

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης



Πτυχιακή εργασία

**«Η επιρροή των μη αναμενόμενων δεδομένων στην επιστημονική γνώση και τον
επιστημονικό γραμματισμό.»**

Φοιτήτρια: Παλπάνη Χρυσούλα- Αικατερίνη (Α.Μ.: 0114158)

Επιβλέποντες:

Ασημόπουλος Στέφανος

Χατζηκυριάκου Κωνσταντίνος

ΒΟΛΟΣ- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018

Στη μητέρα μου

Ευχαριστώ τους Καλλίνικο Χαλβατζή και Βασίλη Σαββούδη για την πολύτιμη αρωγή τους, καθώς και όλους όσους αφιέρωσαν χρόνο για να με στηρίξουν στην εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|----|
| Περιεχόμενα..... | 4 |
| Περίληψη..... | 5 |
| Εισαγωγή..... | 6 |
| 1. Μη αναμενόμενα δεδομένα και επιστημολογικά anomalies..... | 10 |
| 2. Τα μη αναμενόμενα δεδομένα και η γνωστική σύγκρουση του Piaget..... | 14 |
| 3. Η χρήση των μη αναμενόμενων δεδομένων για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής..... | 17 |
| 3.1 Ομοιότητες μεταξύ μαθητών και επιστημόνων..... | 17 |
| 3.2 Οι πιθανές αποκρίσεις των ερευνητών στα μη αναμενόμενα δεδομένα..... | 18 |
| 3.3 Εκπαιδευτικές μέθοδοι για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής με την χρήση μη αναμενόμενων δεδομένων..... | 29 |
| 3.4 Προβλήματα στην εφαρμογή διδακτικών τεχνικών βασισμένων στα μη αναμενόμενα δεδομένα..... | 36 |
| Συμπεράσματα..... | 39 |
| Βιβλιογραφία..... | 41 |

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί βιβλιογραφική ανασκόπηση ορισμένων ερευνών σχετικά με την επιρροή των μη αναμενόμενων δεδομένων (anomalous data) στην επιστήμη και την εξέλιξη του επιστημονικού γραμματισμού. Αρχικά τοποθετείται το θεωρητικό υπόβαθρο του όρου «μη αναμενόμενα δεδομένα» και η σχέση του με τα «anomalies» στην επιστημολογία του Kuhn (1962) καθώς και την «εννοιολογική αλλαγή» όπως αυτή προκύπτει μέσω της γνωστικής σύγκρουσης στο έργο του Piaget (Chinn & Brewer, 1998). Παρουσιάζεται η ομοιότητα των αντιδράσεων μεταξύ των μαθητών και επιστημόνων, όπως αυτή υπογραμμίζεται από τους Chinn και Brewer (1993). Οι μαθητές όπως και οι επιστήμονες όταν έρχονται σε επαφή με μη αναμενόμενα δεδομένα δυσκολεύονται να εγκαταλείψουν τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους και παρουσιάζονται παραδείγματα από την ιστορία των επιστημών και τις γνωστικές επιστήμες που στηρίζουν αυτή την πεποίθηση. Στη συνέχεια συζητούνται οι πιθανές αντιδράσεις μαθητών και επιστημόνων στα μη αναμενόμενα δεδομένα όπως αυτές προκύπτουν από τις έρευνες των ίδιων (1993, 1998). Έπειτα, σημειώνονται οι παράγοντες που οδηγούν στις παραπάνω αντιμετωπίσεις (Chinn & Brewer, 1993), αναφέρονται διδακτικές μέθοδοι που σχετίζονται με την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής μέσω μη αναμενόμενων δεδομένων και αναλύονται ορισμένα παραδείγματα σφαλμάτων στον τρόπο που οι μαθητές επιχειρηματολογούν για τις γνώσεις τους τα οποία δυσχεραίνουν την εννοιολογική αλλαγή (Zeidler, 1997). Τέλος, μέσω της ανάλυσης των λόγων που έως τώρα ίσως να μην έχει σημειωθεί η αναμενόμενη επιτυχία στην εισαγωγή παιδαγωγικών μεθόδων που να στηρίζονται στην επίτευξη γνωστικής σύγκρουσης με την χρήση μη αναμενόμενων δεδομένων (Chinn & Malhotra, 2001) τονίζεται η ανάγκη για περεταίρω έρευνα γύρω από τα μη αναμενόμενα δεδομένα στον ελλαδικό χώρο αλλά και παγκοσμίως.

Λέξεις κλειδιά: μη αναμενόμενα δεδομένα, anomaly, εννοιολογική αλλαγή, γνωστική σύγκρουση.

Εισαγωγή

Η εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας αποτελεί βιβλιογραφική ανασκόπηση του τρόπου με τον οποίο οι ασκούμενοι στις θετικές επιστήμες (μαθητές, φοιτητές, δυνητικοί επιστήμονες και επιστήμονες) αντιμετωπίζουν τα μη αναμενόμενα δεδομένα, τους λόγους στους οποίους οφείλεται η αντιμετώπιση αυτή καθώς και στον τρόπο με τον οποίο τα παραπάνω επηρεάζουν όχι μόνο τον την επιστημονική γνώση αλλά και την Ιστορία της Επιστήμης.

Με τον όρο μη αναμενόμενα δεδομένα, όπως αυτά εμφανίζονται στις θετικές επιστήμες, ορίζουμε τις αποκλίσεις/ διαφοροποιήσεις από την αναμενόμενη σειρά ή δομή ή από τον αναμενόμενο κανόνα. Συγκεκριμένα στις θετικές επιστήμες οι αποκλίσεις αυτές μπορούν να έχουν την μορφή πειραματικών δεδομένων που δεν συνάδουν με την υπόθεση καθιερωμένων και αποδεδειγμένων θεωριών και δεν αποδίδονται σε πειραματικό σφάλμα (είτε συστηματικό είτε τυχαίο). Ανάλογα με τον υπό εξέταση τομέα, τα μη αναμενόμενα δεδομένα μπορούν να έχουν διάφορες μορφές.

Στην επιστημολογία συναντάμε τον όρο «anomaly» από τον Thomas Kuhn (1962) , τα anomalies είναι η αιτία για την οποία μια θεωρία αντικαθίσταται από μια άλλη, ή σύμφωνα με την δική του ορολογία, ένα Παράδειγμα αντικαθίσταται από ένα άλλο.

Σύγχρονο παράδειγμα anomaly αποτελεί το Πρόβλημα του Συμπαντικού Ορίζοντα. Το πρόβλημα αυτό δημιουργήθηκε λόγω της μέτρησης ομογενούς μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου κατά μήκος του σύμπαντος. Υποστηρίζεται ότι οι δύο άκρες του σύμπαντος απέχουν 28 δισεκατομμύρια έτη φωτός ενώ η ηλικία του 14 δισεκατομμύρια έτη και ότι σύμφωνα με την Θεωρία της Σχετικότητας δεν υπάρχει στο σύμπαν σωματίδιο που να κινείται με ταχύτητα μεγαλύτερη της ταχύτητας του φωτός. Λόγω των παραπάνω δεν θα έπρεπε να υπάρχει η θερμική ομοιομορφία του σύμπαντος που παρατηρούμε σήμερα καθώς δεν θα μπορούσε να έχει ταξιδέψει η θερμική ακτινοβολία μεταξύ των δύο οριζόντων, ώστε να είναι δυνατή η εξομάλυνση ψυχρών και θερμών περιοχών που δημιουργήθηκαν από τη μεγάλη έκρηξη. Το "Πρόβλημα του Ορίζοντα" μπορεί να ερμηνευτεί από την «Θεωρία του πληθωρισμού» που υποθέτει μια εξαιρετικά γρήγορη διαστολή σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα ακριβώς μετά τη μεγάλη έκρηξη (10^{50} μέσα σε 10^{-33} δευτερόλεπτα). Όμως, δεν είναι γνωστό τι είναι αυτό που

θα μπορούσε να προκαλέσει τον «πληθωρισμό». Μέχρι να βρεθεί μία εξήγηση, η ομοιόμορφη θερμοκρασία της ακτινοβολίας υποβάθρου παραμένει μια απόκλιση η οποία θέτει (έστω και θεωρητικά) υπό αμφισβήτηση το αξίωμα του Einstein περί ταχύτητας του φωτός.

Η αποδοχή ενός μη αναμενόμενου δεδομένου με αποτέλεσμα την αλλαγή μιας ή παραπάνω θεωριών είναι ένας μόνο από τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να αντιμετωπιστεί η συγκεκριμένη αλλά και οποιαδήποτε πειραματική απόκλιση. Οι Brewer και Chinn (1993, 1998) υποστηρίζουν πως έχουν παρατηρηθεί οχτώ διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους επιστήμονες και μαθητές αντιμετωπίζουν ένα μη αναμενόμενο δεδομένο. Σύμφωνα με τους ίδιους ο τρόπος αντιμετώπισης των μη αναμενόμενων δεδομένων διαφέρει ελάχιστα μεταξύ μαθητών και εδραιωμένων επιστημόνων με τους πρώτους να είναι πιο ανοικτοί στα νέα δεδομένα.

Για λόγους συντομίας, λοιπόν, θα αναφερόμαστε συνολικά και στις δύο κατηγορίες με τον όρο ερευνητές καθώς και οι δύο ομάδες εμπλέκονται σε διαδικασίες ανεύρεσης απαντήσεων σε προβλήματα, δηλαδή ερευνούν.

Οι περισσότεροι ερευνητές επιλέγουν να αγνοήσουν το αποκλίνον πειραματικό αποτέλεσμα χωρίς προσπάθεια για περαιτέρω σκέψη αφήνοντας ανέπαφη την θεωρία, ενώ μεγάλος είναι και ο αριθμός εκείνων που επιλέγουν να το απορρίψουν. Στην δεύτερη περίπτωση παρ' όλο που η θεωρία παραμένει εξίσου άθικτη με εκείνη της αγνόησης, ο ερευνητής αναγκάζεται να αιτιολογήσει τον λόγο για τον οποίο επέλεξε να καταφύγει στην αγνόηση αποδίδοντας την ευθύνη συνήθως σε κάποιο λάθος κατά την διεξαγωγή του πειράματος. Ομοίως, υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες ο ερευνητής εκφράζει αβεβαιότητα σχετικά με το εάν πιστεύει τα μη αναμενόμενα δεδομένα που έχουν εμφανιστεί. Έναν ακόμα διαδεδομένο τρόπο αντιμετώπισης ενός μη αναμενόμενου δεδομένου αποτελεί η εξαίρεση των αποκλίσεων ως δεδομένων που δεν ανήκουν στο πεδίο ορισμού της θεωρίας. Σε αντίθεση με τους ερευνητές που επιλέγουν να απορρίψουν τις πειραματικές αποκλίσεις, εκείνοι που τις εξαιρούν δεν ασκούν κριτική στην ορθότητα των δεδομένων, με αποτέλεσμα να μην οδηγούμαστε και πάλι σε αλλαγές στην θεωρία. Η κράτηση του αποκλίνοντα πειραματικού δεδομένου σε αδράνεια με σκοπό την μελλοντική του επεξεργασία ανήκει στους τρόπους αντιμετώπισης που δεν θίγουν την

θεωρία έμμεσα αλλά άμεσα καθώς οι ερευνητές που τον εφαρμόζουν θεωρούν πως κάποια στιγμή η θεωρία θα μπορέσει να διατυπωθεί με τρόπο που να εξηγεί το .μη αναμενόμενο δεδομένο. Τέλος, η επανερμίνευση των αποκλίσεων και η αποδοχή των μη αναμενόμενων δεδομένων σε συνδυασμό με περιφερειακές αλλαγές στη θεωρία αποτελούν τρόπους που συναντώνται σε πολλές επιστημονικές και μαθητικές έρευνες που παρουσιάζουν μη αναμενόμενα δεδομένα Αυτός ο τελευταίος τρόπος μάλλον είναι εκείνος με τον οποίο αντιμετωπίζεται το «Πρόβλημα του Ορίζοντα» από πολλά μέλη της επιστημονικής κοινότητας. Η υπόθεση του «πληθωρισμού» κρατά ανέπαφη την θεωρία του Einstein αλλάζοντας ταυτόχρονα κάποια από τα αποδεκτά περιφερειακά της θεωρίας δεδομένα για την Μεγάλη Έκρηξη.

Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι επιστήμονες δυσκολεύονται αρκετά να δεχτούν ότι ένα μη αναμενόμενο δεδομένο μπορεί να δημιουργείται λόγω λάθους ή παρανόησης στην ήδη καθιερωμένη θεωρία. Η άρνηση αυτή είναι αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων (θρησκευτικών πεποιθήσεων, κοινωνικών κατεστημένων κ.α.).

Παρομοίως οι μαθητές δυσκολεύονται ιδιαίτερα να εγκαταλείψουν τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους. Σε επίπεδο σχολικής τάξης ως μη αναμενόμενο θεωρούμε το πειραματικό δεδομένο που δεν συνάδει με τις λανθασμένες πεποίθηση των μαθητών. Η μη αναμενόμενη (από τα παιδιά) έκβαση ενός πειράματος, όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δυναμικό στοιχείο που θα μπορούσε να διευκολύνει τη μάθηση. Η σύγχρονη παιδαγωγική προάγει μια μαθησιακή πραγματικότητα στηριγμένη στην εποικοδόμηση της γνώσης. Σύμφωνα με αυτή την ιδέα ο εκπαιδευτικός πρέπει να προκαλεί αυτό που Piaget ονόμασε «γνωστική σύγκρουση» ή «κοινωνιογνωστική σύγκρουση». Η γνωστική σύγκρουση προκαλείται κάθε φορά που το παιδί καλείται να κάνει κάτι περισσότερο για το οποίο οι γνώσεις του δεν επαρκούν (Σφυρόρα, 2007). Μέσα από αυτή την διαδικασία το παιδί έρχεται αντιμέτωπο με τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις του για τον κόσμο, συνειδητοποιεί τα όρια αυτών που ξέρει ή νομίζει ότι ξέρει και προσπαθεί να οικοδομήσει νέες γνώσεις, αλλάζοντας ταυτόχρονα τις νοητικές του δομές και ανακαλύπτοντας νέες στρατηγικές, με άλλα λόγια μαθαίνει. Με αφορμή λοιπόν τους Chinn και Brewer (1993), θα επιχειρήσουμε να παρουσιάσουμε ένα πλαίσιο στο οποίο η εννοιολογική

αλλαγή σε μαθήματα φυσικών επιστημών επιτυγχάνεται μέσω της αντιμετώπισης μη αναμενόμενων πειραματικών δεδομένων από τους μαθητές.

Όλα τα παραπάνω θα επιχειρηθεί να προσεγγιστούν στην συνέχεια της εργασίας.

1. Μη αναμενόμενα δεδομένα και επιστημολογικά anomalies

Ας φανταστούμε μια κοινωνία στην οποία οι πολίτες γνωρίζουν πως όλες οι γάτες είναι λευκές (αναμενόμενο χρώμα το λευκό) εμφανίζεται μια γάτα με γκρι τρίχωμα. Το γκρι χρώμα στις γάτες δεν έχει παρατηρηθεί ποτέ από τα άτομα της κοινωνίας αυτής, δεν ταιριάζει με αυτό που οι άνθρωποι γνώριζαν μέχρι εκείνη την στιγμή για το τι είναι αναμενόμενο σχετικά με το χρώμα του τριχώματος των γατών. Η εμφάνιση γκρι τριχώματος, δηλαδή, αποτελεί μη αναμενόμενο δεδομένο καθώς οι άνθρωποι της κοινωνίας αυτής δεν είχαν σκεφτεί ποτέ ότι μπορεί να υπάρχουν γάτες χρώματος διαφορετικού του λευκού μέχρι να τους παρουσιαστεί η συγκεκριμένη γάτα.

Οι Chinn και Brewer (1993, 1998) συνδέουν την έννοια του μη αναμενόμενου δεδομένου με την περίπτωση της «anomaly» του Kuhn, όπως αυτή παρουσιάζεται στο έργο του : «Η Δομή των Επιστημονικών Επανάστασεων» (1962). Στην Δομή, ο Kuhn αντιτίθεται στην διαψευσιοκρατία του Popper και επιχειρεί να επιστήσει την προσοχή των ερευνητών στα στοιχεία της ιστορίας της επιστήμης που σχετίζονται με την πρόοδο των επιστημονικών ιδεών και την γενικότερη θεώρηση για την φύση της επιστήμης. Πιο συγκεκριμένα ο Kuhn θέτει στο επίκεντρο της έρευνας του τους όρους Παράδειγμα (paradeigm) και Anomaly. Το Παράδειγμα του Kuhn αποτελεί το σύνολο των κοινών ιδεολογικών χαρακτηριστικών, μεθόδων και τεχνικών των μελών μιας επιστημονικής κοινότητας αλλά και τις λύσεις ορισμένων προβλημάτων που χρησιμοποιούνται ως πρότυπες από μια ομάδα επιστημόνων (Kuhn, 1962). Anomaly, αποτελεί οποιοδήποτε δεδομένο διαψεύδει μια αποδεκτή πεποίθηση. Τα δεδομένα αυτά συνήθως προκύπτουν είτε από κάποια προβλήματα που παραμένουν άλυτα είτε, συνηθέστερα, από πειράματα ή νέες παρατηρήσεις. Κανένα Παράδειγμα δεν είναι απαλλαγμένο από anomalies καθώς αυτές αποτελούν, ως ένα βαθμό, φυσικό χαρακτηριστικό του (Kuhn, 1962). Ως εκ τούτου, η σπουδαιότητα και όχι το πλήθος των anomalies είναι αυτή που οδηγεί τα μέλη της κοινότητας στην αμφισβήτηση του Παραδείγματος (Kuhn, 1962). Σημαντικότερες anomalies θεωρούνται εκείνες που θίγουν τα θεμέλια ενός Παραδείγματος (Kuhn, 1962). Η συσσώρευση τους εσωτερικά και εξωτερικά της επιστημονικής κοινότητας δημιουργεί σταδιακά αμφισβήτηση για την αξιοπιστία των διεργασιών της κοινότητας. Η αδυναμία απάντησης στα ερωτήματα που προκύπτουν οδηγούν τα μέλη της κοινότητας στην αμφισβήτηση των θεμελίων του

Παραδείγματος, την κρίση (crisis) όπως αναφέρει ο Κuhn. Η περίοδος της κρίσης τερματίζεται με την υπεροχή ενός Παραδείγματος που να προσφέρει απαντήσει σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο φάσμα των φαινομένων με τα οποία ασχολείται η επιστημονική κοινότητα (Κuhn).

Η Δομή του Κuhn και συγκεκριμένα τα anomalies φαίνεται να σχετίζονται και με μια από τις θεμελιώδεις θεωρίες των επιστημών, η Θεωρία της Ειδικής Σχετικότητας. Παρακάτω παρατίθενται τα επιστημονικά γεγονότα που οδήγησαν στην διατύπωση της.

Ο Γαλιλαίος διατύπωσε την Αρχή της Σχετικότητας στο έργο του: «Διάλογοι σχετικά με τα δύο κύρια κοσμικά συστήματα- το Πτολεμαϊκό και το Κοπερνίκειο». Είχε οδηγηθεί επαγωγικά στο συμπέρασμα ότι τα φαινόμενα της Μηχανικής δεν επηρεάζονται από την ομαλή σχετική κίνηση ανάμεσα σε δύο παρατηρητές. Σύμφωνα με τον Γαλιλαίο, για όλα τα συστήματα αναφοράς που κινούνται με σταθερή ταχύτητα το ένα προς το άλλο, οι βασικοί νόμοι της Φυσικής είναι ταυτόσημοι. Επιπλέον, ο Γαλιλαίος διατύπωσε τον Νόμο της Αδράνειας σύμφωνα με τον οποίο: ένα σώμα πάνω στο οποίο δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις, θα εξακολουθήσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα ή και να είναι ακίνητο. Τα θεωρητικά επιτεύγματα του Γαλιλαίου αποτέλεσαν την βάση της νευτώνειας φυσικής. Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα και ενώ κυριαρχούσε ακόμα η Νευτώνια φυσική, άρχισε να συμβαίνει αυτό που ο Κuhn ονομάζει κρίση του Παραδείγματος.

Το μεγαλύτερο πλήγμα επήλθε από τα αποκλίνοντα αποτελέσματα της μελέτης του Maxwell (1864) πάνω στην ηλεκτρομαγνητική θεωρία. Ο Maxwell διατύπωσε τέσσερις εξισώσεις με την χρήση των οποίων περιγράφονταν όλα τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Οι εξισώσεις αυτές καταδεικνύουν ότι η ταχύτητα μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παραμένει σταθερή ακόμα και αν αλλάξει η σχετική θέση του παρατηρητή. Τα αποτελέσματα αυτά, όμως, είναι μη αναμενόμενα από την θεωρία της ακαριαίας διάδοσης του Νεύτωνα, σύμφωνα με την οποία η ταχύτητα διάδοσης των δυνάμεων στην φύση είναι άπειρη.

Ένα ακόμα ρήγμα στην καθολικότητα των νόμων του Νεύτωνα ήρθε από τα πειράματα των Michelson και Morley αρχικός σκοπός των οποίων ήταν η μέτρηση της ταχύτητας του φωτός στον αιθέρα. Συνέπεια της θεωρίας του Νεύτωνα, που προέβλεπε ένα απόλυτο σύστημα αναφοράς που περιείχε τον απόλυτο χρόνο και τον απόλυτο χώρο - δύο έννοιες εντελώς ανεξάρτητες μεταξύ τους - αποτελούσε η ύπαρξη ενός υλικού αβαρούς, ακίνητου και ελαστικού, εντός του οποίου κινούνται οι πλανήτες, που ονομάστηκε αιθέρας. Η βασική ιδέα των

πειραμάτων ήταν ότι η ταχύτητα, άρα και ο χρόνος διάνυσης ενός οπτικού δρόμου σ' ένα συμβολόμετρο έπρεπε να εξαρτάται από τον προσανατολισμό του δρόμου ως προς τη ροή του αιθέρα. Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Michelson, δεν ανιχνεύθηκε ροή αιθέρα. Το μη αναμενόμενο αυτό δεδομένο αποδόθηκε σε κατά σύμπτωση, ως προς τον αέρα, ηρεμία του εργαστηρίου.. Τα πειράματα που ακολούθησαν κατέδειξαν πως η μέτρηση της ταχύτητας του φωτός ήταν συγκεκριμένη, ίδια σε όλες τις περιπτώσεις. Αυτή η ανακάλυψη αντέκρουε, όμως, ταυτόχρονα και την θεωρία του αιθέρα αλλά και τον ακρογωνιαίο λίθο της νευτώνιας φυσικής, τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου. Η ταχύτητα, δηλαδή, που θα μετρούνταν ως προς τον αιθέρα στην παράλληλη με την γη διεύθυνση θα έπρεπε να είναι διαφορετική εκείνης που θα μετρούνταν στην κάθετη διεύθυνση.

Η μελέτη των Michelson και Morley κέντρισε το ενδιαφέρον των Lorentz και Fitzgerald, οι οποίοι αν και συνέχισαν να δέχονται την θεωρία του αιθέρα υποστήριξαν πως οι διαστάσεις των σωμάτων αλλάζουν κατά την κίνηση τους μέσα σε αυτόν. Η πρόταση αυτή έχει σημασία καθώς είναι η πρώτη φορά που βάλλεται ουσιαστικά η καθολικότητα της θεωρίας του Νεύτωνα.

Την ίδια περίπου περίοδο ο Lorentz έκανε ξεχωριστά μια παρόμοια πρόταση μηχανισμού που εξηγεί τις αλλαγές βασισμένου στην δική του «ηλεκτρονική θεωρία της ύλης», προτείνοντας ότι τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία στον αιθέρα συμπιέζαν, κατά την ροή της κίνησης, τα ηλεκτρικά φορτία των αντικειμένων που κινούνταν σε αυτόν. Έτσι δομήθηκε αυτό που αργότερα έγινε γνωστό ως «Η συστολή» των Lorentz και Fitzgerald, η θεωρία που απέτεινε σαφή εξήγηση στο πείραμα των Mitchelton και Morley.

Αν και κατά την διάρκεια του 19^{ου} αιώνα πολλοί επιστήμονες ασχολήθηκαν με το ίδιο θέμα ο Lorentz ήταν εκείνος που κατάφερε να επεκταθεί αρκετά με αποτέλεσμα να δημιουργήσει μια εμπειριστατωμένη θεωρία για την ηλεκτροδυναμική, βασισμένη στην δική του θεωρία των ηλεκτρονίων και την υπόθεση της συστολής. Παρ' όλο που η προσέγγιση του ήταν εμπειρικά φορτισμένη και στόχευε μόνο στην περιγραφή των αλλαγών που είχαν παρατηρηθεί στις γνωστές φυσικές διαδικασίες ομοιάζε πολύ σε αυτό που θα παρουσίαζε, αργότερα, ο Einstein ως θεωρία της ειδικής σχετικότητας. (Bodin 2006, σ. 93).

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των μετασχηματισμών του Lorentz αποτελεί το γεγονός ότι δεν αλλοιώνουν τις εξισώσεις του Maxwell.

Όπως προκύπτει από τις εξισώσεις του Maxwell τα μαγνητικά φορτία δημιουργούνται ή καταστρέφονται με την κίνηση του παρατηρητή, αλλάζοντας την εικόνα του πεδίου. Εδώ, εντοπίζεται και η μη συμβατότητα των εξισώσεων του Maxwell με τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου.

Αντίθετα, οι μετασχηματισμοί του Lorentz διατηρούν την ίδια εικόνα για τα πεδία, ακόμα και αν ο παρατηρητής κινείται. Για να είναι κάτι τέτοιο δυνατό, θα πρέπει εκτός από τη συστολή του μήκους, που πρότεινε ο Fitzgerald, να υπάρχει και διαστολή του χρόνου, και ο χρόνος, σύμφωνα με το Νεύτωνα είναι απόλυτος. Τίποτα δεν μπορεί να αλλάξει το ρυθμό με τον οποίο αυτός κυλά. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο ο Lorentz και οι συνεργάτες του δεν κατάφεραν να διατυπώσουν την πλήρη θεωρία.

Τέλος, δεν θα μπορούσαμε να μην αναφερθούμε στην συμβολή του Γάλλου μαθηματικού Poincare, ο οποίος κατάφερε να σκιαγραφήσει ένα προκαταρκτικό κείμενο της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας και πρότεινε πως ίσως αυτή του φωτός είναι η οριακή ταχύτητα στην φύση και ότι η μάζα εξαρτάται από την ταχύτητα. Παρήγαγε, ακόμα, τους μετασχηματισμούς Lorentz. Ο Poincare, τέλος, ήταν εκείνος που πρότεινε το όνομα Αρχή της Σχετικότητας, χωρίς όμως να καταφέρει να την περιγράψει.

Τα κομμάτια του παζλ θα συνδέσει ο Albert Einstein το 1905, εκδίδοντας την εργασία του «Περί της ηλεκτροδυναμικής των κινούμενων σωμάτων» όπου παρουσιάζει τα αξιώματα της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας.

Η Ειδική Σχετικότητα του Einstein αποτελεί μια θεωρία που περιλαμβάνει όλη τη νευτώνεια φυσική, καθώς αν οι εξισώσεις της αφορούν ταχύτητα πολύ μικρή σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός αναπαράγεται όλη η φυσική του Νεύτωνα. Δεν μπορούμε να πούμε, λοιπόν, ότι ο Einstein κατέρριψε τον Νεύτωνα, παρά μόνον ότι κατέρριψε την καθολικότητα της θεωρίας του. Επιπλέον, την εποχή που έζησε ο Νεύτωνα οι ταχύτητες του μεγέθους της ταχύτητας του φωτός ήταν άγνωστες. Και οι δύο θεωρίες ακολουθούν κάποιο νόμο αντίστροφου τετραγώνου, απλώς για τον Νεύτωνα αυτός ήταν εμπειρικός και ο μηχανισμός του ανεξήγητος ενώ στην εποχή του Einstein η πρόοδος της επιστήμης είχε καταστήσει δυνατή την αντικατάσταση του εμπειρισμού με τη γνώση. Ο Einstein αναβάθμισε αποτελεσματικά την θεωρία του Νεύτωνα, κάνοντας την βαρύτητα εφαρμόσιμη υπό όλες τις συνθήκες χωρίς αυτό να υπονομεύει την

αυθεντικότητα της δουλειάς του Νεύτωνα, ή να μειώνει την μέγεθος της συνεισφοράς του στην επιστήμη.

2. Τα μη αναμενόμενα δεδομένα και η γνωστική σύγκρουση του Jean Piaget

Ο εντοπισμός μιας απομαλίας από έναν επιστήμονα ομοιάζει αρκετά της γνωστικής σύγκρουσης την οποία υπόκειται ένας μαθητής κατά την μαθησιακή διαδικασία (Chinn & Brewer, 1993). Η γνωστική σύγκρουση συναντάται στον δομισμό του Piaget.

Ο κονστρουκτιβισμός μπορεί να ανιχνευτεί πίσω στον Giambattista Vico, ο οποίος το 1710 υποστήριξε πως κάποιος γνωρίζει κάτι μόνο όταν μπορεί να το εξηγήσει (Gatt, 2003). Εκ' τότε έχουν προταθεί διάφορα εποικοδομητικά ρεύματα. Ένα εκ των πιο γνωστών είναι ο Δομισμός του Jean Piaget. Άλλους γνωστούς κονστρουκτιβιστές σύμφωνα με την Gatt (2003) αποτελούν οι George Kelly (Bannister and Fransella, 1986), Jerome Bruner (Wood, 1998), Lev Vygotsky (1978) και Ernst Von Glasersfeld (1993). Ο Κονστρουκτιβισμός αναπτύχθηκε ως αντίποδας στην εμπειριστική επιστημολογία, μέσω της προαγωγής της ιδέας ότι η γνώση εποικοδομείται εν μέσω μιας διαδικασίας κοινωνικής αλληλεπίδρασης και δεν αποτελεί παθητική μίμηση της πραγματικότητας (Bliss, 1993). Είναι μια θεωρία μάθησης που αφορμάται από την φιλοσοφία, την ψυχολογία και τις επιστήμες.

Ο Piaget ήταν ένας από τους πρώτους που έθεσαν το ζήτημα ότι τα παιδιά οικοδομούν την δική τους γνώση, η οποία εξελίσσεται και αλλάζει με τα χρόνια (Bliss, 1993). Δεν εστίασε απλά στην περιγραφή δομών αλλά προχώρησε στην παραγωγή ενός αναπτυξιακού ή γενετικού δομισμού για να εξηγήσει πως εξελίσσονται οι δομές. Υποστήριξε ότι το παιδί παίρνει πρωτοβουλίες ανταποκρινόμενο σε ερεθίσματα του περιβάλλοντος και πως η αλληλεπίδραση του παιδιού με τα αντικείμενα είναι αυτή που επηρεάζει τις ιδέες του για τον κόσμο. Άλλωστε, σύμφωνα με τον Piaget, η γνώση βρίσκεται σε μια συνεχή διαδικασία εξέλιξης (γενετική επιστημολογία) (Piaget, 1970).

Άλλη μια καινοτομία του Piaget αποτέλεσε ο τρόπος διενέργειας της μελέτης του, καθώς σε αντίθεση με τους ερευνητές της εποχής του εκείνος δεν διενεργούσε μελέτες ψυχολογίας σε τεχνητά περιβάλλοντα αλλά πήγαινε σε σχολεία και συνέλλεγε υλικό άμεσα από τους μαθητές.

Παρ' όλα αυτά δεν ενδιαφέρονταν για τις μεμονωμένες διαφορές, αλλά για το γενικό επίπεδο ανάπτυξης της γνώσης που αφορά όλους τους ανθρώπους (Bliss, 1993). Αυτός ο τρόπος αντίληψης της μάθησης είναι που κάνει την θεωρία του Piaget εποικοδομητική.

Η θεωρία του Piaget για την γνωστική ανάπτυξη είναι βασισμένη στην παρουσία ενός κεντρικού επεξεργαστικού συστήματος που αναπτύσσεται και γίνεται πιο σύνθετο με την διαδικασία της «ωρίμανσης» (Gatt, 2003). Η ωρίμανση βασίζεται σε γενετικούς και εμπειρικούς παράγοντες. Στόχος της ωρίμανσης είναι η γνωστική ισορροπία, μια κατάσταση κατά την οποία υπάρχει μία ισορροπημένη, αρμονική σχέση ανάμεσα στις ιδέες των παιδιών και στο περιβάλλον. Τα παιδιά δομούν την γνώση μέσω της διαδικασίας της εξισορρόπησης. Η εξισορρόπηση περιλαμβάνει την δημιουργία ενός νέου σταδίου ανάπτυξης ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον (Shayer & Adey, 1981) και προκαλείται μέσω των διαδικασιών της αφομοίωσης και της συμμόρφωσης. Το περιβάλλον δρα ως ερέθισμα. Όταν οι εμπειρίες και οι αλληλεπιδράσεις είναι οικείες και έχουν κάποιο νόημα για τα παιδιά τότε αφομοιώνονται. Αν, όμως, δεν ταιριάζουν με τα ήδη υπάρχοντα νοητικά σχήματα, τότε επέρχεται συμμόρφωση, τροποποίηση δηλαδή των υπάρχοντων σχημάτων για την ενσωμάτωσή τους ή την προσαρμογή τους στις νέες εμπειρίες (Gatt, 2003). Όλα αυτά στοχεύουν σε αυτό που ο Piaget έχει ονομάσει εννοιολογική αλλαγή.

Ως εννοιολογική αλλαγή, ο Piaget αναφέρεται στην στρατηγική μάθησης κατά την οποία προκαλείται εξωτερική της γνώσης και των εσωτερικών δομών του μαθητή με σκοπό την τροποποίησή τους. Η εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή, προάγει την αμφισβήτηση της προϋπάρχουσας γνώσης και επιχειρεί την αποδόμηση των κακώς κειμένων στις υπάρχουσες μαθητικές γνωστικές δομές (Stofflet, Stoddart, 1994).

Ένα ακόμα σημαντικό μέσο γνωστικής ανάπτυξης που υπογραμμίζει ο Piaget είναι η γνωστική σύγκρουση. Η γνωστική σύγκρουση θεωρείται θεμελιώδης για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (Park & Pak, 1997).

Σύμφωνα με τους Shayer και Adey (1994) ο όρος γνωστική σύγκρουση χαρακτηρίζει την κατάσταση κατά την οποία ο μαθητής έρχεται αντιμέτωπος με γεγονότα ή παρατηρήσεις τα οποία βρίσκει πολύπλοκα, μη συμβατά με την προηγούμενη εμπειρία ή αντίληψη του (σελ.62).

Ο κονστρουκτιβισμός, λοιπόν, προάγει ένα μάθημα βασισμένο στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και την διαθεματικότητα, ένα μάθημα συνιστάμενο της κατάλληλης επιλογής πειραμάτων και ενός μη γραμμικού σχεδιασμού διδασκαλίας (Καριώτογλου, 2006). Η γνώση πλέον δεν απορρέει από τις υποθέσεις του εκπαιδευτικού για τις ιδέες των μαθητών αλλά οικοδομείται πάνω σε καθαυτές τις μαθητικές γνώσεις. Ο μαθητής γίνεται το κέντρο της διδακτικής διαδικασίας και παύει να είναι παθητικός δέκτης πληροφοριών καθώς οι ιδέες που κουβαλά σχετικά με την ερμηνεία του κόσμου είναι αυτές που μετεξελίσσονται σε επιστημονική γνώση.

Οι βασικές παραδοχές της εποικοδομητικής θεωρίας έχουν διαμορφωθεί με βάση ένα σημαντικό αριθμό ερευνητικών δεδομένων και έχουν συνοψιστεί από την Rosalind Driver:

1. Οι μαθητές ορίζουν την δική τους μάθηση.
2. Η μάθηση προϋποθέτει την οικοδόμηση νοήματος μέσα από την προσωπική διαπραγμάτευση και την εμπλοκή του μαθητή στην εκπαιδευτική διαδικασία.
3. Η γνώση δεν λαμβάνεται έτοιμη αλλά οικοδομείται με προσωπικό και κοινωνικό τρόπο.
4. Οι διδάσκοντες φέρουν τις δικές τους ιδέες και αντιλήψεις, οι οποίες αναπόφευκτα επηρεάζουν την αλληλεπίδραση τους με τους μαθητές του.
5. Η διδασκαλία προϋποθέτει την οργάνωση της μαθησιακής πραγματικότητας με τρόπο που να προωθείται η οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης και όχι η μετάδοση της.
6. Το αναλυτικό πρόγραμμα αποτελείται από δραστηριότητες, πηγές, μέσα και υλικά με την χρήση των οποίων οι μαθητές πρέπει να οικοδομούν τη γνώση και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως μαθησιακό αντικείμενο.

Καθ' όλη την μαθησιακή διαδικασία λοιπόν οι δάσκαλοι πρέπει να αναζητούν τρόπους για να επιτευχθεί αυτό που ο Piaget ονόμασε εννοιολογική αλλαγή (Driver, 1996). Και η εννοιολογική αλλαγή δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να δημιουργηθεί κάποιου είδους γνωστικής σύγκρουσης

Μια από τις τεχνικές αποτελεί αυτή κατά την οποία οι μαθητές έρχονται σκόπιμα σε επαφή με μη αναμενόμενα δεδομένα (Novak, 2002). Η δόμηση νοητικών μοντέλων βασισμένων σε δεδομένα που αντιτίθενται των προϋπαρχουσών γνώσεων είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη (Weaver, 1998).

3. Η χρήση μη αναμενόμενων δεδομένων για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής

Τα μη αναμενόμενα δεδομένα προτείνονται, λοιπόν, ως σημαντικό μέσω προώθησης της εννοιολογικής αλλαγής σε ασκούμενος των φυσικών επιστημών. Η χρήση των μη αναμενόμενων δεδομένων για την προαγωγή της γνωστικής αλλαγής έχει τα θεμέλια της όπως στις ψυχολογικές μελέτες του Jean Piaget αλλά και στο φιλοσοφικό έργο του Thomas Kuhn (Chinn&Brewer, 1998).

3.1 Ομοιότητες μεταξύ μαθητών και επιστημόνων

Σύμφωνα με το άρθρο των Chinn και Brewer (1998) η χρήση των μη αναμενόμενων δεδομένων στην σχολική τάξη καθοδηγείται από την υπόθεση ότι με πολλούς θεμελιώδεις τρόπους οι μαθητές είναι σαν τους επιστήμονες (cf. Brewer & Samarapungavan, 1991). Η υπόθεση αυτή στηρίζεται από τις εξής τέσσερεις παραμέτρους:

1. Όπως οι επιστήμονες έτσι και οι ασκούμενοι στις θετικές επιστήμες διαθέτουν πεποιθήσεις σχετικά με το πώς λειτουργεί ο φυσικός κόσμος.
2. Όπως οι επιστήμονες έτσι και οι μαθητές των φυσικών επιστημών μπορούν να ανιχνεύσουν πότε ένα δεδομένο δεν ταιριάζει με τις πεποιθήσεις τους.
3. Και οι δύο ομάδες αναγνωρίζουν ότι τα μη αναμενόμενα δεδομένα αποτελούν απειλή για τις εγκαθιδρυμένες απόψεις τους.
4. Οι μαθητές, τέλος, μοιάζουν με τους επιστήμονες επειδή κάποιες φορές επιλέγουν να υιοθετήσουν μια εναλλακτική θεωρία λόγω την εμφάνισης των δεδομένων που δεν συνάδουν με τις πρότερες πεποιθήσεις τους.

Μια διαφορά που μπορούμε να εντοπίσουμε μεταξύ μαθητών και επιστημόνων είναι ότι οι αρχικές ιδέες των μαθητών μπορεί ορισμένες φορές να στερούνται της σαφούς δομής μιας

επιστημονικής θεωρίας (Chinn & Brewer, 1998). Όντως σε ορισμένους τομείς οι μαθητές φαίνεται να κατέχουν σιωπηρές ακόμα και μερικώς κατακερματισμένες ιδέες τις οποίες όμως δεν παύουν να προσπαθούν διακαώς να διατηρήσουν με αποτέλεσμα να εξαιρούν μη αναμενόμενα δεδομένα με τα οποία έρχονται σε επαφή (e.g., Chinn, 1997).

Πολλοί επιστήμονες, επίσης, υποστήριξαν πως οι μαθητές δεν μπορούν να διαχωρίσουν τα δεδομένα από τις θεωρίες και άρα τα μη αναμενόμενα δεδομένα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εννοιολογική αλλαγή, και για οποιαδήποτε άλλη αλλαγή στην θεωρία. Προς απάντηση στο ίδιο έργο παρουσιάζεται πληθώρα δεδομένων σύμφωνα με τα οποία οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν τις διαφορές μεταξύ θεωριών και δεδομένων αλλά και να χρησιμοποιήσουν δεδομένα για να διαλέξουν λογικά μεταξύ των θεωριών αυτών (Ruffman, Perner, Olson, & Doherty, 1993; Samarapungavan, 1992; Sodian, Zaitchik, & Carey, 1991). Πιο συγκεκριμένα σε έρευνα του ο Samarapungavan (1992) παρουσίασε στοιχεία σύμφωνα με τα οποία μαθητές Α', Γ' και Ε' δημοτικού προτίμησαν θεωρίες που ήταν εσωτερικά συνεπείς, όσον αφορά τα εμπειρικά δεδομένα και κάλυπταν ένα μεγάλο εύρος δεδομένων με αυτά τα στοιχεία να παραμένουν ακόμα και όταν τα δεδομένα με τα οποία ερχόταν σε επαφή οι μαθητές ήταν μη αναμενόμενα.

Οι Chinn και Brewer (1998) συμπεραίνουν έτσι ότι δεδομένων των διαθέσιμων στοιχείων σχετικά με τη συλλογιστική ικανότητα των παιδιών δικαιολογείται η καταλληλότητα της χρήσης των μη αναμενόμενων δεδομένων στην εκπαίδευση.

3.2 Οι πιθανές αποκρίσεις των ερευνητών στα μη αναμενόμενα δεδομένα

Σημαντική μελέτη για την απόκριση μαθητών και επιστημόνων στην πρόκληση μη αναμενόμενων δεδομένων αποτελεί εκείνη των Chinn και Brewer, οι οποίοι στην δημοσίευσή τους: «The role of anomalous data in knowledge acquisition», επιχειρούν να κατανοήσουν τον τρόπο αντιμετώπισης των μη αναμενόμενων δεδομένων με σκοπό την διερεύνηση της επιρροής που έχουν αυτά αφενός στην κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης και αφετέρου, στην γενικότερη ροή της ιστορίας της επιστήμης. Σύμφωνα με τους ίδιους η πρόκληση μη αναμενόμενων ακολουθεί την εξής πορεία: Ένας ερευνητής (μαθητής ή επιστήμονας) που έχει υιοθετήσει την θεωρία Α, έρχεται αντιμέτωπος με δεδομένα που δεν μπορούν να εξηγηθούν από

την θεωρία A. Τα δεδομένα μπορούν να θεωρηθούν μη αναμενόμενα είτε γιατί αντιτίθενται ξεκάθαρα με την θεωρία A ή απλώς επειδή η θεωρία A δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει τα δεδομένα που έχουν προκύψει. Τα μη αναμενόμενα δεδομένα πιθανόν να συνοδεύονται από μια θεωρία B- αν και δεν είναι απαραίτητο- η οποία στοχεύει στην εξήγηση όλων των δεδομένων που εξηγούνται ήδη από την θεωρία A και ταυτόχρονα τα μη αναμενόμενα δεδομένα που έχουν προκύψει (Chinn& Brewer, 1993).

Εντοπίζονται λοιπόν οχτώ τρόποι (Chinn& Brewer, 1998) με τους οποίους ο ερευνητής πιθανόν να αντιμετωπίσει τα μη αναμενόμενα δεδομένα Μπορεί λοιπόν: (1) να τα αγνοήσει (ignore the anomalous data), (2) να τα απορρίψει (reject the data), (3) να εκφράσει αβεβαιότητα σχετικά με την εγκυρότητα των δεδομένων (professing uncertainty about the validity of the data), (4) να τα εξαιρέσει από το πεδίο της ισχύουσας θεωρίας (exclude the data from the domain of theory A), (5) να κρατήσει τα δεδομένα σε αδράνεια (hold the data in abeyance) (6) να τα επανερμηνεύσει κρατώντας όμως ακέραια την θεωρία (reinterpret the data while retaining theory A), (7) να αποδεχτεί τα δεδομένα και να τα επανερμηνεύσει σε συνδυασμό με περιφερειακές αλλαγές στην ισχύουσα θεωρία (reinterpret the data and make peripheral changes to theory A) και (8) να αποδεχτεί τα μη αναμενόμενα δεδομένα και να αλλάξει την θεωρία (accept the data and change theory A). (σελ. 4)

Επιλέγουν, επίσης, να συνοδεύσουν τους πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης με παραδείγματα από την ιστορία της επιστήμης καθώς και παραδείγματα από την ψυχολογία και τα παιδαγωγικά. Οι λόγοι για τους οποίους κάνουν αυτή την επιλογή είναι (Chinn& Brewer, 1993):

1. Η ιστορία και η φιλοσοφία έχουν πολλές ιδέες και στοιχεία για τους δασκάλους των φυσικών επιστημών.
2. Τα παραδείγματα από την ιστορία της επιστήμης είναι συνήθως αρκετά σαφή.
3. Μια ταξινόμηση που έχει ως στόχο την καταγραφή των αντιδράσεων των ανθρώπων στα μη αναμενόμενα δεδομένα πρέπει να αφορά τις αντιδράσεις και μαθητών και επιστημόνων.

4. Πρέπει να φαίνονται καθαρά οι ομοιότητες μεταξύ μαθητών και επιστημόνων. (Chinn&Brewer 1993)

Η ταξινόμηση των αντιδράσεων σε μη αναμενόμενα δεδομένα λοιπόν συνοδεύεται από την παρουσίαση των παραδειγμάτων που συναντώνται στην αναφερόμενη έρευνα (Chinn& Brewer, 1993) καθώς και ενός ακόμα που θεωρήθηκε από εμάς ότι ταιριάζει (κληρονομικότητα του Mendel).

Η αγνόηση των αποκλινόντων δεδομένων αποτελεί τον πρώτο τρόπο αποποίησης των μη αναμενόμενων δεδομένων. Η αγνόηση παρακωλύει την πρόοδο της επιστήμης στον μεγαλύτερο ίσως βαθμό από ότι οι άλλες περιπτώσεις, καθώς ο ερευνητής δεν μπαίνει καν στην διαδικασία να εξηγήσει τα δεδομένα με αποτέλεσμα η θεωρία να παραμένει άθικτη (σελ.4).

Για παράδειγμα, τα μη αναμενόμενα δεδομένα της εργασίας του Mendel για την κληρονομικότητα παρέμειναν σε αδράνεια για τριάντα περίπου χρόνια.

Επιπλέον, σε έρευνα σε παιδιά γυμνασίου που διάβαζαν επιστημονικά κείμενα οι Roth και Aderson (1988) παρουσίασαν δεδομένα που υποστήριζαν πως οι μαθητές ορισμένες φορές αγνοούν πληροφορίες σε επιστημονικά κείμενα που αντιτίθενται στα ήδη καθιερωμένα πιστεύω τους. Στην έρευνα αυτοί πολλοί μαθητές δεν άλλαξαν καθόλου τις ιδέες τους απλώς χρησιμοποίησαν το λεξιλόγιο των κειμένων για να εξηγήσουν αυτά που ήδη πίστευαν.

Η απόρριψη των μη αναμενόμενων δεδομένων αποτελεί μια ακόμα πιθανή αντίδραση. Η απόρριψη διαφέρει από την αγνόηση καθώς ενώ στην πρώτη περίπτωση ο ερευνητής δεν προσπαθεί να εξηγήσει τα δεδομένα, στην δεύτερη μπαίνει στην διαδικασία να επινοήσει έναν πιθανό λόγο για τον οποίο τα μη αναμενόμενα δεδομένα πρέπει να απορριφθούν.

Η πρόκληση μη αναμενόμενων δεδομένων συνηθέστερα αιτιολογείται με έναν από τους εξής τρεις τρόπους: Α) αποδίδεται σε μεθοδολογικό λάθος, σε λάθος δηλαδή κατά την συλλογή των δεδομένων, Β) ανάγεται σε τυχαία απόκλιση, ή ακόμα και Γ) αντιμετωπίζεται ως απάτη (Chinn& Brewer,1993). Αν και είναι κοινώς αποδεκτή αλήθεια το γεγονός ότι στην πλειοψηφία των μετρήσεων ένα μη αναμενόμενο αποτέλεσμα προέρχεται, στην πραγματικότητα, λόγω ενός από τα παραπάνω, αξίζει να εξετάσουμε περαιτέρω τους λόγους πρόκλησης του καθώς η

αυθαίρετη απόρριψη ενός απομαλούς δεδομένου είναι, για την επιστημονική πρόοδο, εξίσου επιβλαβής με την αγνόηση. (σελ. 5)

A) Περιπτώσεις απόδοσης μη αναμενόμενων δεδομένων σε μεθοδολογικό λάθος αποτελούν τα εξής:

Όταν ο Γαλιλαίος εξέδωσε τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων του με το τηλεσκόπιο οι οποίες αντιτίθονταν στην κοσμοθεωρία του Αριστοτέλη, οι περισσότεροι αστρονόμοι απέρριψαν τα δεδομένα πιστεύοντας ότι υπήρξαν μεθοδολογικά λάθη που αφορούσαν το ίδιο το τηλεσκόπιο (Drake, 1980, σ. 44).

Αντίστοιχα ένα παράδειγμα που σχετίζεται με τις γνωστικές επιστήμες αποτελεί μια έρευνα των Joshua και Durin (1987) σχετικά με τον τρόπο που αντιλαμβάνονται οι μαθητές την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα οι ίδιοι σημείωσαν πως οι περισσότεροι μαθητές πίστευαν πως το ηλεκτρικό ρεύμα «ξεθωριάζει» όσο κινείται από την μπαταρία κατά μήκος του κυκλώματος γιατί σύμφωνα με τους ίδιους μέρος του ρεύματος χρησιμοποιείται για να ανάψει η λάμπα και άρα το ρεύμα που θα μετρηθεί πριν τον λαμπτήρα θα είναι περισσότερο από εκείνο που θα μετρηθεί μετά. Ο δάσκαλος έβαλε δύο αμπερόμετρα ένα σε κάθε μεριά του λαμπτήρα τα οποία είχαν την ίδια ακριβώς ένδειξη. Οι μαθητές αντί να αλλάξουν την πρότερη ιδέα τους είπαν πως είχε χαλάσει η συσκευή και πως είχε πρόβλημα ο λαμπτήρας και αργότερα η μπαταρία (σελ. 129).

B) Περιπτώσεις απόδοσης των μη αναμενόμενων δεδομένων σε τυχαίο λάθος εντοπίζουμε τις δύο παρακάτω:

Όταν ο Weber υποστήριξε πως υπάρχουν στοιχεία που καταδεικνύουν την ύπαρξη βαρυτικών κυμάτων το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας απέδωσε τα δεδομένα σε τυχαίο λάθος.

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με έρευνα του Gorman το 1986, οι μαθητές στους οποίους είχε ειπωθεί πως υπάρχει 20% πιθανότητα τα δεδομένα που αντιτίθενται στις προϋπάρχουσες γνώσεις τους να είναι λανθασμένα είχαν την τάση να απορρίπτουν τα μη αναμενόμενα δεδομένα ως λανθασμένα καθώς υπέθεταν πως τα μη αναμενόμενα δεδομένα αυτά ανήκαν στο 20%.

Σύμφωνα με τον ίδιο «η πιθανότητα λαθών φαίνεται να κάνει πιο δύσκολη την εγκατάλειψη του κανόνα ακόμα και αν τα δεδομένα τον αποδομούν ξεκάθαρα (σελ.94).

Γ)Τέλος, παρατίθεται το παράδειγμα του Kelvin, ο οποίος όταν έμαθε για τις ακτίνες X πίστεψε πως τα άρθρα ήταν απάτη.

Η έκφραση αβεβαιότητας σχετικά με το αν το άτομο πιστεύει τα δεδομένα αποτελεί έναν τρόπο που μοιάζει πολύ με την κράτηση των δεδομένων σε αδράνεια καθώς και οι δύο αφορούν αναβολή της λήψης τελικής απόφασης. Παρ' όλα αυτά στην αδράνεια το άτομο πιστεύει τα δεδομένα απλώς δεν είναι σίγουρο για το εάν η θεωρία του μπορεί να τα εξηγήσει. Στην περίπτωση αυτή όμως το άτομο είναι αβέβαιο και ως προς το αν πιστεύει τα δεδομένα (Chinn& Brewer, 1998)

Μια ακόμα πιθανή αντίδραση στα αντιφατικά πειραματικά δεδομένα είναι η ανακήρυξη τους ως εξωτερικών του πεδίου της θεωρίας. Κάθε θεωρία έχει ένα συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής, απαντά δηλαδή σε συγκεκριμένα ερωτήματα σχετικά με ένα φαινόμενο και όχι σε όλο το φάσμα των ερωτημάτων που απορρέουν από αυτό. Έτσι οι μελετητές που δρουν με αυτό τον τρόπο ισχυρίζονται πως δεν αποτελεί «ευθύνη» της ισχύουσας θεωρίας να αιτιολογήσει τα απομαλούς δεδομένα που έχουν προκύψει. Και πάλι λοιπόν, όπως και στα παραπάνω, δεν έχουμε καμία αλλαγή στην θεωρία (Chinn& Brewer, 1993, σ.7).

Παράδειγμα τέτοιας αντιμετώπισης αποτελεί εκείνη στην ανακάλυψη του Brown (1828) ότι τα μικρά σωματίδια που περιέχονται σε ένα υγρό ή αέριο εκτελούν τυχαίες κινήσεις κατά τις οποίες αλλάζουν συχνά διεύθυνση λόγω της σύγκρουσης του με τα μόρια του υγρού ή του αέρα. Το παραπάνω μη αναμενόμενο δεδομένο ερμηνεύθηκε από πολλούς ως πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσουν είτε οι βιολόγοι, είτε οι χημικοί είτε οι φυσικοί με τους επιστήμονες του εκάστοτε κλάδου να αποδίδουν την ευθύνη στους επιστήμονες του άλλου καθώς ήταν πιο εύκολο να υποστηρίξουν ότι το μη αναμενόμενο δεδομένο αφορούσε κάποια άλλη επιστήμη από το να αποδείξουν αν και γιατί αντιτίθεται στην δική τους θεωρία (Laudan, 1977).

Αντίστοιχα όπως εμφανίζεται στην ίδια έρευνα, πολλά παιδιά αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν όσα μαθαίνουν στο σχολείο στον πραγματικό κόσμο. (e.g., Osborne & Wittrock, 1983; Pines & West, 1986; Roth & Anderson, 1988)

Ορισμένοι ερευνητές, όταν έρχονται αντιμέτωποι με αποκλίνοντα δεδομένα, επιλέγουν να τα κρατήσουν σε αδράνεια με σκοπό είτε εκείνοι είτε κάποιος άλλος επιστήμονας να ασχοληθεί με αυτά στο μέλλον. Η κράτηση σε αδράνεια, αν και κρατά την θεωρία ανέπαφη όπως και οι προηγούμενες ανταποκρίσεις, «υπόσχεται» μελλοντική επεξήγηση των μη αναμενόμενων δεδομένων που έχουν προκύψει (σελ.8).

Όταν παρατηρήθηκε για πρώτη φορά ότι η τροχιά του Ερμή δεν υπάκουε στην νεωτώνια μηχανική, οι επιστήμονες δεν εγκατέλειψαν την νευτώνια φυσική απλώς υπέθεσαν πως αργότερα θα δοθεί λύση στο πρόβλημα πάντα εντός των ορίων της θεωρίας του Νεύτωνα. (see T. Kuhn, 1962; Whittaker, 1951).

Ομοίως στην έρευνα των Chinn- Brewer (1991, 1992) σχετικά με την διδασκαλία της κβαντομηχανικής, ένας μαθητής δεν πίστευε πως μπορούσε να βρει απάντηση στο γιατί τα δεδομένα δεν ταίριαζαν με την θεωρία του αλλά εξέφρασε την άποψη ότι η λύση θα βρεθεί μελλοντικά.

Μερικές αποκλίσεις επανερμηνεύονται με τον επιστήμονα όμως να κρατά ακέραια την θεωρία. Ούτε η επανερμηνευση δεν προκαλεί αλλαγή της ισχύουσας θεωρίας καθώς σε αυτές τις περιπτώσεις δύο μελετητές που εξετάζουν τα ίδια αποκλίνοντα δεδομένα με βάση δύο διαφορετικές θεωρίες αν και δέχονται τα δεδομένα, τα ερμηνεύουν με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με το θεωρητικό τους υπόβαθρο (σελ. 9).

Σχετικά με το ιρίδιο του Alvarez, ο Raup (1986) σημείωσε πως αρχικά πολλοί πίστευαν ότι το ιρίδιο είχε απορροφηθεί από τα κατώτερα στρώματα λόγω της ύπαρξης ασβεστόλιθου στα ανώτερα.

Οι Chinn- Brewer (1992b) συμπαίραναν σε παιδαγωγικές τους έρευνες πως πολύ μαθητές όταν ήρθαν αντιμέτωποι με δεδομένα που αντιτίθονταν ξεκάθαρα στην θεωρία πρόσκρουσης μετεωριτών ως αιτίας των μεγάλων εξαφανίσεων, επέλεξαν να δεχτούν μεν τα δεδομένα αλλά έπειτα να τα επανερμηνεύσουν έτσι ώστε να μην χρειαστεί να αλλάξουν την θεωρία που πίστευαν.

Η επανερμηνεύση, σε άλλες περιπτώσεις, συντελείται με ταυτόχρονες περιφερειακές αλλαγές στην θεωρία με την λογική ότι εφόσον η υπόθεση αφορμάται του δικτύου πεποιθήσεων που αφορούν μια θεωρία, δεν είναι απαραίτητο η εμφάνιση αποκλίσεων να αλλάξει όλη τη θεωρία αλλά μόνο μια ή κάποιες από τις πεποιθήσεις του δικτύου αυτής. Για τον Imre Lakatos (1970) η επιστήμη δεν αποτελείται απλά από εικασίες και απορρίψεις αλλά από «Ερευνητικά προγράμματα». Κάθε ερευνητικό πρόγραμμα περιέχει ένα «σκληρό πυρήνα» ο οποίος δεν τίθεται υπό αμφισβήτηση καθώς προστατεύεται από την απόρριψη μέσω βοηθητικών υποθέσεων, οι οποίες δημιουργούν μια «προστατευτική ζώνη». Επιπλέον, κάθε ερευνητικό πρόγραμμα περιέχει ένα μηχανισμό επίλυσης προβλημάτων «την ευρετική». Έτσι οι υποθέσεις που αποτελούν την προστατευτική ζώνη μπορούν να αλλάξουν διατηρώντας παράλληλα άθικτη την βασική θεωρία. Αυτός αποτελεί τον πρώτο από τους τρόπους ανταπόκρισης σε μη αναμενόμενα δεδομένα, που περιέχει οποιουδήποτε είδους αλλαγή στην αρχική θεωρία του ερευνητή (σελ. 11).

Τα μέλη της επιστημονικής κοινότητας την εποχή που ο Γαλιλαίος εξέδωσε τα ευρήματα που προέκυπταν από την παρατήρηση του πίστευαν πως τα ουράνια σώματα είχαν σχήμα τέλειας σφαίρας. Ένας από τους αντιμάχους του μάλιστα, όταν κοίταξε από το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου υποστήριξε πως είδε βουνά στην επιφάνεια του φεγγαριού, τα οποία όμως ήταν ενσωματωμένα σε μια απόλυτα διαφανή κρυστάλλινη σφαίρα (Drake, 1980, p. 48). Αυτή η περιφερειακή αλλαγή θεωρίας εξηγούσε τα μη αναμενόμενα δεδομένα χωρίς όμως να αλλάζει τον πυρήνα της θεωρίας.

Σε σχέση με τα παιδαγωγικά, σύμφωνα με τους Βοσνιάδου και Brewer (1992) τα παιδιά ηλικίας 4-6 ετών έχουν την τάση να πιστεύουν πως η γη είναι επίπεδη. Όταν τους παρέχονται δεδομένα που να αποδεικνύουν το σφαιρικό σχήμα της γης οι μαθητές κάνουν περιφερειακές αλλαγές στην θεωρία λέγοντας πως η γη έχει σχήμα επίπεδου δίσκου. Με αυτό τον τρόπο δεν εγκαταλείπουν την αρχική τους θεωρία περί επίπεδης γης αλλά την αλλάζουν τόσο ώστε να ταιριάζει ταυτόχρονα με τα νέα δεδομένα.

Ο τελευταίος από τους τρόπους, στον οποίο και εστιάζει η παρούσα πτυχιακή εργασία, αφορά την κατάσταση κατά την οποία η πρόκληση ενός μη αναμενόμενου δεδομένου οδηγεί στην αλλαγή της επικρατούσας θεωρίας. Με τον όρο αυτό εννοούμε μια ή περισσότερες αλλαγές

στις θεμελιώδεις πεποιθήσεις του ερευνητή. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε αποδοχή της απόκλισης και επεξήγηση της μέσω μετατροπών στις θεμελιώδεις αρχές της θεωρίας ή μέσω της αποδοχής μιας εναλλακτικής θεωρίας. Παράδειγμα αλλαγής επιστημονικής θεωρίας αποτελεί η Ειδική Σχετικότητα του Einstein που αναφέρθηκε παραπάνω, η οποία όμως ταυτίζεται περισσότερο με την ιδέα της «επικράτησης Παραδείγματος» του Kuhn (1962), και όχι με την αλλαγή θεωρίας με την έννοια της εννοιολογικής αλλαγής όπως αυτή επιτυγχάνεται στην σχολική τάξη.

Άρα έχουμε επτά αντιμετώπισεις που αφορούν την διατήρηση της θεωρίας (σελ 14) και μια που αφορά την αλλαγή της.

| Πίνακας 1: Η ταξινόμηση των πιθανών απαντήσεων στα μη αναμενόμενα δεδομένα (Chinn & Brewer 1998) | | | |
|--|--|--|---|
| Αντιμετώπιση | Θεωρούνται τα μη αναμενόμενα δεδομένα έγκυρα από το άτομο; | Δίνονται από το άτομο εξηγήσεις σχετικά με τα μη αναμενόμενα δεδομένα; | Αλλάζει το άτομο την προϋπάρχουσα θεωρία του; |
| Αγνόηση | Όχι | Όχι | Όχι |
| Απόρριψη | Όχι | Ναι | Όχι |
| Αβεβαιότητα | Αναποφάσιστο | Όχι | Όχι |
| Εξαίρεση | Ναι ή όχι | Όχι | Όχι |
| Αδράνεια | Ναι | Αναποφάσιστο | Όχι |
| Επανερμίνευση | Ναι | Ναι | Όχι |
| Περιφερειακές αλλαγές στη θεωρία | Ναι | Ναι | Ναι, μερικώς |

| | | | |
|----------------|-----|-----|-------------------|
| Αλλαγή θεωρίας | Ναι | Ναι | Ναι, εξ ολοκλήρου |
|----------------|-----|-----|-------------------|

Πίνακας 1: Η ταξινόμηση των πιθανών απαντήσεων στα μη αναμενόμενα δεδομένα των Chinn και Brewer (σ.646, 1998)

Σύμφωνα με τους ίδιους η αντιμετώπιση απορρέει ως αποτέλεσμα τριών αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν από το άτομο που έρχεται αντιμέτωπο με μη αναμενόμενα δεδομένα (Chinn& Brewer, 1993).

Οι αποφάσεις αυτές αποτελούν απαντήσεις των εξής ερωτήσεων:

1. Είναι τα δεδομένα αξιόπιστα (believable); Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση είναι σημαντική καθώς εάν τα δεδομένα δεν θεωρούνται αξιόπιστα τότε δεν υπάρχει λόγος να προχωρήσουμε σε περαιτέρω έρευνα.
2. Μπορούν τα δεδομένα να εξηγηθούν και αν ναι πως; Μπορεί δηλαδή να εξηγηθεί το αν τα δεδομένα είναι αποδεκτά ή όχι; Το άτομο πρέπει να μπορεί κατ' αρχήν να εξηγήσει τα μη αναμενόμενα δεδομένα έτσι ώστε αργότερα να μπορεί να συσχετίσει μια οποιαδήποτε θεωρία με αυτά.
3. Πρέπει να αλλάξει η θεωρία για να συνδέεται με τα δεδομένα αυτά; Και αν ναι, πώς;

Οι αποφάσεις αυτές μπορεί να ληφθούν με διαφορετική σειρά ή και παράλληλα παρ' όλα αυτά η λήψη τους θεωρείται απαραίτητη από τους Chinn και Brewer.

Στην ίδια έρευνα παρουσιάζονται και οι παράγοντες που οδηγούν στους διαφορετικούς τρόπους αντιμετώπισης. Σκοπός της παρουσίασης των παραγόντων αυτών αποτελεί η διευκόλυνση της αλλαγής της θεωρίας των μαθητών. Παράγοντες του καθορισμού της αντιμετώπισης στα μη αναμενόμενα δεδομένα αποτελούν:

- A. Η προυπαρχουσα γνώση
- B. Η πιθανή εναλλακτική θεωρία
- Γ. Τα μη αναμενόμενα δεδομένα

Δ. Οι στρατηγικές επεξεργασίας που οδηγούν στην αξιολόγηση των μη αναμενόμενων δεδομένων (Chinn& Brewer, 1993).

Πιο συγκεκριμένα:

A. Ο παράγοντας της προϋπαρχουσας γνώσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς η οχύρωση του μαθητή σε μια θεωρία μπορεί να λειτουργήσει ανασταλτικά στην αλλαγή της θεωρίας (Chinn& Brewer, 1993) . Μια θεωρία που είναι βαθιά ριζωμένη στην συνείδηση του ατόμου είναι πολύ δυσκολότερο να ανατραπεί. Βαθιά ριζωμένες θεωρούνται ιδέες που είτε είναι αποδεδειγμένες με πληθώρα στοιχείων, είτε αποτελούν μέρος ενός ευρέος φάσματος εξηγήσεων σε διάφορους τομείς είτε ικανοποιούν προσωπικούς και κοινωνικούς στόχους. Σύμφωνα με τον Keil (1979) όπως αναφέρεται από τους Chinn και Brewer (1993) σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα μπορεί να αποτελέσουν επίσης οι οντολογικές πεποιθήσεις το ατόμου, οι πεποιθήσεις, δηλαδή, που αφορούν θεμελιώδεις κατηγορίες και ιδιότητες του καθώς και οι επιστημολογικές δεσμεύσεις του ατόμου, οι πεποιθήσεις δηλαδή για το τι είναι η επιστημονική γνώση και τι μετράει ως καλή επιστημονική θεωρία. Τέλος, σημαντικό ρόλο τελεί και η γνώση του υποβάθρου. Η γνώση υποβάθρου αφορά τα πράγματα που ένα άτομο υποθέτει πως ισχύουν χωρίς αυτά όμως να σχετίζονται με την υπό αξιολόγηση θεωρία. Η γνώση υποβάθρου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο με τον οποίο το άτομο αντιμετωπίζει τα μη αναμενόμενα δεδομένα καθώς μπορεί μέσω αυτής να οδηγηθεί από την μια στην απόρριψη ή την ερμηνεία και από την άλλη στην αποδοχή των μη αναμενόμενων δεδομένων και την δημιουργία είτε περιφερειακών είτε εσωτερικών αλλαγών στην θεωρία (Chinn& Brewer, 1993).

B. Σημαντικός είναι και ο ρόλος της διαθεσιμότητας και της ποιότητας της εναλλακτικής θεωρίας. Η διαθέσιμη θεωρία πρέπει να είναι ευλογοφανής. Έπειτα εστιάζουμε στην ποιότητα της εναλλακτικής θεωρίας όπως αυτή καθορίζεται από τον Kuhn (1977). Για τον Kuhn μια καλής ποιότητας επιστημονική θεωρία είναι ακριβής, εξηγεί μεγάλο εύρος δεδομένων, είναι συνεπής εσωτερικά και συνεπής σχετικά με άλλες θεωρίες, είναι απλή και τέλος είναι καρποφόρα υπό την έννοια ότι παραγάγει νέα ερευνητικά δεδομένα.

Γ. Η αντιμετώπιση των μη αναμενόμενων δεδομένων κρίνεται επίσης από την ίδια την φύση τους. Συγκεκριμένα καταλυτικό ρόλο έχουν η αξιοπιστία, η ασάφεια και η επαναληψιμότητα των .μη αναμενόμενων δεδομένων (Chinn& Brewer, 1993).

I) Αξιοπιστία:

Η αύξηση της αξιοπιστίας σύμφωνα με τους Chinn και Brewer (1993) επιτυγχάνεται μέσω:

- Της αύξησης της αξιοπιστίας της πηγής των δεδομένων (σ.24)
- Της ακολούθησης αποδεκτών μεθόδων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων (cf. Mahoney, 1976)
- Της αναπαραγωγής των δεδομένων
- Της αυτόπτους μαρτηρίας των μη αναμενόμενων δεδομένων από τους μαθητές.
- Της περίπτωσης όπου το άτομο ήδη πιστεύει πως ισχύουν τα δεδομένα αυτά απλώς ίσως να μην έχει συνδέσει την συγκεκριμένη πρότερη γνώση με το συγκεκριμένο φαινόμενο.

II) Ασάφεια:

Η έννοια της ασάφειας είναι πολύ σημαντική καθώς όσο πιο ασαφή τα δεδομένα τόσο πιο εύκολο είναι να οδηγηθεί η κοινότητα στην επανερμίνευση τους (Chinn& Brewer, 1993).

III) Επαναληψιμότητα των δεδομένων:

Η επαναληψιμότητα των δεδομένων περιέχει την εμφάνιση των ίδιων μη αναμενόμενων δεδομένων σε πολλές έρευνες. Σκοπό της επαναληψιμότητας αποτελεί η συστηματική μείωση και η τελική απόκλιση της απόρριψης των .μη αναμενόμενων δεδομένων. Ο δάσκαλος πρέπει να προσπαθήσει να εντοπίσει ποιες ακριβώς πεποιθήσεις μπορεί να οδηγήσουν σε αντίσταση στην αποδοχή των δεδομένων και να τις αποδομήσει (Chinn& Brewer, 1993).

Δ) Οι στρατηγικές επεξεργασίας που οδηγούν στην αξιολόγηση των μη αναμενόμενων δεδομένων πρέπει να αφορούν την εις βάθος επεξεργασία η οποία μπορεί να επιτευχθεί μέσω της επιλογής ενός θέματος που να κάνει το άτομο να νιώθει ότι το αφορά και μέσω του να ζητήσουμε από το άτομο να προσπαθήσει να εξηγήσει την συλλογιστική του σε άλλα άτομα (Chinn& Brewer, 1993).

Τα μη αναμενόμενα δεδομένα αποτελούν βασικό συστατικό πολλών εκπαιδευτικών μεθόδων για την προώθηση της επιστημονικής γνωστικής αλλαγής (Chinn & Brewer, 1998). Οι περισσότερες από αυτές τις εκπαιδευτικές μεθόδους προτείνουν, όπως έκανε ο Piaget, ότι τα μη αναμενόμενα δεδομένα παράγουν κάποιου είδους γνωστική σύγκρουση. Για παράδειγμα, όπως παρουσιάζεται από τους Chinn και Brewer (1993), οι Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1982) ανέπτυξαν μια θεωρία για την εννοιολογική αλλαγή, σύμφωνα με την οποία οι μαθητές δεν θα υιοθετήσουν εναλλακτικές θεωρίες, εκτός εάν πρώτα δυσανεχθούν από την τρέχουσα θεωρία τους. Ορίζουν λοιπόν τέσσερα απαραίτητα βήματα για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής. Στο πρώτο, ο μαθητής πρέπει να βιώσει την δυσανεχτικότητα από μια ισχύουσα αντίληψη. Τα βήματα δύο και τρία απαιτούν την εισαγωγή, στο μαθησιακό περιβάλλον, μιας αντίληψης που να είναι κατανοητή και ευλογοφανής. Στο τελευταίο βήμα, η νέα αντίληψη πρέπει να είναι ικανή να κάνει προβλέψεις. Όταν οι ασκούμενοι στις φυσικές επιστήμες συναντούν μη αναμενόμενα δεδομένα, ανακαλύπτουν ότι οι προγενέστερες πεποιθήσεις τους δεν επαρκούν για την εξήγηση των νέων δεδομένων, με αποτέλεσμα συχνά να οδηγούνται στο να εξετάσουν ή να εφεύρουν εναλλακτικές αντιλήψεις οι οποίες να μπορούν να εξηγήσουν τα δεδομένα αυτά.

3.3 Εκπαιδευτικές μέθοδοι για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής με την χρήση μη αναμενόμενων δεδομένων.

Τα μη αναμενόμενα δεδομένα χρησιμοποιούνται σε πληθώρα εκπαιδευτικών μεθόδων. Οι περισσότερες από αυτές τις μεθόδους σχετίζονται με την εποικοδομητική γνωστική αλλαγή του μοντέλου του Posner et al., στην οποία οι μαθητές κατασκευάζουν και αξιολογούν ενεργά τις αντιλήψεις τους υπό το πρίσμα των δεδομένων που έχουν στη διάθεσή τους (Chinn & Brewer 1998).

Πιο συγκεκριμένα κατά τους Chinn και Brewer (1998) έχουμε :

1. Το γεννητικό μαθησιακό μοντέλο (generative learning model) των Osborne και Wittrock (1983) σύμφωνα με το οποίο οι μαθητές πρέπει να είναι ενεργοί γεννήτορες της γνώσης

τους. Ως προέκταση της εφαρμογής του μοντέλου αυτού στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών θεωρείται η ανάγκη σχεδιασμού πειραμάτων που να ερευνούν τις προβλέψεις που προέρχονται από τις προϋπάρχουσες πεποιθήσεις των μαθητών. Αυτά τα πειράματα πιθανός να οδηγήσουν τους μαθητές στο να δημιουργήσουν νέες αντιλήψεις.

2. Τα μη αναμενόμενα δεδομένα κατέχουν κεντρικό ρόλο σε μια άλλη μέθοδο στην επιστημονική διδασκαλία, την στρατηγική της συζήτησης για την προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής. Σε αυτή τη μέθοδο, οι μαθητές παρουσιάζονται με δεδομένα που είναι ασυμβίβαστα με τις κάποιον από αυτούς και στη συνέχεια συζητούν τις διαφορετικές εξηγήσεις τους για τα δεδομένα. Αυτή η μέθοδος υποστηρίζει πως η ομαδική συζήτηση των μη αναμενόμενων δεδομένων μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στην ανάπτυξη εναλλακτικών εξηγήσεων που προσεγγίζουν περισσότερο εκείνες των επιστημόνων. Γνωστές έρευνες για την στρατηγική αυτή αποτελούν σύμφωνα με τους Chinn και Brewer εκείνη των Chan, Burtis, και Bereiter (1997), του Inagaki (1981), καθώς και των Johsua και Dupin (1987).
3. Τον μαθησιακό κύκλο (learning cycle) των Renner, Abraham, Birnie (1988) και του Lawson (1995). Εδώ προτείνονται τρία στάδια για την μαθησιακή διαδικασία: η εξερεύνηση, η εισαγωγή του όρου και η εφαρμογή της ιδέας. Στην πρώτη φάση, δίνεται στους μαθητές η ευκαιρία να πειραματιστούν με υλικά που συνήθως οδηγούν σε εμπειρίες που δεν μπορούν να εξηγηθούν από τις τρέχουσες αντιλήψεις, θέτοντας έτσι τα μη αναμενόμενα δεδομένα στο επίκεντρο της στρατηγικής αυτής (Chinn& Brewer, 1998).
4. Τις κοινωνικές εποικοδομιστικές προσεγγίσεις όπως αυτή των Driver, Asoko, Leach, Mortimer και Scott (1994) οι οποίοι αντιμετωπίζουν τα μη αναμενόμενα δεδομένα ως συστατικό της διδασκαλίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη επιστημονικών μαθητικών αντιλήψεων (Chinn& Brewer, 1998). Ο δάσκαλος παρέχει τα θεμέλια πάνω στα οποία οι μαθητές θα δομήσουν την νέα πεποίθηση ερμηνεύοντας μη αναμενόμενα φυσικά γεγονότα με την χρήση νέων επιστημονικών εννοιών.
5. Τις γεφυρώσεις αναλογιών (bridging analogies) των Brown και Clement (1989) επιχειρούν να χρησιμοποιήσουν δεδομένα ήδη γνωστά στους μαθητές για να προάγουν

την αλλαγή της θεωρίας δημιουργώντας την αίσθηση του μη αναμενόμενου εκεί που οι μαθητές δεν μπορούσαν προηγουμένως να τα εντοπίσουν (Chinn&Brewer, 1998).

6. Τέλος, πολλές πρόσφατες μελέτες στην διδασκαλία της επιστήμης αφορούν την παροχή στους μαθητές υπολογιστικών μικρόκοσμων (computer microwords), στους οποίους οι μαθητές διεξάγουν ηλεκτρονικά πειράματα και έπειτα προσπαθούν να εξηγήσουν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα πειράματα αυτά. Τέτοιες παρατίθενται από τους Chinn και Brewer (1998) σχετικές μελέτες που έχουν διενεργηθεί από τους Gorsky και Finegold (1994), Roschelle (1992), καθώς και των Schauble, Glaser, Raghaven, και Reiner (1991). Όταν οι σπουδαστές δουλεύουν σε αυτούς τους μικρόκοσμους, συνήθως παραγάγουν δεδομένα που αντικρούουν τις πεποιθήσεις τους. Οι προγραμματιστές των μικρόκοσμων αυτών ελπίζουν πως τα μη αναμενόμενα δεδομένα αυτά θα κάνουν τους μαθητές να αλλάξουν τις πρότερες ιδέες τους.

Ο Zeidler (1997) παρουσιάζει ένα μοντέλο εννοιολογικής αλλαγής από την σκοπιά του κοινωνικού κονστρουκτιβισμού που αφορά την εξέταση των εσφαλμένων (fallacious) επιχειρημάτων και των μοτίβων επιχειρηματολογίας των μαθητών όπως αυτά εμφανίζονται κατά την διάρκεια διαμόρφωσης επιστημονικών και κοινωνικών κρίσεων. Σκοπό της έρευνας αποτελεί η υπογράμμιση της ανάγκης ανεύρεσης ασφαλών και παιδαγωγικά αποτελεσματικών τεχνικών για την αναθεώρηση των πεποιθήσεων του ατόμου.

Ο Zeidler (1997) χρησιμοποιεί δεδομένα των Chinn και Brewer (1993) για να αναλύσει τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα αντιδρούν όταν τα μη αναμενόμενα δεδομένα με τα οποία έρχονται σε επαφή αντιτίθενται των δικών τους επιστημονικών πεποιθήσεων και πως αντιδρούν όταν τα κοινωνικά και ηθικά πιστεύω των άλλων αντιτίθενται των δικών τους αντιλήψεων.

Η έρευνα εστιάζει σε ένα πλαίσιο παρουσίασης και συζήτησης του πως η επιχειρηματολογία συνδέεται με την κοινωνική σκέψη (τον διαλογικό συλλογισμό) και την εννοιολογική αλλαγή. Για αυτό τον σκοπό παρουσιάζονται κοινά παραδείγματα εσφαλμένης επιχειρηματολογίας. Σε αυτά περιέχονται (αλλά δεν περιορίζονται μόνο σε αυτά) (Zeidler,1997):

1.Θέματα εγκυρότητας (validity concerns)

Οι μαθητές τείνουν συχνά να μπερδεύουν τους όρους συνεπαγωγή και ισοδυναμία. Θεωρούν δηλαδή πως από τον ισχυρισμό: Αν ισχύει Δ τότε ισχύει και Ε, απορρέει το ότι: και αν ισχύει Ε τότε σίγουρα ισχύει και Δ, κάτι το οποίο είναι λάθος. Επίσης ταυτίζουν τους όρους εγκυρότητα και αλήθεια. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Nickerson, Perkins, και Smith (1985) είναι πιο εύκολο για κάποιον να θεωρήσει πως μπορεί να εξαχθεί κάποιο έγκυρο συμπέρασμα αν πιστεύει ότι το νοητικό οικοδόμημα είναι εμπειρικά αληθές από το εάν πιστεύει πως είναι εμπειρικά ψευδές. Η τάση αυτή των μαθητών σχετίζεται ευθέως με τις αντιμετωπίσεις παραμονής στην θεωρία που οι Chinn και Brewer (1993,1998) παρουσιάζουν. Ουσιαστικά οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται ότι για να αξιολογήσουμε την λογική συνέπεια μιας πρότασης δεν χρειαζόμαστε τίποτα παραπάνω από την εγκυρότητα. Ο λόγος για τον οποίο η εγκυρότητα αποτελεί πρόβλημα είναι γιατί οι μαθητές δεν είναι ισομορφικοί στις νοητικές αναπαραστάσεις τους για τους παράγοντες που περιγράφονται από ένα δεδομένο (ή αυτό-δημιουργητο) σύνολο κατασκευών (Zeidler, 1997).

Η αντίληψη ότι η εφαρμογή της εγκυρότητας στην επιχειρηματολογία μπορεί να επηρεαστεί από την φύση των προβλημάτων και την αφοσίωση στις προηγούμενες πεποιθήσεις συνάδει με τις παρατηρήσεις του Kuhn (Zeidler, 1997).

2.Οι απλοϊκές αντιλήψεις της δομής των επιχειρημάτων (naïve conceptions of argument structure)

Σύμφωνα με τους Perkins, Allen και Hafner (1983) όπως το έργο αυτών παρουσιάζεται από τον Zeidler (1997), οι μαθητές τείνουν να βασίζονται την επιστημολογία «που βγάζει νόημα» (σ.185) δηλαδή στο εάν μια πρόταση φαίνεται διαισθητικά αληθής. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι στρατηγικές που γενικά απαιτούν επένδυση περισσότερης γνωστικής ενέργειας παραμερίζονται για χάρη ευρετικών στρατηγικών που γενικά απαιτούν λιγότερη κριτική σκέψη και οδηγούν πιο γρήγορα σε συμπεράσματα (Zeidler, 1997). Αυτό αποδίδει εξηγήσεις σχετικά με το γιατί οι μαθητές μπορεί να μπερδεύουν τα απαραίτητα συμπεράσματα ενός παραγωγικού συλλογισμού με τα πιθανολογικά επαγωγικά συμπεράσματα. Σύμφωνα με όσα γνωρίζουμε από τους Chinn και Brewer μπορούμε να αντιληφθούμε πως προκύπτει η κράτηση των μη αναμενόμενων δεδομένων σε αδράνεια με τους μαθητές να αποδέχονται τα μη αναμενόμενα δεδομένα χωρίς όμως να

προσπαθούν να ενσωματώσουν ή να εξηγήσουν τις ασάφειες σχετικά με την δική τους θέση με αποτέλεσμα να προστατεύουν τις θεμελιώδεις απόψεις τους. Το «πρόβλημα των τεσσάρων καρτών» του Wason, όπως αυτό παρουσιάζεται από τον Zeidler (1997), αποκαλύπτει την τάση των ατόμων να βασίζονται σε μια ρεαλιστική ευρετική που είναι πιθανό να υποστηρίξει τους ισχυρισμούς τους (1966; 1968; 1974). Το πρόβλημα εδώ είναι πως οι μαθητές επιλέγουν πληροφορίες που είναι συνεπείς απέναντι στους αρχικούς ισχυρισμούς τους και αγνοούν πληροφορίες που μπορεί να μην συνάδουν με αυτούς ή ακόμα και να τους καταρρίπτουν με αποτέλεσμα την δημιουργία προκατάληψης για την επιβεβαίωση της (confirmation bias) (Zeidler, 1997).

3. Η επιρροή των θεμελιωδών πεποιθήσεων στην επιχειρηματολογία (effects of core beliefs on argumentation).

Εφόσον έχουμε σημειώσει την τάση των μαθητών για επιβεβαίωση αυτών που ήδη γνωρίζουν είναι θεμιτό να ασχοληθούμε με την επιρροή που έχει αυτή η τάση στις θεμελιώδεις πεποιθήσεις των μαθητών (Zeidler, 1997). Σύμφωνα με τον συγγραφέα όσο πιο θεμελιώδης η πεποίθηση που συγκρούεται με τα μη αναμενόμενα δεδομένα (θεμελιώδεις- περιφερειακές ιδέες) τόσο πιο πολωμένη γίνεται μετά την επαφή του ατόμου με αυτά. Οι Baron (1985; 1988) και Baron & Brown (1991) συμπεριλαμβάνονται στην μελέτη του Zeidler (1997) καθώς περιγράφουν την τάση αυτή ως «επιμονή στην πεποίθηση» (belief persistence) παρέχοντας πολλά παραδείγματα από την επιστήμη που αποδεικνύουν ότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις μας υπονομεύουν την ικανότητα μας να αξιολογούμε αντίθετη κριτική και ανταποδείξεις. Πιθανές προεκτάσεις των παραπάνω ερευνών είναι ότι όσο πιο μεγάλη η αντίφαση μεταξύ της θεωρίας του ατόμου και των μη αναμενόμενων δεδομένων τόσο πιο ανώφελη η επιρροή τους (Zeidler, 1997). Εάν αυτό ισχύει όντως (κάτι που δεν έχει αποδειχθεί ακόμα) τότε ο βαθμός πόλωσης που μπορεί να προκληθεί όταν το άτομο έρχεται αντιμέτωπο με ανεπιχειρήματα και μη αναμενόμενα δεδομένα συνδέεται ευθέως με την δυναμική των αρχικών θεμελιωδών πεποιθήσεων του και η πιθανότητα αποδοχής ή εξήγησης των μη αναμενόμενων δεδομένων αφορά εξολοκλήρου την πρόοδο της εννοιολογικής αλλαγής (Zeidler, 1997).

4. Τα ανεπαρκή στοιχεία (inadequate sampling of evidence).

Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες τα μη αναμενόμενα δεδομένα δεν προκαλούν αίσθηση στους μαθητές καθώς μπορεί το υπό επεξεργασία φαινόμενο να μην υπάρχει στο εύρος των ενδιαφερόντων τους (Zeidler, 1997). Αλλά οι άνθρωποι καλούνται πολλές φορές να διευρύνουν τους ορίζοντες τους σχετικά με θέματα για τα οποία δεν έχουν κανενός είδους εμπειρία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο βαθμός κατά τον οποίο ο μαθητής δέχεται τα νέα δεδομένα ή επιχειρεί να εξηγήσει τα μη αναμενόμενα δεδομένα μπορεί να αφορά λιγότερο την προστασία των θεμελιωδών πεποιθήσεων και περισσότερο την επίγνωση του τι θεωρείται λογικά βάσιμο στοιχείο (Zeidler, 1997). Σύμφωνα με τους Lincoln και Guba (1985), όπως η πεποίθηση τους εμφανίζεται στο έργο του Zeidler (1997), όταν οι μαθητές υποστηρίζουν, δέχονται ή αντιτίθενται πρώιμα σε μια γενίκευση στο επίπεδο ενός στοιχείου που δεν είναι ούτε ξεκάθαρα ευρύ ή τυχαίο, ούτε αντιπροσωπευτικό, καταλήγουν σε εσφαλμένα βιαστικές γενικεύσεις. Το πρόβλημα με τις γενικεύσεις σύμφωνα με τον Zeidler (1997) αυτές θεμελιώνεται στις πρακτικές δειγματοληψίας (sampling practices). Το τι αποτελεί αποδεκτό στοιχείο συχνά διαφέρει μεταξύ των ακαδημαϊκών κλάδων αλλά και στο εσωτερικό κάθε κλάδου. Πολλές φορές δεν γίνεται ξεκάθαρο στους μαθητές ότι η θεμιτή τεχνική στήριξης επιχειρημάτων διαφέρει μεταξύ των κλάδων. Οι μαθητές, λοιπόν, δεν έχουν ξεκάθαρη άποψη σχετικά με το τι καθιστά ένα στοιχείο επαρκές ή πιστικό κάνοντας τους, έτσι, να βασίζονται συχνά στην προσωπική τους εμπειρία και όχι στην αναζήτηση περεταίρω στοιχείων για να αποκτήσουν πιο ολοκληρωμένη άποψη για το υπό επεξεργασία φαινόμενο- ζήτημα (Zeidler, 1997).

Υπάρχουν και περιπτώσεις που οι μαθητές συλλέγουν πολύ λίγες πληροφορίες για να στηρίξουν ένα επιχειρήμα ή για να πετύχουν την εγκυρότητα στην μεταφορά συγκεκριμένων περιπτώσεων σε άλλα settings (πεδία). Αντιστρόφως, οι μαθητές ορισμένες φορές προσπαθούν να αποκτήσουν τεράστιες ποσότητες πληροφοριών. Το πρόβλημα τώρα έγκειται στην παγίδα της απόδοσης ίσης βαρύτητας σε όλες τις μελέτες ή πηγές πληροφοριών (Zeidler, 1997). Επίσης οι μαθητές τείνουν να δίνουν έμφαση στην συχνότητα εμφάνισης σπανίων γεγονότων που τους προκαλούν εντύπωση και να υποτιμούν την εμφάνιση των γεγονότων που εμφανίζονται συχνότερα. Τέλος, οι μαθητές τείνουν να έχουν εμπιστοσύνη στις πιθανοτικές και στατιστικές πληροφορίες χωρίς όμως ταυτόχρονα να τις κατανοούν λειτουργικά. Υπάρχει, γενικότερα μια έντονη τάση των μαθητών να αγνοούν τις βασικές πληροφορίες υπέρ των διαισθητικών αιτιολογικών κρίσεων τους (Zeidler, 1997).

5. Η στρεβλή παρουσίαση των επιχειρημάτων και των στοιχείων (Altering Representation of Argument and Evidence).

Πολλές φορές οι μαθητές μπορεί να γνωρίζουν την αλήθεια αλλά έχουν την τάση να προσθέτουν να διαγράψουν ή να παραποιούν ορισμένες πληροφορίες που την αφορούν όταν την παρουσιάζουν σε άλλους. Ο μαθητής βέβαια δεν μπορεί να αναγνωρίσει ότι το υπό επεξεργασία πρόβλημα και οι αντίστοιχες αποδείξεις που παρουσιάζει είναι παραποιημένες. Μια τέτοιου είδους μετατροπή έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία υποανάπτυκτων επιχειρημάτων ή ακόμα και εσφαλμένων συλλογισμών. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω του ότι οι μαθητές ορισμένες φορές κάνουν υποθέσεις σχετικά με το πλαίσιο ενός προβλήματος με αποτέλεσμα να αλλάζουν τόσο την αρχική κατάσταση του όσο και την αιτιολογία που προκύπτει από την επίλυση του προβλήματος (Zeidler, 1997).

Επιπλέον, στο ίδιο έργο του, ο Zeidler (1997) αναφέρει τον ρόλο των μη αναμενόμενων δεδομένων στην αλλαγή των παιδαγωγικών και εννοιολογικών παρανοήσεων.

Για αυτόν η αλλαγή θεωρίας ως τρόπος αντιμετώπισης των μη αναμενόμενων δεδομένων όπως αυτή παρουσιάζεται από τους Chinn και Brewer δεν σχετίζεται τόσο με την αλλαγή παραδείγματος του Kuhn όσο με την αλλαγή θεωρίας του Laudan (1984) όπως αυτή παρουσιάζεται από τους Duschl και Gitomer (1991). Ο συσχετισμός αυτός αιτιολογείται από τους ίδιους ως αποτέλεσμα του ότι η ιδέα της διαλογικής αλληλεπίδρασης και επιχειρηματολογίας περιέχει την προσπάθεια αναζήτησης του σημείου επαφής μεταξύ των διαφορετικών πεποιθήσεων ενός αριθμού ατόμων και της υπό επεξεργασία δραστηριότητας. Σύμφωνα λοιπόν με την άποψη των παραπάνω η αλλαγή- είτε θεωρητική είτε εννοιολογική – δεν συντελείται απαραίτητα μέσω αυξητικών γραμμικών βημάτων αλλά περισσότερο μέσω κοινών παραγόντων, συνεχούς αναδόμησης των ιδεών, αλλαγής, ή και βελτίωσης των μαθητικών στόχων, διαδικασιών, και προσωπικών γνώσεων (Zeidler, 1997). Επιπλέον, ο ίδιος, στηρίζει το επιχείρημα του αναφερόμενος στους πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης των Chinn- Brewer. Συγκεκριμένα πιστεύει πως οι τρόποι αυτοί συνάδουν με την θεωρία του Laudan (1984) που προάγει την αλλαγή είτε στις οντολογικές είτε στις μεθοδολογικές είτε στις αξιολογικές αντιλήψεις και όχι την αλλαγή όλων των παραπάνω όπως αυτή παρουσιάστηκε από τον Kuhn.

Συγκεφαλαιώνοντας, ο Zeidler (1997) θεωρεί πως οι πεποιθήσεις των μαθητών αλληλεπιδρούν με τη φύση του υπό εξέταση προβλήματος για να επηρεάσουν την αρχική ιδέα των μαθητών για ηθικά ή κοινωνικά προβλήματα. Ομοίως με τις επιστημονικές παρανοήσεις, οι μαθητές βρίσκουν τρόπους να υποβιβάσουν στοιχεία που αντιτίθενται των εδρεωμένων πεποιθήσεων τους με την πιθανότητα αποδοχής των μη αναμενόμενων δεδομένων να μειώνεται όσο η εμμονή του ατόμου στις πεποιθήσεις του αυξάνεται. Επιπλέον, σημειώνει πως οι ευρετικές στρατηγικές που απαιτούν λιγότερη της γνωστικής ενέργειας ευνοούνται γενικά έναντι πιο επίσημων στρατηγικών που εκτιμούν είτε παραγωγικά είτε επαγωγικά τα ανάμεικτα δεδομένα. διδακτική συχνά αποτυγχάνει να καταστήσει σαφές ποια στοιχεία θεωρούνται επαρκή για την υποστήριξη επιχειρημάτων σε κάθε γνωστικό κλάδο. Η έλλειψη λειτουργικής κατανόησης των πιθανοτήτων και των στατιστικών πληροφοριών συμβάλλει σε ανεπαρκείς πρακτικές δειγματοληψίας. Τέλος σύμφωνα με εκείνον η μετατροπή των παραδοχών αποτελεί μια μορφή ανεπιθύμητης προσθήκης, διαγραφής ή παραποίησης πληροφοριών κεντρικής σημασίας σε ένα πρόβλημα που οι μαθητές προσπαθούν να επιλύσουν (Zeidler, 1997).

Κάθε μια από αυτές τις διδακτικές μεθόδους υποθέτει πως τα μη αναμενόμενα δεδομένα μπορούν να οδηγήσουν τους μαθητές σε αλλαγή της προϋπάρχουσας άποψης. Παρ' όλα αυτά όταν οι δάσκαλοι άρχισαν να εφαρμόζουν τις τεχνικές αυτές στην τάξη η εννοιολογική αλλαγή δεν επιτεύχθηκε όσο εύκολα θεωρούσαν καθώς οι μαθητές έβρισκαν τρόπους να υποβαθμίσουν τα μη αναμενόμενα δεδομένα (Zeidler, 1997).

3.4 Προβλήματα στην εφαρμογή διδακτικών τεχνικών βασισμένων στα μη αναμενόμενα δεδομένα.

Οι εκπαιδευτικοί πιθανώς υπέθεσαν ότι τα παιδιά θα ανταποκρίνονταν στα μη αναμενόμενα δεδομένα συνειδητοποιώντας ότι οι αρχικές τους αντιλήψεις είχαν καταρριφθεί και θα άλλαζαν ανάλογα τη θεωρία τους. Στην πραγματικότητα, η συχνή αποτυχία των μη αναμενόμενων δεδομένων στην επίτευξη της αλλαγής της θεωρίας στην τάξη δείχνει πόσο οι μαθητές των θετικών επιστημών μοιάζουν με τους επιστήμονες (Chinn & Malhotra, 2001). Οι επιστήμονες, όπως και οι μαθητές είναι αρκετά διατεθειμένοι να υποβαθμίσουν την αξία των δεδομένων με σκοπό να διατηρήσουν ανέπαφη την θεωρία τους.

Σημαντικό κατασταλακτικό ρόλο στην επιτυχία της εισαγωγής των μη αναμενόμενων δεδομένων στην σχολική τάξη πιθανολογείται σύμφωνα με μεταγενέστερη μελέτη των Chinn και Malhotra (2001) ότι αποτελεί η απλότητα των δραστηριοτήτων των φυσικών επιστημών λόγω της οποίας όταν οι μαθητές αντιμετωπίζουν κάποιο μη αναμενόμενο δεδομένο η μόνη λογική αντίδραση τους είναι η αλλαγή της υπόθεσης. Το πρόβλημα που εντοπίζεται εδώ λοιπόν είναι ότι πολλές από τις δραστηριότητες που στοχεύουν στην απόκτηση επιστημονικής γνώσης σε μαθητές σχολείων δεν αντανakλούν τα βασικά στοιχεία του αυθεντικού επιστημονικού συλλογισμού (Chinn& Malhotra, 2001). Η διαδικασία κατάκτησης της επιστημονικής γνώσης στο σχολείο δεν μοιάζει με την γνωστική διαδικασία που υιοθετείται στην αυθεντική επιστημονική έρευνα. Αντίθετα η επιστημολογία στην οποία βασίζονται πολλές δραστηριότητες των φυσικών επιστημών στα σχολεία είναι αντιθετική της επιστημολογίας της αυθεντικής επιστήμης (Chinn&Malhotra, 2001).

Με τον όρο αυθεντική επιστημονική έρευνα οι Chinn και Malhotra (2001) βασίζονται στους Dunbar (1995), Galison (1997), Giere (1988) για να αναφερθούν στην έρευνα που διεξάγουν οι εν ενεργεία επιστήμονες η οποία αποτελεί μια λεπτομερή και αρκετά σύνθετη διαδικασία που εμπλέκει το εξειδικευμένο προσωπικό σε εξαγωγή, ανάλυση και μοντελοποίηση δεδομένων με ανεπτυγμένες τεχνικές και την χρήση ακριβούς εξοπλισμού. Στα σχολεία είναι αδύνατη η αναπαραγωγή τέτοιων πειραμάτων λόγω περιορισμών χρόνου, τεχνογνωσίας και χρήματος. Ο στόχος είναι να παραχθούν σχετικά απλές μαθητικές ερευνητικές δραστηριότητες που παρά την απλότητα τους περιέχουν τα βασικά στοιχεία του επιστημονικού συλλογισμού (Chinn& Malhotra, 2001) .

Σύμφωνα με το Benchmarks for Science Literacy (AAAS, 1993, Sections 1a and 1b) οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν ότι υπάρχουν πολλές μορφές επιστημονική έρευνας, ότι η μεροληψία του παρατηρητή αποτελεί απειλή για την ερμηνεία και ότι διαφορετικοί ερευνητές που χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους μπορούν να εξάγουν διαφορετικά αποτελέσματα. Σύμφωνα με τα National Science Education Standards (National Research Council, 1996; Olson & Loucks-Horsley, 2000) οι μαθητές πρέπει να μάθουν να αναπτύσσουν θεωρίες που να εξηγούν ένα ευρύ φάσμα στοιχείων, αποφασίζοντας ποια στοιχεία πρέπει να χρησιμοποιούνται και ασκώντας κριτική στις εξηγήσεις και τις διαδικασίες που τα αφορούν.

Στην αυθεντική επιστημονική έρευνα υπάρχουν διάφοροι τρόποι αντιμετώπισης των μη αναμενόμενων δεδομένων, οι οποίοι αναγνωρίζονται επιστημολογικά (Chinn& Malhotra, 2001). Αυτοί οι πιθανοί τρόποι θεωρούνται λογικοί από την επιστημονική κοινότητα ανάλογα την περίπτωση και οι ευρετικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να κριθεί η αποδοχή ή μη των δεδομένων αυτών. Οι απλές δραστηριότητες των σχολείων αποτυγχάνουν να προάγουν μια τέτοια επιστημολογία (Chinn& Malhotra, 2001).

Κρίνεται απαραίτητη λοιπόν η ανάπτυξη μιας συστηματικής ανάλυσης του αυθεντικού επιστημονικού συλλογισμού, που θα έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία διδακτικών δραστηριοτήτων που θα ομοιάζουν περισσότερο διαδικαστικά με τις πραγματικές επιστημονικές διαδικασίες (Chinn&Malhotra, 2001).

Συμπέρασμα

Οι περισσότεροι από τους πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης των μη αναμενόμενων δεδομένων που παρουσιάζονται από τους Chinn και Brewer και αφορούν την διατήρηση της προηγούμενης θεωρίας προκύπτουν από τον συνδυασμό δύο βασικών ροπών της ανθρώπινης φύσης: την άρνηση αποδοχής πραγμάτων που δεν προκύπτουν από την παρατήρηση, φαινομένων που δεν βγάζουν νόημα διαισθητικά και την άρνηση παραίτησης από μια καθιερωμένη αντίληψη-θεωρία. Η ανακάλυψη ενός μη αναμενόμενου δεδομένου δοκιμάζει την επιστημονική δεοντολογία του εκάστοτε επιστήμονα, αφ' ενός γιατί τον θέτει απέναντι σε όλα όσα πίστευε μέχρι εκείνη την στιγμή και αφ' εταίρου γιατί πολύ πιθανόν να τον θέσει απέναντι σε όλη την επιστημονική κοινότητα της εποχής του. Έπειτα μπορεί να συντρέχουν λόγοι κοινωνικού και οικονομικού περιεχομένου, θέματα ιδεολογίας ακόμα και θρησκείας αν τα μη αναμενόμενα δεδομένα αντιτεθούν σε οποιοδήποτε από αυτά τα «συμφέροντα». Και οι αντιμετώπισεις των μαθητών όμως στα μη αναμενόμενα δεδομένα δεν διαφέρουν πολύ από εκείνες των επιστημόνων. Όπως και οι επιστήμονες έτσι και οι μαθητές δυσκολεύονται να πιστέψουν κάτι που δεν προκύπτει από την παρατήρηση τους, ή ακόμα και κάτι που μπορεί παρατηρησιακά να αιτιολογείται αλλά διαφέρει από τις εναλλακτικές ιδέες τους. Οι ομοιότητες που εντοπίζονται μεταξύ την επιστημονικής θεωρίας του Kuhn και της ψυχολογικής του Piaget αποτελούν έναν επιπλέον λόγο για τον οποίο πιστεύουμε στις ομοιότητες των δύο τύπων ερευνητών. Θα μπορούσαμε μέσω των προηγούμενων, λοιπόν, να αντιμετωπίσουμε τον δρόμο προς την κατάκτηση της ασφαλούς επιστημονικής γνώσης επιστημονικά ως ένα συνεχή νοητικό αγώνα βασισμένο σε προσπάθειες αντιμετώπισης των anomalies και παιδαγωγικά ως έναν συνεχή νοητικό αγώνα υπέρβασης των ήδη υπάρχουσών γνώσεων μέσω της γνωστικής σύγκρουσης. Όμως, ενώ τα μη αναμενόμενα δεδομένα έχουν εισαχθεί σε πληθώρα διδακτικών μεθόδων με σκοπό την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής, η ελάχιστη έρευνα σε παγκόσμιο και πολύ περισσότερο σε ελληνικό επίπεδο υποβιβάζει την αποτελεσματικότητα της εισαγωγής των δεδομένων αυτών στα σχολεία. Αυτό συμβαίνει είτε γιατί δεν έχουν βρεθεί οι κατάλληλοι τρόποι προώθησης της εννοιολογικής αλλαγής μέσω των δεδομένων αυτών είτε γιατί η απλότητα των διδακτικών δραστηριοτήτων δεν βοηθά τους μαθητές να δομήσουν μόνοι τους την γνώση με την χρήση μη αναμενόμενων δεδομένων. Γίνεται λοιπόν κατανοητή η ανάγκη περαιτέρω έρευνας για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης των μη αναμενόμενων δεδομένων όπως αυτή

προκύπτει από την αποσαφήνιση των μαθησιακών αναγκών και των τρόπων με τους οποίους οι μαθητές επιλέγουν να προσεγγίσουν την μην συμβατή με τις ιδέες τους γνώση.

Βιβλιογραφία

Brewer, W. F., & Chinn, C. A. (1991). Entrenched beliefs, inconsistent information, and knowledge change. In L. Birnbaum (Ed.), *The International Conference of the Learning Sciences: Proceedings of the 1991 conference* (pp. 67-73). Charlottesville, VA: Association for the Advancement of Computing in Education.

Brewer, W. F., & Chinn, C. A. (1992). Learning scientific theories that contradict entrenched beliefs. Manuscript in preparation. Brewer, W. F., & Lambert, B. L. (1992, July). The theory-ladenness of observation: Evidence from cognitive psychology. Paper presented at the XXV International Congress of Psychology, Brussels.

Brewer, W. F., & Samarapungavan, A. (1991). Children's theories vs. scientific theories: Differences in reasoning or differences in knowledge? In R. R. Hoffman & D. S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes: Applied and ecological perspectives* (pp. 209-232). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1–49.

Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623–654.

Chinn, C. A., & Malhorta, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in the schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218

Driver R. et al. (1996) “Young People's Images of Science”. Buckingham: Open University Press.

Gatt S. (2003). *Constructivism: An effective Theory of Learning*. 1-20.

Kuhn T. (1962) “The structure of Scientific Revolution”. Chicago: University of Chicago Press.

Lakatos I. (1970). Falsification and the Methodology of Scientific Research Programme. Criticism and the Growth of Knowledge. 1. 91-196.

Laudan, L. (1977). *Progress and its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth*. University of California Press.

Novak, J. D. (2002), Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. Sci. Ed., 86: 548-571.

Park, J., & Pak, S., (1997), “Students’ Responses to Experiential Evidence based on Preconceptions of Causality and Availability of Evidence,” Journal of Research in Science teaching, 34(1), 57-67.

Piaget, Jean (1970). *Genetic Epistemology*. New York: Columbia University Press.

Samarapungavan A.(1992), Children's judgments in theory choice tasks: scientific rationality in childhood. Cognition, 45(1):1-32

Schraw G., Crippen K.J, Kendall H. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. Research in Science Education (2006) 36: 111–139

Shayer, M., Adey, P., (1981), “Towards a Science of Science Teaching”. London: Heinemann Educational.

Weaver, G. C. (1998), Strategies in K 12 science instruction to promote conceptual change. Sci. Ed., 82: 455-472.

Zeidler, D. L. (1997), The central role of fallacious thinking in science education. Sci. Ed., 81: 483-496.

Σφυρόερα Μ. (2007) “Το λάθος ως εργαλείο μάθησης και διδασκαλίας”. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ Πανεπιστήμιο Αθηνών.