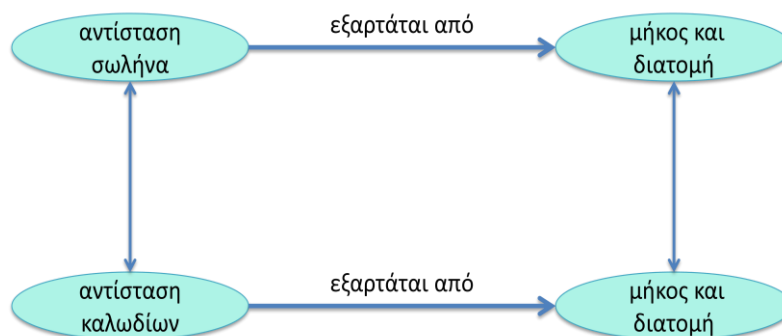
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXX

Αναλογία 21^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.23, σελ. 445

«Ένας σωλήνας μικρού μήκους παρουσιάζει μικρότερη αντίσταση στη ροή νερού απ' ότι ένας μακρύτερος, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η διατομή του σωλήνα, τόσο μικρότερη είναι η αντίστασή του. Ακριβώς τα ίδια ισχύουν και με την αντίσταση των ρευματοφόρων καλωδίων.»



Σχήμα 24

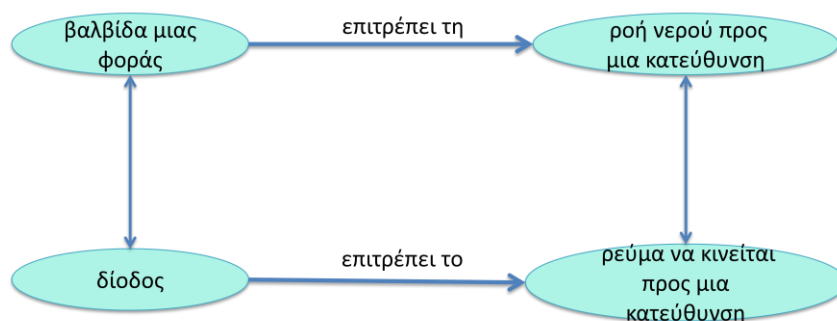
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική-Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXXI

Αναλογία 22^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.23, σελ. 449

«...δίοδο, μια μικροσκοπική ηλεκτρονική διάταξη που δρα σαν βαλβίδα μιας φοράς. Όπως υποδηλώνει το σύμβολο, το ρεύμα κινείται κατά τη φορά του βέλους, αλλά όχι αντίθετα.»



Σχήμα 25

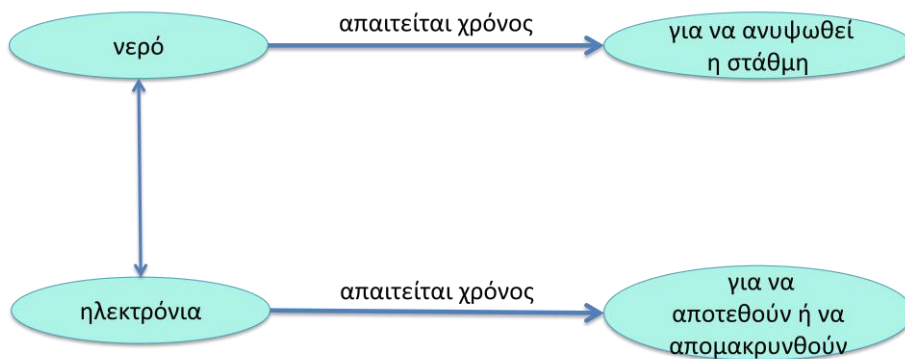
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXXII

Αναλογία 23^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.23, σελ. 449

«Ακριβώς όπως όταν προσθέτουμε νερό σε μια δεξαμενή απαιτείται κάποιος χρόνος για να ανυψωθεί η στάθμη του, έτσι και για να αποτεθούν ή να απομακρυνθούν ηλεκτρόνια από τους σπλισμούς ενός πυκνωτή απαιτείται κάποιος χρόνος.»



Σχήμα 26

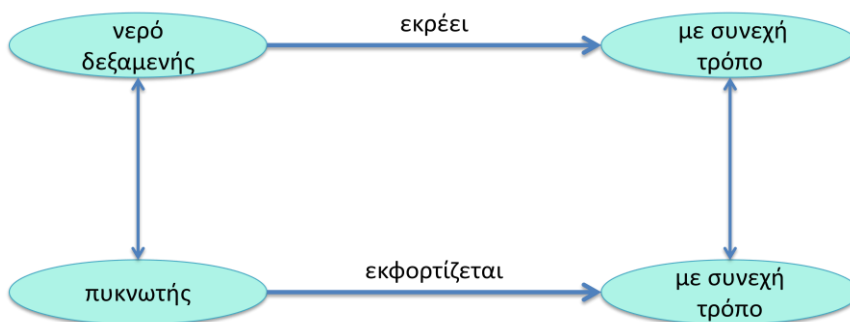
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXXIII

Αναλογία 24^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.23, σελ. 450

«Παρόλο που το νερό μπορεί να εισρέει στη δεξαμενή με διαδοχικές εκχύσεις εκρέει με συνεχή και ομαλό τρόπο. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει με ένα πυκνωτή.»



Σχήμα 27

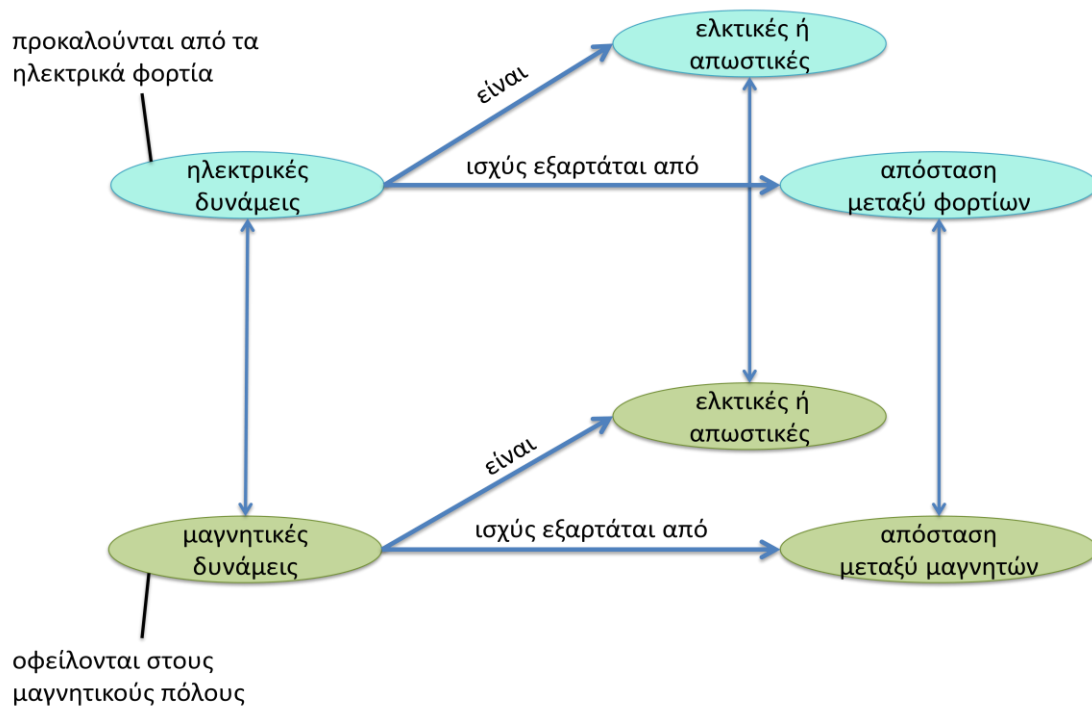
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXXIV

Αναλογία 25^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.24, σελ. 463

«Οι δυνάμεις μεταξύ μαγνητών είναι παρόμοιες προς τις ηλεκτρικές, αφού οι μαγνήτες είναι δυνατόν και να έλκονται και να απωθούνται χωρίς επαφή, ανάλογα με το ποια άκρα τους φέρονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Μια άλλη ομοιότητα με τις ηλεκτρικές δυνάμεις είναι ότι η ισχύς της αλληλεπίδρασης εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των μαγνητών. Ενώ οι ηλεκτρικές δυνάμεις προκαλούνται από τα ηλεκτρικά φορτία, οι μαγνητικές οφείλονται στις περιοχές που ονομάζονται μαγνητικοί πόλοι.»



Σχήμα 28

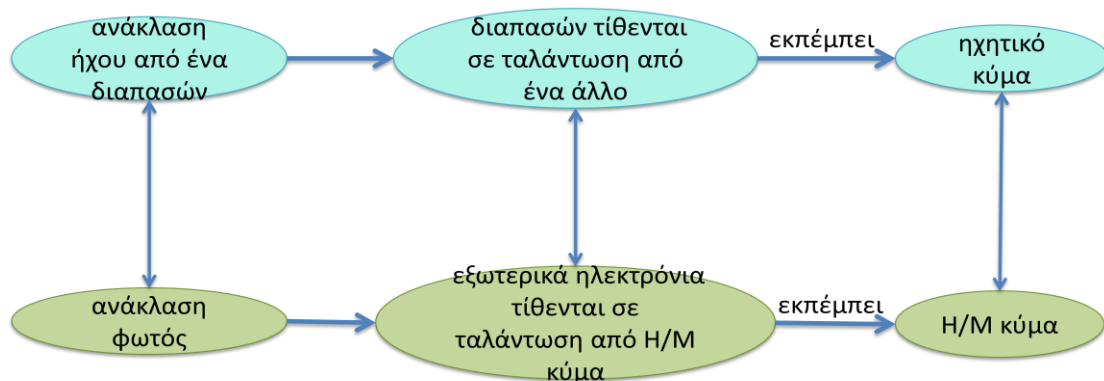
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Μαγνητισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Ναι

Πίνακας XXXV

Αναλογία 26^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.27, σελ. 520

« Η ανάκλαση του φωτός από ένα αντικείμενο είναι κατά κάποιον τρόπο παρόμοια με την ανάκλαση του ήχου από ένα διαπασών, όταν αυτό τίθεται σε ταλάντωση από ένα άλλο κοντινό διαπασών.[...]»



Σχήμα 29

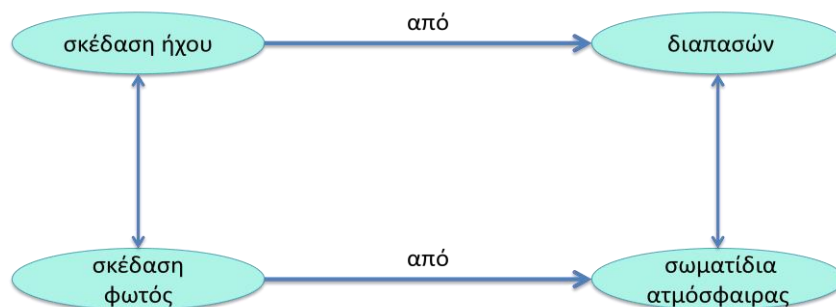
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Οπτική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXXVI

Αναλογία 27^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.27, σελ. 526

«Ας θεωρήσουμε την αντίστοιχη περίπτωση σκέδασης των ηχητικών κυμάτων: Όταν ένας ηχητικός κυματοσυρμός ορισμένης συχνότητας προσπίπτει σε ένα διαπασών παραπλήσιας φυσικής συχνότητας, το διαπασών τίθεται σε ταλάντωση και επανεκπέμπει την ηχητική δέσμη προς διάφορες κατευθύνσεις. Το διαπασών, δηλαδή, σκεδάζει τον ήχο. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με το φως, το οποίο σκεδάζεται από άτομα και σωματίδια που βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους, όπως είναι τα σωματίδια της ατμόσφαιρας.»



Σχήμα 30

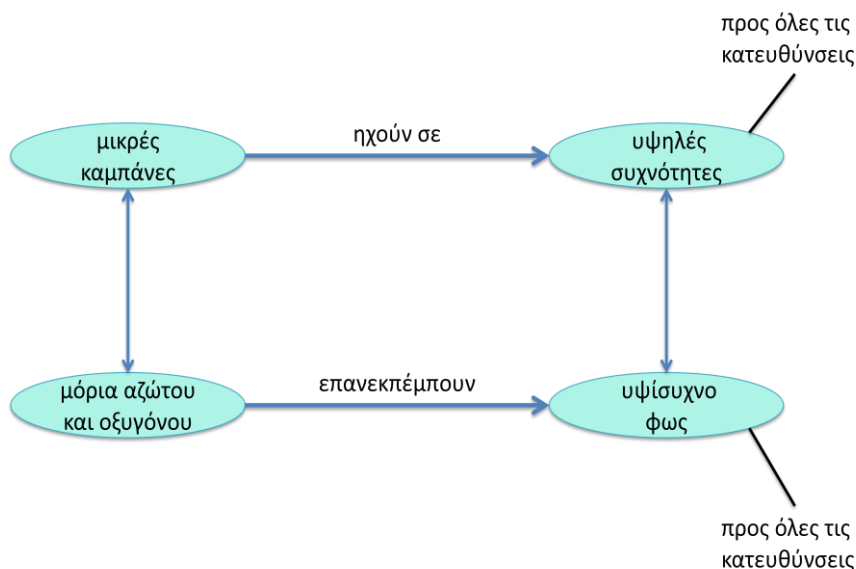
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Οπτική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXXVII

Αναλογία 28^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.27, σελ. 528

«Όσο μικρότερο είναι ένα σωματίο, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα υψίσυχνου φωτός θα επανεκπέμψει. Αυτό είναι αντίστοιχο με το γεγονός ότι οι μικρές καμπάνες ηχούν σε υψηλότερους φθόγγους από τις μεγάλες. Τα μόρια του αζώτου και του οξυγόνου μπορούν να θεωρηθούν σαν μικροσκοπικές καμπάνες, που «ηχούν» σε υψηλές συχνότητες, όταν διεγείρονται από το ηλιακό φώς. Όπως συμβαίνει και με τον ήχο της καμπάνας το φως επανεκπέμπεται προς όλες τις κατευθύνσεις.»



Σχήμα 31

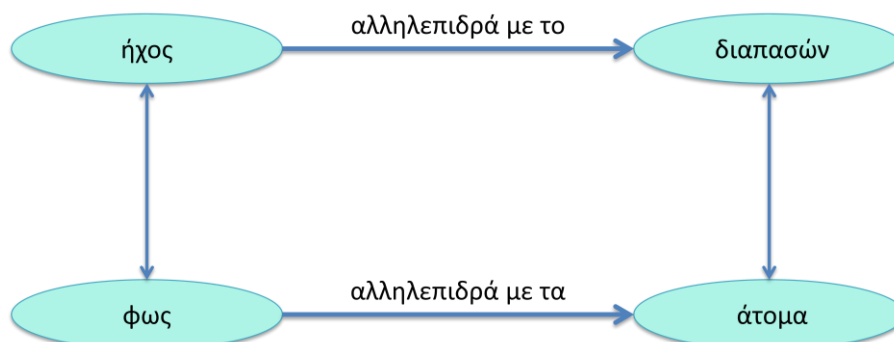
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Οπτική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXXVIII

Αναλογία 29^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.28, σελ. 537

«Το φως αλληλεπιδρά με τα άτομα όπως ο ήχος αλληλεπιδρά με το διαπασών»



Σχήμα 32

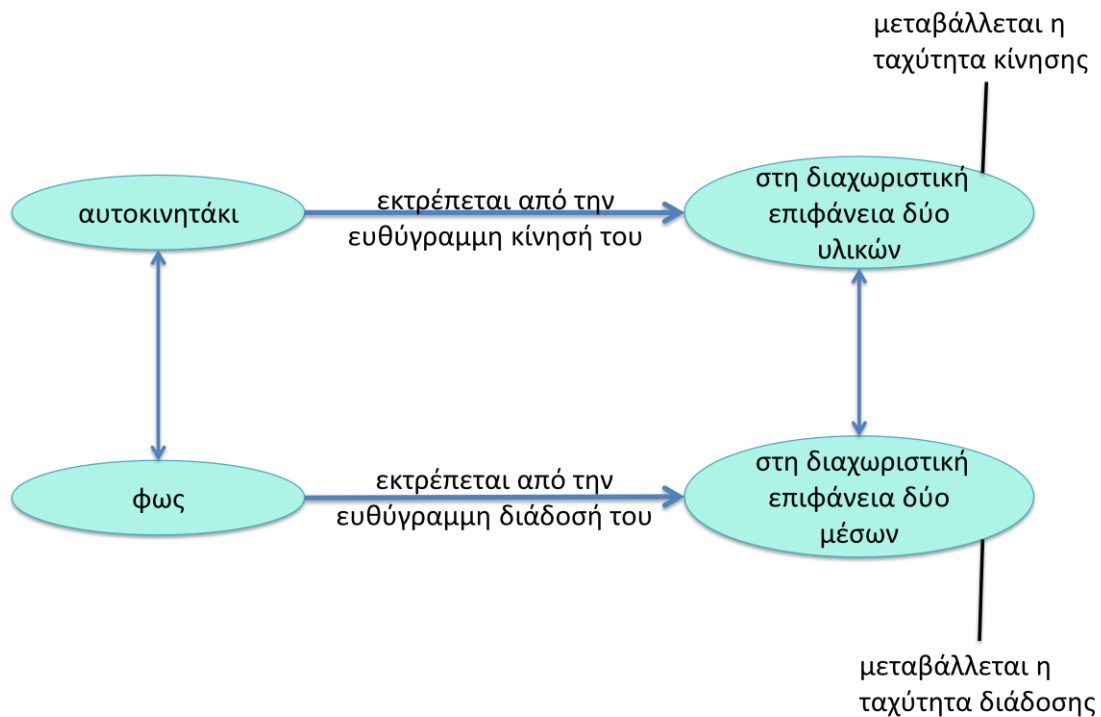
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Οπτική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XXXIX

Αναλογία 30^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.28, σελ. 546

«Μπορούμε να καταλάβουμε το φαινόμενο της διάθλασης, εξετάζοντας πως συμπεριφέρεται ένα ζεύγος τροχών από ένα φορτηγό παιχνίδι που συνδέονται μεταξύ τους με έναν άξονα, όταν κυλούν από ένα λείο πεζοδρόμιο σε ένα παρτέρι με γρασίδι. Αν οι τροχοί συναντήσουν το γρασίδι υπό κάποια γωνία, θα εκτραπούν από την ευθύγραμμη πορεία τους. [...] Με παρόμοιο τρόπο εκτρέπεται και ένα φωτεινό κύμα.»



Σχήμα 33

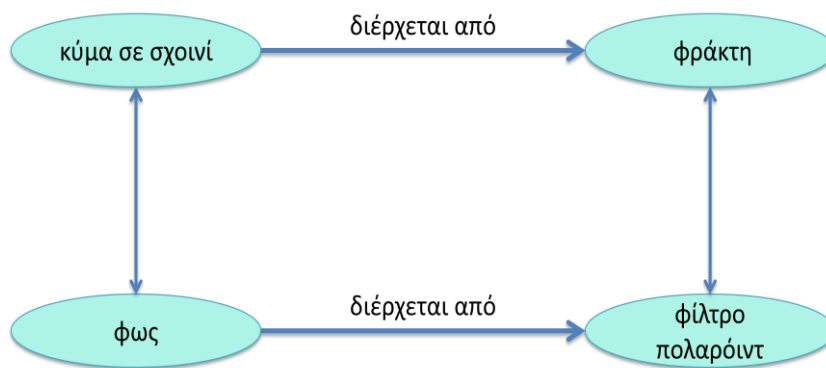
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Οπτική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧΙ

Αναλογία 31ⁿ

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.29, σελ. 582

«Το μηχανικό ανάλογο με τα κύματα που διαδίδονται στο σχοινί δείχνει σχηματικά τι συμβαίνει στην περίπτωση των διασταυρωμένων φίλτρων πολαρόιντ.»



Σχήμα 34

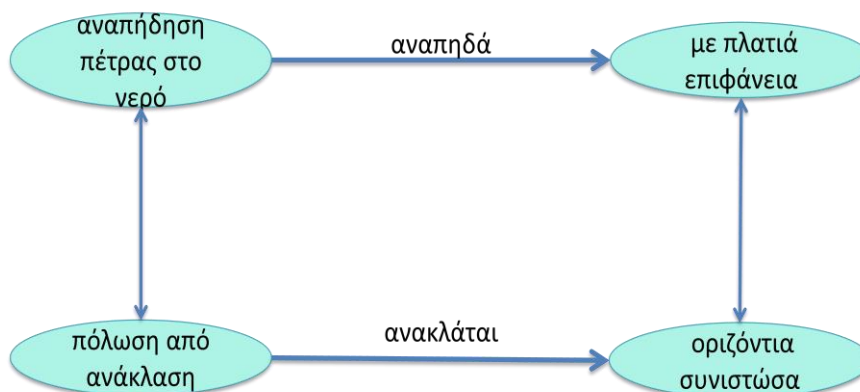
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Οπτική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική-Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧLI

Αναλογία 32¹

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.29, σελ. 582

«Το φως που ανακλάται από μη μεταλλικές επιφάνειες είναι πολωμένο σε σημαντικό βαθμό. Ένα καλό παράδειγμα είναι η λάμψη μιας γυάλινης επιφάνειας ή του νερού. Αν εξαιρέσουμε την κάθετη πρόσπτωση, η ανακλώμενη ακτίνα περιέχει περισσότερες δονήσεις παράλληλες προς την ανακλώσα επιφάνεια, ενώ η διερχόμενη δέσμη περιέχει περισσότερες δονήσεις κάθετες προς αυτές του ανακλώμενου φωτός. Το φαινόμενο αυτό μοιάζει με την αναπήδηση που κάνουν οι πεπλατυσμένες πέτρες στην επιφάνεια της θάλασσας. Όταν μια πέτρα πέφτει στο νερό με την πεπλατυσμένη όψη της παράλληλη προς την επιφάνειά του, αναπηδά εύκολα. Αν όμως πέσει με την πεπλατυσμένη επιφάνεια στραμμένη υπό κάποια γωνία ως προς την επιφάνεια του νερού, «διαθλάται» και βυθίζεται στο νερό.»



Σχήμα 35

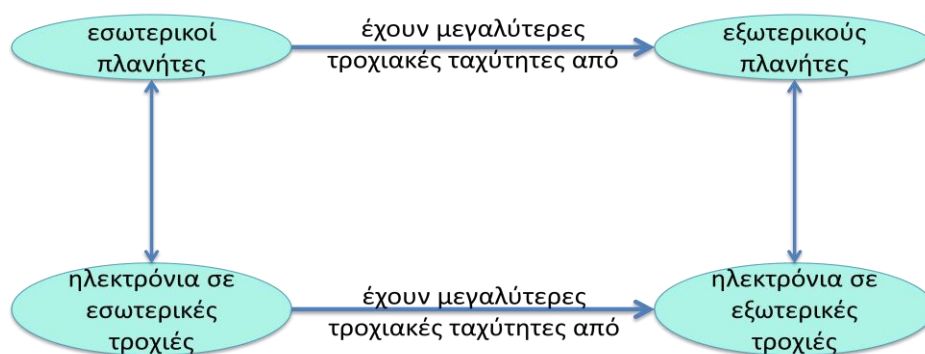
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Οπτική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικό
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧLII

Αναλογία 33^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.30, σελ. 593

«Όπως ακριβώς οι εσωτερικοί πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος έχουν μεγαλύτερες τροχιακές ταχύτητες από τους εξωτερικούς, έτσι και τα ηλεκτρόνια στις εσωτερικές τροχιές του ατόμου έχουν μεγαλύτερες ταχύτητες.»



Σχήμα 36

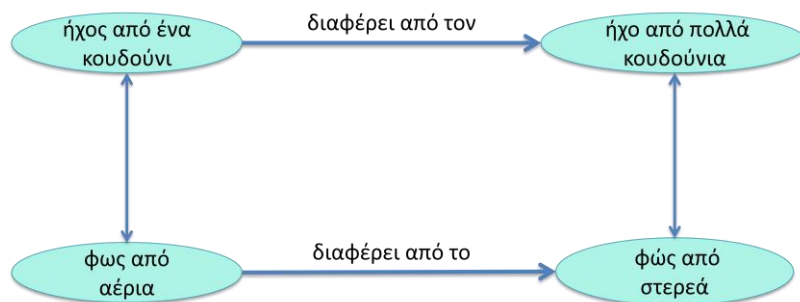
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧLIII

Αναλογία 34^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.30, σελ. 596

«Το φως που εκπέμπουν άτομα που βρίσκονται μακριά το ένα από το άλλο στην αέρια κατάσταση είναι εντελώς διαφορετικό από το φως που εκπέμπουν τα ίδια άτομα όταν είναι πυκνά στοιβαγμένα στη στερεά κατάσταση. Αντίστοιχα ο ήχος ενός κουδουνιού διαφέρει από τον ήχο που παράγεται από ένα κιβώτιο γεμάτο κουδούνια.»



Σχήμα 37

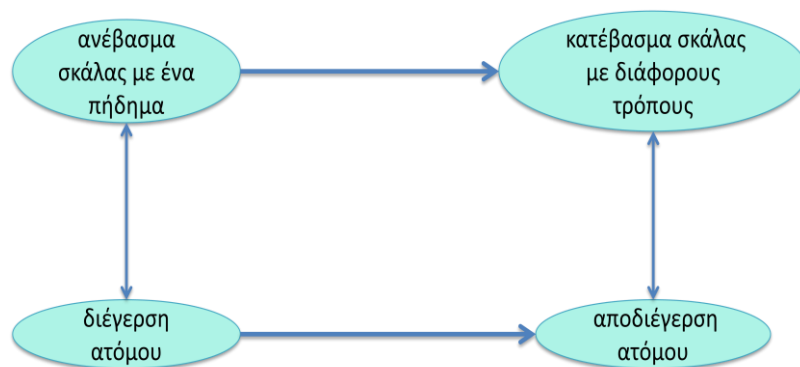
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Οπτική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XLIV

Αναλογία 35^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.30, σελ. 599

«Αυτή η διεργασία διέγερσης και αυτοδιέγερσης είναι κάτι αντίστοιχο με το να ανέβει κανείς μια μικρή σκάλα με ένα μόνο πήδημα και κατόπιν να την κατέβει ένα-ένα ή δυο-δυο σκαλοπάτια και όχι διαμιάς.»



Σχήμα 38

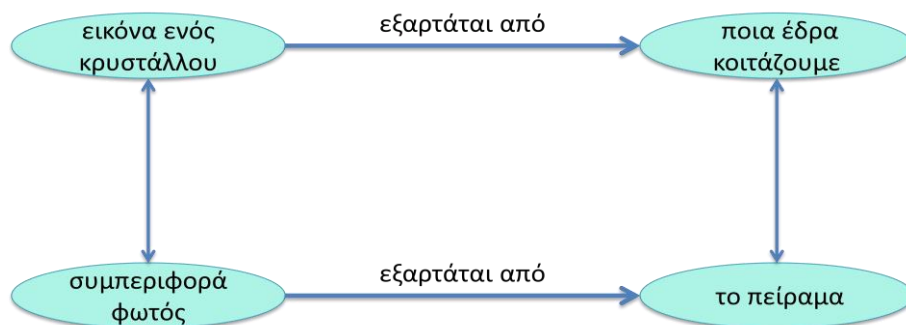
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XLV

Αναλογία 36^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.31, σελ. 622

«Όπως το έθεσε ο Μπορ, οι κβαντικές οντότητες εκδηλώνουν συμπληρωματικές ιδιότητες- εμφανίζονται είτε ως σωμάτια είτε ως κύματα- ανάλογα με τον τύπο του εκτελούμενου πειράματος.[...] Η συμπληρωματικότητα δεν είναι ένας συμβιβασμός, ούτε σημαίνει ότι η αλήθεια για το φως, στην ολότητά της βρίσκεται κάπου στο ενδιάμεσο μεταξύ σωματιδίου και κύματος. Είναι κάτι αντίστοιχο με το να κοιτάζει κανείς τις έδρες ενός κρυστάλλου. Αυτό που βλέπει εξαρτάται από το ποια έδρα κοιτάζει, [...]»



Σχήμα 39

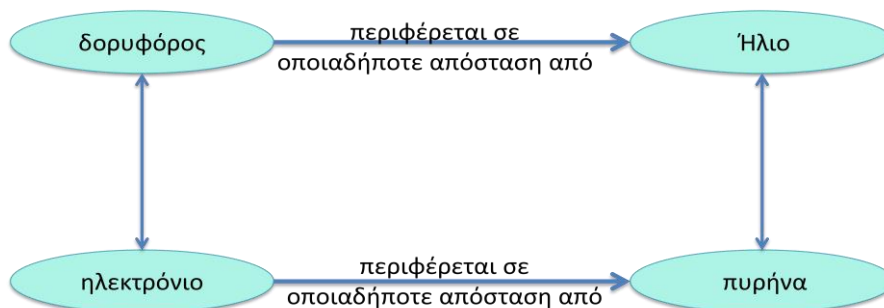
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XLVI

Αναλογία 37^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.32, σελ. 635

«Θεωρούσαν λοιπόν εύλογο ότι, όπως ένας δορυφόρος μπορεί να περιφέρεται σε οποιαδήποτε απόσταση από τον Ήλιο, έτσι και το ηλεκτρόνιο θα έπρεπε να μπορεί να περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα σε οποιαδήποτε ακτινική απόσταση[...]»



Σχήμα 40

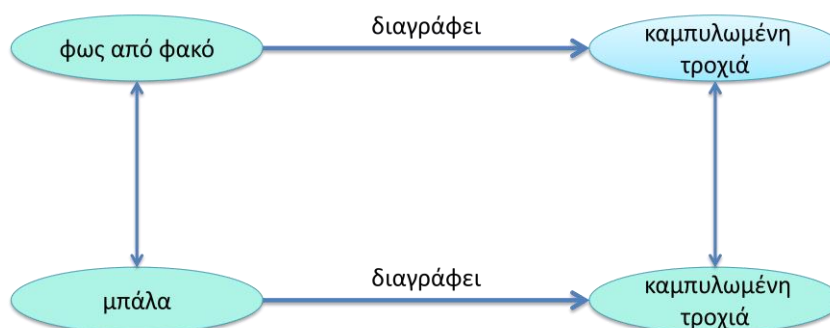
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XLVII

Αναλογία 38^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.36, σελ. 729

«Η τροχιά της φωτεινής δέσμης ενός φακού είναι ακριβώς η ίδια με την τροχιά που θα διέγραφε μια μπάλα που θα εκσφενδονιζόταν με την ταχύτητα του φωτός. Οι δυο τροχιές καμπυλώνονται εξίσου σε ένα ομογενές βαρυντικό πεδίο.»



Σχήμα 41

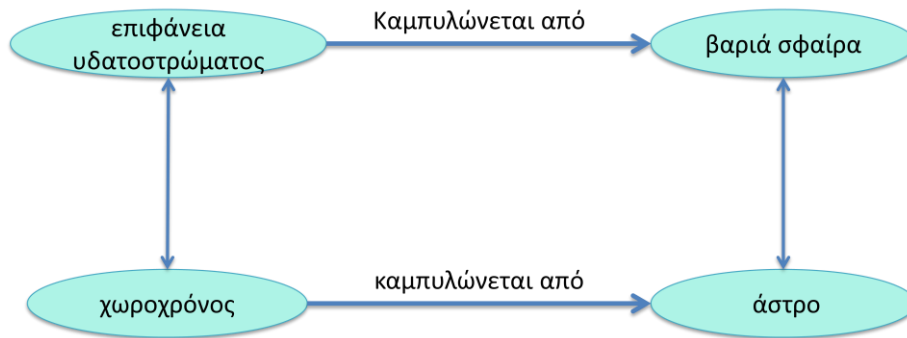
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XLVIII

Αναλογία 39^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.36, σελ. 736

«Ένα δισδιάστατο ανάλογο του τετραδιάστατου στρεβλωμένου χωροχρόνου. Ο χωροχρόνος κοντά σε ένα άστρο καμπυλώνεται κατά τρόπο παρόμοιο με την επιφάνεια ενός υδατοστρώματος πάνω στο οποίο ηρεμεί μια βαριά σφαίρα.»



Σχήμα 42

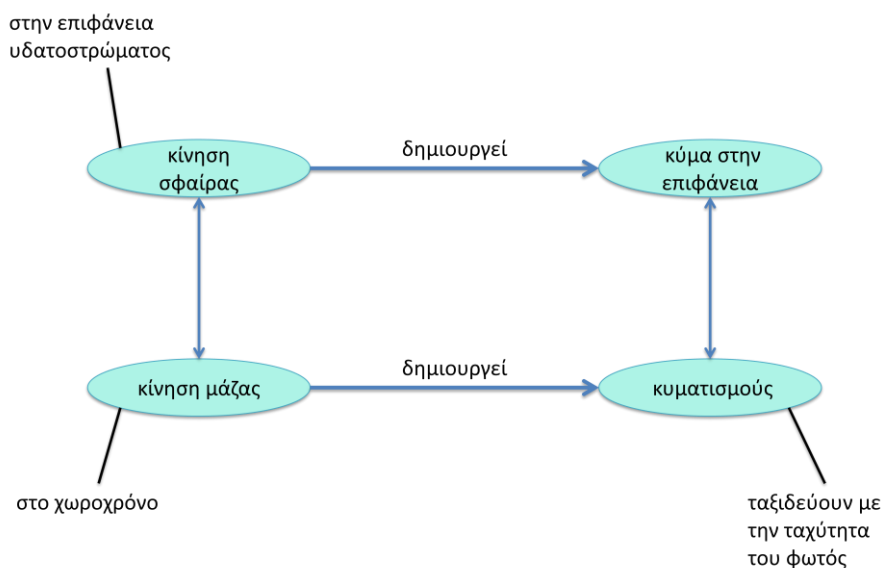
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧΛΙΧ

Αναλογία 40^η

Πηγή: Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής, κεφ.36, σελ. 736

«Όταν η κίνηση ενός αντικειμένου μεταβάλλεται, η παραμόρφωση του περιβάλλοντος χωροχρόνου κινείται, ώστε να προσαρμοστεί στη νέα θέση του αντικειμένου. Η αναπροσαρμογή αυτή δημιουργεί κυματισμούς (ή ρυτιδώσεις) στην όλη γεωμετρία του χωροχρόνου. Αυτό είναι αντίστοιχο με το να θέσει κανείς σε κίνηση μια σφαίρα που ηρεμεί στην επιφάνεια ενός υδατοστρώματος. Στην περίπτωση αυτή, θα διαδοθεί στην επιφάνεια του υδατοστρώματος μια διαταραχή υπό τη μορφή κυμάτων, προκαλώντας στην επιφάνεια ρυτιδώσεις.[...]»



Σχήμα 43

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

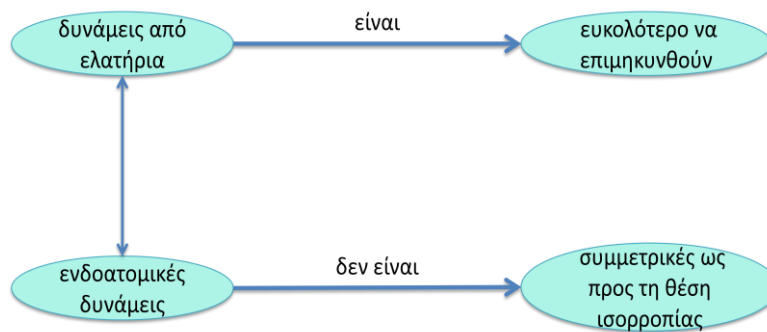
Πίνακας L

2.4.2 Αναλογίες από τον Young

Αναλογία 1^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.17, σελ. 647

«Μπορούμε να κατανοήσουμε τη θερμική διαστολή ποιοτικά σε μοριακό επίπεδο. Φανταστείτε τις ενδοατομικές δυνάμεις σε ένα στερεό ως προερχόμενες από ελατήρια.»



Σχήμα 44

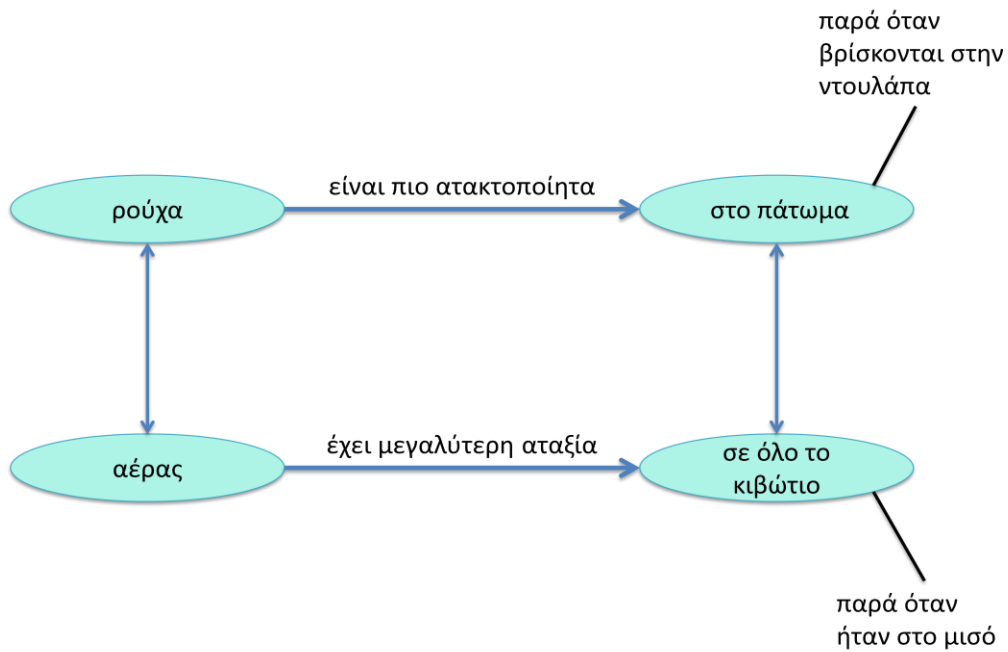
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Θερμοδυναμική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LI

Αναλογία 2^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.20, σελ. 755

«ο αέρας έχει μεγαλύτερη αταξία μετά την εκτόνωσή του σε ολόκληρο το κιβώτιο απ' ότι είχε, όταν ήταν περιορισμένο στο ένα τμήμα, ακριβώς όπως τα ρούχα σου είναι πιο ατακτοποιήτα όταν διασκορπίζονται στο πάτωμα σε αντίθεση με την τοποθέτησή τους σε ντουλάπα.»



Σχήμα 45

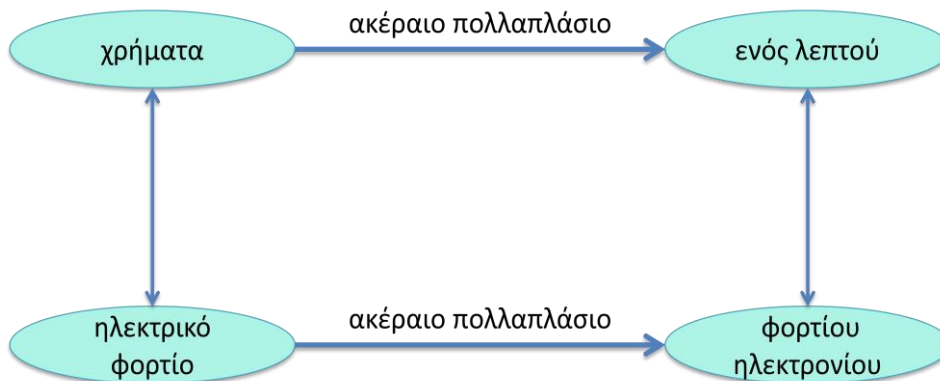
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Θερμοδυναμική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LII

Αναλογία 3^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.21, σελ. 796

«Θεωρούμε το φορτίο κβαντωμένο. Ένα οικείο παράδειγμα κβάντωσης είναι το χρήμα.»



Σχήμα 46

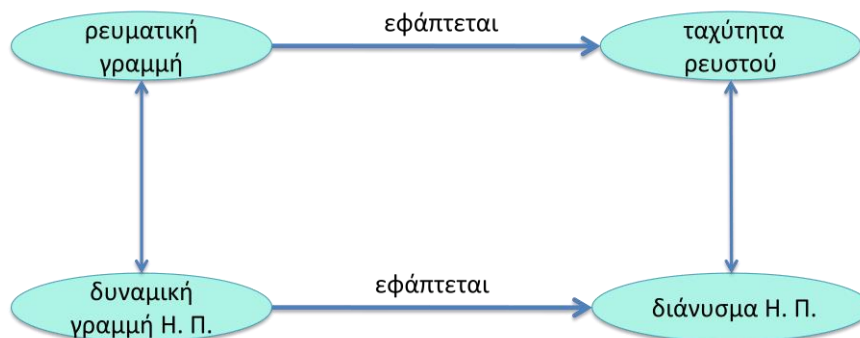
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LIII

Αναλογία 4^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.21, σελ. 818

«Όμως η συσχέτιση μεταξύ ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών και των ρευματικών γραμμών ενός ρευστού αποτελεί μόνο μαθηματική ομοιότητα. Δεν υπάρχει τίποτα που να ρέει σε ηλεκτρικό πεδίο.»



Σχήμα 47

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Ναι

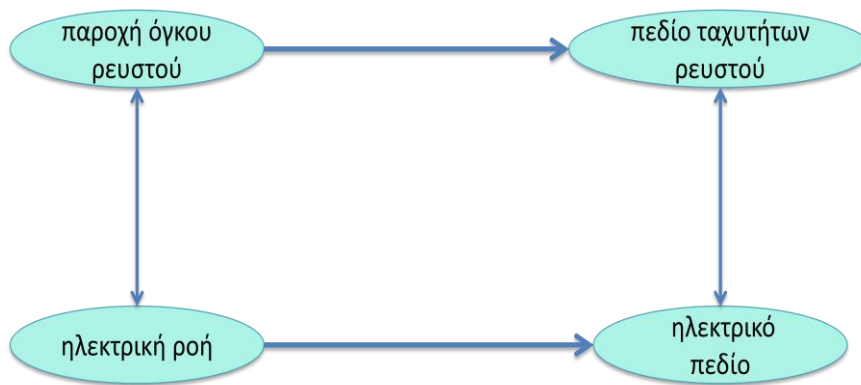
Πίνακας LIV

Αναλογία 5^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.22, σελ. 840

Απόσπασμα:

«χρησιμοποιούμε και πάλι την αναλογία μεταξύ του ηλεκτρικού πεδίου E και του πεδίου ταχυτήτων u σε κινούμενο ρευστό. Μην ξεχνάτε, ότι αυτό αποτελεί μόνο μια αναλογία, ένα ηλεκτρικό πεδίο δεν ρέει.»



Σχήμα 48

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Ναι

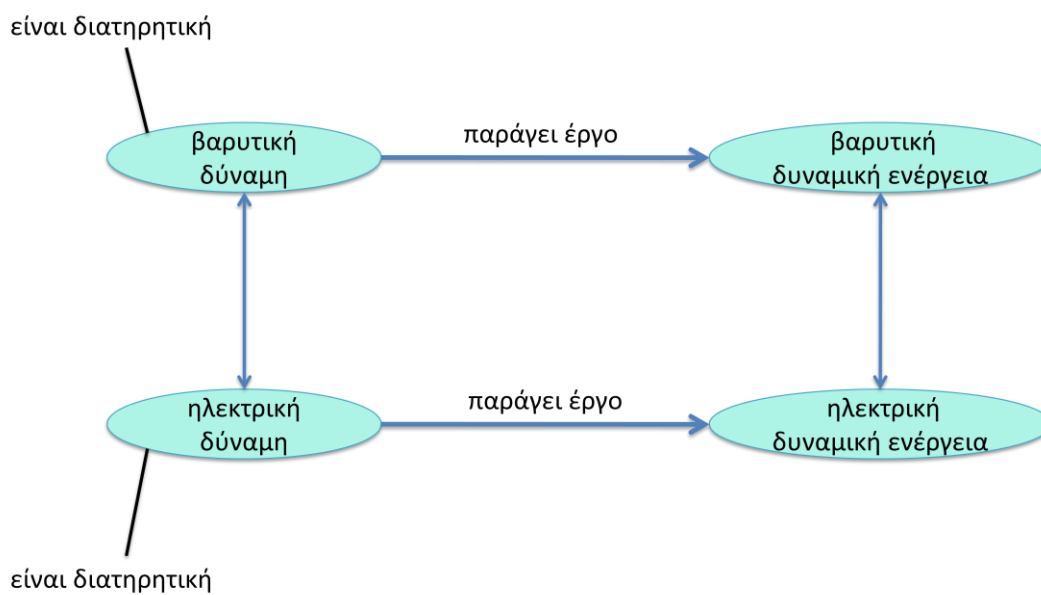
Πίνακας LV

Αναλογία 6^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.23, σελ. 870

Απόσπασμα:

«Όταν πετάμε μια μπάλα προς τα επάνω, η βαρυτική δύναμη παράγει αρνητικό έργο κατά τη διάρκεια της ανόδου και η δυναμική ενέργεια αυξάνεται.[...]»



Σχήμα 49

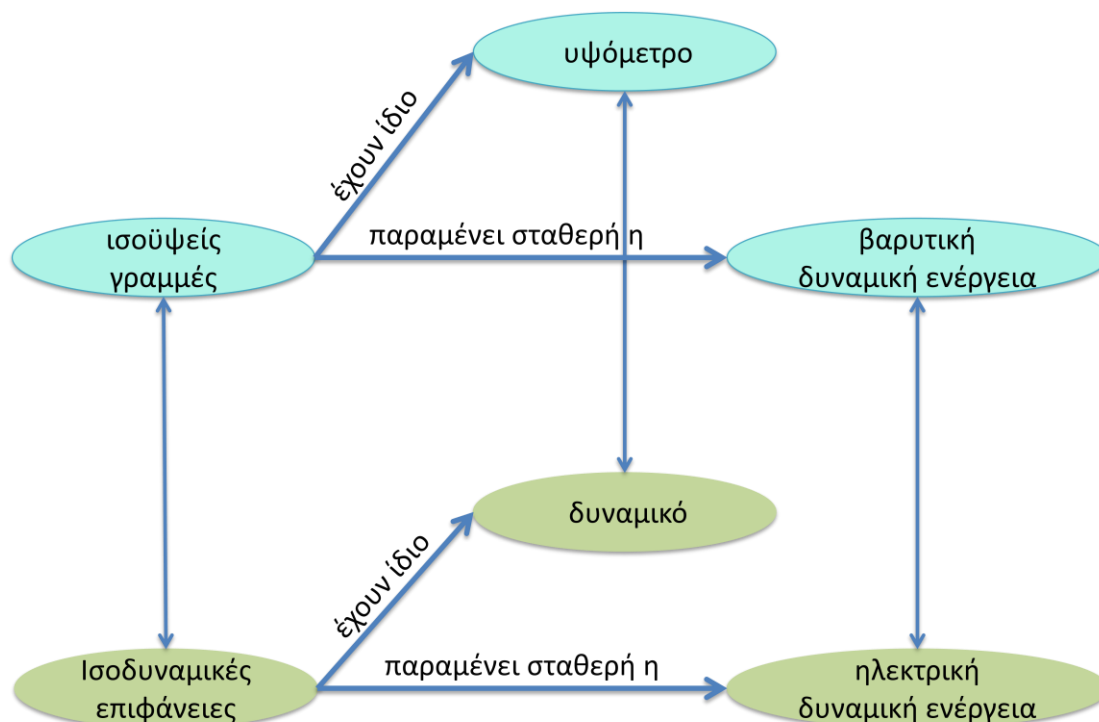
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LVI

Αναλογία 7^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.23, σελ. 890

«Κατά αναλογία με τις ισοϋψείς γραμμές σε τοπογραφικό χάρτη, μια ισοδυναμική επιφάνεια είναι μια τρισδιάστατη επιφάνεια πάνω στην οποία το ηλεκτρικό δυναμικό είναι το ίδιο σε κάθε της σημείο. [...] Αν ένα δοκιμαστικό φορτίο κινείται από σημείο σε σημείο πάνω σε μια τέτοια επιφάνεια η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια παραμένει σταθερή.»



Σχήμα 50

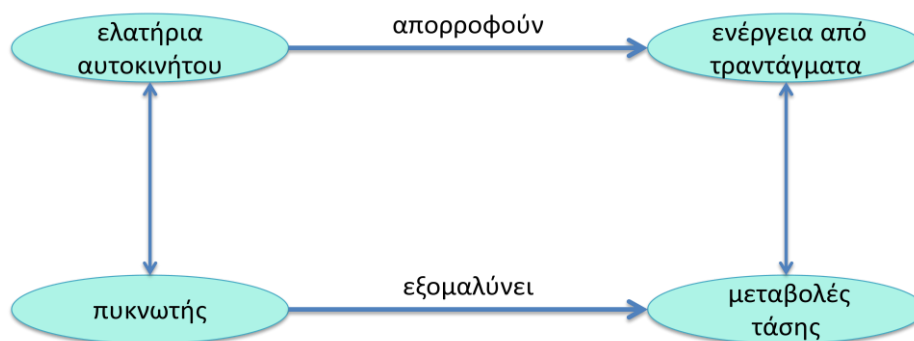
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική-Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LVII

Αναλογία 8^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.24, σελ. 919

«Ελατήρια στην ανάρτηση αυτοκινήτου για παράδειγμα βοηθούν να εξομαλυνθεί το ταξίδι με το να απορροφούν την ενέργεια από απότομα τραντάγματα και να ελευθερώνουν αυτή την ενέργεια πιο αργά. Με ανάλογο τρόπο ο πυκνωτής σε ηλεκτρονικό κύκλωμα μπορεί να εξομαλύνει ανεπιθύμητες μεταβολές της τάσης όταν συμβαίνουν εξάρσεις ισχύος.»



Σχήμα 51

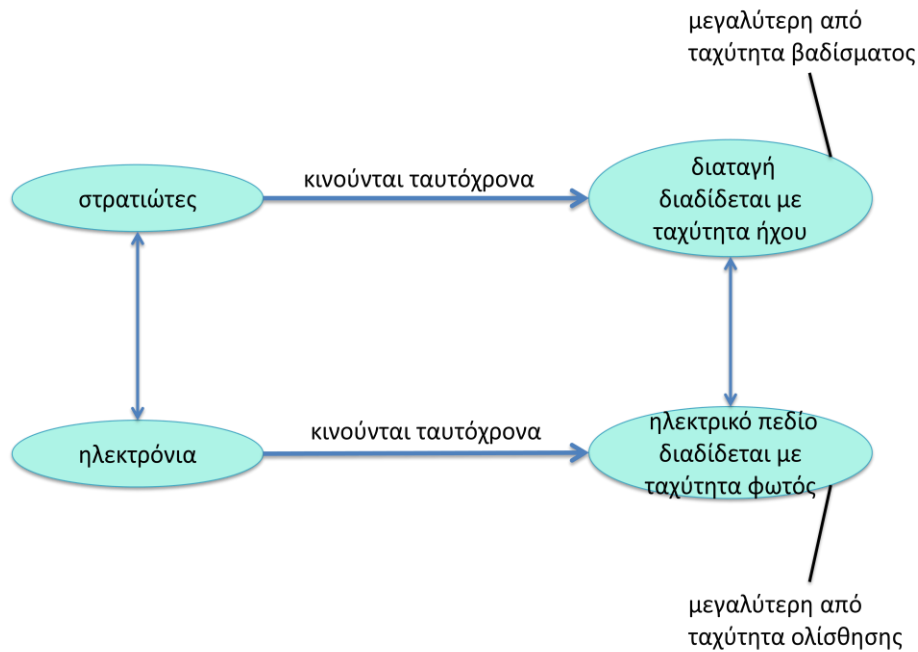
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LVIII

Αναλογία 9^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.25, σελ. 943

«Το ηλεκτρικό πεδίο σε ένα αγωγό διαδίδεται με την ταχύτητα του φωτός ενώ η ταχύτητα ολίσθησης των ηλεκτρονίων είναι πάρα πολύ μικρή της τάξης των 10^{-4} m/s. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τους στρατιώτες όταν είναι παραταγμένοι σε στάση προσοχής και έτοιμοι για βάδην. Η διαταγή του αξιωματικού για να ξεκινήσουν το βάδισμα φτάνει στα αυτιά τους με την ταχύτητα του ήχου, που είναι αρκετά μεγαλύτερη από την ταχύτητα με την οποία βαδίζουν με αποτέλεσμα να βαδίζουν ταυτόχρονα.»



Σχήμα 52

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

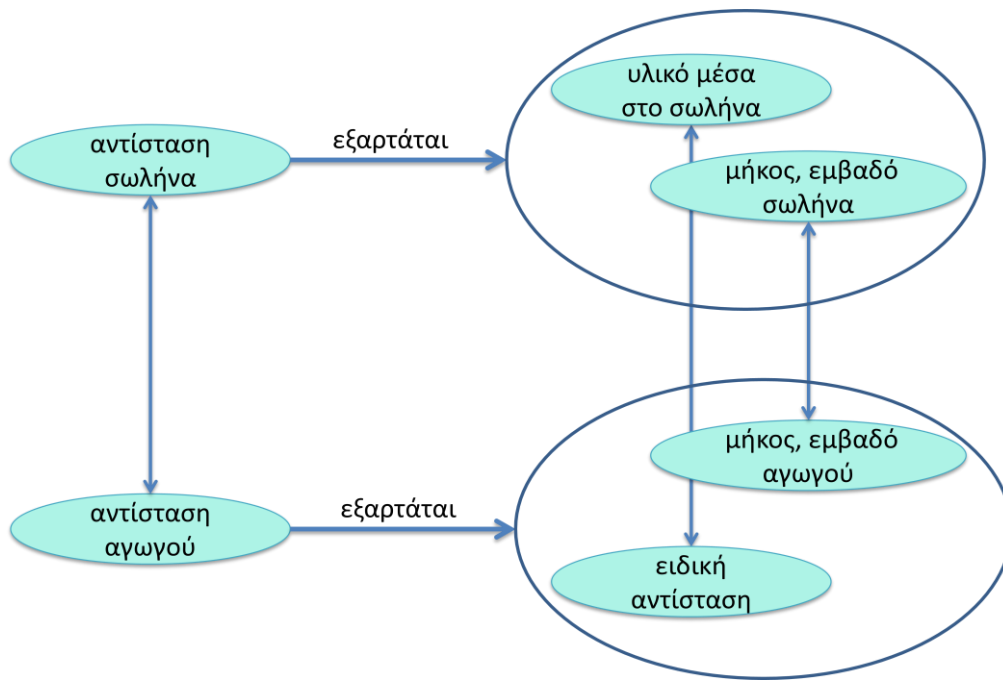
Πίνακας LIX

Αναλογία 10^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.25, σελ. 951

Απόσπασμα:

«... ένας σωλήνας νερού μικρής διαμέτρου παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση στην ροή από ένα μεγαλύτερης διαμέτρου, και ένας σωλήνας μεγάλου μήκους εμφανίζει μεγαλύτερη αντίσταση από ένα μικρού μήκους. Μπορούμε να αυξήσουμε την αντίσταση στη ροή γεμίζοντας τον σωλήνα με βαμβάκι ή άμμο. Αυτό αντιστοιχεί στην αύξηση της ειδικής αντίστασης.»



Σχήμα 53

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική- Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

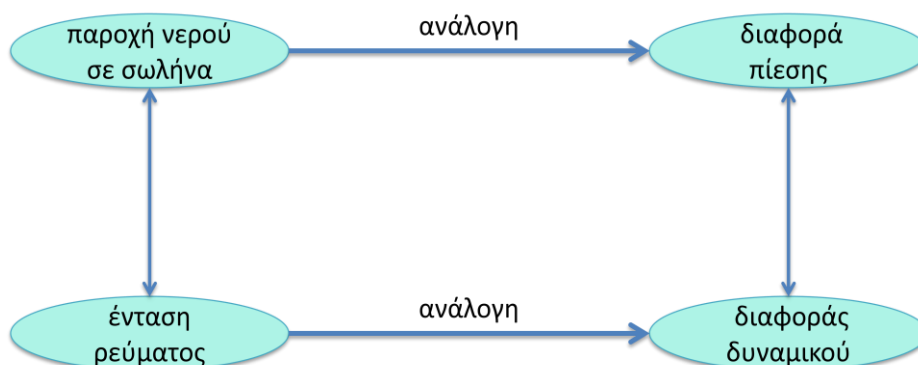
Πίνακας LX

Αναλογία 11^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.25, σελ. 951

Απόσπασμα:

«Η παροχή είναι κατά προσέγγιση ανάλογη προς τη διαφορά πίεσης μεταξύ των άκρων. Η παροχή αντιστοιχεί στο ρεύμα και η διαφορά πίεσης στη διαφορά δυναμικού.»



Σχήμα 54

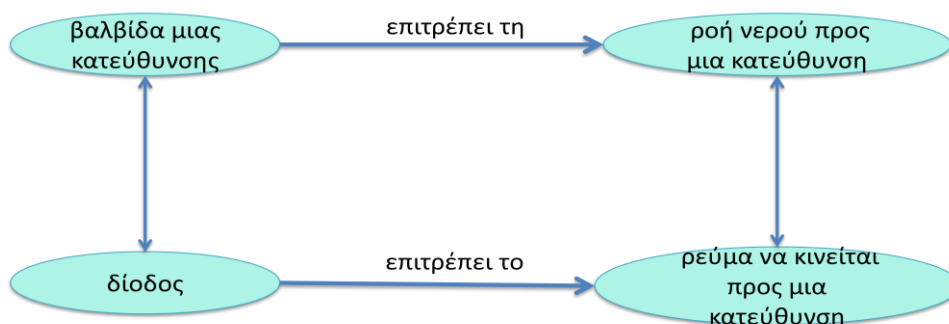
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXI

Αναλογία 12^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.25, σελ. 953

«Επομένως μια δίοδος ενεργεί ως βαλβίδα μιας κατεύθυνσης σε ένα κύκλωμα.»



Σχήμα 55

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

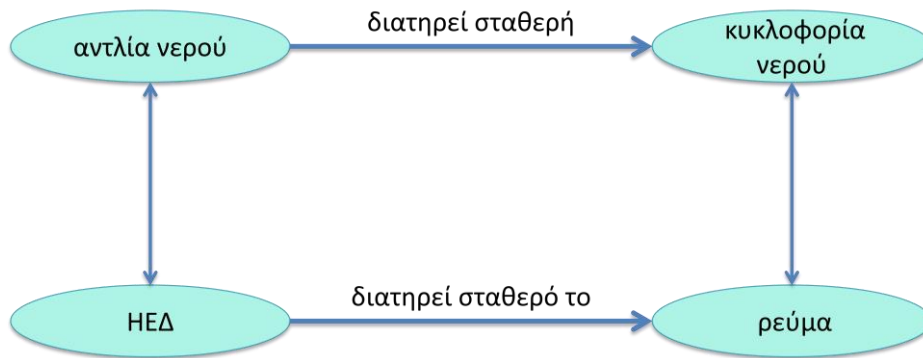
Πίνακας LXII

Αναλογία 13^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.25, σελ. 955

Απόσπασμα:

«Όπως ακριβώς απαιτείται μία αντλία για να διατηρείται σε κυκλοφορία το νερό του πίδακα, ένα ηλεκτρικό κύκλωμα απαιτεί μια πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης για να διατηρήσει σταθερό το ρεύμα.»



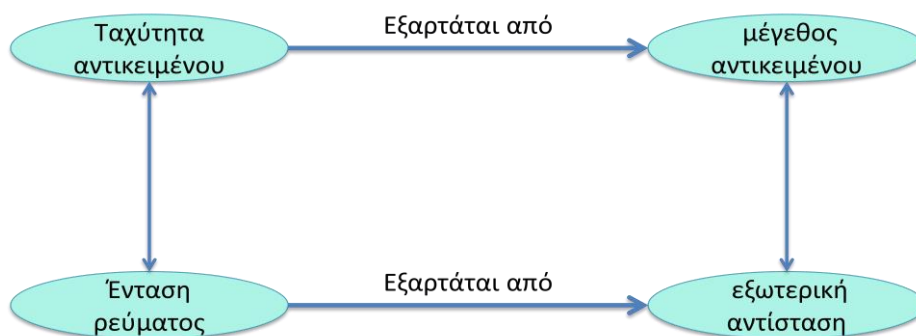
Σχήμα 56

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Αναλογία 14^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.25, σελ. 957

«...το ρεύμα που παράγει μια πηγή ΗΕΔ σε δεδομένο κύκλωμα εξαρτάται από την αντίσταση R του εξωτερικού κυκλώματος[...]. Ένα μηχανικό ανάλογο είναι η ώθηση ενός αντικειμένου διαμέσου ενός παχύρρευστου υγρού. Αν ασκήσετε μια σταθερή δύναμη μπορείτε να μετακινήσετε ένα μικρό αντικείμενο με μεγάλη ταχύτητα ή ένα μεγάλο αντικείμενο με μικρή ταχύτητα.»



Σχήμα 57

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική

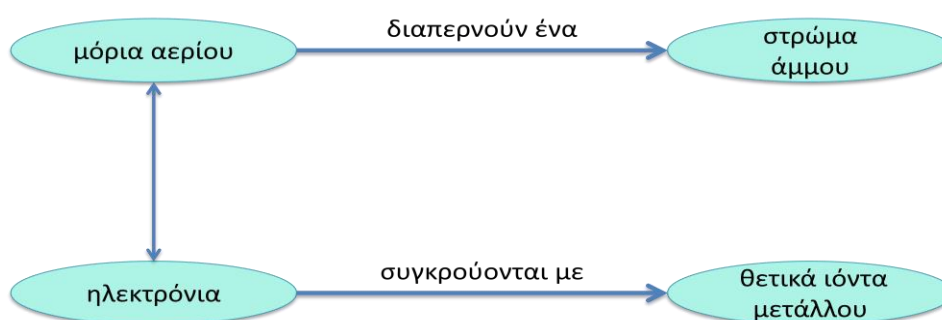
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXIII

Αναλογία 15^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.25, σελ. 966

«Τα ηλεκτρόνια αυτά είναι πλέον ελεύθερα να κινούνται μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα, συγκρούμενα κατά διαστήματα με τα ακίνητα θετικά ιόντα. Η κίνηση των ηλεκτρονίων είναι ανάλογη προς την κίνηση των μορίων ενός αερίου, που διαπερνούν ένα πορώδες στρώμα άμμου, και αναφέρονται συχνά ως ένα αέριο ηλεκτρονίων.»



Σχήμα 58

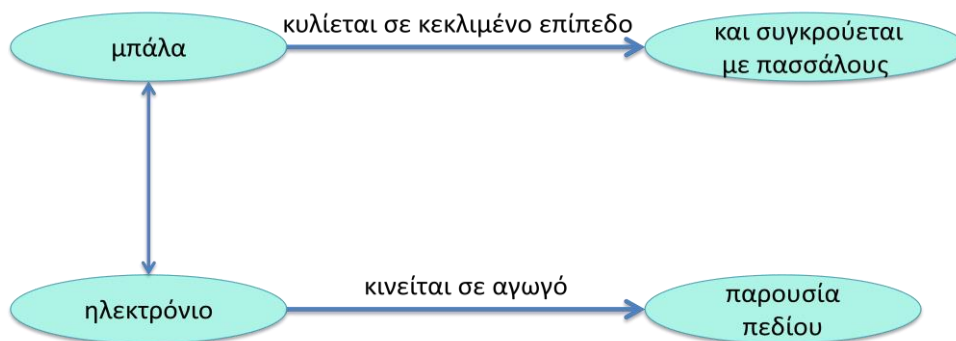
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXIV

Αναλογία 16^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.25, σελ. 967

«Η κίνηση μιας μπάλας που κυλιέται προς τα κάτω σε κεκλιμένο επίπεδο και συγκρούεται κατά τη διαδρομή της με πασσάλους, είναι ανάλογη προς την κίνηση ενός ηλεκτρονίου σε μεταλλικό αγωγό παρουσία ηλεκτρικού πεδίου.»



Σχήμα 59

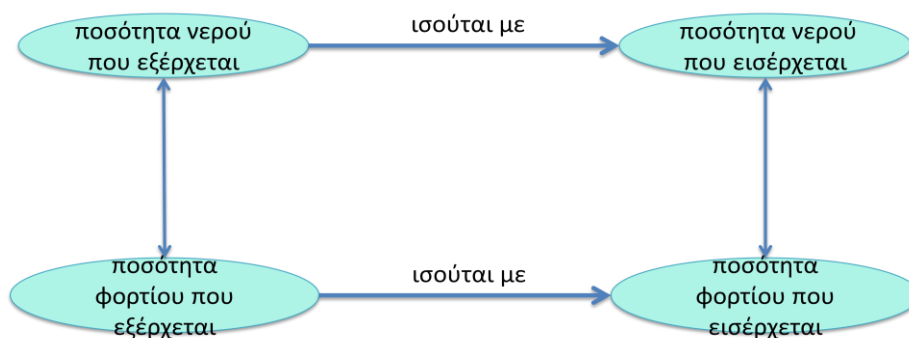
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXV

Αναλογία 17^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.26, σελ. 987

«Μοιάζει με μια διακλάδωση T σε μια υδραυλική εγκατάσταση· αν εισέρχεται νερό από τον ένα σωλήνα παροχής ενός λίτρου ανά λεπτό, δεν είναι δυνατό να βγαίνουν τρία λίτρα ανά λεπτό από τους άλλους σωλήνες.»



Σχήμα 60

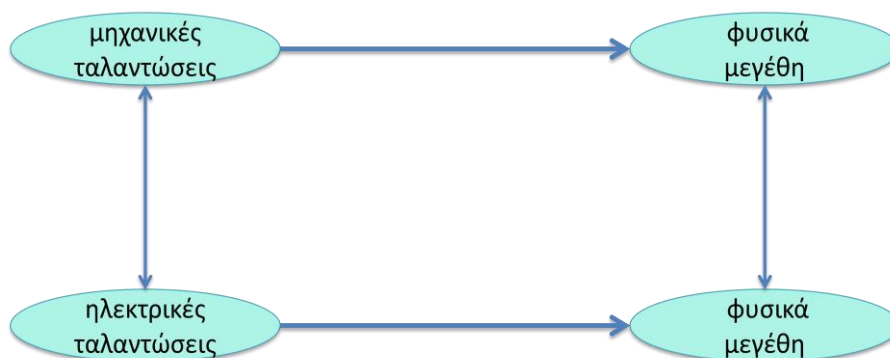
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXVI

Αναλογία 18^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.30, σελ. 1167

«Οι αναλογίες μεταξύ της απλής αρμονικής κίνηση και την ταλάντωσης του κυκλώματος L-C συνοψίζονται στον πίνακα 30.1.»



Σχήμα 61

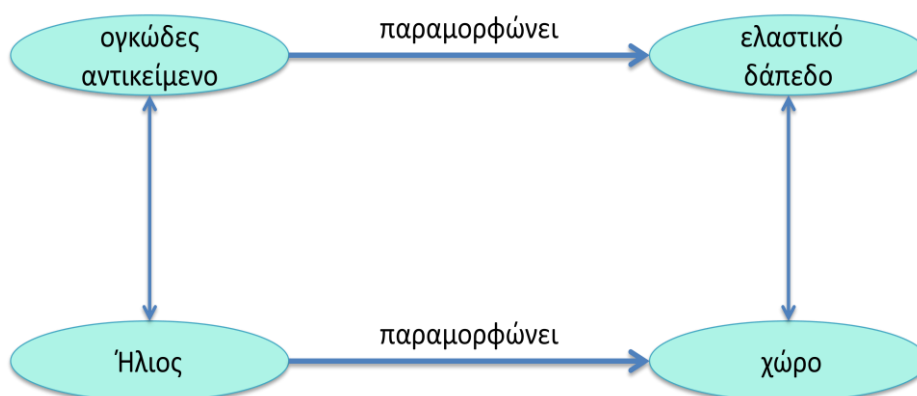
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρομαγνητισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXVII

Αναλογία 19^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.37, σελ. 1434

«Μια δισδιάστατη αναπαράσταση ενός καμπύλου χώρου. Φανταζόμαστε ότι ο χώρος ενός ελαστικού δαπέδου έχει παραμορφωθεί υπό το βάρος ενός ογκώδους αντικειμένου (Ήλιος).»



Σχήμα 62

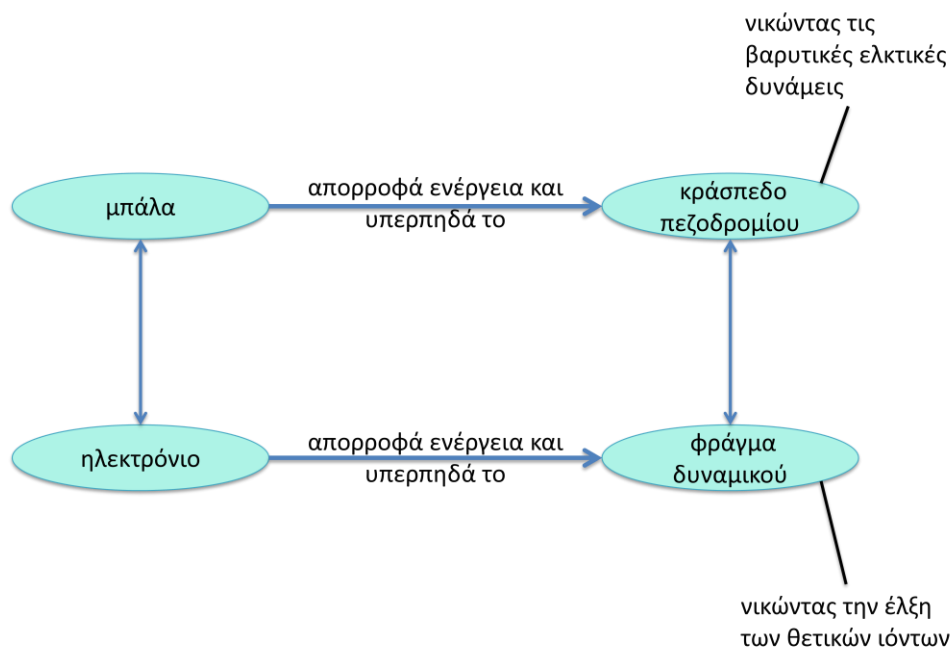
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXVIII

Αναλογία 20^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.38, σελ. 1447

«Για να διαφύγει από την επιφάνεια το ηλεκτρόνιο πρέπει να απορροφήσει αρκετή ενέργεια από την προσπίπτουσα ακτινοβολία για να υπερνικήσει την έλξη των θετικών ιόντων στο υλικό της επιφάνειας. Αυτή η έλξη δημιουργεί ένα φράγμα δυναμικής ενέργειας που κανονικά περιορίζει τα ηλεκτρόνια στο εσωτερικό του αγωγού. Φανταστείτε αυτό το φράγμα σαν ένα στρογγυλεμένο κράσπεδο που διαχωρίζει έναν επίπεδο δρόμο από ένα υπερυψωμένο πεζοδρόμιο. Μια μπάλα ποδοσφαίρου που κυλά με μικρή ταχύτητα στο δρόμο, θα εμποδιστεί από το κράσπεδο να διαφύγει από το δρόμο.»



Σχήμα 63

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXIX

Αναλογία 21^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.38, σελ. 1459

«Ο Thomson είχε προτείνει ένα πρότυπο σύμφωνα με το οποίο το άτομο αποτελείται από μια σφαίρα θετικού φορτίου με διάμετρο της τάξης του $10^{-10}m$, μέσα στην οποία τα ηλεκτρόνια ήταν ενσωματωμένα, λίγο-πολύ όπως οι σταφίδες μέσα σε ένα σταφιδόψωμο.»



Σχήμα 64

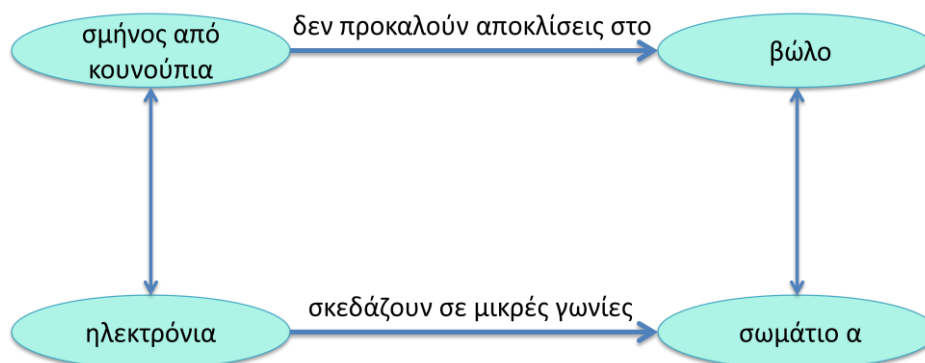
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXX

Αναλογία 22^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.38, σελ. 1460

«Συλλογισμοί που σχετίζονται με την ορμή, δείχνουν πως το σωματίο α μπορεί να σκεδαστεί μόνο κατά πολύ μικρές γωνίες από τις αλληλεπιδράσεις του με τα κατά πολύ ελαφρύτερα ηλεκτρόνια. Είναι σαν να πετάει κανείς ένα βόλο μέσα σε ένα σμήνος από κουνούπια. Τα κουνούπια δεν προκαλούν σημαντικές αποκλίσεις του βόλου.»



Σχήμα 65

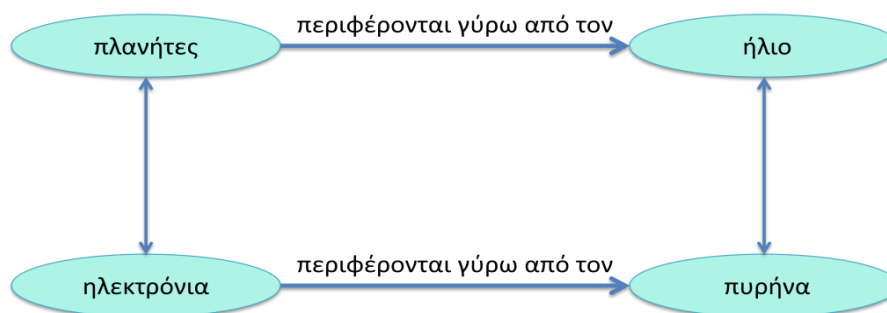
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXI

Αναλογία 23^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.38, σελ. 1461

«Ο Rutherford εισηγήθηκε πως ίσως τα ηλεκτρόνια περιφέρονται σε τροχιές γύρω από τον πυρήνα, ακριβώς όπως οι πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο.»



Σχήμα 66

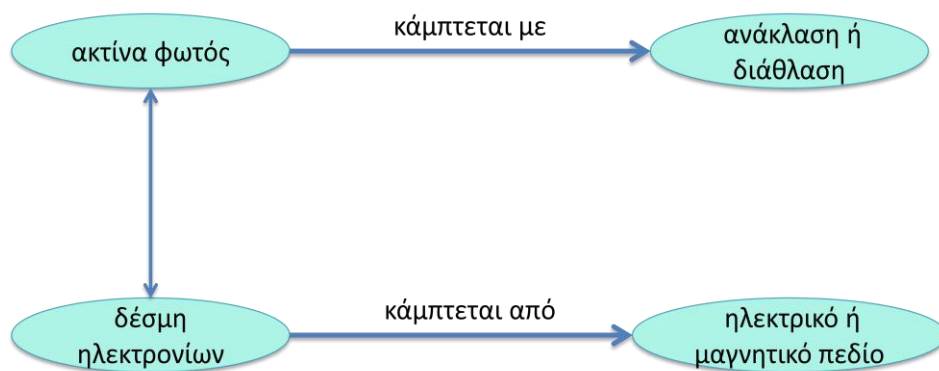
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXII

Αναλογία 24^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.39, σελ. 1501

«Δέσμη ηλεκτρονίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχηματισμό του ειδώλου ενός αντικειμένου με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως μια φωτεινή δέσμη. Μια ακτίνα φωτός μπορεί να καμφθεί με ανάκλαση ή διάθλαση και μία τροχιά ηλεκτρονίου μπορεί να καμφθεί με ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο.»



Σχήμα 67

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Ναι

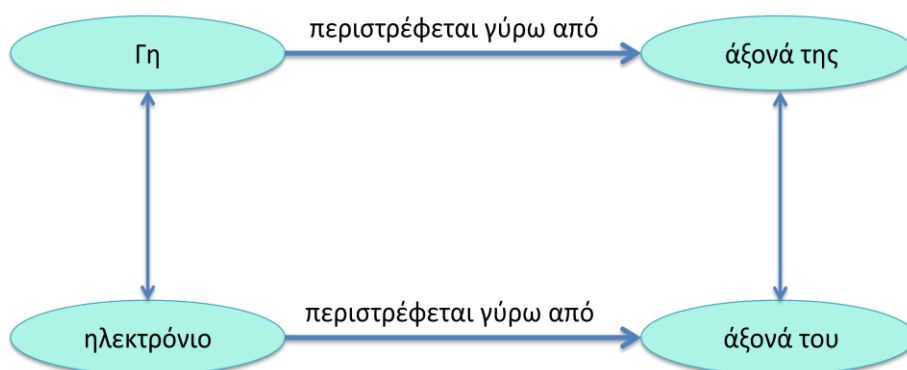
Πίνακας LXXIII

Αναλογία 25^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.41, σελ. 1561

Απόσπασμα:

«Για να εισάγουμε την έννοια του σπιν του ηλεκτρονίου, ας αρχίσουμε με μια αναλογία. Η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο σε μια σχεδόν κυκλική τροχιά, ενώ ταυτόχρονα περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. [...] Στα πλαίσια του μοντέλου του Bohr, υποθέστε ότι το ηλεκτρόνιο δεν είναι απλά ένα σημειακό φορτίο, αλλά μια μικροσκοπική φορτισμένη σφαίρα κινούμενη σε τροχιά και περιστρεφόμενη περί τον άξονά της.»



Σχήμα 68

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

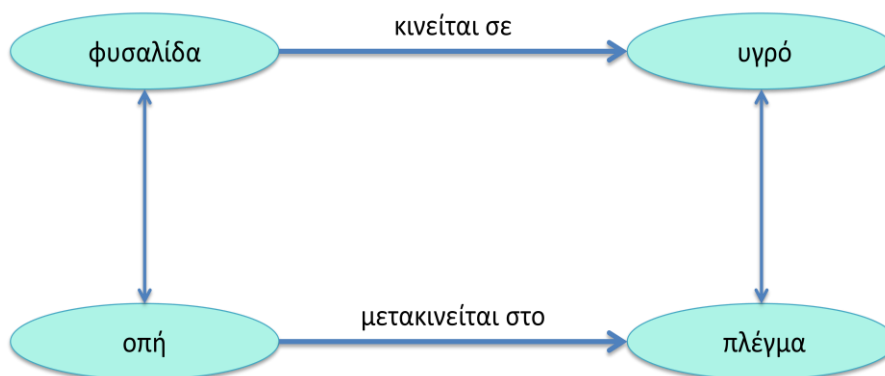
Πίνακας LXXIV

Αναλογία 26^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.42, σελ. 1606

Απόσπασμα:

«Με τον τρόπο αυτό το κενό, που ονομάζεται οπή, μπορεί να μετακινείται μέσα στο πλέγμα δημιουργώντας έτσι ένα πρόσθετο τύπο φορέα φορτίου. Είναι σαν να περιγράψουμε την κίνηση μιας φυσαλίδας μέσα στο υγρό.»



Σχήμα 69

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

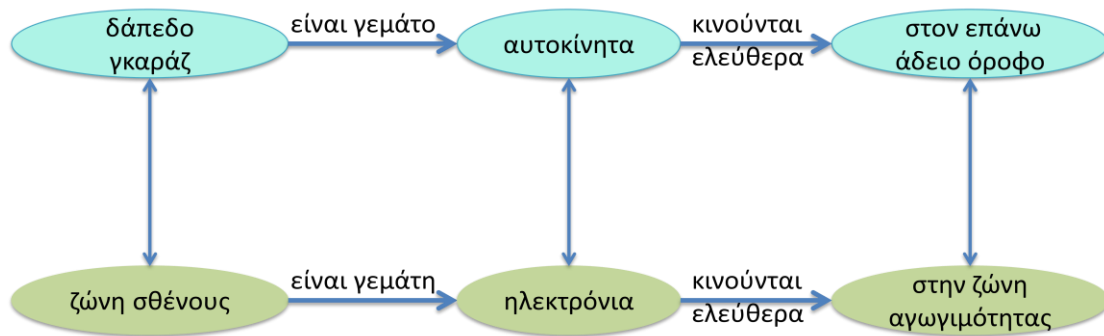
Πίνακας LXXV

Αναλογία 27^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.42, σελ. 1606

«Το παράδειγμα ενός αναλόγου διευκολύνει στο να κατανοήσουμε την αγωγιμότητα στους ημιαγωγούς. Η ζώνη σθένους στο απόλυτο μηδέν είναι σαν το δάπεδο ενός γκαράζ που είναι γεμάτο με αυτοκίνητα, κολλημένα το ένα με το άλλο (που αναπαριστούν τα ηλεκτρόνια). Κανένα αυτοκίνητο δεν μπορεί να κινηθεί γιατί δεν υπάρχει πουθενά κανένας

διαθέσιμος χώρος. Αν όμως μετακινηθεί ένα αυτοκίνητο προς τον επάνω άδειο όροφο, εκεί θα μπορεί να κινείται ελεύθερα, ακριβώς όπως τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινούνται ελεύθερα στη ζώνη αγωγιμότητας. Επίσης η κενή θέση που άφησε πίσω του επιτρέπει κάποια κίνηση αυτοκινήτων ακόμη και στον σχεδόν πλήρη όροφο, με αποτέλεσμα να κινεί την κενή θέση ακριβώς όπως κινούνται οι σπές μέσα στην υπό κανονικές συνθήκες πλήρη ζώνη σθένους.»



Σχήμα 70

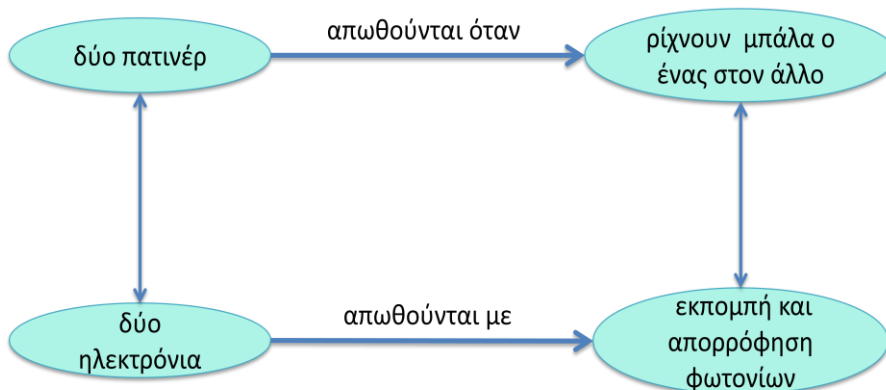
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXVI

Αναλογία 28^η

Πηγή: Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική, κεφ.44, σελ. 1672

«Στην κβαντική μηχανική μπορούμε να περιγράψουμε αυτή την αλληλεπίδραση μέσω εκπομπής και απορρόφησης φωτονίων. Δύο ηλεκτρόνια απωθούνται, καθώς το ένα εκπέμπει ένα φωτόνιο που απορροφάται από το άλλο, ακριβώς όπως δύο παιδιά με πατίνια απωθούνται όταν ρίχνουν τη μπάλα μπρος-πίσω το ένα στο άλλο. [...]»



Σχήμα 71

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

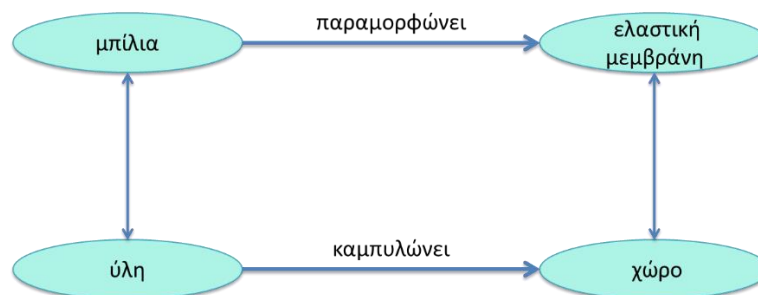
Πίνακας LXXVII

2.4.3 Αναλογίες από τους Halliday Resnik

Αναλογία 1^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 16, σελ. 365

«Στη θεωρία του Einstein η ύλη κάμπει ή καμπυλώνει το χώρο, το πολύ γνωστό μας ορθοκανονικό μας σύστημα δεν είναι αυστηρά ισχυρό στην παρουσία ύλης. Το σχ. 30 δείχνει ένα δισδιάστατο ανάλογο της κάμψης ή της καμπύλωσης του χώρου. Φανταστείτε μια ελαστική μεμβράνη στην οποία έχει χαραχθεί ένα πλέγμα συντεταγμένων. Όλες οι κινήσεις περιορίζονται σ' αυτήν την επιφάνεια. Τώρα φανταστείτε ότι μια μπίλια παραμορφώνει τη μεμβράνη.»



Σχήμα 72

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

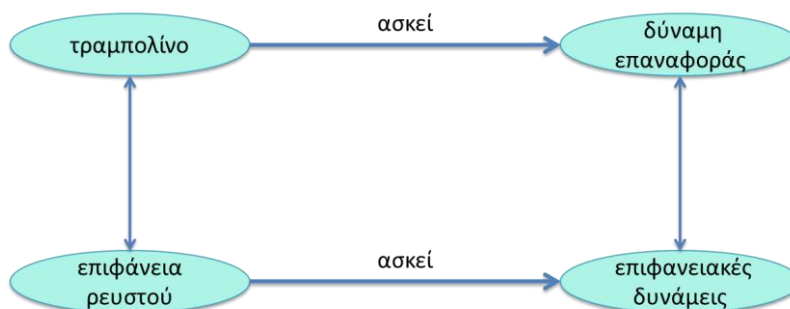
Πίνακας LXXVIII

Αναλογία 2^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 17, σελ. 388

«Ένα αντικείμενο που επιπλέει πιέζει ελαφρά το επιφανειακό στρώμα του ρευστού, το οποίο έτσι τείνεται και αυξάνεται η δυναμική του ενέργεια. Όπως στο τραμπολίνο, το τεντωμένο επιφανειακό στρώμα ασκεί μια δύναμη επαναφοράς, της οποίας η κατακόρυφη

συνιστώσα αντισταθμίζει το βάρος του αντικειμένου. Αυτή η περιγραφή δεν είναι αυστηρά σωστή»



Σχήμα 73

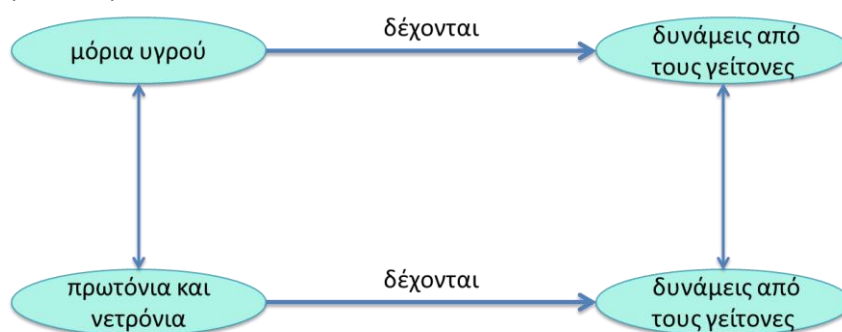
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ρευστομηχανική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Ναι

Πίνακας LXXIX

Αναλογία 3^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 17, σελ. 389

«Όπως τα μόρια σε μια σταγόνα υγρού, τα πρωτόνια και τα νετρόνια σ' ένα πυρήνα δέχονται δυνάμεις μικρής εμβέλειας που προέρχονται από τους γείτονές τους. Ο πυρήνας υφίσταται μια επιφανειακή τάση παρόμοια με εκείνη της σταγόνας του υγρού. Στην περίπτωση του πυρήνα, η προς τα έξω δύναμη συνδέεται με την ηλεκτροστατική άπωση των φορτισμένων πρωτονίων.»



Σχήμα 74

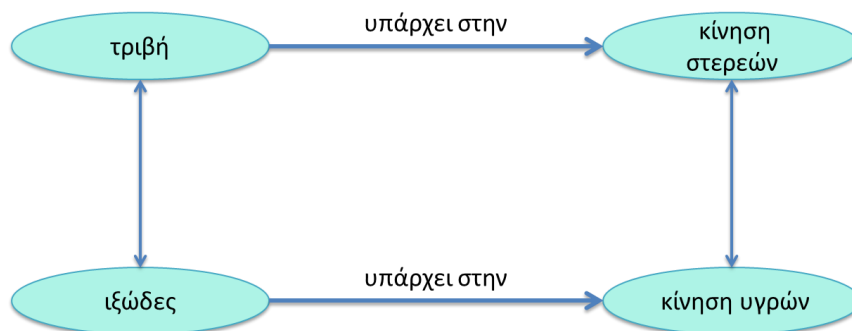
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Πυρηνική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXX

Αναλογία 4^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 18, σελ. 398

«Η εσωτερική τριβή(ιξώδες) στην κίνηση των ρευστών είναι το ανάλογο της τριβής στην κίνηση των στερεών.»



Σχήμα 75

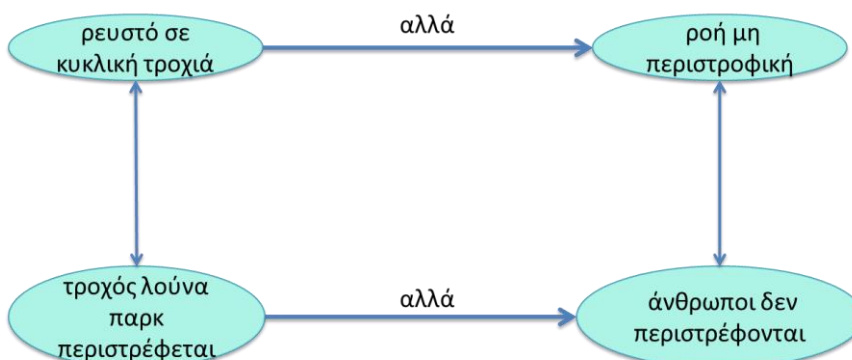
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ρευστομηχανική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXXI

Αναλογία 5^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 18, σελ. 398

«Σημειώστε ότι ένα συγκεκριμένο στοιχείο του ρευστού μπορεί να κινείται σε κυκλική τροχιά και η ροή να είναι μη περιστροφική. Κάτι ανάλογο έχουμε στην κίνηση του τροχού του λούνα παρκ όπου, παρότι ο τροχός περιστρέφεται, οι άνθρωποι μέσα στις θέσεις δεν περιστρέφονται γύρω από το κέντρο μάζας τους.»



Σχήμα 76

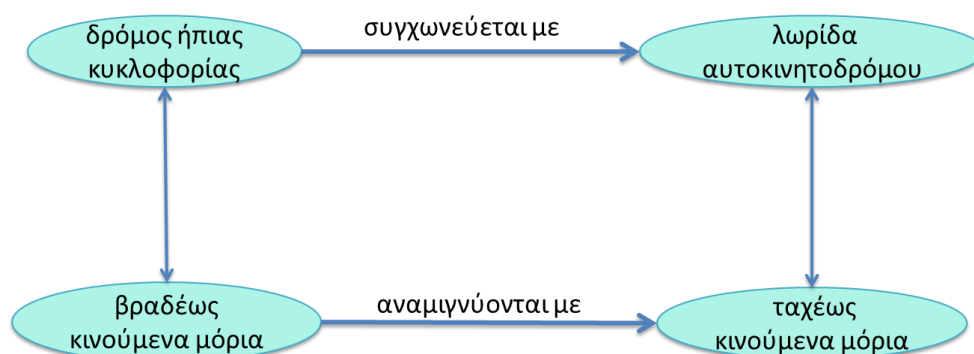
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ρευστομηχανική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXXII

Αναλογία 6^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 18, σελ. 409

«Όμως πρέπει να σημειωθεί ότι σε ένα σωλήνα υπάρχουν περισσότερα βραδέως κινούμενα μόρια κοντά στα τοιχώματα παρά ταχέως κινούμενα μόρια κοντά στον κεντρικό άξονα, ώστε περισσότερη ανάμιξη σημαίνει πάντοτε ότι περισσότερα βραδέα μόρια κινούνται προς τον άξονα και νοθεύουν την κίνηση ταχέως κινούμενων μορίων. (Το φαινόμενο αυτό είναι παρόμοιο με εκείνο της συγχώνευσης ενός δρόμου ήπιας κυκλοφορίας με μια λωρίδα αυτοκινητόδρομου.)»



Σχήμα 77

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ρευστομηχανική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

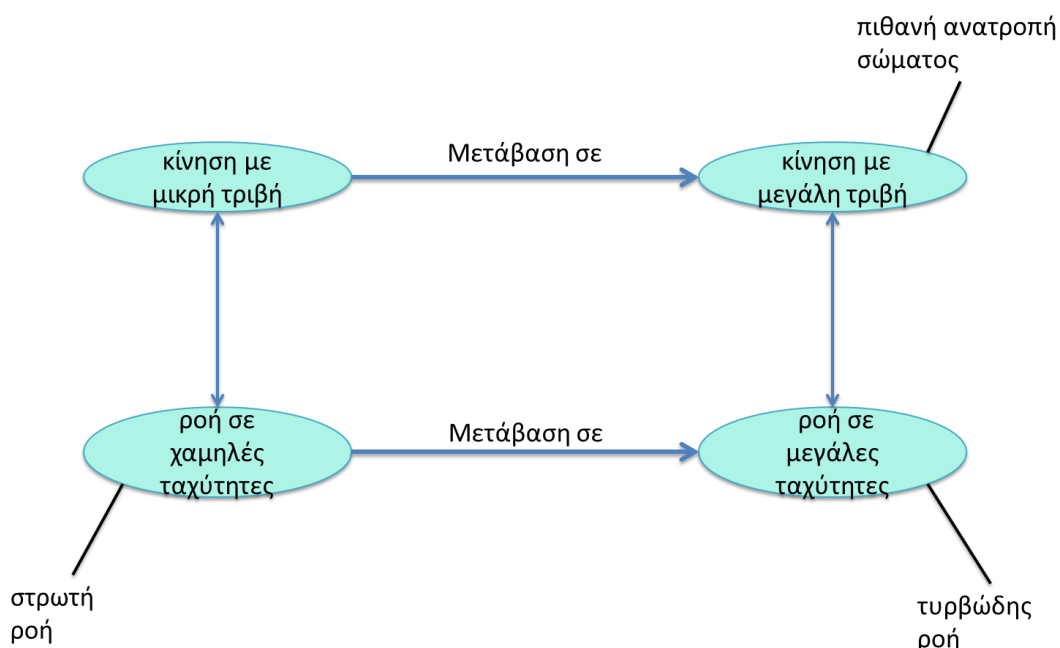
Πίνακας LXXXIII

Αναλογία 7^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 18, σελ. 409

«Σε ένα ιξώδες ρευστό η ροή σε χαμηλές ταχύτητες μπορεί να θεωρηθεί ως στρωτή, στην οποία τα αλληπάλληλα στρώματα γλιστρούν ομαλά το ένα πάνω στο άλλο. Όταν η ταχύτητα ροής είναι αρκετά μεγάλη, η κίνηση γίνεται ασταθής και ακανόνιστη, αυτό είναι η τυρβώδης ροή. Ένα μηχανικό ανάλογο έχουμε με ένα σώμα που ωθείται πάνω σε μια τραχιά

επιφάνεια. Αν η δύναμη τριβής είναι μικρή, το σώμα ολισθαίνει όταν η ασκούμενη δύναμη είναι ελάχιστα μεγαλύτερη της τριβής. Αν η δύναμη τριβής είναι μεγαλύτερη πρέπει να αυξηθεί και η ασκούμενη δύναμη με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος ανατροπής του σώματος. Η ανατροπή του σώματος είναι ανάλογη με τη μετάβαση από τη στρωτή στην τυρβώδη ροή.»



Σχήμα 78

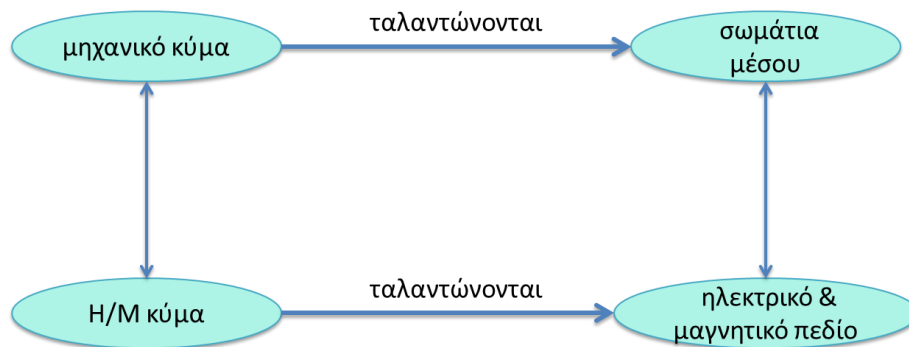
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ρευστομηχανική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXXIV

Αναλογία 8^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 21, σελ. 470

«Ένα από τα συμπεράσματα της θεωρίας ήταν ότι το φως μπορούσε να περιγραφεί ως ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Όπως ένα μηχανικό κύμα μπορεί να αναλυθεί με όρους ταλάντωσης των σωματιδίων ενός μέσου, έτσι και ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα μπορεί να αναλυθεί με όρους ταλάντωσης ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.»



Σχήμα 79

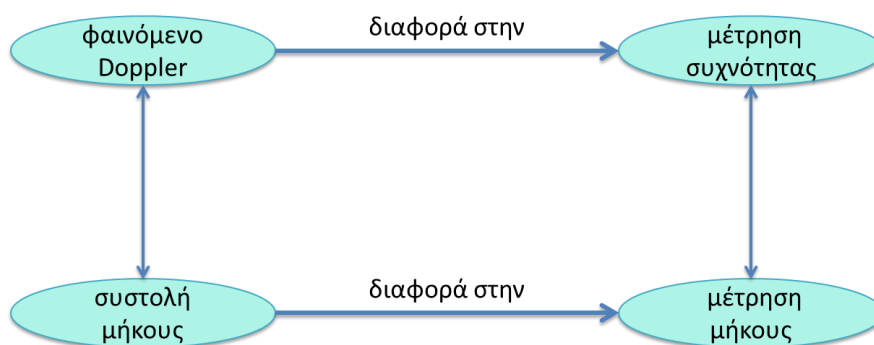
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Κυματική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXXV

Αναλογία 9^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 21, σελ. 474

«Η συστολή του μήκους λέει ότι τα κινούμενα αντικείμενα βρίσκονται να έχουν μικρότερο μήκος από εκείνο που έχουν όταν ηρεμούν. Δεν υπάρχει πραγματική συστολή, αλλά απλά μια διαφορά στα μετρούμενα αποτελέσματα, όπως ακριβώς δύο παρατηρητές σε σχετική κίνηση μετρούν διαφορετική συχνότητα για την ίδια ηχητική πηγή (φαινόμενο Doppler).»



Σχήμα 80

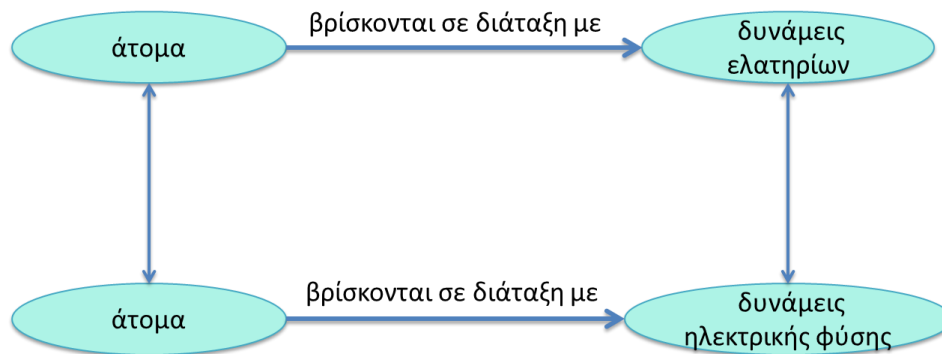
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXXVI

Αναλογία 10^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 22, σελ. 505

«Τα άτομα βρίσκονται σε κανονική διάταξη με δυνάμεις ηλεκτρικής φύσης, οι οποίες είναι παρόμοιες με εκείνες που θα ασκούσαν από ένα σύνολο ελατηρίων που θα συνέδεαν τα άτομα μεταξύ τους.»



Σχήμα 81

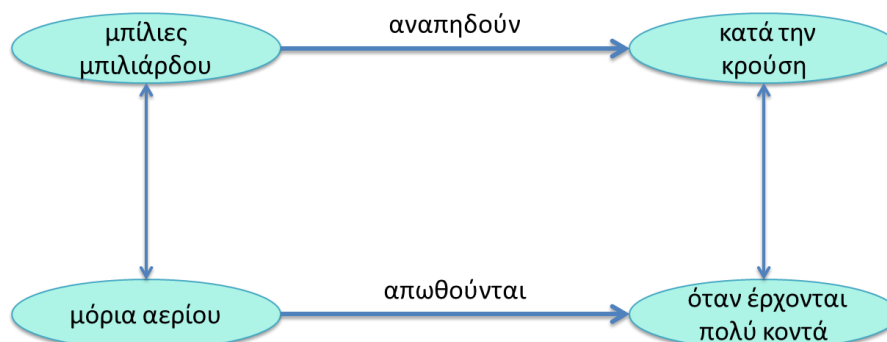
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXXVII

Αναλογία 11^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 23, σελ. 527

«Αν τα μόρια πλησιάζουν πολύ μεταξύ τους, τα εξωτερικά τους φορτία αρχίζουν να επικαλύπτονται και η ενδομοριακή δύναμη γίνεται απωστική. [...] Η ύπαρξη αυτής της απωστικής δύναμης κατά την επαφή εξηγεί το γιατί τα μόρια των αερίων κατά τις κρούσεις συμπεριφέρονται όπως οι μπίλιες του μπιλιάρδου. Αν δεν υπήρχε αυτή η άπωση, το ένα μόριο θα διαπερνούσε το άλλο αντί να αναπηδούν κατά την κρούση.»



Σχήμα 82

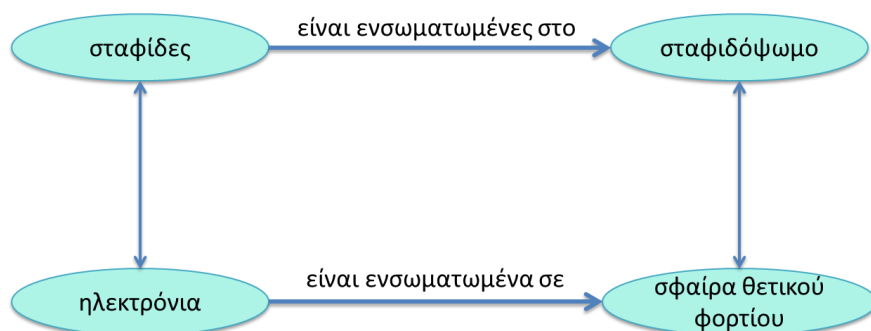
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας LXXXVIII

Αναλογία 12^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 29, σελ. 659

«Σύμφωνα με μια θεωρία, η οποία ήταν πολύ δημοφιλής εκείνη την εποχή, το θετικό φορτίο ήταν λίγο-πολύ ομοιόμορφα κατανεμημένο σε ολόκληρο το σφαιρικό όγκο ενός ατόμου. Αυτό το μοντέλο για τη δομή του ατόμου ονομάστηκε μοντέλο Thomson. [...] Ονομάζεται επίσης μοντέλο του σταφιδόψωμου επειδή τα ηλεκτρόνια είναι βυθισμένα μέσα στη σφαίρα του διάχυτου φορτίου, όπως οι σταφίδες μέσα στο σταφιδόψωμο.»



Σχήμα 83

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

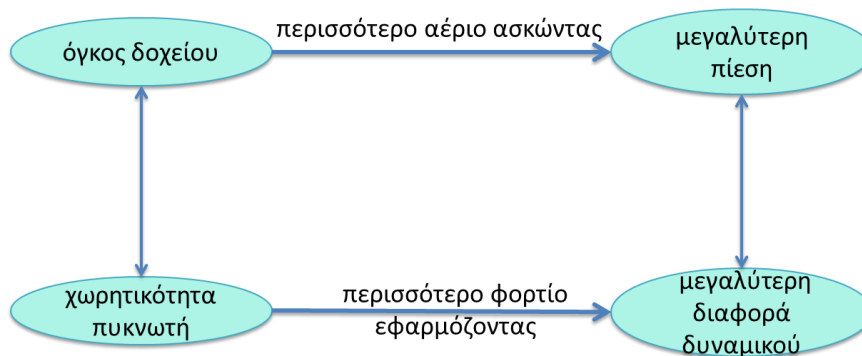
Πίνακας LXXXIX

Αναλογία 13^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 31, σελ. 700

«Στην περίπτωση του πυκνωτή, μια αναλογία μπορεί να βρεθεί ανάμεσα σε ένα πυκνωτή που φέρει φορτίο q και σε ένα σταθερό δοχείο με όγκο u που περιέχει n μόρια ενός ιδανικού αερίου.[...] Εάν συγκρίνουμε τις δύο σχέσεις, βλέπουμε ότι η χωρητικότητα C του πυκνωτή είναι το ανάλογο του όγκου του δοχείου, υποθέτοντας ότι η θερμοκρασία είναι σταθερή. Στην πραγματικότητα η λέξη χωρητικότητα μας θυμίζει τη λέξη όγκος υπό την έννοια ότι ο όγκος έχει μια συγκεκριμένη χωρητικότητα. Μπορούμε να βάλουμε περισσότερο αέριο μες στο δοχείο, ασκώντας μεγαλύτερη πίεση, όπως ακριβώς μπορούμε

να τοποθετήσουμε περισσότερο φορτίο στον πυκνωτή εφαρμόζοντας μια μεγαλύτερη διαφορά δυναμικού.»



Σχήμα 84

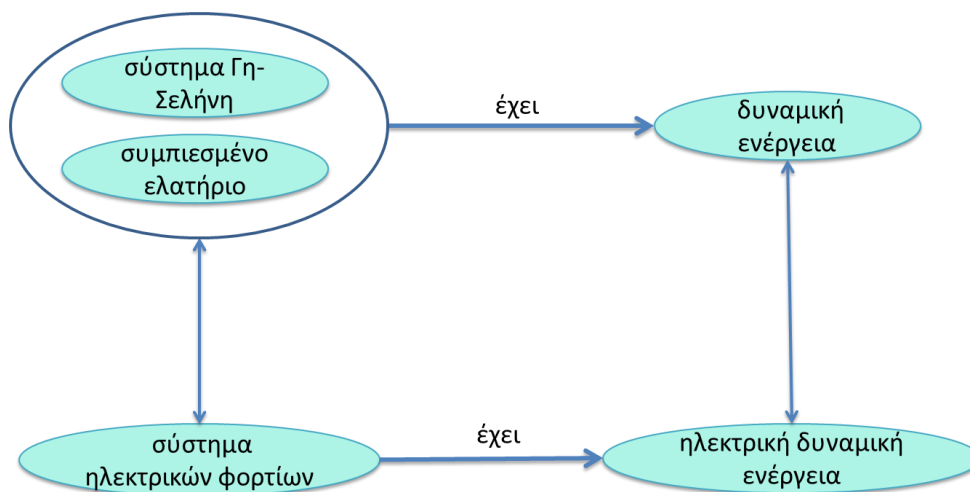
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧC

Αναλογία 14^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 31, σελ. 705

«Στην Ενότητα 30-2 δείξαμε ότι οποιαδήποτε διάταξη φορτίων έχει μια συγκεκριμένη ηλεκτρική δυναμική ενέργεια. Αυτή η δυναμική ενέργεια είναι παρόμοια με εκείνη των μηχανικών συστημάτων, όπως για παράδειγμα, ένα συμπιεσμένο ελατήριο ή το σύστημα Γη-Σελήνη.»



Σχήμα 85

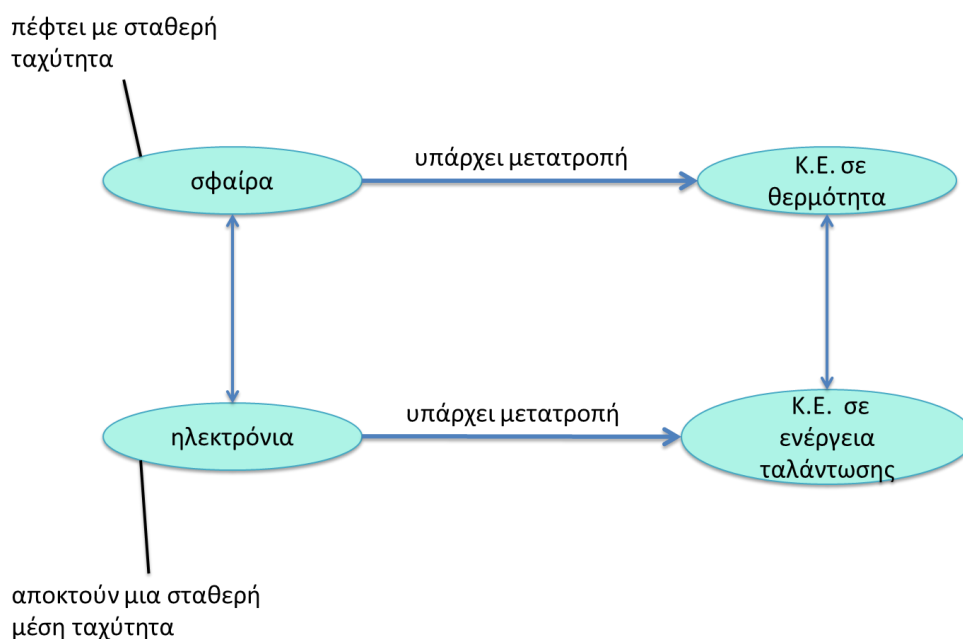
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧCI

Αναλογία 15^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 32, σελ. 723

«Το ολικό αποτέλεσμα των κρούσεων είναι η μετατροπή κινητικής ενέργειας από τα επιταχυνόμενα ηλεκτρόνια σε ενέργεια ταλάντωσης του πλέγματος. Τα ηλεκτρόνια αποκτούν μια σταθερή μέση ταχύτητα μετάθεσης προ της κατεύθυνση – E. Υπάρχει μια αρκετά παρόμοια αναλογία με μια σφαίρα που πέφτει μέσα σε ένα ομογενές βαρυτικό πεδίο με σταθερή τελική ταχύτητα μέσα σε ιώδες ρευστό. Η βαρυτική δύναμη που ασκείται στη σφαίρα δεν αυξάνει την κινητική της ενέργεια (η οποία είναι σταθερή). Αντίθετα η ενέργεια μεταφέρεται στο ρευστό μέσω των μοριακών κρούσεων και προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας.»



Σχήμα 86

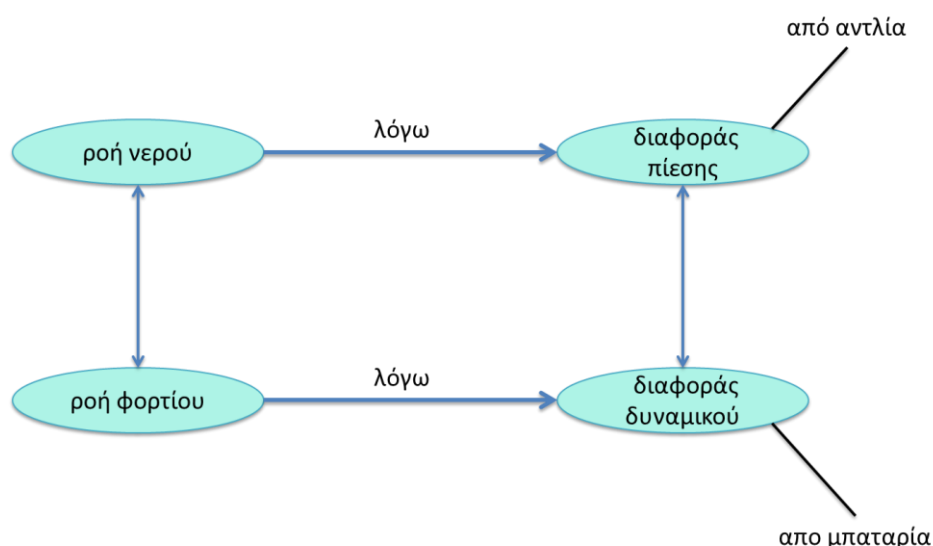
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧCII

Αναλογία 16^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 32, σελ. 725

«Η ροή φορτίου μέσα από έναν αγωγό συχνά συγκρίνεται με τη ροή του νερού μέσα από ένα σωλήνα, λόγω της διαφοράς πίεσης ανάμεσα στα άκρα του σωλήνα που δημιουργείται χρησιμοποιώντας πιθανώς μια αντλία. Η διαφορά πίεσης είναι ανάλογη με τη διαφορά δυναμικού στα άκρα του αγωγού, που προκαλείται χρησιμοποιώντας ίσως μια μπαταρία.»



Σχήμα 87

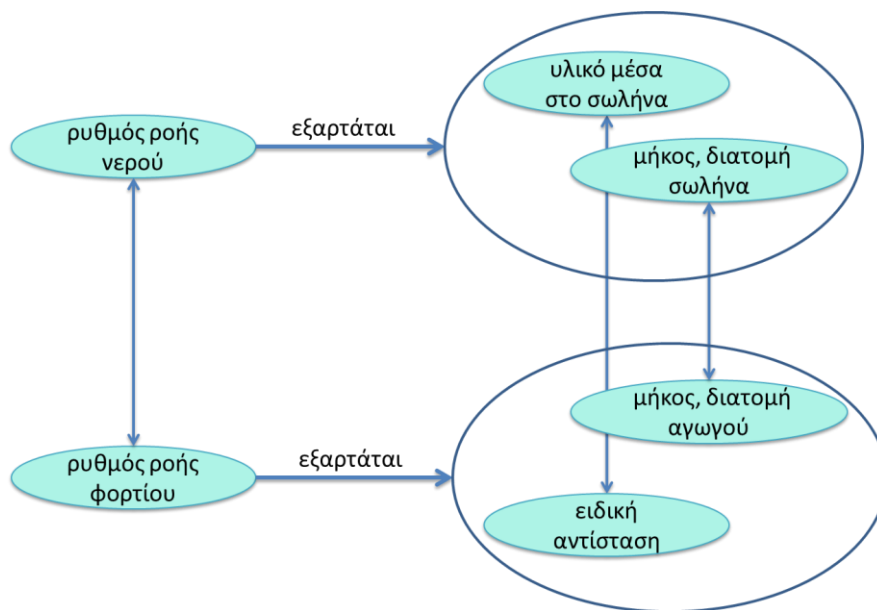
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XCIII

Αναλογία 17^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 32, σελ. 725

«Ο ρυθμός ροής του νερού είναι ανάλογος με το ρυθμό ροής φορτίου. Ο ρυθμός ροής του νερού για μια δεδομένη διαφορά πίεσης καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά το σωλήνα: το μήκος, τη διατομή και τα στερεά κατάλοιπα στο εσωτερικό του (για παράδειγμα, χύμα μέσα στο σωλήνα). Αυτά τα χαρακτηριστικά του σωλήνα είναι ανάλογα με την αντίσταση του αγωγού.»



Σχήμα 88

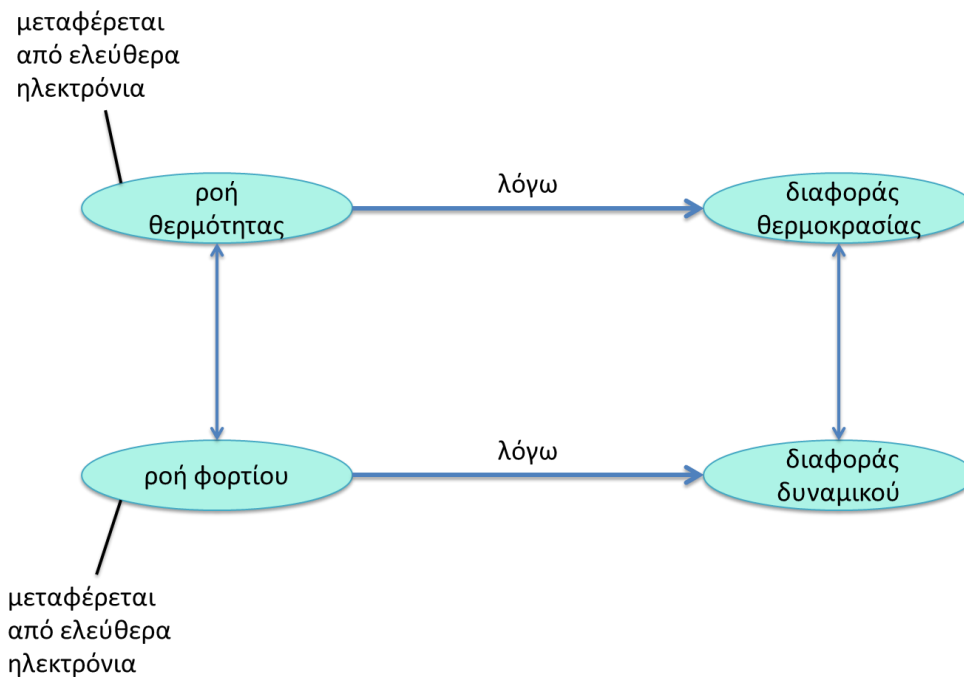
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας XCIV

Αναλογία 18^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 32, σελ. 728

«Υπάρχει μια στενή αναλογία ανάμεσα στη ροή φορτίου που εμφανίζεται λόγω μιας διαφοράς δυναμικού και στη ροή θερμότητας που δημιουργείται λόγω μιας διαφοράς θερμοκρασίας. [...] Για καθαρά μέταλλα υπάρχει κάτι περισσότερο από μια τυπική μαθηματική αναλογία ανάμεσα στις εξ. 17 και 18. Σε τέτοια μέταλλα και η θερμική ενέργεια και το φορτίο μεταφέρονται από ελεύθερα ηλεκτρόνια. Εμπειρικά, ένας καλός ηλεκτρικός αγωγός είναι επίσης και καλός αγωγός της θερμότητας και η ηλεκτρική αγωγιμότητα σ συνδέεται άμεσα με τη θερμική αγωγιμότητα k .»



Σχήμα 89

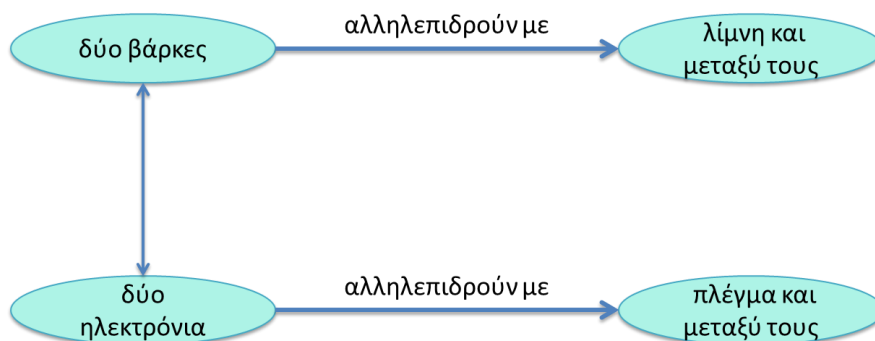
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧCV

Αναλογία 19^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 32, σελ. 733

«Σύμφωνα με μια θεωρία, οι υπεραγωγοί εξαρτώνται από την κίνηση ισχυρά συσχετιζόμενων ζευγών ηλεκτρονίων. Αφού γενικά τα ηλεκτρόνια δεν έχουν την τάση να σχηματίζουν ζεύγη, απαιτείται μια ειδική κατάσταση: δύο ηλεκτρόνια αλληλεπιδρούν ισχυρά, το καθένα με το πλέγμα και κατά συνέπεια και μεταξύ τους. Η κατάσταση είναι παρόμοια με την περίπτωση όπου δυο βάρκες βρίσκονται σε μια λίμνη και τα κύματα που δημιουργεί η μια βάρκα αναγκάζουν την άλλη να κινηθεί, παρότι η πρώτη βάρκα δεν ασκεί άμεσα καμιά δύναμη στη δεύτερη.»



Σχήμα 90

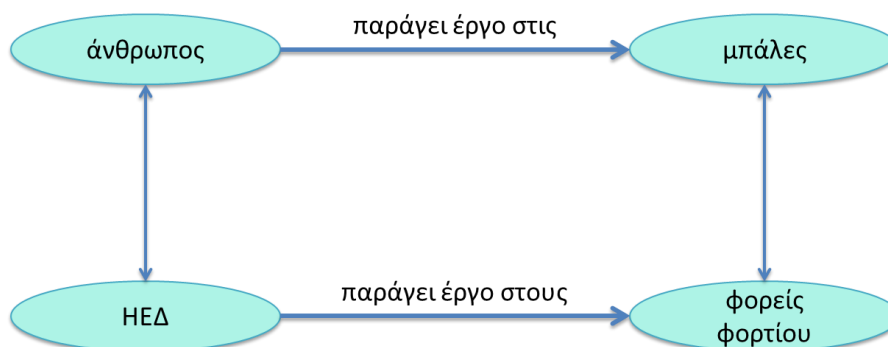
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧCVI

Αναλογία 20^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 33, σελ. 742

«Στο πάνω σχήμα η πηγή ΗΕΔ παράγει έργο στους φορείς φορτίου. Αυτή η ενέργεια, που αποθηκεύεται στην πορεία σαν ενέργεια ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, εμφανίζεται τελικά ως εσωτερική στον αντιστάτη R. Στο κάτω σχήμα ο άνθρωπος, καθώς σηκώνει τις μπάλες από το έδαφος στο ράφι, παρέχει σ' αυτές έργο. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται στην πορεία ως ενέργεια βαρυτικού πεδίου. [...] Η κυκλοφορία των ηλεκτρονίων σταματά τελικά όταν η πηγή ΗΕΔ δεν έχει άλλη ενέργεια. Η κυκλοφορία των σφαιρών σταματά όταν ο άνθρωπος δεν έχει άλλη ενέργεια.»



Σχήμα 91

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Οπτικός-Λεκτικός

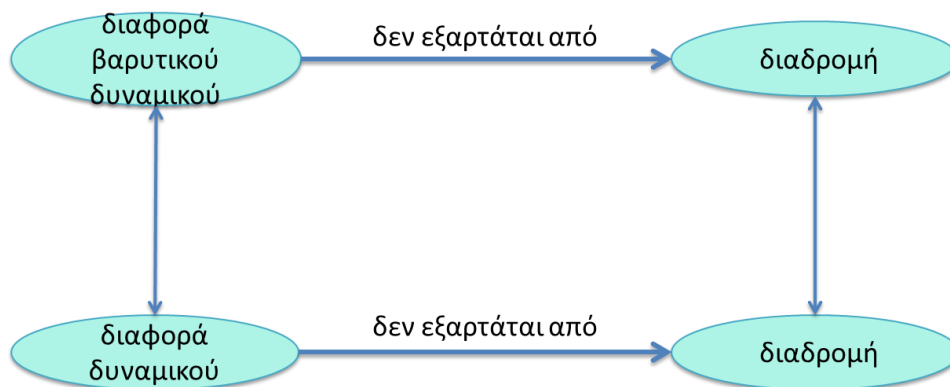
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧCVII

Αναλογία 21^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 33, σελ. 745

«Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε δύο σημεία μπορεί να έχει μόνο μια τιμή. Πρέπει να βρίσκουμε το ίδιο αποτέλεσμα για όλες τις διαδρομές που συνδέουν αυτά τα σημεία. (Παρόμοια, εάν θεωρήσουμε δύο σημεία στην πλευρά ενός λόφου, η μετρούμενη διαφορά στο βαρυτικό δυναμικό μεταξύ αυτών είναι ίδια, ανεξάρτητα από τη διαδρομή που ακολουθήσαμε για να μεταφερθούμε από το ένα στο άλλο).»



Σχήμα 92

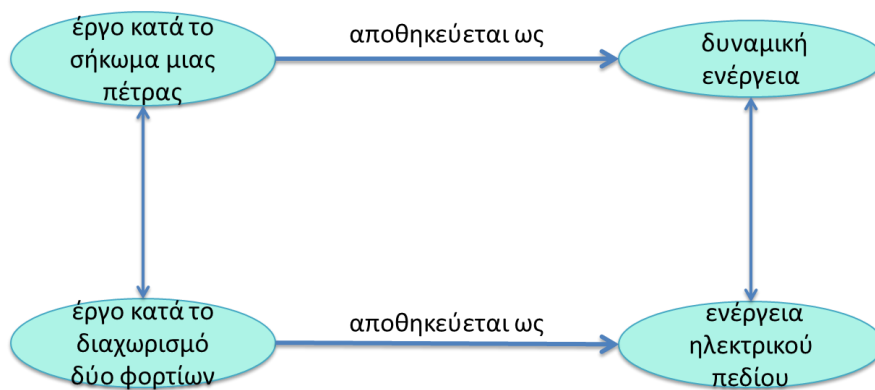
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧCVIII

Αναλογία 22^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 38, σελ. 863

«Μπορούμε να θεωρήσουμε τη διαδικασία χωρισμού των δύο αντικειμένων σαν ένα τρόπο αποθήκευσης ενέργειας μέσα στο βαρυτικό πεδίο. Όταν αφήσουμε μια πέτρα, η αποθηκευμένη ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική, καθώς η πέτρα και η Γη πλησιάζουν μεταξύ τους. Παρόμοια, το έργο που γίνεται κατά το διαχωρισμό δύο φορτίων με αντίθετα πρόσημα, αποθηκεύεται με τη μορφή ενέργειας του ηλεκτρικού πεδίου των δύο φορτίων. Η ενέργεια αποδίδεται εάν επιτρέψουμε στα φορτία να κινηθούν το ένα προς το άλλο.»



Σχήμα 93

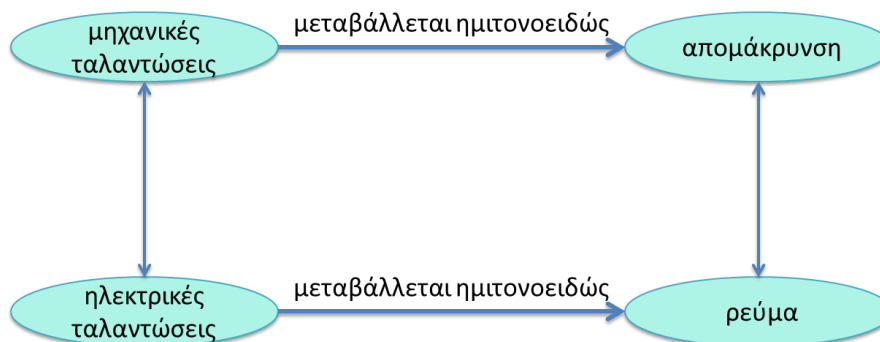
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας ΧCΙΧ

Αναλογία 23^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 38, σελ. 866

«Τέτοια κυκλώματα αποτελούν έναν ηλεκτρομαγνητικό ταλαντωτή, στον οποίο το ρεύμα μεταβάλλεται ημιτονοειδώς με το χρόνο, όπως δηλαδή μεταβάλλεται η απομάκρυνση με το χρόνο σε ένα μηχανικό ταλαντωτή.»



Σχήμα 94

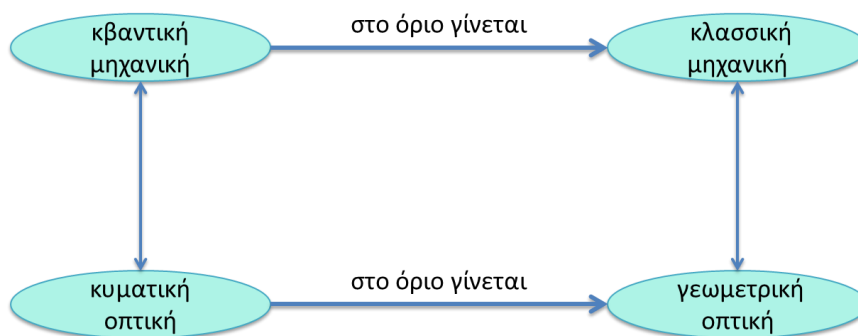
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρομαγνητισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας C

Αναλογία 24^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 43, σελ. 949

«Σε περίπτωση που η συνθήκη της γεωμετρικής οπτικής δεν ικανοποιείται, δεν μπορούμε να περιγράψουμε τη συμπεριφορά του φωτός με ακτίνες, αλλά πρέπει να λάβουμε υπόψη την κυματική του φύση. Αυτή η περίπτωση είναι η περιοχή της φυσικής οπτικής ή κυματικής οπτικής, η οποία περιλαμβάνει τη γεωμετρική οπτική ως οριακή κατάσταση, όπως ακριβώς η κβαντική μηχανική περιλαμβάνει την κλασική μηχανική ως οριακή κατάσταση.»



Σχήμα 95

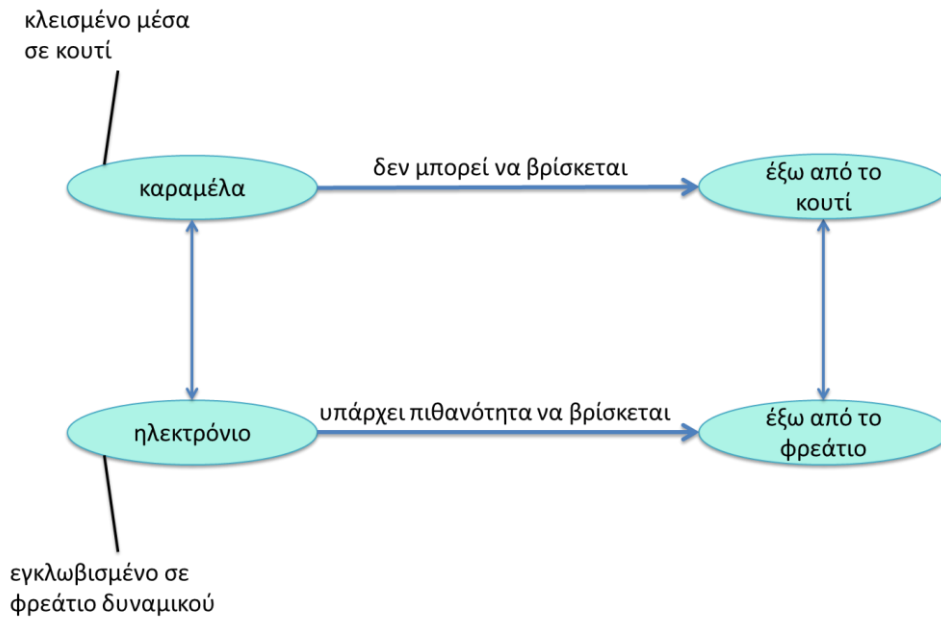
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Απλή
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας C1

Αναλογία 25^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 50, σελ. 1118

«Πως μπορεί ένα ηλεκτρόνιο. Του οποίου η ενέργεια είναι μόνο 4,45 eV να αποδράσει από ένα φρεάτιο το οποίο είναι 20 eV βαθύ; Είναι ξεκάθαρο, κλασικά αδύνατον. Είναι σαν να βάζουμε μια καραμέλα σε ένα κλειστό κουτί και μερικές φορές (όχι όλες) αυτή η καραμέλα να εμφανίζεται έξω από το κουτί.»



Σχήμα 96

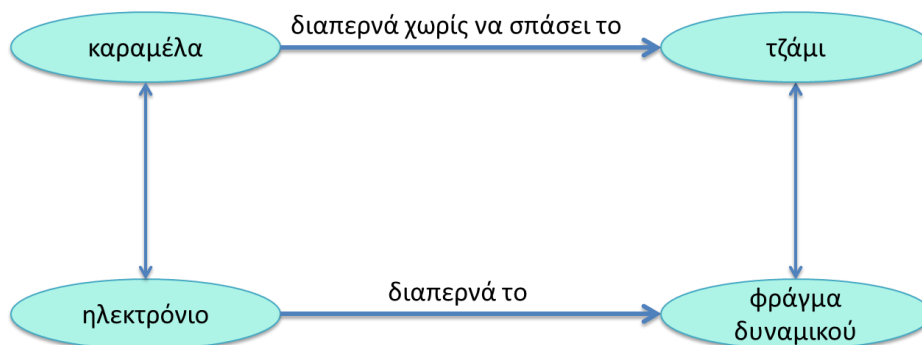
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Ναι

Πίνακας CII

Αναλογία 26^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 50, σελ. 1119

«Εδώ μελετάμε ένα άλλο σχετικό κβαντικό φαινόμενο, δηλαδή τη διαπέραση των κλασικά αδιαπέραστων δυναμικών φραγμάτων. Η περίπτωση αυτή είναι σαν να πετάξουμε μια καραμέλα σε ένα τζάμι παραθύρου και αυτή να βρεθεί ξανά από την άλλη πλευρά με το τζάμι να μην έχει σπάσει.»



Σχήμα 97

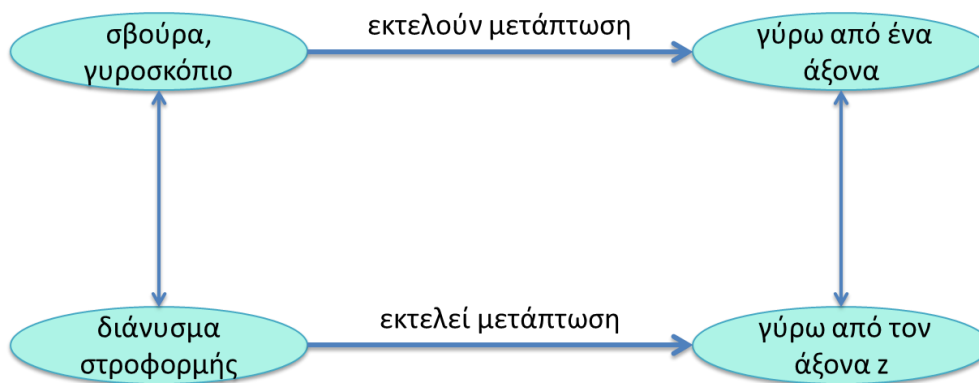
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας CIII

Αναλογία 27^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 51, σελ. 1139

«Στο σχ. 9 εικονίζεται ένα κλασικό διανυσματικό μοντέλο, το οποίο μας βοηθά να παραστήσουμε τη χωρική κβάντωση του L . Εικονίζεται ένα διάνυσμα το οποίο εκτελεί μετάπτωση γύρω από τον άξονα z , όπως μια σβούρα ή ένα γυροσκόπιο εκτελούν μετάπτωση γύρω από έναν άξονα, μέσα το βαρυτικό πεδίο της Γης.»



Σχήμα 98

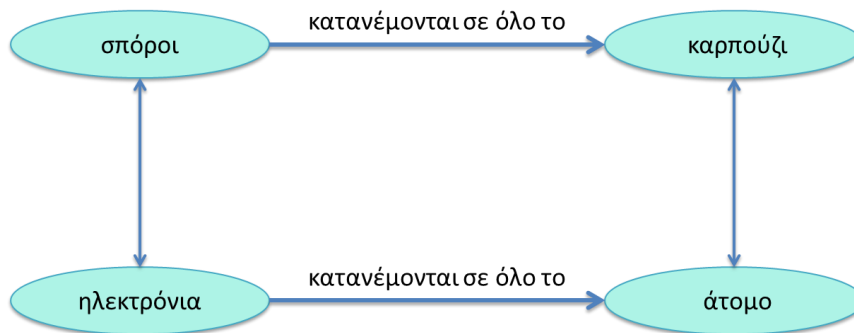
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Σύγχρονη Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας CIV

Αναλογία 28^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 54, σελ. 1208

«Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, το θετικό φορτίο του ατόμου είναι ομοιόμορφα καταναμημένο σε ολόκληρο τον όγκο του ατόμου. Τα ηλεκτρόνια κατανέμονται επίσης σε ολόκληρο τον όγκο, όπως οι σπόροι σε ένα καρπούζι και ταλαντώνονται γύρω από τις θέσεις ισορροπίας τους.»



Σχήμα 99

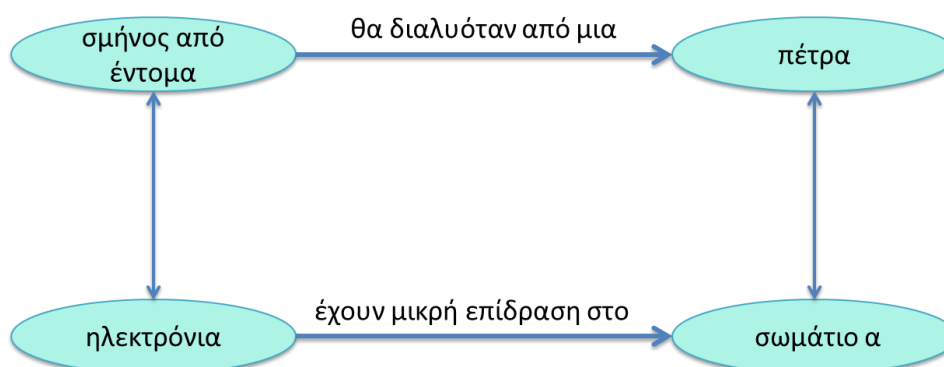
Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Δομική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας CV

Αναλογία 29^η

Πηγή: Halliday, D. κ.ά. Φυσική, κεφ. 54, σελ. 1208

«Τα ηλεκτρόνια του ατόμου επίσης έχουν πολύ μικρή επίδραση στο πολύ μαζικό σωματίο α. Στην πραγματικότητα τα ίδια θα εκτρέπονταν όπως ένα σμήνος από έντομα θα διαλυόταν εάν το χτυπούσαμε με μία πέτρα.»



Σχήμα 100

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Πίνακας CVI

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Συμπεράσματα

Οι συγγραφείς φαίνεται να κάνουν εκτεταμένη χρήση αναλογιών στα πανεπιστημιακά εγχειρίδια που μελετήθηκαν. Ο αριθμός των αναλογιών που καταγράφηκαν ήταν αρκετά μεγάλος με μέσο όρο 32,3 αναλογίες ανά βιβλίο που είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο (19,75) που κατέγραψαν οι Orgill και Bodner (2006) στην έρευνά τους. Οι περισσότερες αναλογίες βρέθηκαν στο βιβλίο του Hewitt, χωρίς όμως μεγάλη διαφοροποίηση στο πλήθος σε σχέση με τους δύο άλλους συγγραφείς. Τα βιβλία αυτά απευθύνονται κυρίως σε φοιτητές ανώτερης ή ανώτατης εκπαίδευσης, ηλικίας άνω των 18 ετών, οι οποίοι έχουν αναπτύξει περισσότερες γνωστικές δομές και νοητικές αναπαραστάσεις, οπότε είναι πιο εύκολο να χρησιμοποιήσουν την προϋπάρχουσα γνώση και να την συνδέσουν με κάτι άγνωστο μέσω του αναλογικού συλλογισμού. Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές για να εξηγήσουν αφηρημένες έννοιες ή έννοιες που δεν είναι ορατές με τις αισθήσεις, ειδικά στο πεδίο του ηλεκτρισμού, της ατομικής και της πυρηνικής φυσικής, όπως και της σύγχρονης φυσικής. Είναι χαρακτηριστική η περίπτωση σύνδεσης της κλασικής φυσικής με τις νέες θεωρίες της κβαντομηχανικής.

Η συντριπτική πλειοψηφία αναλογιών, που καταγράφηκαν (93%) έκαναν λόγο για τις ομοιότητες, που υπάρχουν στην λειτουργία ή στη συμπεριφορά ανάμεσα στην βάση και στον στόχο. Έτσι φαίνεται ότι είναι αρκετά σημαντικό να υπάρχει μια αναλογική σχέση, που να αφορά τα κοινά λειτουργικά χαρακτηριστικά των δύο τομέων. Επίσης, μια σημαντική πλειοψηφία αναλογιών (80%) ήταν είτε εμπλουτισμένες, είτε εκτεταμένες, που δείχνει ότι οι συγγραφείς αναφέρουν τα κοινά χαρακτηριστικά των δύο οντοτήτων και εξηγούν τις ομοιότητες τους, εκπληρώνοντας έτσι το ρόλο που έχουν οι αναλογίες στη μάθηση.

Η χρήση σωστά σχεδιασμένων και κατάλληλων αναλογιών ως διδακτικά εργαλεία μπορεί να βοηθήσει τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών και των φαινομένων της Φυσικής. Στην κατασκευή των αναλογιών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και οι παρανοήσεις που έχουν για συγκεκριμένες έννοιες και φαινόμενα. Έτσι, γίνεται η σωστή επιλογή του τομέα της βάσης, η οποία θα μεταδώσει της πληροφορίες, μέσω της διαδικασίας της αντιστοίχισης, στον άγνωστο και προς κατανόηση τομέα του στόχου. Θα πρέπει, επίσης, να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στους περιορισμούς της αναλογίας καθώς σε κάθε αναλογία υπάρχει ένα σημείο στο οποίο αυτή καταρρέει. Έτσι, οι συγγραφείς θα πρέπει να αναφέρουν ρητά τα αδύναμα σημεία της, ώστε οι μαθητές να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί κατά την χρήση της. Τα εκπαιδευτικά εγχειρίδια αποτελούν την κύρια πηγή αναλογιών για τους φοιτητές, οπότε πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή από τους συγγραφείς για το σωστό τρόπο χρήσης και παρουσιάσής τους.

3.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Καταρχήν, θα ήταν χρήσιμο να επεκταθεί η έρευνα και σε άλλους κλάδους των Φυσικών Επιστημών, όπως η Χημεία και η Βιολογία και για όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες.

Επειδή, υπάρχει έλλειψη εμπειρικών ερευνών στον Ελλαδικό χώρο πάνω στην χρήση και την αποτελεσματικότητα των αναλογιών μέσα στην εκπαιδευτική τάξη, τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές, μια τέτοια διερεύνηση θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη. Δηλαδή, να ερευνηθεί κατά πόσο συχνά κάνουν χρήση αναλογιών οι εκπαιδευτικοί σαν διδακτική τεχνική, αν επιτυγχάνονται οι γνωστικοί στόχοι του μαθήματος και ποιος είναι ο κατάλληλος τρόπος παρουσίασης μιας διδακτικής αναλογίας.

Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει να διερευνηθεί κατά πόσο οι ίδιοι οι καθηγητές χρησιμοποιούν τον αναλογικό συλλογισμό για να κατανοήσουν τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών πριν τις διδάξουν στους μαθητές.

Τέλος, θα ήθελα να προτείνω τη δημιουργία μιας διαδικτυακής βάσης δεδομένων, η οποία θα περιέχει μια συλλογή από διδακτικές αναλογίες και στην οποία θα έχουν πρόσβαση όλοι οι εκπαιδευτικοί.

Βιβλιογραφία

- Amin, T. G., Jeppsson, F., Haglund, J., & Strömdahl, H. (2012). Arrow of time: Metaphorical construals of entropy and the second law of thermodynamics. *Science Education*, 96(5), 818–848.
- 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.
- Bean, T. W., Searles, D., Singer, H., & Cowen, S. (1990). Learning Concepts from Biology Text through Pictorial Analogies and an Analogical Study Guide. *Journal of Educational Research*, 83(4), 233–37.
- Black, M. (1962). *Models and metaphors: studies in language and philosophy*. Ithaca, N. Y: Cornell University Press.
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of research in science teaching*, 30(10), 1241–1257.
- Clement, J. J. (1998). Expert novice similarities and instruction using analogies. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1271–1286.
- 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.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education*, 75(6), 649–672.
- Duit, R., Roth, W.-M., Komorek, M., & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies-between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 283–303.
- 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).

- Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983). Flowing Waters or Teeming Crowds: Mental Models of Electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. (2000). *Developing Models in Science Education*. Springer.
- Gillispie, C. C. (1986). *Στην κόψη της αλήθειας: η εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών από τον Γαλιλαίο ως τον Einstein*. Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.
- Glynn, S. (1995). Conceptual bridges: Using analogies to explain scientific concepts. *The Science Teacher*, 62(9), 25–27.
- Glynn, S. (2007). The teaching-with-analogies model. *Science and Children*, 44(8), 52–55.
- 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., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M., & Muth, K. D. (1989). Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity* (pp. 383–398). Boston, MA: Springer US.
- Glynn, S. M., & Duit, R. (1995). *Learning science in the schools: research reforming practice*. L. Erlbaum Associates.
- Glynn, S. M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1129–1149.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K. (1991). *The Psychology of learning science*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Halford, G. S. (1993). *Children's Understanding: The Development of Mental Models*. Routledge.
- Halliday D., Resnick R., .Krane K.S. (2009). Φυσική (τομ. 1 και 2), μτφ. Αθ. Ακύλας, Γ. Διαμαντόπουλος, Αθήνα: Πνευματικός
- Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in science education*, 31(3), 401–435.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291–1307.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry. *Science Education*, 84(3), 352–381.

- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). Teaching and Learning with Analogies. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 11–24). Springer Netherlands.
- Hewitt P. (2004), Οι Έννοιες της Φυσικής, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Holyoak, & Thagard, P. (1989). Analogical Mapping by Constraint Satisfaction. *Cognitive Science*, 13.
- Iding, M. (1997). How analogies foster learning from science texts. *Instructional Science*, 25(4), 233–253.
- Ingham, A. M., & Gilbert, J. K. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13(2), 193–202.
- Issing, L. J. (1990). Learning from pictorial analogies. *European Journal of Psychology of Education*, 5(4), 489–499.
- Lin, H., Shiau, B., & Lawrenz, F. (1996). The effectiveness of teaching science with pictorial analogies. *Research in Science Education*, 26(4), 495–511.
- Nashon, S. M. (2004). The Nature of Analogical Explanations: High School Physics Teachers Use in Kenya. *Research in Science Education*, 34(4), 475–502.
- Newton, L. D. (2003). The occurrence of analogies in elementary school science books. *Instructional Science*, 31(6), 353–375.
- 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., & Bodner, G. M. (2006). An analysis of the effectiveness of analogy use in college-level biochemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(10), 1040–1060.
- Paris, N. A., & Glynn, S. M. (2004). Elaborate analogies in science text: Tools for enhancing preservice teachers' knowledge and attitudes. *Contemporary Educational Psychology*, 29(3), 230–247.
- Sendur, G., Toprak, M., & Pekmez, E. S. (2011). An analysis of analogies used in secondary chemistry textbooks. *Procedia Computer Science*, 3, 307–311.
- 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.
- Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of research in science teaching*, 29(6), 537–544.
- Thagard, P., Cohen, D., & Holyoak, K. (1989). *Chemical analogies: Two kinds of explanation*. Defense Technical Information Center.

- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1991). Using Analogies in Secondary Chemistry Teaching. *Australian Science Teachers Journal*, 37, 10–14.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22(1), 61–74.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(6), 783–795.
- Thiele, R. B., Venville, G. J., & Treagust, D. D. F. (1995). A comparative analysis of analogies in secondary biology and chemistry textbooks used in Australian schools. *Research in Science Education*, 25(2), 221–230.
- 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.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989). *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Webb, M. J. (1985). Analogies and Their Limitations. *School Science and Mathematics*, 85(8), 645–650.
- Yener, D. (2012). A study on analogies presented in high school physics textbooks. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 13(1).
- Young, H.D., Freedman R.A. (2010). Πανεπιστημιακή Φυσική με Σύγχρονη Φυσική (τομ.Α', Β' και Γ'), μτφ. Εμ. Δρης κ.α. (2^η ελλην. έκδοση), Αθήνα: Παπαζήση
- Zeitoun, H. H. (1984). Teaching Scientific Analogies: a proposed model. *Research in Science & Technological Education*, 2(2), 107–125.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Χρηστίδου, Β., & Σκλαβενίτη, Σ. (2002). *Τα κείμενα της τεχνο-επιστήμης στον δημόσιο χώρο* (1η εκδ.). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Μπονίδης, Κυριάκος Θ. (2004). *Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας: διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές προσεγγίσεις* (1η εκδ.). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Σοφού, Ε., Κατσαντώνη, Σ., & Ταβουλάρη, Ζ. (2011). Η διδακτική της χρήσης των σχολικών βιβλίων. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, (17).
- Σταυρίδου, Ελένη. (1995). *Μοντέλα φυσικών επιστημών και διαδικασίες μάθησης*. Αθήνα: Σαββάλας.
- Χρηστίδου, Β., Δημόπουλος, Κ., & Κουλαϊδής, Β. (2001). Οι μεταφορές ως εργαλείο αναπλαισίωσης της επιστημονικής γνώσης: Η περίπτωση της Βιολογίας. Στο: *Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Μαθηματικών και της Πληροφορικής*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο