

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ



ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ
ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

ΜΑΡΙΑ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2006

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ



Δεξιότητες Διερεύνησης
Προσομοιωμένου Προβλήματος
από Μαθητές Δημοτικού Σχολείου

Διδακτορική Διατριβή στο Γνωστικό Αντικείμενο «Μάθηση στις
Φυσικές Επιστήμες»

ΜΑΡΙΑ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2006

Η παρούσα διδακτορική διατριβή παρουσιάστηκε δημόσια και στη συνέχεια εγκρίθηκε από πενταμελή εξεταστική επιτροπή, στις 15 Μαΐου 2006. Αποτελεί μέρος των υποχρεώσεων του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής για απόκτηση διδακτορικού τίτλου στο μεταπτυχιακό Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες.

Ερευνητικός Σύμβουλος: Νίκος Βαλανίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής,
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Συμβουλευτική Επιτροπή: Γεώργιος Φιλίππου, Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών
της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
Κωνσταντίνος Παπαναστασίου, Αναπληρωτής
Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

.....
Νίκος Βαλανίδης

.....
Γεώργιος Φιλίππου

.....
Κωνσταντίνος Παπαναστασίου

Εξεταστική Επιτροπή:

- Γεώργιος Φιλίππου (Πρόεδρος)
Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Κωνσταντίνος Παπαναστασίου,
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Παναγιώτης Κόκκοτας
Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Διομήδης Μαρκουλλής
Καθηγητής, Τμήμα Ψυχολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Νίκος Βαλανίδης
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΜΑΡΙΑ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ

© 2006, Μαρία Παπαγεωργίου

ΣΤΟ ΣΥΖΥΓΟ ΜΟΥ ΚΩΣΤΑ
ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΓΟΝΕΙΣ ΜΟΥ
ΤΟΥΛΑ ΚΑΙ ΣΩΤΗΡΗ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση αυτής της διατριβής είχα τη βοήθεια πολύ σημαντικών αξιόλογων ανθρώπων, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Πρώτο από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ερευνητικό μου σύμβουλό Αναπληρωτή Καθηγητή Νίκο Βαλανίδη για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε όλα αυτά τα χρόνια. Ως σύμβουλος και δάσκαλός μου με ενθάρρυνε, από τα πρώτα βήματά, να συνεχίσω με μεταπτυχιακές σπουδές. Με την αστείρευτη δύναμη και ενεργητικότητά του και τις πλουσιότερες γνώσεις και εμπειρίες του ήταν πάντα πρόθυμος να με συμβουλευσει, να αφιερώσει ατέλειωτες ώρες στη διόρθωση των κειμένων μου να μοιραστεί μαζί μου τις ιδέες του, να με κάνει να πιστέψω στις δυνάμεις μου και στον εαυτό μου. Η εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην προσπάθεια ολοκλήρωσης της διατριβής μου είχε ως αποτέλεσμα την ενδυνάμωση της αυτοπεποίθησής μου και την ανακάλυψη των δυνατοτήτων μου. Είμαι σίγουρη ότι χωρίς τη βοήθεια και την ενθάρρυνση δε θα ήταν δυνατή η διεκπεραίωση αυτής της διατριβής. Για όλα αυτά τον ευχαριστώ πολύ.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στα μέλη της συμβουλευτικής μου επιτροπής Καθηγητή Γεώργιου Φιλίππου και Αναπληρωτή Καθηγητή Κωνσταντίνο Παπαναστασίου, για την ιδιαίτερη προσοχή που έδωσαν στην διατριβή μου και τις πολύτιμες συμβουλές που μου πρόσφεραν. Εκτιμώ ιδιαίτερα το γεγονός ότι αφιέρωσαν αρκετό από τον πολύτιμο χρόνο τους για να με βοηθήσουν να επιλύσω διάφορα προβλήματα που συνάντησα κατά την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Καθηγητή Παναγιώτη Κόκκοτα και Καθηγητή Διομήδη Μαρκουλλή για τις ουσιαστικές εισηγήσεις τους για βελτίωση της διατριβής μου, το χρόνο που αφιέρωσαν στη μελέτη του κειμένου μου και για τα ενθαρρυντικά σχόλια.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους διευθυντές των σχολείων που έλαβαν μέρος στην έρευνά μου και τους πολύ καλούς φίλους και συνάδελφους μου Άννα, Άντρη, Δήμητρα Μαρίνα, Παύλο, Ελίζα και Φράγκη που διευκόλυναν τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων μου και για τη βοήθεια που μου πρόσφεραν όποτε τους το ζήτησα

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την αδερφή μου Έλενα Παπαγεωργίου που αφιέρωσε το χρόνο της και τις πολύτιμες γνώσεις της για τη δημιουργία λογισμικού σχετικού με την έρευνά μου.

Τα λόγια δε θα ήταν ποτέ αρκετά για να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς την οικογένειά μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύζυγό μου Κώστα, που είναι θερμός υποστηρικτής της δουλειάς μου και ενθάρρυνε τις επιλογές μου, τους γονείς μου Σωτήρη και Τούλα που μου πρόσφεραν τα πάντα στη ζωή και στάθηκαν πάντα δίπλα μου στηρίζοντάς με και πιστεύοντας στις δυνάμεις μου και τις αδερφές μου Έλενα και Δήμητρα που ήταν πάντα πρόθυμες να με βοηθήσουν και που είναι τόσο υπέροχες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδασκαλία της Επιστήμης έχει ως βασικό σκοπό την ανάπτυξη των δεξιοτήτων των παιδιών για επιστημονική έρευνα έτσι ώστε να αξιοποιούν τα νοητικά αποθέματά τους περισσότερο αποτελεσματικά. Για να αναπτύξουν τα παιδιά τις γνωστικές τους ικανότητες και δεξιότητες πρέπει να εμπλακούν σε διερευνητικά μαθησιακά περιβάλλοντα (Zimmerman, 2000). Ένα διερευνητικό μαθησιακό περιβάλλον απαιτεί αλληλεπίδραση και συντονισμό πολλαπλών γνωστικών ικανοτήτων (παρατήρησης, μέτρησης, διατύπωσης υποθέσεων, σχεδιασμό και εκτέλεση πειραμάτων, συλλογής, καταγραφής, οργάνωσης και ερμηνείας δεδομένων, αναθεώρησης ή και απόρριψης των αρχικών υποθέσεων κ.ά.). Για να περιγράψουν την ανάπτυξη του επιστημονικού τρόπου σκέψης, οι ερευνητές ανέπτυξαν διάφορα μοντέλα. Ένα από τα κυριότερα μοντέλα είναι το μοντέλο των Klahr και Dunbar (1988, Klahr, 2000) που έχει επηρεάσει σε πολύ μεγάλο βαθμό τις ερευνητικές προσπάθειες στο χώρο αυτό. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό μια επιστημονική διερεύνηση χαρακτηρίζεται από συντονισμένη αναζήτηση σε δύο διαφορετικούς χώρους, το χώρο των υποθέσεων και το χώρο των πειραμάτων.

Η παρούσα προσπάθεια υπολόγισε το μοντέλο που ανέπτυξαν οι Klahr και Dunbar (1988, Klahr, 2000), και αποσκοπούσε να μελετήσει τις δεξιότητες διερεύνησης παιδιών τετάρτης και έκτης τάξης Δημοτικού σχολείου κατά τη λύση ενός προσομοιωμένου επιστημονικού προβλήματος. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Το δείγμα της πρώτης φάσης της έρευνας αποτελέσαν τα 498 παιδιά 10 τμημάτων τετάρτης και 10 τμημάτων έκτης τάξης που επιλέγηκαν από 10 δημοτικά σχολεία της Κύπρου. Στο δείγμα αυτό δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο περιείχε τρία έργα που αφορούσαν τον έλεγχο μεταβλητών και τρία έργα που αφορούσαν τη συνδυαστική σκέψη και είχαν διαφορετικό βαθμό δυσκολίας. Τα ερωτηματολόγια διορθώθηκαν στο σύνολό τους χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Σταθερής Συγκριτικής Ανάλυσης (Constant Comparative Analysis). Σκοπός της μεθόδου αυτής είναι να κατηγοριοποιήσει τις απαντήσεις σε κατάλληλα επίπεδα και να δημιουργήσει μια ρήτρα στην οποία θα στηριχτεί η αξιολόγηση κάθε απάντησης. Με βάση αυτή τη ρήτρα, αξιολογήθηκε το κάθε πρόβλημα ξεχωριστά. Στα επίπεδα κάθε ρήτρας αποδόθηκαν αριθμητικές τιμές για ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Τελικός σκοπός αυτής της προσπάθειας ήταν ο υπολογισμός ενός βαθμού για κάθε ερωτηματολόγιο που αποτέλεσε τη Συνολική Επίδοση στο ερωτηματολόγιο (ΣΕ).

Μετά τη συμπλήρωση και διόρθωση των ερωτηματολογίων ακολούθησε η δεύτερη φάση της έρευνας. Το δείγμα της δεύτερης φάσης της έρευνας αποτελέσαν 80 παιδιά και η επιλογή έγινε από το ευρύτερο δείγμα της πρώτης φάσης. Οι 40 ήταν μαθητές της τετάρτης τάξης (20 αγόρια και 20 κορίτσια) και οι άλλοι 40 μαθητές της έκτης τάξης (20 αγόρια και 20 κορίτσια). Η επιλογή του δείγματος της δεύτερης φάσης από το ευρύτερο δείγμα της πρώτης φάσης έγινε με στρωματοποιημένη δειγματοληψία. Συγκεκριμένα, με βάση τους βαθμούς που σημείωσαν τα παιδιά στο ερωτηματολόγιο επιλέγηκαν 40 παιδιά Δ' και Στ' τάξης (20 από τη Δ' και 20 από τη Στ') με υψηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο και 40 παιδιά (20 από τη Δ' και 20 από τη Στ') με χαμηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο. Στα παιδιά αυτά έγιναν συνεντεύξεις.

Για τις συνεντεύξεις, χρησιμοποιήθηκε μια πειραματική συσκευή με 8 λαμπτήρες και 5 διακόπτες οι οποίοι ήταν συνδεδεμένοι με πηγή (μπαταρία) σε "κρυμμένο" κύκλωμα στο εσωτερικό της συσκευής και κινούνταν σε δύο θέσεις, "πάνω" "κάτω", ενώ με το συνδυασμό της θέσης των διαφορετικών διακοπών ήταν δυνατό να ανάβει κάθε φορά ένας ή κανένας από τους λαμπτήρες. Το κύκλωμα κάθε

συσκευής ήταν συνδεδεμένο με τέτοιο τρόπο ώστε ένας από τους διακόπτες να λειτουργεί ως γενικός διακόπτης και ένας διακόπτης δεν ήταν συνδεδεμένος στο κύκλωμα (εικονικός διακόπτης). Τα παιδιά ανακοινώνοντας βήμα με βήμα τις σκέψεις τους και εκτελώντας πειράματα καλούνταν να ανακαλύψουν τη λειτουργία και το διαφορετικό ρόλο των διακοπών στη συσκευή και να πετύχουν τη φωτοβολία των οχτώ λαμπτήρων. Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, τα παιδιά καλούνταν να καταγράψουν τα δεδομένα. Η καταγραφή έγινε με διαφορετικούς τρόπους σε δύο πειραματικές ομάδες, την πειραματική ομάδα της ελεύθερης καταγραφής και την πειραματική ομάδα της προσδιορισμένης καταγραφής. Στην ελεύθερη καταγραφή, τα παιδιά ήταν ελεύθερα να επιλέγουν τον τρόπο με τον οποίο θα κατέγραφαν τα δεδομένα τους, ενώ, στην προσδιορισμένη καταγραφή, η καταγραφή έγινε με συγκεκριμένο τρόπο και ακολουθήθηκε η συμπλήρωση ενός συγκεκριμένου εντύπου. Κατά τη διερεύνηση, τα παιδιά έπρεπε, χρησιμοποιώντας τη συνδυαστική τους σκέψη, να πετύχουν όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των διακοπών (που κινούνταν σε δύο θέσεις, “πάνω” και “κάτω”) μέχρι τη λύση του προβλήματος. Επιπλέον ο αριθμός διακοπών που μετακινούσαν από μια πειραματική προσπάθεια σε άλλη φανέρωνε την ικανότητά τους για έλεγχο μεταβλητών. Τα δεδομένα των συνεντεύξεων αναλύθηκαν τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Κατά την ποσοτική ανάλυση, οι συνεντεύξεις ποσοτικοποιήθηκαν για στατιστική ανάλυση με βάση τη μέθοδο της Σταθερής Συγκριτικής Ανάλυσης. Τελικός σκοπός της ανάλυσης αυτής ήταν να υπολογιστεί ένας βαθμός για κάθε συνέντευξη, που αποτελούσε ένδειξη της Διερευνητικής Ικανότητας (ΔΙ) του κάθε μαθητή. Η *Διερευνητική Ικανότητα*, όπως προέκυψε από την ενασχόληση με τη συγκεκριμένη συσκευή, είναι σύνθετη μεταβλητή και αποτελείται από άλλες επιμέρους μεταβλητές: 1) εντοπισμός του γενικού διακόπτη της συσκευής, 2) εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη της συσκευής, 3) επιτυχία φωτοβολίας όλων των λαμπτήρων, 4) ικανότητα συντονισμού υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων, 5) ικανότητα για έλεγχο μεταβλητών και 6) βαθμός ανάπτυξης της συνδυαστικής σκέψης. Η Διερευνητική Ικανότητα είχε τιμή το άθροισμα των επιδόσεων των έξι επιμέρους μεταβλητών, όπως αποτιμήθηκαν αριθμητικά στη συγκεκριμένη διερεύνηση, με τη μέθοδο της σταθερής συγκριτικής ανάλυσης.

Από τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης της έρευνας φάνηκε ότι τα παιδιά είχαν αναπτύξει σε μεγαλύτερο βαθμό τη συνδυαστική τους σκέψη παρά τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών. Επιπλέον, τα παιδιά της έκτης τάξης σημείωσαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις από τα παιδιά της τετάρτης τάξης στα έργα Ελέγχου Μεταβλητών, στα έργα Συνδυαστικής Σκέψης και στη Συνολική Επίδοση. Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι η επίδοση των κοριτσιών ήταν στατιστικά υψηλότερη από τα αγόρια για τα έργα Συνδυαστικής Σκέψης και για τη Συνολική Επίδοση.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της δεύτερης φάσης, τα παιδιά συνάντησαν δυσκολίες στην προσπάθειά τους να λύσουν το προσομοιωμένο πρόβλημα. Αρκετά παιδιά κατάφεραν να εντοπίσουν τους διαφορετικούς διακόπτες, άλλα με περισσότερο και άλλα με λιγότερο αποτελεσματικό τρόπο. Ο μη αποτελεσματικός τρόπος αφορούσε την εκτέλεση πειραμάτων σε επανάληψη, το μη συστηματικό έλεγχο των μεταβλητών, τη μη συστηματική οργάνωση και αξιοποίηση όλων των δεδομένων που είχαν συλλέξει, με αποτέλεσμα να οδηγούνται στη λύση μετά από τυχαίες, πολλές φορές, περιπλανήσεις στο χώρο των πειραμάτων και όχι μετά από συντονισμό των υποθέσεων και των δεδομένων τους. Επιπλέον το σύστημα καταγραφής των πειραματικών αποτελεσμάτων που αξιοποιήθηκε ως σύστημα “εξωτερικής μνήμης”

βοήθησε τα παιδιά να λύσουν το πρόβλημα, αφού συχνά στήριζαν τα συμπεράσματά τους σε αυτά. Εντούτοις, η μέθοδος καταγραφής δεν επηρέασε τη διαδικασία και αποτελεσματικότητα της διερεύνησης, αλλά αντίθετα η ηλικία και οι ικανότητες των παιδιών όπως φάνηκαν μέσα από το ερωτηματολόγιο, επηρέασαν τη διερευνητική ικανότητα των παιδιών. Επιπλέον φάνηκε ότι ο βαθμός που πέτυχαν τα παιδιά στο ερωτηματολόγιο μπορούσε να προβλέψει τη Διερευνητική τους Ικανότητα, όπως αυτή υπολογίστηκε στην ανάλυση των δεδομένων της συνέντευξης.

Οι διαπιστώσεις της έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν στο σχεδιασμό διδακτικών σεναρίων με στόχο την ανάπτυξη των γνωστικών ικανοτήτων των παιδιών, των ικανοτήτων τους για εφαρμογή και κατανόηση των μεθόδων και διαδικασιών της Επιστήμης, που αποτελούν διακηρυγμένους στόχους της διδασκαλίας της Επιστήμης στη Δημοτική Εκπαίδευση. Η προσπάθεια αυτή μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για το σχεδιασμό και την καθοδήγηση άλλων ερευνών προς αυτή την κατεύθυνση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | Σελίδα |
|--|--------|
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ | i |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ | iii |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ I: ΕΙΣΑΓΩΓΗ | |
| Το Πρόβλημα | 1 |
| Σημασία της Έρευνας | 9 |
| Ορισμοί | 10 |
| Ερευνητικοί Λειτουργικοί Ορισμοί | 10 |
| Εννοιολογικοί Ορισμοί | 14 |
| Μετρήσιμοι Λειτουργικοί Ορισμοί | 15 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ II: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ | |
| Επιστημονικός Συλλογισμός ως Λύση Προβλήματος | 16 |
| Λύση Προβλήματος ως Αναζήτηση στο Χώρο του Προβλήματος | 17 |
| Στρατηγικές Λύσης Προβλήματος | 21 |
| Παραγωγή και Έλεγχος | 21 |
| Ανέβασμα του Λόφου | 22 |
| Ανάλυση Μέσων-Επιδιώξεων | 23 |
| Είδη Προβλημάτων | 25 |
| Λύση Προβλήματος και Αναπαραστάσεις | 26 |
| Λύση Προβλήματος με τη Χρήση της Αναλογικής Σκέψης | 27 |
| Η θεωρία “Προσαρμοστικός Χαρακτήρας της Σκέψης” (ΠΧΣ) και οι Δεξιότητες Λύσης Προβλήματος | 28 |
| Επιστημονικός Συλλογισμός ως Έλεγχος Υποθέσεων και Σχηματισμός Εννοιών | 31 |
| Το Μοντέλο της Επιστημονικής Ανακάλυψης ως Διπλής Αναζήτησης | 41 |
| Αναζήτηση στο Χώρο των Υποθέσεων | 42 |
| Έλεγχος Υποθέσεων | 44 |
| Συντονισμός Υποθέσεων και Δεδομένων για Εξαγωγή Συμπερασμάτων | 45 |
| Δεξιότητες Πειραματισμού | 49 |
| Δεξιότητες Εξαγωγής Συμπερασμάτων με Συντονισμό Υποθέσεων και Δεδομένων | 52 |
| Κριτική στις Έρευνες της Kuhn | 59 |
| Κριτική της Koslowski (1996) | 63 |
| Ολοκληρωμένες Ερευνητικές Προσεγγίσεις: | 68 |
| Αυτοκατευθυνόμενος Πειραματισμός | |
| Μικρογενετικές Έρευνες | 69 |
| Σύστημα Εξωτερικής Μνήμης | 75 |
| Έρευνες του Klahr και των Συνεργατών του | 78 |
| Επιστημονική Διερεύνηση σε Ομάδες | 81 |
| Αλληλεπίδραση των Γνώσεων Περιεχομένου και των Στρατηγικών Επιστημονικής Διερεύνησης | 85 |
| Ικανότητα Ελέγχου Μεταβλητών | 86 |
| Ατομικές Διαφορές σε Έρευνες Αυτοκατευθυνόμενου Πειραματισμού | 94 |

| | |
|---|-----|
| Εξελικτικές Διαφορές | 94 |
| Θεωρητικοί και Πειραματιστές | 95 |
| Επιστήμονες και Μηχανικοί | 97 |
| Αιτιώδη Μοντέλα | 100 |
| Διδασκαλία για Ανάπτυξη του Επιστημονικού Συλλογισμού | 101 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Οι Συμμετέχοντες στην Έρευνα | 105 |
| Πρώτη Φάση | 105 |
| Δεύτερη Φάση | 106 |
| Συλλογή Δεδομένων | 108 |
| Πρώτη Φάση | 108 |
| Δεύτερη Φάση | 112 |
| Κλινική Συνέντευξη | 112 |
| Καταγραφή Πειραματικών Δεδομένων | 116 |
| Πιλοτική Έρευνα | 117 |
| Πειραματικός Σχεδιασμός της Έρευνας | 119 |
| Πρώτη Φάση | 119 |
| Δεύτερη Φάση | 120 |
| Ανάλυση των Δεδομένων | 121 |
| Πρώτη Φάση | 121 |
| Δεύτερη Φάση | 122 |
| Ποιοτικά Δεδομένα | 123 |
| Ποσοτικά Δεδομένα | 124 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | |
|---|-----|
| Πρώτη Φάση | 127 |
| Διόρθωση και Κωδικοποίηση Ερωτηματολογίων | 127 |
| Έλεγχος Μεταβλητών | 128 |
| Πρώτο έργο Ελέγχου Μεταβλητών (EM ₁) | 128 |
| Δεύτερο έργο Ελέγχου Μεταβλητών (EM ₂) | 130 |
| Τρίτο έργο Ελέγχου Μεταβλητών (EM ₃) | 133 |
| Συνδυαστική Σκέψη | 136 |
| Πρώτο έργο Συνδυαστικής Σκέψης (ΣΣ ₄) | 136 |
| Δεύτερο έργο Συνδυαστικής Σκέψης (ΣΣ ₅) | 137 |
| Τρίτο έργο Συνδυαστικής Σκέψης (ΣΣ ₆) | 138 |
| Στατιστική Ανάλυση | 138 |
| Δεύτερη Φάση | 144 |
| Ποιοτική Ανάλυση | 144 |
| Βοηθητική Πειραματική Συσκευή | 144 |
| Αρχικές Υποθέσεις με την Κύρια Πειραματική Συσκευή | 147 |
| Περιγραφή αρχικών υποθέσεων | 147 |
| Έλεγχος αρχικών υποθέσεων | 152 |
| Χώρος των Υποθέσεων κατά τον Πειραματισμό | 154 |
| Κύριες υποθέσεις και υπο-υποθέσεις | 152 |
| Ατομικοί χώροι υποθέσεων | 155 |
| Παραδείγματα υποθέσεων από το συνολικό χώρο υποθέσεων | 156 |
| Αιτιολόγηση υποθέσεων | 158 |
| Γενικός Διακόπτης | 161 |

| | |
|--|-----|
| “Εικονικός” Διακόπτης | 165 |
| Σύγκριση Γενικού και “Εικονικού” Διακόπτη | 170 |
| Καταγραφή Πειραματικών Δεδομένων | 173 |
| Συντονισμός Υποθέσεων και Δεδομένων για την Εξαγωγή Συμπερασμάτων | 176 |
| Αξιοποίηση δεδομένων | 177 |
| Θετικά και αρνητικά πειράματα | 180 |
| Ασύμφωνα δεδομένα | 182 |
| Εμμονή στην αρχική υπόθεση | 184 |
| Προκατάληψη της επιβεβαίωσης (confirmation bias) | 186 |
| Έλεγχος Μεταβλητών | 187 |
| Συνδυαστική Σκέψη | 190 |
| Χώρος των πειραμάτων | 190 |
| Πειράματα σε επανάληψη | 190 |
| Αναγκαία πειράματα | 191 |
| Ώριμη συνδυαστική σκέψη | 194 |
| Στρατηγικές Διερεύνησης | 196 |
| Στρατηγική 1. Τυχαία περιπλάνηση στο χώρο των πειραμάτων-Δοκιμή και πλάνη | 197 |
| Στρατηγική 2: Συστηματική διερεύνηση στο χώρο των πειραμάτων | 201 |
| Στρατηγική 3: Αξιοποίηση του χώρου των υποθέσεων | 204 |
| Στρατηγική 4: Συστηματική μετακίνηση διακοπών με ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων | 209 |
| Στρατηγική 5: Διατύπωση υποθέσεων με συντονισμό υποθέσεων και πειραμάτων | 215 |
| Ποσοτική Ανάλυση | 220 |
| Κωδικοποίηση Συνεντεύξεων | 221 |
| Εντοπισμός του γενικού διακόπτη της συσκευής | 221 |
| Εντοπισμός “εικονικού” διακόπτη της συσκευής | 224 |
| Φωτοβολία λαμπτήρων | 227 |
| Ικανότητα ελέγχου μεταβλητών | 228 |
| Συνδυαστική σκέψη | 228 |
| Ικανότητα συντονισμού υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων | 230 |
| Στατιστική Ανάλυση | 232 |
| Συνολικά Αποτελέσματα | 241 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ V: ΣΥΖΗΤΗΣΗ | |
| Συμπεράσματα | 243 |
| Φάση Α. Το Ερωτηματολόγιο | 243 |
| Βοηθητική Πειραματική Συσκευή | 245 |
| Αρχικές Υποθέσεις με την Κύρια Πειραματική Συσκευή | 245 |
| Χώρος των Υποθέσεων | 246 |
| Έλεγχος Υποθέσεων- Αναζήτηση στο Χώρο των Πειραμάτων | 249 |
| Λύση Προβλήματος- Εντοπισμός Γενικού και “Εικονικού” Διακόπτη | 250 |
| Συντονισμός Υποθέσεων και Δεδομένων για Εξαγωγή Συμπερασμάτων | 253 |
| Καταγραφή Δεδομένων | 255 |

| | |
|---|-----|
| Έλεγχος Μεταβλητών | 257 |
| Συνδυαστική Σκέψη | 258 |
| Στρατηγικές Διερεύνησης | 261 |
| Θεωρητικοί και Πειραματιστές | 264 |
| Επιστήμονες και Μηχανικοί | 266 |
| Ποσοτική Ανάλυση | 267 |
| Συζήτηση | 271 |
| Εισηγήσεις για Εκπαιδευτικές Αλλαγές | 273 |
| Εισηγήσεις για Περαιτέρω Έρευνα | 274 |
| Επίλογος | 275 |
| ΑΝΑΦΟΡΕΣ | 277 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Το ερωτηματολόγιο | 292 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Έντυπο Καταγραφής Δεδομένων | 299 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Απομαγνητοφωνημένη Συνεντεύξεις | 301 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Πρωτόκολλα Ανάλυσης των Συνεντεύξεων | 321 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | Σελίδα |
|--|--------|
| 1. Έρευνες Επιστημονικού Συλλογισμού | 48 |
| 2. Πίνακας Ενδεχομένων Συμμεταβολής | 53 |
| 3. Τύποι Ερωτηματολογίου Ανάλογα με τη Σειρά Εμφάνισης των Έργων | 111 |
| 4. Επιδόσεις των Παιδιών στο Ερωτηματολόγιο κατά Τάξη | 139 |
| 5. Επιδόσεις στο Ερωτηματολόγιο κατά Τύπο Ερωτηματολογίου | 141 |
| 6. Επιδόσεις των Παιδιών στο Ερωτηματολόγιο κατά Φύλο | 142 |
| 7. Ανάλυση Πολλαπλών Διασπορών 2 (τάξη) X 2 (φύλο) με Εξαρτημένες Μεταβλητές τον Έλεγχο Μεταβλητών (EM), η Συνδυαστική Σκέψη (ΣΣ) και τη Συνολική Επίδοση (ΣΕ) | 143 |
| 8. Αριθμός Πειραμάτων που Εκτελέστηκαν με τη Βοηθητική Πειραματική Συσκευή | 146 |
| 9. Αρχικές Υποθέσεις για τον Τρόπο Λειτουργίας της Κύριας Πειραματικής Συσκευής | 148 |
| 10. Υποθέσεις κατά τον Πειραματισμό | 157 |
| 11. Εντοπισμός του Γενικού Διακόπτη της Συσκευής κατά Τάξη, Ικανότητα και Μέθοδο Καταγραφής Πειραματικών Δεδομένων | 161 |
| 12. Εντοπισμός του “Εικονικού” Διακόπτη της Συσκευής κατά Τάξη, Ικανότητα και Μέθοδο Καταγραφής | 166 |
| 13. Καταγραφή Δεδομένων από Μαθητές της Ελεύθερης Καταγραφής κατά Τάξη και Επίδοση στο Ερωτηματολόγιο | 175 |
| 14. Εφαρμογή της Δεξιότητας Ελέγχου Μεταβλητών | 189 |
| 15. Αριθμός Πειραμάτων σε Επανάληψη | 191 |
| 16. Χώρος των Πειραμάτων- Αποκλίσεις αναγκαίων (Α) και Πραγματικών Πειραμάτων(Π) | 194 |
| 17. Στρατηγικές Διερεύνησης | 196 |
| 18. Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 4EX171 | 198 |
| 19. Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 4ΠΧ222 | 202 |

| | |
|---|-----|
| 20. Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 63Ψ113 | 206 |
| 21. Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 4ΕΨ336 | 211 |
| 22. Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 6ΕΨ246 | 216 |
| 23. Επιδόσεις των Παιδιών στις Μεταβλητές της Συνέντευξης κατά Τάξη και κατά Μέθοδο Καταγραφής | 233 |
| 24. Ανάλυση Πολλαπλών Διασπορών 2 (τάξη) X 2 (μέθοδος καταγραφής) | 234 |
| 25. Επιδόσεις των Παιδιών στις Μεταβλητές της Συνέντευξης κατά Τάξη και κατά Ικανότητα | 235 |
| 26. Ανάλυση Πολλαπλών Διασπορών 2(τάξη) X 2 (ικανότητες) | 236 |
| 27. Γραμμική Ανάλυση Παλινδρόμησης της ΔΙ με Ανεξάρτητες Μεταβλητές την Τάξη, τη ΣΕ του Ερωτηματολογίου, το Φύλο και τη Μέθοδο Καταγραφής | 241 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

| | Σελίδα |
|--|--------|
| 1. Η Βοηθητική Πειραματική Συσκευή | 11 |
| 2. Η Κύρια Πειραματική Συσκευή | 12 |
| 3. Ο Πύργος Hanoi | 20 |
| 4. Ανάλυση Μέσους Επιδιώξεως | 24 |
| 5. Εφαρμογή της Στρατηγικής Μέσων-Επιδιώξεων στον Πύργο Hanoi | 25 |
| 6. Στρατηγική Θετικού Ελέγχου | 36 |
| 7. Δομή της Αναζήτησης στο Χώρο των Υποθέσεων | 43 |
| 8. Έλεγχος Υποθέσεων | 45 |
| 9. Αξιολόγηση των Υποθέσεων με Βάση τα Πειραματικά Δεδομένα | 46 |
| 10. Εικόνες της Πιλοτικής και Κύριας Έρευνας για το Έργο EM ₃ | 118 |
| 11. Αλληλεπίδραση Τάξης-Ικανοτήτων με Εξαρτημένη Μεταβλητή το “Γενικό Διακόπτη” | 238 |
| 12. Αλληλεπίδραση Τάξης-Ικανοτήτων με Εξαρτημένη Μεταβλητή το “Συντονισμό Υποθέσεων-Δεδομένων” | 239 |
| 13. Αλληλεπίδραση Τάξης Ικανοτήτων με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη “ΔΙ” | 239 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Πρόβλημα

Η “Επιστήμη” είναι ένας όρος που έχει χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τόσο το προϊόν (product) που αποτελείται από ένα σύνολο γνώσεων, όσο και τις διαδικασίες (processes) που χρησιμοποιήθηκαν ή χρησιμοποιούνται για να αναπτύξουν τις γνώσεις αυτές. Το προϊόν και οι διαδικασίες είναι αλληλένδετα, αφού μέσω των διαδικασιών, επαγωγικών (διατύπωση υποθέσεων) και παραγωγικών (έλεγχος υποθέσεων), οι επιστήμονες οδηγούνται στη διατύπωση νέων νόμων, αρχών ή θεωριών, που αποτελούν το προϊόν της Επιστήμης. Οι επιστημονικές διαδικασίες μπορεί να θεωρηθούν ως κυκλικές διαδικασίες κατά τις οποίες διατυπώνονται υποθέσεις, μέσω επαγωγικών διαδικασιών και ακολουθεί έλεγχος των υποθέσεων, μέσω παραγωγικών διαδικασιών, με αποτέλεσμα να διατυπωθεί μια νέα υπόθεση. Η νέα υπόθεση θα ακολουθήσει την ίδια κυκλική διαδικασία μέχρι την τελική διατύπωση μιας νέας θεωρίας, νόμου ή αρχής. Με βάση το νόμο, θεωρία ή αρχή, θα διατυπωθούν νέα λογικά επακόλουθα και ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Επομένως, τόσο οι γνώσεις του ατόμου για τις έννοιες της Επιστήμης, όσο και οι διαδικασίες που χρησιμοποιεί για να αποκτήσει τις γνώσεις αυτές ενδιαφέρουν τους ερευνητές που ανήκουν στο χώρο της Μάθησης των Φυσικών Επιστημών, αλλά και στο χώρο της Γνωστικής Ψυχολογίας (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000. Klahr & Li, 2005. Kuhn & Pearsal, 2000. Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982).

Το προϊόν της Επιστήμης καθώς και οι διαδικασίες της αποτελούν τον πυρήνα της διδασκαλίας της Επιστήμης, σε όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης. Βασικός

σκοπός της διδασκαλίας της Επιστήμης είναι οι μαθητές να χρησιμοποιούν τις διαδικασίες της Επιστήμης, ώστε να μπορούν να αξιοποιούν τα νοητικά αποθέματά τους περισσότερο αποτελεσματικά. Για να αναπτύξουν, όμως, οι μαθητές τις δεξιότητες χρήσης των επιστημονικών διαδικασιών πρέπει να εμπλακούν σε διερευνητικά μαθησιακά περιβάλλοντα (Zimmerman, 2000). Ένα διερευνητικό μαθησιακό περιβάλλον περιλαμβάνει ένα πλήθος διαδικαστικών και γνωστικών δραστηριοτήτων, όπως η διατύπωση ερωτήσεων, η αναζήτηση υποθέσεων, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων, η χρήση οργάνων, η μέτρηση, η συλλογή και καταγραφή δεδομένων, η ερμηνεία των αποτελεσμάτων και η αναθεώρηση ή και απόρριψη των υποθέσεων υπό το φως της ερευνητικής μαρτυρίας και η ανάπτυξη θεωριών και μοντέλων (Keys, 1995. Schauble, Glaser, Duschl, & Schulze, 1995. Zachos, Hick, Doane, & Sargent, 2000). Λόγω της πολυπλοκότητας του θέματος, οι ερευνητές εστιάζουν, τις περισσότερες φορές, το ενδιαφέρον τους είτε σε γνωστικές (cognitive), είτε σε διαδικαστικές (procedural) διεργασίες, που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια μιας διερεύνησης ή επικεντρώνονται στην απόκτηση και ανάπτυξη δύο τύπων γνώσεων, γνώσεων συγκεκριμένου περιεχομένου (domain-specific knowledge) και γνώσεων διαδικασιών, που είναι ανεξάρτητες περιεχομένου (domain-general strategies) (Li & Klahr, 2006). Η εστίαση από τη μια στις γνωστικές διεργασίες και από την άλλη στις διαδικαστικές διεργασίες οδηγεί σε δύο διαφορετικές ερευνητικές προσεγγίσεις.

Η πρώτη προσέγγιση έρευνας, η οποία εστιάζεται στις γνωστικές διεργασίες μιας επιστημονικής διερεύνησης, ασχολείται με τον εντοπισμό και την καταγραφή των ιδεών των παιδιών, αλλά και των ενηλίκων, για όλους τους τομείς της επιστήμης, όπως η Βιολογία (Carey, 1985. Miller & Bartsch, 1997), η Αστρονομία (Vosniadou & Brewer, 1992. Sharp & Kuerbis, 2006), η Φυσική (McCloskey, 1983. Paun, 1996.

Planinic, Boone, Krsnik & Beilfuss, 2006), η Χημεία (Bar & Travis, 1991. Liu & Lesniak, 2005. Nakhleh, Samarapungavan & Saglam, 2005. Piaget & Inhelder, 1974). Μια σύνοψη των ιδεών των παιδιών για τα διάφορα φαινόμενα των φυσικών επιστημών δίνεται στο βιβλίο των Driver κ.ά. (2000). Επιπλέον, ο εντοπισμός και η καταγραφή των ιδεών των ατόμων στοχεύει στη μελέτη των αλλαγών των νοητικών αναπαραστάσεών τους υπό το φως της εμπειρίας και της διδασκαλίας.

Με τις ιδέες των παιδιών ασχολούνται δύο αντίθετες σχολές ερευνητών. Η μια από αυτές, που εκπροσωπείται κυρίως από το McCloskey (1983) και τη Carey (1985), υποστηρίζει ότι οι ιδέες των παιδιών, για τα διάφορα φαινόμενα, είναι ολοκληρωμένες θεωρίες με όλα τα στοιχεία που περιγράφουν μια θεωρία, όπως η εσωτερική συνέπεια και η συστηματικότητα. Αντίθετα η άλλη σχολή, που εκπροσωπείται κυρίως από το diSessa (1988, 1993. Smith, diSessa, & Roschelle, 1993), υποστηρίζει ότι τα παιδιά δεν αναπτύσσουν γνωστικά μοντέλα ή θεωρίες για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, αλλά οικοδομούν διάφορες “επιμέρους” γνώσεις (knowledge in pieces), που είναι ασύνδετες και αποτελούν απλές γενικεύσεις από την κοινή εμπειρία. Οι “επιμέρους” αυτές γνώσεις αξιοποιούνται από τα άτομα, για να κατανοήσουν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα. Ο diSessa (1988) ονομάζει τις “επιμέρους” γνώσεις “φαινομενολογικά πρωτόγονα” (phenomenological primitives) και είναι γνωστά με τη συντομογραφία P-Prims. Οι “επιμέρους” γνώσεις δεν παρουσιάζουν οποιαδήποτε συνοχή ή συνέπεια, αλλά είναι διακριτά τμήματα γνώσεων ή κανόνων που μπορεί να εφαρμόζονται σε διάφορα φυσικά φαινόμενα. Η εστίαση και των δύο σχολών βρίσκεται τόσο στην ανίχνευση των γνωστικών μοντέλων και θεωριών ή/και των “επιμέρους” γνώσεων, όσο και στις διαδικασίες γνωστικής αλλαγής των ιδεών, θεωριών ή “επιμέρους” γνώσεων (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog 1982. Strike & Posner, 1992).

Η δεύτερη προσέγγιση έρευνας, η οποία εστιάζεται στις διαδικαστικές διεργασίες, ασχολείται με την ανάπτυξη του επιστημονικού τρόπου σκέψης των ατόμων και εμπλέκει τα άτομα σε διαδικασίες διατύπωσης υποθέσεων, πειραματισμού και εξαγωγής συμπερασμάτων (Li & Klahr, 2006. Schauble, 1996. Klahr, Chen, & Toth, 2001. Zimmerman, 2000. Kuhn, Black, Keselman, & Kaplan, 2000). Η δεύτερη αυτή προσέγγιση εστιάζει το ενδιαφέρον της σε στρατηγικές λύσης προβλημάτων και σε γνώσεις μη σχετιζόμενες με κάποιο επιμέρους γνωστικό πεδίο. Οι στρατηγικές αυτές αξιοποιούνται για τη διατύπωση ή τροποποίηση θεωριών (Zimmerman, 2000). Σύμφωνα με τον Klahr και τους συνεργάτες του (Klahr & Dunbar, 1988. Klahr, 2000. Klahr & Nigam, 2004. Klahr, Chen & Toth, 2001. Klahr & Li, 2005), τα άτομα αναπτύσσουν τις γνωστικές τους ικανότητες κατά την εμπλοκή τους σε πραγματικές ή προσομοιωμένες διερευνήσεις, που σχετίζονται με τη λύση προβλήματος και που απαιτούν τη χρήση διαδικαστικών διεργασιών, όπως η διατύπωση και ο έλεγχος υποθέσεων.

Η εμπλοκή των παιδιών σε διερευνητικά μαθησιακά περιβάλλοντα, με σκοπό να αναπτύξουν δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών και επίλυσης προβλημάτων, είναι ένας από τους βασικούς στόχους πολλών μεταρρυθμιστικών προσπαθειών στο χώρο της διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών τις τελευταίες δεκαετίες (Millar & Driver, 1987. Roth & Roychoudhury, 1993. Raghavan, Sartoris, & Glaser, 1998a. Stern & Roseman, 2004. Zimmerman, Raghavan, & Sartoris, 2003). Τα εκπαιδευτικά συστήματα πολλών χωρών έχουν ως διακηρυγμένη πολιτική και στόχο την ανάπτυξη και την υιοθέτηση από τους μαθητές κατάλληλων στάσεων και δεξιοτήτων επιστημονικής έρευνας, για την επίλυση ποικίλων προβλημάτων της καθημερινής ζωής (Duggan, Johnson, & Gott, 1996).

Η σημασία, ωστόσο, της ανάπτυξης του επιστημονικού συλλογισμού, με έμφαση στις επιστημονικές διαδικασίες, δεν είναι πρόσφατη, αφού επισημάνθηκε από τον Gagne (1960) στη δεκαετία του 60, ο οποίος χρησιμοποίησε την ιδέα της επιστήμης ως διαδικασία (science as a process). Η μεταρρυθμιστική προσπάθεια, γνωστή ως SAPA (Science, A Process Approach – Επιστήμη, Μια Διαδικαστική Προσέγγιση), σύμφωνα με την οποία βασικός σκοπός της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών πρέπει να είναι η ανάπτυξη μιας σειράς πολύπλοκων επιστημονικών δεξιοτήτων, βασίζεται απόλυτα στις απόψεις του Gagne (1960). Στο πρόγραμμα SAPA (Keys, 1995) δόθηκε έμφαση στις ακόλουθες δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών: 1) παρατήρηση, 2) χρήση σχέσεων χρόνου/χώρου, 3) χρήση αριθμών, 4) μέτρηση, 5) ταξινόμηση, 6) επικοινωνία, 7) πρόβλεψη, 8) εξαγωγή συμπερασμάτων, 9) ερμηνεία δεδομένων, 10) διατύπωση υποθέσεων, 11) έλεγχος μεταβλητών, 12) πειραματισμός και 13) λειτουργικοί ορισμοί. Η ταξινομία SAPA χρησιμοποιήθηκε ευρέως στις δεκαετίες '80 και '90 (Miller & Driver, 1987. Roth & Roychoudhury, 1993).

Παρόλο που η ταξινομία SAPA έπαιξε ένα σημαντικό ρόλο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, εντούτοις, όπως υποστήριξε ο Keys (1995), διατυπώθηκε με βάση ένα συμπεριφορικό παρά οικοδομιστικό μοντέλο μάθησης. Τα Αναλυτικά Προγράμματα που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της ταξινομίας SAPA έδιναν έμφαση στη μελέτη των επιστημονικών δεξιοτήτων ως διακριτών δεξιοτήτων, που μπορούσαν να οριστούν και να αξιολογηθούν με συμπεριφορικά κριτήρια. Η πρόσφατη έμφαση στην οικοδομιστική θεωρία διδασκαλίας και μάθησης επικεντρώνεται στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων των παιδιών για επιστημονική έρευνα, μέσα από τη λύση προβλήματος και μέσα από ολοκληρωμένες επιστημονικές διερευνήσεις.

Οι δεξιότητες αυτές και οι διαδικασίες ανάπτυξής τους απασχόλησαν και απασχολούν έντονα τους Γνωστικούς Ψυχολόγους (Kuhn, Amsel, & O'Loughlin, 1988. Kuhn & Dean, 2004. Klahr & Dunbar, 1988. Klahr, 2000. Klahr & Nigam, 2004. Koslowski, 1996. Schauble κ.ά., 1995. Schauble, 1996. Toth, Klahr, & Chen, 2000), αλλά και ερευνητές της Διδασκαλίας και Μάθησης των Φυσικών Επιστημών (German & Aram, 1996. Hart, Mulhall, Berry, Loughran, & Gunstone, 2000. Kolodner, Camp, Crismond, Fasse, Gray, Holbrook, Puntambekar, & Ryan, 2003. Roth & Roychoudhury, 1993. Taconis, Ferguson-Hessler, Broekkamp, 2001. Westbrook & Rogers, 1996. Zachos κ.ά., 2000). Οι πρώτοι τείνουν να προσεγγίζουν το θέμα με περισσότερο ελεγχόμενες εργαστηριακές μελέτες, ενώ οι δεύτεροι ασχολούνται περισσότερο με μελέτες άμεσα σχετιζόμενες με τα μαθησιακά περιβάλλοντα στο περιβάλλον της τάξης. Οι προσπάθειες αυτές οδήγησαν στην ανάπτυξη διαφόρων μοντέλων, που αντιμετωπίζουν τον επιστημονικό συλλογισμό είτε ως λύση προβλήματος (Dunbar, 1998. Klahr, 2000. Klahr & Dunbar, 1988. Klahr & Nigam, 2004. Triona & Klahr, 2003), είτε ως συνώνυμο του λογικού συλλογισμού (Galotti, Komatsu, & Voelz, 1997. Gopnik, Sobel, Schulz, & Glymour, 2001. Schulz & Gopnik, 2004. Hickling & Wellman, 2001. Inhelder & Piaget, 1958. Klaczynski & Narasimham, 1998. Lawson, 2005).

Ένα από τα κυριότερα μοντέλα, που θεωρεί τον επιστημονικό συλλογισμό ως λύση προβλήματος, είναι το μοντέλο της επιστημονικής ανακάλυψης ως διπλής αναζήτησης (Scientific Discovery as Dual Search- SDDS) των Klahr και Dunbar (1988. Klahr, Fay, & Dunbar, 1993. Klahr κ.ά., 2001. Klahr & Chen, 2003. Klahr & Li, 2005. Li & Klahr, 2006. Masnick & Klahr, 2003. Triona & Klahr, 2003). Το μοντέλο αυτό υποστηρίζει ότι ένα διερευνητικό μαθησιακό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από εμπλοκή των ατόμων σε διαδικασίες διπλής αναζήτησης,

αναζήτησης τόσο στο χώρο των υποθέσεων όσο και στο χώρο των πειραμάτων (Klahr & Dunbar, 1988. Klahr, Fay, & Dunbar, 1993. Valanides & Papageorgiou, 2001. Παπαγεωργίου & Βαλανίδης, 2002). Η προσπάθεια οδηγεί είτε στη διατύπωση αρχικών υποθέσεων, είτε σε αρχικά πειράματα “δοκιμής και πλάνης,” ενώ στη συνέχεια προϋποθέτει το συντονισμό αυτών των δραστηριοτήτων για την αξιολόγηση και τροποποίηση των αρχικών υποθέσεων, με βάση τα πειραματικά δεδομένα. Η προσπάθεια αυτή επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τις προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες των ατόμων, αλλά και από το περιβάλλον μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η διερεύνηση, το οποίο σχετίζεται με τα υλικά ή συσκευές που χρησιμοποιούνται και τον περιβάλλοντα χώρο (Chen & Klahr, 1999. Koslowski, 1996. Schauble, 1996). Η συντονισμένη αναζήτηση στους δύο χώρους, τους χώρους των πειραμάτων και των υποθέσεων, οδηγεί σε αλληπάλλληλες επαναλήψεις του ίδιου κύκλου δραστηριοτήτων, με στόχο την αλληλοσυμπλήρωσή τους, μέχρι την κατάληξη σε αποτέλεσμα αποδεκτό από τα άτομα, τα οποία εμπλέκονται στη διαδικασία. Η αναζήτηση αυτή απαιτεί διαφορετικές αναπαραστάσεις του προβλήματος, οι οποίες προδιαγράφουν διαφορετικές στρατηγικές μετακίνησης στο χώρο των προβλημάτων (Zimmerman, 2000).

Οι προσπάθειες των ατόμων για την επίλυση προβλήματος μπορούν να οργανωθούν σε τρεις διακριτές φάσεις: τη φάση της διατύπωσης των υποθέσεων, τη φάση του ελέγχου των υποθέσεων μέσα από πειραματισμό και τη φάση της αξιολόγησης των υποθέσεων με βάση τα πειραματικά δεδομένα, η οποία στηρίζεται στο συντονισμό της αναζήτησης στους δύο χώρους. Το αρχικό μοντέλο των Klahr και Dunbar (1988) έδωσε έμφαση στις δύο πρώτες φάσεις, τη διατύπωση υποθέσεων και τον πειραματισμό. Η τρίτη φάση περιγράφηκε ως η απόφαση που στηριζόταν στα δεδομένα και που οδηγούσε στην αποδοχή, την απόρριψη ή την τροποποίηση της

διερευνούμενης υπόθεσης. Η Kuhn με τις έρευνές της (Kuhn, 2001. Kuhn κ.ά., 1988. Kuhn, κ.ά., 2000. Kuhn & Pearsall, 2000. Kuhn & Dean, 2004) υποστήριξε ότι στην καρδιά της επιστημονικής σκέψης βρίσκεται η δεξιότητα διαχωρισμού και συντονισμού της θεωρίας (ή της υπόθεσης) με τα δεδομένα. Παρόλο που το αρχικό μοντέλο των Klahr και Dunbar (1988) υπογράμμισε τις δύο πρώτες φάσεις, σε μεταγενέστερες περιγραφές του μοντέλου δόθηκε σημασία στο συντονισμό και την αλληλεπίδραση και των τριών φάσεων μιας επιστημονικής δραστηριότητας (Chen & Klahr, 1999. Klahr, 2000. Klahr, Chen, & Toth, 2001. Klahr & Li, 2005). Το μοντέλο αυτό επηρέασε τις ερευνητικές προσπάθειες των δύο τελευταίων δεκαετιών και οι ερευνητές επεδίωξαν την εμπλοκή παιδιών, ή ενήλικων υποκειμένων, και στις τρεις φάσεις μιας επιστημονικής δραστηριότητας (Chen & Klahr, 1999. Gleason & Schauble, 2000. Klahr, 2000. Okada & Simon, 1997. Schauble, 1996. Triona & Klahr, 2003. Keselman, 2003. Zimmerman κ.ά., 2003). Στις προσπάθειες αυτές, τα υποκείμενα διερευνούν συνήθως ένα πολυμεταβλητό σύστημα και τα ίδια κατευθύνουν τις ενέργειές τους, με αποτέλεσμα να εμπλέκονται σε “αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό.”

Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια συνυπολόγισε τόσο το μοντέλο που ανέπτυξαν οι Klahr και Dunbar (1988. Klahr, 2000), όσο και τον αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό. Η έρευνα αποσκοπούσε αρχικά να διερευνήσει, με τη χρήση ενός ερωτηματολογίου, τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών παιδιών τέταρτης και έκτης τάξης δημοτικού σχολείου καθώς και τη συνδυαστική σκέψη τους. Από το ευρύτερο δείγμα των μαθητών που απάντησε στο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε μικρότερο δείγμα μαθητών και, για τη συλλογή δεδομένων από αυτούς, πραγματοποιήθηκαν κλινικές συνεντεύξεις. Σκοπός των συνεντεύξεων ήταν να εξετασθούν οι διαδικαστικές αλλά και οι γνωστικές ικανότητες των μαθητών, όπως αναδεικνύονται

μέσα από την εμπλοκή τους σε μια προσομοιωμένη διερεύνηση, ενώ συνυπολόγισε και τις αρχικές ικανότητες των παιδιών.

Σημασία της Έρευνας

Η έρευνα αυτή φιλοδοξεί να συμβάλει στην παγκόσμια ερευνητική προσπάθεια για μελέτη της ανάπτυξης του επιστημονικού συλλογισμού και των ικανοτήτων λύσης προβλήματος, χρησιμοποιώντας τον αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό. Με τον αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό και την εμπλοκή των παιδιών σε μια ολοκληρωμένη διερεύνηση δημιουργούνται πραγματικές συνθήκες πειραματισμού και διερεύνησης, που δίνουν πολύτιμη πληροφόρηση για τις γνωστικές και διαδικαστικές ικανότητές τους. Μπορεί επομένως, να δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τους γνωστικούς μηχανισμούς των παιδιών και τις γνωστικές, αλλά και διαδικαστικές δυνατότητές τους και τις κατευθύνσεις της γνωστικής ανάπτυξής τους.

Η έρευνα αυτή κρίνεται επίσης σημαντική και για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Σύμφωνα με το Κυπριακό Αναλυτικό Πρόγραμμα Επιστήμης της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, στο μάθημα της Επιστήμης πρέπει να δίνεται πρωταρχική σημασία στις επιστημονικές διαδικασίες που αναπτύσσουν τις δεξιότητες του παιδιού για λύση προβλήματος. Οι δεξιότητες αυτές, σύμφωνα πάντα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα είναι: η παρατήρηση, η ερμηνεία της παρατήρησης, η πρόβλεψη, η διατύπωση υποθέσεων, η αναγνώριση και έλεγχος των μεταβλητών, ο πειραματισμός, η ερμηνεία δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων (Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, 1998). Η έρευνα εξέτασε κατά πόσο παιδιά που βρίσκονται στο ανώτερο και τελευταίο στάδιο της Δημοτικής Εκπαίδευσης (τετάρτη και έκτη τάξη δημοτικού σχολείου) ανέπτυξαν τις δεξιότητες αυτές. Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια αποτελεί, επομένως, χρήσιμη πηγή πληροφόρησης για την αποτελεσματικότητα της

διακηρυγμένης εκπαιδευτικής πολιτικής και μπορεί να αξιοποιηθεί για την αναδόμηση των Αναλυτικών Προγραμμάτων και τη μεθόδευση καλύτερης υλοποίησής τους.

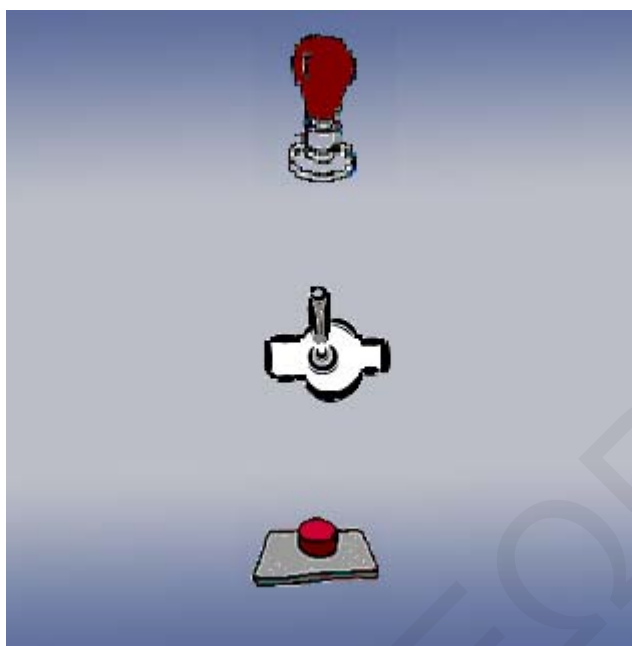
Η παρούσα έρευνα προήλθε από το χώρο της Μάθησης των Φυσικών Επιστημών, αλλά χρησιμοποίησε μοντέλα και θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί στο χώρο της Γνωστικής Ψυχολογίας. Είναι, επομένως, βάσιμη η προσδοκία ότι η έρευνα αυτή ίσως δημιουργήσει καλύτερη ερευνητική σχέση ανάμεσα στη Γνωστική Ψυχολογία και τη Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Παρά τη μεγάλη σύγκλιση των στόχων και των ενδιαφερόντων των δύο χώρων, παρατηρείται έλλειψη επικοινωνίας και τα πορίσματα των ερευνών του ενός χώρου δε χρησιμοποιούνται, αρκετές φορές, για να πληροφορήσουν τον άλλο χώρο.

Ορισμοί

Ερευνητικοί Λειτουργικοί Ορισμοί

- *Πειραματικές Συσκευές*: Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα κατά τη διάρκεια των κλινικών συνεντεύξεων. Η πρώτη πειραματική συσκευή που χρησιμοποιήθηκε ως βοηθητική και η δεύτερη πειραματική συσκευή, που ήταν η κύρια πειραματική συσκευή, προτάθηκαν και κατασκευάστηκαν για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς (Valanides & Papageorgiou, 2001. Παπαγεωργίου & Βαλανίδης, 2002) .

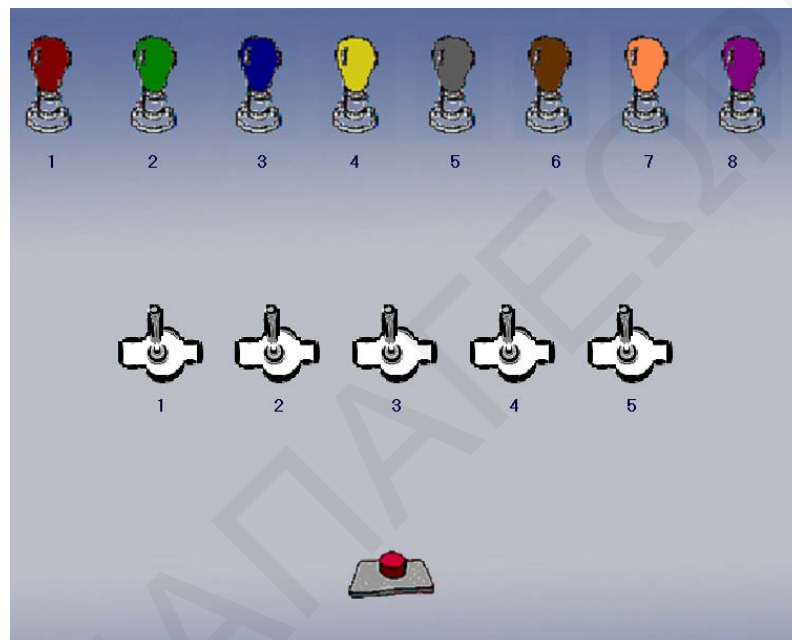
- *Η βοηθητική πειραματική συσκευή* αποτελείται από ένα ξύλινο κουτί που στην επιφάνεια του έχει ένα λαμπτήρα, ένα διακόπτη που μπορεί να κινηθεί σε δύο θέσεις (δεξιά και αριστερά) και ένα διακόπτη ελέγχου, που είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί, για να διαπιστωθεί τότε το κύκλωμα είναι κλειστό και φωτοβολεί ο λαμπτήρας. Το κύκλωμα είναι συνδεδεμένο στο εσωτερικό της συσκευής και δεν είναι θεατό από το χρήστη. Η κάτοψη της συσκευής φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Η Βοηθητική Πειραματική Συσκευή

- Η κύρια πειραματική συσκευή αποτελείται από ένα ξύλινο κουτί που έχει στην επιφάνειά του 8 λαμπτήρες σε οριζόντια σειρά και, σε μια δεύτερη οριζόντια σειρά, 5 διακόπτες που μπορούν να μετακινηθούν σε δύο θέσεις (πάνω και κάτω) και ένα διακόπτη ελέγχου, όμοιο με αυτό της βοηθητικής πειραματικής συσκευής ο οποίος λειτουργεί ως δεύτερος γενικός διακόπτης, αφού πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιηθεί για την εξακρίβωση του αποτελέσματος του κάθε πειράματος. Δηλαδή, μόνο με το πάτημα του διακόπτη ελέγχου μπορεί να εξακριβωθεί, αν με ένα συγκεκριμένο συνδυασμό της θέσης (πάνω ή κάτω) των διακοπτών φωτοβολεί ένας ή περισσότεροι λαμπτήρες. Οι λαμπτήρες είναι χρωματισμένοι με διαφορετικά χρώματα και αριθμημένοι από το 1 ως 8, ενώ οι διακόπτες είναι αριθμημένοι επίσης από το 1 μέχρι το 5. Οι ενδείξεις “πάνω” και “κάτω” είναι σημειωμένες δίπλα από κάθε διακόπτη. Οι λαμπτήρες και οι διακόπτες είναι συνδεδεμένοι με μη ορατό κύκλωμα στο εσωτερικό της

συσκευής με τέτοιο τρόπο, ώστε ο ένας διακόπτης να αποτελεί το γενικό διακόπτη του κυκλώματος, ενώ άλλος διακόπτης να είναι “εικονικός,” αφού δεν είναι συνδεδεμένος με το κύκλωμα). Με το συνδυασμό διαφορετικών διακοπών μπορεί να ανάβει μόνο ένας ή κανένας από τους λαμπτήρες σε κάθε πειραματική προσπάθεια. Η κάτοψη της συσκευής παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Η Κύρια Πειραματική Συσκευή

- *Χώρος των υποθέσεων (n)*: Ο χώρος των υποθέσεων αποτελείται από το σύνολο των διαφορετικών υποθέσεων που μπορούν να διατυπωθούν κατά τη διερεύνηση της λειτουργίας της συσκευής. Ο χώρος των υποθέσεων διακρίνεται σε δύο επιμέρους χώρους. Το χώρο των αρχικών υποθέσεων και το χώρο των υποθέσεων κατά τον πειραματισμό. Ο χώρος των αρχικών υποθέσεων είναι το σύνολο των υποθέσεων (n_1) σχετικά με τη λειτουργία της συσκευής και τη φωτοβολία των λαμπτήρων, οι οποίες μπορούν να διατυπωθούν πριν από τον πειραματισμό με την κύρια πειραματική συσκευή. Ο χώρος των υποθέσεων κατά τον πειραματισμό είναι

το σύνολο των διαφορετικών υποθέσεων (n_2), οι οποίες μπορούν να διατυπωθούν από τα άτομα κατά τη διάρκεια του πειραματισμού τους με τη συσκευή. Ο πληθικός αριθμός του συνολικού χώρου των υποθέσεων προκύπτει από το άθροισμα των πληθικών αριθμών των δύο προηγούμενων χώρων ($n = n_1 + n_2$).

- *Χώρος των πειραμάτων:* Ο χώρος των πειραμάτων αποτελείται από το σύνολο των διαφορετικών πειραμάτων που μπορούν να εκτελεστούν, χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη πειραματική συσκευή. Ο χώρος των πειραμάτων διαμορφώνεται από όλους τους διαφορετικούς συνδυασμούς των πέντε διακοπών και των δύο θέσεων τους –“πάνω” και “κάτω”- με αποτέλεσμα να προκύπτουν 2^5 διαφορετικά πειράματα. Τα πειράματα που επαναλαμβάνονται δε συνεισφέρουν στον προσδιορισμό του χώρου των πειραμάτων.

- *Αναγκαία πειράματα:* Τα αναγκαία πειράματα είναι το σύνολο των διαφορετικών πειραμάτων που είναι απαραίτητο να εκτελέσει ένα υποκείμενο, για να οδηγηθεί σε πλήρη διερεύνηση του τρόπου λειτουργίας της κύριας πειραματικής συσκευής. Το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων, για κάθε υποκείμενο, επηρεάζεται από το στάδιο εντοπισμού του γενικού διακόπτη ή/και του “εικονικού” διακόπτη από το κάθε άτομο.

- *Επαναλήψεις πειραμάτων:* Οι επαναλήψεις πειραμάτων σχετίζονται με την εκτέλεση του ίδιου πειράματος από το ίδιο υποκείμενο.

- *Καταγραφή δεδομένων:* Η καταγραφή των πειραματικών δεδομένων σχετίζεται με τον τρόπο που σημειώνονται τα αποτελέσματα, μετά από κάθε πειραματική προσπάθεια. Στην καταγραφή σημειώνεται η θέση των διακοπών και το πειραματικό αποτέλεσμα. Η καταγραφή των δεδομένων έγινε με δύο τρόπους, ελεύθερη καταγραφή και προσδιορισμένη καταγραφή.

- *Ελεύθερη καταγραφή δεδομένων:* Είναι η καταγραφή των πειραματικών αποτελεσμάτων, όταν τα παιδιά, μετά από οδηγίες για την καταγραφή των πειραματικών τους αποτελεσμάτων, επιλέγουν ελεύθερα τον τρόπο με τον οποίο τα καταγράφουν.

- *Προσδιορισμένη καταγραφή δεδομένων:* Είναι η καταγραφή των πειραματικών αποτελεσμάτων, όταν αυτή γίνεται με συγκεκριμένο τρόπο που εξηγεί ο ερευνητής στα υποκείμενα και ακολουθείται η συμπλήρωση του εντύπου που εμφανίζεται στο Παράρτημα Β.

- *Μεταβλητές της συσκευής:* Οι πέντε διακόπτες θεωρούνται ως πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές, με πεδίο ορισμού τις τιμές 0 και 1, που αντιστοιχούν στις θέσεις “πάνω” και “κάτω” των διακοπών. Εξαρτημένη μεταβλητή είναι το αποτέλεσμα του πειράματος, που μπορεί να είναι η φωτοβολία ενός συγκεκριμένου λαμπτήρα ή μη φωτοβολία λαμπτήρα. Το πεδίο ορισμού της εξαρτημένης μεταβλητής είναι οι αριθμοί 0-8. Το 0 αντιστοιχεί στη μη φωτοβολία λαμπτήρα και οι αριθμοί 1-8 αντιστοιχούν στους οχτώ λαμπτήρες της κύριας πειραματικής συσκευής.

Εννοιολογικοί Ορισμοί

- *Σύστημα εξωτερικής μνήμης:* Η καταγραφή πειραματικών δεδομένων, κατά την εμπλοκή των ατόμων σε μια διερεύνηση, λειτουργεί ως εξωτερική μνήμη για τα υποκείμενα. Με τον τρόπο αυτό υποστηρίζεται η μνημονική διαδικασία, με αποτέλεσμα, να μην υπερφορτώνεται η εργαζόμενη μνήμη, η οποία έχει περιορισμένες δυνατότητες. Με τον τρόπο αυτό αναιρούνται, σε κάποιο βαθμό, οι περιορισμοί της.

- *Αυτοκατευθυνόμενος πειραματισμός:* Είναι η εμπλοκή των υποκειμένων σε όλες τις φάσεις μιας διερεύνησης (τη διατύπωση υποθέσεων, τον έλεγχο υποθέσεων

μέσω πειραματισμού και το συντονισμό των υποθέσεων και των δεδομένων, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων), όπου τα υποκείμενα κατευθύνουν από μόνα τους τις ενέργειές τους και επιλέγουν ποιες κινήσεις ή πειράματα θα εκτελέσουν, για να οδηγηθούν στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Μετρήσιμοι Λειτουργικοί Ορισμοί

- *Διερευνητική Ικανότητα (ΔΙ):* Η ΔΙ αποτελεί την ικανότητα των παιδιών να επιλύουν το πρόβλημα της συγκεκριμένης συσκευής χρησιμοποιώντας τον αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό. Η Διερευνητική Ικανότητα, όπως προκύπτει από την ενασχόληση με τη συγκεκριμένη συσκευή, είναι σύνθετη μεταβλητή και αποτελείται από τις ακόλουθες επιμέρους μεταβλητές: 1) εντοπισμός του γενικού διακόπτη της συσκευής, 2) εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη της συσκευής, 3) επιτυχία φωτοβολίας των λαμπτήρων, 4) ικανότητα συντονισμού υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων, 5) ικανότητα για έλεγχο μεταβλητών και 6) βαθμός ανάπτυξης της συνδυαστικής σκέψης. Η Διερευνητική Ικανότητα έχει τιμή το άθροισμα των επιδόσεων των έξι επιμέρους μεταβλητών, όπως αποτιμήθηκαν αριθμητικά στη συγκεκριμένη διερεύνηση, μετά τη συστηματική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η ανάπτυξη του επιστημονικού τρόπου σκέψης, ή αλλιώς του επιστημονικού συλλογισμού, είναι ένα πολύπλοκο πρόβλημα και η ανάλυση του παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα για τους ερευνητές. Έρευνες έχουν γίνει κυρίως από Γνωστικούς Ψυχολόγους, αλλά και από ερευνητές που ανήκουν στο χώρο της Διδασκαλίας και Μάθησης των Φυσικών Επιστημών. Πολλές από τις όψεις του επιστημονικού συλλογισμού που σχετίζονται με γνωστικές διαδικασίες έχουν ερευνηθεί ξεχωριστά, όπως η επαγωγή (induction), η παραγωγή (deduction), η αναλογία (analogy), η λύση προβλήματος (problem solving). Για να περιγράψουν την ανάπτυξη του επιστημονικού τρόπου σκέψης οι ερευνητές ανέπτυξαν διάφορα μοντέλα. Μερικά μοντέλα έχουν ερευνηθεί εκτενέστερα και έχουν επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τη σύγχρονη έρευνα, όπως το μοντέλο του επιστημονικού συλλογισμού ως λύση προβλήματος και το μοντέλο του επιστημονικού συλλογισμού ως έλεγχος υποθέσεων και δημιουργία εννοιών (παραγωγική διαδικασία).

Επιστημονικός Συλλογισμός ως Λύση Προβλήματος

Η μελέτη της ανάπτυξης του επιστημονικού συλλογισμού έχει τις ρίζες της στην πειραματική ψυχολογία και έχει παράλληλη ιστορία με τη μελέτη της λύσης προβλημάτων γενικότερα (Zimmerman, 2000). Οι πρώτοι που μελέτησαν συστηματικά τη λύση προβλήματος ήταν οι Μορφολογικοί Ψυχολόγοι (Gestalt Psychologists) στις δεκαετίες του 1940 και 1950. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε η λύση προβλήματος για να υποστηριχθεί η ακαταλληλότητα των ιδεών των

συμπεριφοριστών, όσον αφορά τη μάθηση. Τα προβλήματα που χρησιμοποιήθηκαν από τη σχολή αυτή ήταν τα προβλήματα ενόρασης, σε αντιδιαστολή με τα προβλήματα δοκιμής και πλάνης, τα οποία χρησιμοποιούσαν οι συμπεριφοριστές. Στα προβλήματα ενόρασης τα υποκείμενα εντόπιζαν ένα κρίσιμο στοιχείο στο πρόβλημα, το οποίο τους βοηθούσε να λύσουν το πρόβλημα πιο εύκολα. Τα προβλήματα ενόρασης είναι, όπως αναφέρουν οι Karlan και Simon (1990), τα προβλήματα στα οποία ο λύτης έχει ξαφνικά την αίσθηση ότι έχει βρει την απάντηση, έστω και αν δεν έχει φτάσει στην τελική λύση και δε γνωρίζει τις λεπτομέρειες για να φτάσει σε αυτήν. Ο λύτης βιώνει ξαφνικά μια εμπειρία “εύρηκα,” η οποία συνοδεύεται και με αλλαγή της νοητικής αναπαράστασης του προβλήματος. Παρόλες τις προσπάθειές τους, οι Μορφολογικοί Ψυχολόγοι δεν κατόρθωσαν να προσφέρουν μια ικανοποιητική ανάλυση της διαδικασίας λύσης προβλήματος (Anderson, 1993a).

Λύση Προβλήματος ως Αναζήτηση στο Χώρο του Προβλήματος

Η έρευνα για τη λύση προβλήματος πήρε τη σημερινή της μορφή στη δεκαετία του 60' με τις έρευνες των Newell και Simon (Newell & Simon, 1972), οι οποίοι μελέτησαν τη λύση πολύπλοκων προβλημάτων και πρότειναν τη θεωρία της λύσης προβλήματος, ως αναζήτηση στο χώρο του προβλήματος (problem space). Συγκεκριμένα, η θεωρία αυτή υποστηρίζει ότι η διαδικασία λύσης του προβλήματος μπορεί να κατανοηθεί ως η αναζήτηση μιας πορείας, που ενώνει την αρχική κατάσταση του προβλήματος με την τελική κατάσταση του προβλήματος (στόχος), μέσα από μια σειρά ενδιάμεσων καταστάσεων και υποστόχων. Βασικές έννοιες στη θεωρία αυτή είναι οι έννοιες της κατάστασης του προβλήματος (αρχική ή ενδιάμεση) και των “τελεστών” (operators) (Klahr & Simon, 1999). Ένας τελεστής είναι μια ενέργεια η οποία μετατρέπει μια κατάσταση σε μια άλλη, νέα κατάσταση. Σε μια

οποιαδήποτε κατάσταση μπορεί να εφαρμοστεί ένας αριθμός τελεστών, οι οποίοι οδηγούν σε νέες καταστάσεις κ.ό.κ. Οι τελεστές έχουν κάποιους περιορισμούς, οι οποίοι πρέπει να ικανοποιηθούν πριν την εφαρμογή τους. Το σύνολο των καταστάσεων, των τελεστών, των περιορισμών και του στόχου ορίζουν την έννοια του χώρου του προβλήματος. Η θεωρία αυτή επηρέασε νεότερους ερευνητές, όπως είναι οι Klahr and Dunbar (1988), οι οποίοι πρότειναν το μοντέλο της επιστημονικής ανακάλυψης ως διπλής αναζήτησης (Scientific Discovery as Dual Search- SSDS model).

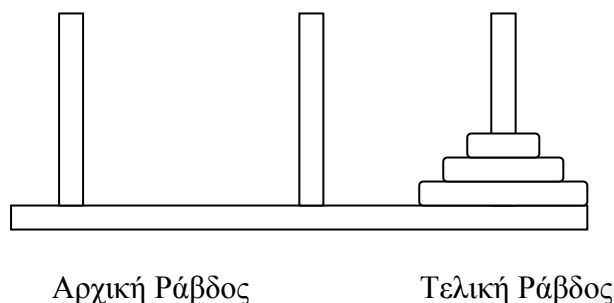
Οι Li και Klahr (2006) παρουσίασαν ένα παράδειγμα λύσης προβλήματος με βάση τη θεωρία των Newell και Simon (1972), που βοηθά στην κατανόηση της θεωρίας και της εφαρμογής της σε απλές διερευνήσεις. Το παράδειγμα αναφέρεται στη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν την περίοδο ενός εκκρεμούς, από ένα παιδί γυμνασίου. Η αρχική κατάσταση του προβλήματος σχετίζεται με διάφορους υποθετικούς παράγοντες, που πιθανόν να επηρεάζουν την περίοδο του εκκρεμούς, και ο στόχος του προβλήματος είναι η σαφής αναγνώριση του παράγοντα ή των παραγόντων, που επηρεάζουν την κίνηση του εκκρεμούς. Μια ενδιάμεση κατάσταση του προβλήματος μπορεί να περιλαμβάνει διατύπωση μιας υπόθεσης (“Πιστεύω ότι το βάρος του σώματος μπορεί να επηρεάζει”), έλεγχο της υπόθεσης και στη συνέχεια αξιολόγηση των δεδομένων (“Η περίοδος δε μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλω το βάρος του σώματος). Για να εκτελέσει κάθε ενδιάμεσο στόχο, το παιδί πρέπει να γνωρίζει ορισμένους τελεστές. Για να ελέγξει αν το βάρος του σώματος επηρεάζει, πρέπει να ξέρει πώς να σχεδιάσει και να εκτελέσει ένα ελεγχόμενο πείραμα και να οδηγηθεί σε ακριβή πρόβλεψη. Για να καθορίσει, εάν το πειραματικό αποτέλεσμα έχει σημασία, είναι χρήσιμο να διαφοροποιεί το πειραματικό λάθος από την πραγματική επίδραση μιας μεταβλητής. Μέσα από μια σειρά τελεστών, οδηγείται στη σύνδεση της αρχικής

με την τελική κατάσταση του προβλήματος. Οι τελεστές έχουν και κάποιους περιορισμούς που πρέπει να ικανοποιούνται πριν την εφαρμογή τους. Για παράδειγμα, αν σκοπός του παιδιού είναι να ελέγξει την επίδραση του βάρους, θα πρέπει να εκτελέσει ένα πείραμα που να διατηρεί σταθερούς τους άλλους παράγοντες και να μεταβάλλει μόνο το βάρος.

Τα κυριότερα στοιχεία, που χαρακτηρίζουν την προσέγγιση του Simon (Dunbar, 1998. Newell & Simon, 1972), είναι τα ακόλουθα: Πρώτο, χρησιμοποιήθηκαν πολύπλοκα προβλήματα, στα οποία δεν υπήρχε κεντρικό στοιχείο που θα οδηγούσε στη λύση. Επομένως, η εστίαση δε βρίσκεται στην ενόραση, αλλά στο χαρακτηρισμό των διαδικασιών που θεμελιώνουν τη λύση όλων των προβλημάτων. Δεύτερο, χρησιμοποιήθηκαν οι λεκτικές εκφράσεις των υποκειμένων, για την ανίχνευση των νοητικών τους λειτουργιών, των αναπαραστάσεων και των στρατηγικών με τις οποίες τα άτομα λύνουν προβλήματα. Τρίτο, ανέπτυξαν μια σειρά προγραμμάτων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, τα οποία προσομοίωναν τη λύση προβλήματος από ένα άτομο.

Ένα από τα κλασικά προβλήματα, το οποίο χρησιμοποιήθηκε από το Simon για τη διερεύνηση της λύσης προβλήματος, ήταν και ο πύργος Hanoi (Anderson, 1993a. Dunbar, 1998. Galotti, 1994. Klahr, 2000). Ο πύργος Hanoi αποτελείται από τρεις ράβδους και τρεις δίσκους διαφορετικών μεγεθών. Στην αρχική κατάσταση του προβλήματος, οι τρεις δίσκοι, με το μέγεθός τους να μειώνεται από τη βάση προς τα πάνω, είναι τοποθετημένοι στην πρώτη ράβδο. Στην τελική κατάσταση του προβλήματος οι τρεις δίσκοι με την ίδια φθίνουσα σειρά μεγέθους είναι τοποθετημένοι πάνω στην τρίτη ράβδο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Για τη λύση, το υποκείμενο δεν πρέπει να παραβιάσει δύο κανόνες, οι οποίοι αναφέρουν ότι (α) μόνο ένας δίσκος

μπορεί να μετακινηθεί κάθε φορά και (β) ένας μεγαλύτερος δίσκος δεν μπορεί ποτέ να τοποθετηθεί πάνω σε ένα μικρότερο.



Σχήμα 3. Ο Πύργος Hanoi (Galotti, 1994)

Ο ολοκληρωμένος χώρος του προβλήματος για το συγκεκριμένο πρόβλημα αποτελείται από 27 διαφορετικές καταστάσεις. Κάθε κατάσταση συνδέεται με την προηγούμενη με τη μετακίνηση ενός δίσκου. Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί όχι με λιγότερες από $2^n - 1$ κινήσεις, όπου n ο αριθμός των δίσκων. Ο χώρος αυτός γίνεται όλο και πιο πολύπλοκος, όσο αυξάνεται ο αριθμός των δίσκων.

Ένα σημαντικό σχόλιο σχετικά με το χώρο του προβλήματος είναι ότι δεν αναμένεται από τους λύτες να έχουν στο μυαλό τους την ολοκληρωμένη αναπαράσταση του χώρου του προβλήματος, κατά τη διάρκεια της λύσης. Επιπλέον, κάποιοι χώροι προβλημάτων, όπως ο χώρος που σχετίζεται με το σκάκι, είναι τόσο μεγάλοι και πολύπλοκοι, που είναι αδύνατο να αναπαρασταθούν ολόκληροι στο ανθρώπινο μυαλό (Dunbar, 1998). Αυτό που αναμένεται από τους λύτες είναι, εφαρμόζοντας τους τελεστές, να αναζητήσουν μια “διαδρομή,” μέσα από το χώρο του προβλήματος, που θα τους οδηγήσει στο στόχο (λύση ή τελική κατάσταση του προβλήματος). Η αναζήτηση αυτή οδηγεί σε συγκεκριμένες στρατηγικές που σχετίζονται με τη λύση του προβλήματος.

Στρατηγικές Λύσης Προβλήματος

Σύμφωνα με τον Anderson (1993a), ο όρος στρατηγικές λύσης προβλήματος αναφέρεται στις αρχές στις οποίες στηρίζεται ο λύτης για να επιλέξει τους τελεστές του. Οι στρατηγικές ποικίλουν από την τυχαία αναζήτηση, μέχρι την εκτέλεση ενός αλγορίθμου. Ο Klahr (2000) διακρίνει τις στρατηγικές σε δύο κατηγορίες: τις αδύνατες και τις δυνατές στρατηγικές. Οι αδύνατες στρατηγικές ονομάζονται έτσι, επειδή απαιτούν ελάχιστες γνώσεις της δομής του προβλήματος για να εφαρμοστούν και επιτρέπουν εκτενή αναζήτηση στη χώρο του προβλήματος. Αντίθετα, οι δυνατές στρατηγικές είναι ειδικά προσαρμοσμένες στο περιβάλλον του προβλήματος και επιτρέπουν ελάχιστη έως καθόλου αναζήτηση στο χώρο του προβλήματος. Τέτοιες στρατηγικές είναι τα στατιστικά εργαλεία, οι αλγόριθμοι, οι διαδικασίες ρουτίνας κ.τ.λ. Από τη σκοπιά της επιστημονικής ανακάλυψης, μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αδύνατες μέθοδοι-στρατηγικές, γιατί μπορεί να είναι ή να μην είναι αποτελεσματικές, έχουν εφαρμογή σε διάφορα περιβάλλοντα, δεν απαιτούν συστηματική διδασκαλία και είναι ανεξάρτητες του περιεχομένου του προβλήματος. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση τριών τέτοιων στρατηγικών, τις οποίες είχαν προτείνει οι Newell και Simon (1972).

Παραγωγή και Έλεγχος (Galotti, 1994; Klahr, 2000) (Generate and Test)

Αυτή η στρατηγική ονομάζεται κοινώς “δοκιμή και πλάνη.” Σχετίζεται με απλή εφαρμογή ενός συνόλου τελεστών σε μια συγκεκριμένη κατάσταση και ακολουθεί έλεγχος, ούτως ώστε να καθοριστεί κατά πόσον ο σκοπός έχει επιτευχθεί ή αν το πρόβλημα έχει λυθεί (Galotti, 1994). Αν το πρόβλημα δεν έχει λυθεί, τότε η επόμενη κίνηση δε στηρίζεται στην προηγούμενη και ούτε επηρεάζεται από τον τελεστή που έχει ανεπιτυχώς εφαρμοστεί.

Η παραγωγή και ο έλεγχος είναι μια στρατηγική η οποία δεν είναι αποτελεσματική για προβλήματα που έχουν πολλές “διαδρομές” λύσης και απουσιάζει κάθε συστηματοποίηση. Αντίθετα, η στρατηγική αυτή μπορεί να θεωρηθεί χρήσιμη, αν δεν υπάρχουν πολλές πιθανές “διαδρομές” λύσης.

Ανέβασμα του Λόφου (Hill climbing)

Η στρατηγική αυτή παίρνει το όνομά της από μια αναλογία, όπου ένας άνθρωπος προσπαθεί να σκαρφαλώσει σε ένα λόφο, χωρίς να μπορεί άμεσα να γνωρίζει την κορυφή του. Ο άνθρωπος θα κάνει διάφορα βήματα σε διαφορετικές κατευθύνσεις και θα ακολουθήσει εκείνη τη “διαδρομή” με τη μεγαλύτερη κλίση, η οποία θα τον οδηγήσει γρηγορότερα στην κορυφή (Klahr, 2000). Σύμφωνα με αυτή τη στρατηγική, ο λύτης προσπαθεί να μετακινηθεί από την παρούσα κατάσταση σε μια κατάσταση που βρίσκεται πλησιέστερα στο στόχο.

Για την επιλογή στρατηγικής απαιτείται μια διαδικασία αξιολόγησης της κατάστασης στην οποία βρίσκεται ο λύτης ως προς την απόσταση από το στόχο (Mayer, 1992). Χρησιμοποιώντας τον πύργο Hanoi, ο κανόνας που αξιολογεί την παρούσα κατάσταση μπορεί να είναι η μέτρηση των δίσκων που βρίσκονται στην τρίτη ράβδο. Το πρόβλημα, με αυτήν την προσέγγιση στο συγκεκριμένο κανόνα αξιολόγησης, είναι το ότι αποτρέπει τη μετακίνηση ενός δίσκου από την τρίτη ράβδο, παρόλο που αυτή η μετακίνηση είναι απαραίτητη για τη λύση του προβλήματος, αφού και οι δίσκοι μπορεί να τοποθετηθούν στην τρίτη ράβδο προσωρινά, για να επιτραπούν κάποιες άλλες κινήσεις. Γενικότερα, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Mayer (1992), η στρατηγική αυτή δεν είναι αποτελεσματική σε προβλήματα που παρουσιάζουν λόφους και κοιλάδες ή απαιτείται να απομακρυνθεί κανείς από το

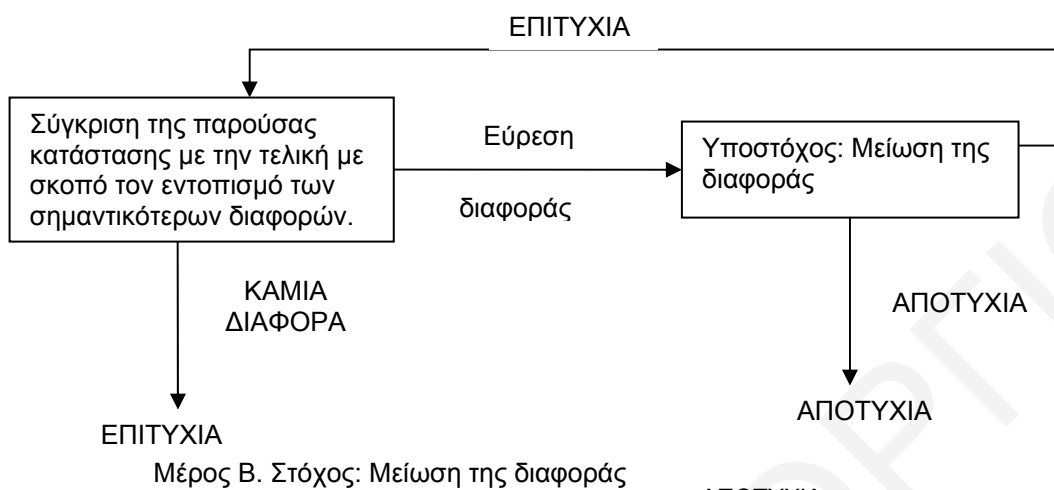
στόχο προσωρινά (π.χ. μετακίνηση δίσκου ή δίσκων από την τρίτη ράβδο), για να διευκολυνθεί στη συνέχεια η κατάκτηση του στόχου.

Ανάλυση Μέσων-Επιδιώξεων (Means-Ends Analysis)

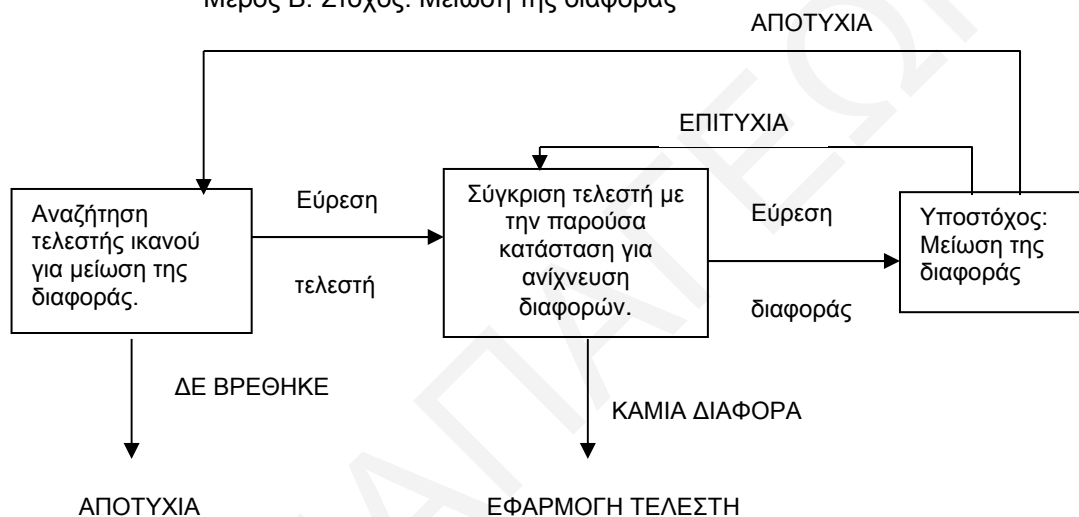
Από όλες τις μεθόδους λύσης προβλήματος, η πιο γνωστή είναι η ανάλυση μέσων-επιδιώξεων (Anderson, 1993a. Dunbar, 1998. Klahr, 2000. Klahr & Simon, 1999. Mayer, 1992). Χρησιμοποιώντας αυτή τη στρατηγική ο λύτης συγκρίνει την παρούσα κατάσταση με την τελική κατάσταση αναζητώντας τις διαφορές τους, ώστε να εφαρμόσει έναν τελεστή που θα μειώσει αυτές τις διαφορές. Αν ο τελεστής, που θα οδηγούσε στην τελική κατάσταση, δεν μπορεί να εφαρμοστεί λόγω συγκεκριμένων περιορισμών και εμποδίων, ή δεν μπορεί να εκτελεστεί, τότε ο λύτης διατυπώνει ένα υποπρόβλημα ή ένα υποστόχο. Σκοπός του υποπροβλήματος είναι η μείωση των διαφορών ανάμεσα στην παρούσα κατάσταση και μιας ενδιάμεσης κατάστασης στην οποία θα μπορεί να εφαρμοστεί ο επιθυμητός τελεστής. Αν η εφαρμογή αυτή δεν οδηγήσει στη λύση του προβλήματος, τότε το πρόβλημα αναλύεται σε άλλα υποπροβλήματα, μέχρι να υπερπηδηθούν όλα τα εμπόδια και να λυθεί το πρόβλημα. Όταν ο λύτης κατορθώσει να λύσει ένα από τα υποπροβλήματα, τότε θα οδηγηθεί στη λύση και ενός από τα ανώτερα προβλήματα, με αποτέλεσμα να οδηγηθεί σταδιακά στην τελική κατάσταση-στόχο. Το Σχήμα 4 αναπαριστά τη λογική της ανάλυσης μέσων-επιδιώξεων. Στο Μέρος Α φαίνεται η προσπάθεια ανίχνευσης των διαφορών ανάμεσα στην παρούσα και την τελική κατάσταση. Στο Μέρος Β φαίνεται η διαδικασία αναζήτησης κατάλληλου τελεστή, που θα οδηγήσει στη μείωση της διαφοράς μεταξύ της παρούσας και της τελικής κατάστασης.

Η ανάλυση μέσων-επιδιώξεων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη λύση του παραδοσιακού προβλήματος των Newell και Simon (1972), του πύργου Hanoi.

Μέρος Α. Στόχος: Μετατροπή της παρούσας κατάστασης σε τελική κατάσταση

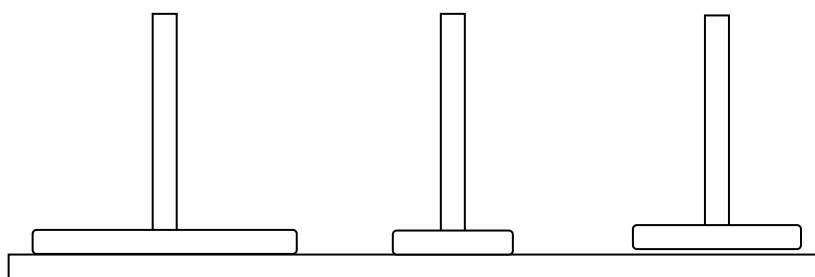


Μέρος Β. Στόχος: Μείωση της διαφοράς



Σχήμα 4. Ανάλυση Μέσων-Επιδιώξεων (Anderson, 1993a)

Σε αυτήν την περίπτωση, ο αρχικός στόχος θα μπορούσε να είναι η μετακίνηση του μεγαλύτερου δίσκου στην τρίτη ράβδο, αλλά αυτή η μετακίνηση εμποδίζεται από το μεσαίο δίσκο. Το υποπρόβλημα που τίθεται είναι η μετακίνηση του μεσαίου δίσκου, αλλά αυτή εμποδίζεται από το μικρό δίσκο και έτσι ένας νέος υποστόχος είναι η μετακίνηση του μικρού δίσκου. Αυτός ο στόχος μπορεί να επιτευχθεί και στη συνέχεια ο λύτης μπορεί να μετακινήσει το μεσαίο δίσκο και εν τέλει να επιτύχει τον αρχικό του στόχο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Εφαρμογή της Στρατηγικής Μέσων-Επιδιώξεων στον Πύργο Hanoi (Anderson, 1993a)

Είδη Προβλημάτων

Οι ερευνητές χώρισαν τα προβλήματα σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα καλώς προσδιορισμένα προβλήματα (well-defined problems) και τα ελλιπώς προσδιορισμένα προβλήματα (ill-defined problems). Τα καλώς προσδιορισμένα προβλήματα χαρακτηρίζονται από μια σαφή αρχική κατάσταση και γνωστούς τελεστές και σκοπούς. Αντίθετα, στα ελλιπώς προσδιορισμένα προβλήματα, ο λύτης δε γνωρίζει το στόχο, τους τελεστές και ούτε ακόμα την αρχική κατάσταση. Οι Shin, Jonassen και McGee (2003) παρουσιάζουν αναλυτικότερα τα χαρακτηριστικά των δύο κατηγοριών προβλημάτων και αναφέρουν ότι τα καλώς προσδιορισμένα προβλήματα:

- παρουσιάζουν όλα τα στοιχεία του προβλήματος
- έχουν μια λύση
- περιλαμβάνουν έναν περιορισμένο αριθμό κανόνων και αρχών
- περιλαμβάνουν έννοιες και κανόνες που εμφανίζονται τακτικά και καλώς ορισμένα σε μια περιοχή γνώσεων, η οποία επίσης είναι αυστηρώς ορισμένη και προβλέψιμη
- έχουν σωστές συγκλίνουσες απαντήσεις
- έχουν κατανοητές μεθόδους λύσης

- έχουν μια καθορισμένη διαδικασία λύσης (Shin κ.ά., 2003)

Αντίθετα τα ελλιπώς προσδιορισμένα προβλήματα:

- δεν παρουσιάζουν ένα ή περισσότερα από τα στοιχεία του προβλήματος
- έχουν ασαφείς στόχους και δεν καθορίζουν τους περιορισμούς
- επιδέχονται πολλαπλές “διαδρομές” λύσης
- έχουν πολλαπλά κριτήρια για αξιολόγηση των λύσεων
- δεν προσφέρουν γενικούς κανόνες ή αρχές για περιγραφή ή πρόβλεψη των περισσότερων περιπτώσεων
- απαιτούν από τους λύτες να εκφράσουν κρίσεις για το πρόβλημα και να υποστηρίζουν τις απόψεις τους με βάση προσωπικά κριτήρια για την ερμηνεία του προβλήματος (Shin κ.ά., 2003)

Ερευνητές, όπως οι Shin κ.ά. (2003), υποστηρίζουν ότι οι δύο κατηγορίες προβλημάτων απαιτούν διαφορετικές δεξιότητες λύσης προβλήματος από τους λύτες. Άλλοι ερευνητές, όπως ο Simon (Newell & Simon, 1972. Klahr & Simon, 1999), υποστηρίζουν ότι πολλές από τις στρατηγικές λύσης των καλώς προσδιορισμένων προβλημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στα ελλιπώς προσδιορισμένα προβλήματα. Με βάση αυτή την προοπτική, η διάκριση ανάμεσα στις δύο κατηγορίες προβλημάτων δεν είναι ίσως τόσο σημαντική.

Λύση Προβλήματος και Αναπαραστάσεις

Ένα από τα κεντρικά στοιχεία της λύσης προβλήματος είναι και η εύρεση ενός αποτελεσματικού τρόπου αναπαράστασης του προβλήματος. Ο τρόπος με τον οποίο ένα άτομο αναπαριστάνει ένα πρόβλημα επηρεάζει και την ικανότητά του να λύσει το

συγκεκριμένο πρόβλημα (Kahney, 1993) και καθορίζει την αναζήτηση στο χώρο του προβλήματος. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η θεωρία που ανέπτυξαν οι Karlan και Simon (1990), για την αναπαράσταση ενός προβλήματος, με στόχο την επίλυση του προβλήματος με ενόραση.

Σύμφωνα με τους Karlan και Simon (1990), κάθε αναπαράσταση ενός προβλήματος αντιστοιχεί με ένα χώρο του προβλήματος και ο κάθε λύτης εφαρμόζει τους τελεστές του μέσα σε ένα συγκεκριμένο χώρο. Χρησιμοποιεί, δηλαδή, μια συγκεκριμένη αναπαράσταση του προβλήματος. Αν κατά την αναζήτηση, δε βρεθεί κατάλληλος τελεστής, ο οποίος να μπορεί να οδηγήσει σε λύση του προβλήματος, τότε ο λύτης αναζητά διαφορετικούς χώρους του προβλήματος, για να διερευνήσει τη λύση, με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται η εξωτερική αναπαράσταση του προβλήματος.

Λύση Προβλήματος με τη Χρήση Αναλογικής Σκέψης (Analogical Reasoning)

Παρόλο που η χρήση αναλογικής σκέψης δεν περιλαμβάνεται στις μεθόδους λύσης προβλήματος που ανέπτυξαν οι Newell και Simon (1972), εντούτοις, στις τελευταίες δύο δεκαετίες, η χρήση αναλογικής σκέψης κατέχει κεντρική θέση στις θεωρίες λύσης προβλήματος και επιστημονικής ανακάλυψης. Η λύση προβλήματος με χρήση αναλογικής σκέψης σχετίζεται με τη μεταφορά πληροφοριών ή στρατηγικών λύσης από ένα προηγούμενο γνωστό πρόβλημα, που έχει λυθεί, σε ένα νέο, άγνωστο πρόβλημα, που ο λύτης επιδιώκει να λύσει. Η ικανότητα να αντιλαμβάνεται κανείς ομοιότητες και αναλογίες, ή αλλιώς να χρησιμοποιεί αναλογίες, είναι μια από τις σημαντικότερες όψεις της ανθρώπινης δραστηριότητας και κατέχει κεντρική θέση σε αναλύσεις των διαδικασιών της σκέψης (Dunbar, 1997).

Παρόλο που η χρήση αναλογικής σκέψης αποτελεί ένα πολύ δυνατό μέσο για τη λύση ενός προβλήματος, εντούτοις, για να είναι επιτυχημένη η χρήση αναλογιών

μεταξύ ενός γνωστού προβλήματος και ενός αγνώστου, πρέπει να ικανοποιούνται τρεις προϋποθέσεις: α) η αναγνώριση, κατά την οποία ο λύτης αναγνωρίζει ένα προηγούμενο πρόβλημα ως πιθανό ανάλογο, β) η αφαίρεση, κατά την οποία αφαιρείται η γενική δομή ή η στρατηγική λύσης από το προηγούμενο πρόβλημα και γ) η χαρτογράφηση, κατά την οποία ο λύτης εφαρμόζει τη στρατηγική στο νέο πρόβλημα, εντοπίζοντας αναλογίες και αντιστοιχίες μεταξύ των δύο προβλημάτων (Mayer, 1992).

Η αναλογία μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια δυναμική στρατηγική για πιο αποτελεσματική αναζήτηση σε μεγάλους χώρους προβλημάτων. Η αναλογία χρησιμοποιείται και στη θεωρία ΠΧΣ (Προσαρμοστικός Χαρακτήρας της Σκέψης-Adaptive Character of Thought) που ανέπτυξε ο Anderson (1993a, 1993b). Η θεωρία αυτή σχετίζεται με τη μάθηση γενικότερα και τις δεξιότητες λύσης προβλήματος ειδικότερα.

Η Θεωρία “Προσαρμοστικός Χαρακτήρας της Σκέψης” (ΠΧΣ) και οι Δεξιότητες Λύσης Προβλήματος

Η θεωρία μάθησης ΠΧΣ αναπτύχθηκε από τον Anderson και εφαρμόστηκε σε μοντέλα ηλεκτρονικών υπολογιστών (1993a, 1993b). Η θεωρία προσπάθησε να εξηγήσει ένα μεγάλο εύρος γνωστικών λειτουργιών, από την απλή αναγνώριση σχέσεων μέχρι τη λύση προβλήματος, και έχει ξαναδιατυπωθεί αρκετές φορές. Μια τέτοια αναδιατύπωση είναι και η θεωρία ΠΧΣ-Σ, όπου το Σ αντιστοιχεί στο στοχασμό (reflection), και περιγράφεται από τον Anderson (1993b) στο βιβλίο του Κανόνες της Νόησης (Rules of Mind).

Στη θεωρία του Anderson, η μακρόχρονη μνήμη περιλαμβάνει τη δηλωτική και τη διαδικαστική γνώση. Η δηλωτική γνώση αναπαρίσταται από ένα είδος

σημασιολογικού δικτύου, ενώ η διαδικαστική γνώση αναπαρίσταται ως ένα παραγωγικό σύστημα που κωδικοποιεί πολλές γνωστικές δεξιότητες, συμπεριλαμβανομένων και των δεξιοτήτων λύσης προβλήματος. Η θεωρία υποστηρίζει ότι, όταν ο λύτης φτάσει σε μια κατάσταση στην οποία δεν υπάρχουν οι κατάλληλοι τελεστές για τη λύση του προβλήματος, τότε θα αναζητήσει ένα παράδειγμα παρόμοιας περίπτωσης λύσης προβλήματος και θα προσπαθήσει να λύσει το πρόβλημα με τη χρήση αναλογιών (Anderson, 1993b).

Σύμφωνα με τον Anderson (1993a) η λύση προβλήματος επιτυγχάνεται σε τρία διαδοχικά στάδια. Το αρχικό στάδιο λύσης άλλου προβλήματος είναι το *ερμηνευτικό στάδιο*. Στο στάδιο αυτό απαιτείται ανάκληση συγκεκριμένων παραδειγμάτων λύσης προβλήματος και ερμηνεία τους. Οι εμπειρίες-αναμνήσεις που ανακαλούνται έχουν τη μορφή δηλωτικής γνώσης. Οι εμπειρίες αυτές μετασχηματίζονται και κωδικοποιούνται διαδικαστικά και έτσι το τρίτο στάδιο λύσης προβλήματος είναι το *διαδικαστικό στάδιο*. Ο όρος που δίδεται στο ενδιάμεσο στάδιο ή στάδιο του μετασχηματισμού της δηλωτικής σε διαδικαστική γνώση είναι *μετασχηματιστής*. Η διαδικαστική γνώση κωδικοποιείται με παραγωγικούς κανόνες του τύπου 'ΑΝ <συνθήκη> και <συνθήκη>... ΤΟΤΕ <ενέργεια>. Αυτοί οι κανόνες είναι στην ουσία κωδικοποιήσεις των τελεστών λύσης προβλήματος σε μια πιο αφηρημένη μορφή και έχουν εφαρμογή σε πολλές καταστάσεις.

Ένα πιο πρόσφατο μοντέλο λύσης προβλήματος, το οποίο αναπτύσσεται στα πλαίσια της θεωρίας του Anderson, είναι το μοντέλο που ανέπτυξαν οι Lovett και Anderson (1996). Σύμφωνα με τους Lovett και Anderson (1996), κατά τη λύση ενός προβλήματος, οι εμπειρίες που είχε ο λύτης στο παρελθόν με προβλήματα που ανήκουν στην ίδια ομάδα προβλημάτων, επηρεάζουν την επίδοσή του στο νέο πρόβλημα. Οι λύτες χρησιμοποιούν συνήθως τόσο την παρούσα κατάσταση του

προβλήματος, όσο και τις προηγούμενες τους επιτυχίες με τη χρήση συγκεκριμένων τελεστών, για να καθορίσουν την επόμενη τους κίνηση, για τη λύση του προβλήματος. Για παράδειγμα, αν η εφαρμογή ενός συγκεκριμένου τελεστή, που μπορεί να σχετίζεται με την κίνηση ενός πιονιού στο σκάκι, φέρνει το λύτη εγγύτερα στο στόχο του, αλλά ο συγκεκριμένος τελεστής όταν χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν οδήγησε σε αποτυχία, τότε ο λύτης πρέπει να συνυπολογίσει αυτές τις δύο πηγές γνώσεων, ώστε να οδηγηθεί ευκολότερα στη λύση του προβλήματος.

Για την επιλογή εφαρμογής ενός συγκεκριμένου τελεστή, οι λύτες χρησιμοποιούν πληροφορίες από την ιστορία της αποτυχημένης ή επιτυχημένης εφαρμογής του και από την παρούσα κατάσταση του προβλήματος. Αυτές οι δύο επιδράσεις αντιπροσωπεύουν τις μαθησιακές και εκτελεστικές διαδικασίες που επηρεάζουν τις επιλογές των τελεστών. Το μοντέλο των Lovett και Anderson (1996) αποτελεί ένα ενοποιημένο πλαίσιο στο οποίο οι δύο τύποι διαδικασιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν τις προτιμήσεις σε συγκεκριμένους τελεστές. Σε αυτό το πλαίσιο βρίσκονται και τα ερευνητικά δεδομένα των Schunn και Dunbar (1996). Σύμφωνα με αυτά, φάνηκε ότι οι λύσεις ενός προβλήματος επηρεάζουν τη λύση παρόμοιων προβλημάτων και συχνά τα υποκείμενα δεν αντιλαμβάνονται ότι η προηγούμενη εμπειρία τους με ένα παρόμοιο πρόβλημα έχει προβλεπτική επίδραση στις παρούσες προσπάθειές τους για τη λύση ενός νέου προβλήματος.

Τα μοντέλα του Anderson και άλλων ερευνητών τοποθετούν τη λύση προβλήματος στο γενικότερο πλαίσιο της νοητικής προσπάθειας. Μια από τις προκλήσεις των νεότερων ερευνητών είναι να συσχετίσουν τη λύση προβλήματος με άλλες γνωστικές δραστηριότητες, όπως η μνήμη ή η λήψη αποφάσεων. Οι σύγχρονοι ερευνητές προσπαθούν να απαντήσουν στην ερώτηση “ποιος ο ρόλος του νου στη λύση προβλήματος και πώς τα διαφορετικά μέρη του εγκεφάλου μεσολαβούν στις

διάφορες όψεις της λύσης προβλήματος” (Dunbar, 1998). Πολλές νέες ανακαλύψεις περιμένουν τους ερευνητές σε αυτόν τον τομέα.

Επιστημονικός Συλλογισμός ως Έλεγχος Υποθέσεων και Σχηματισμός Εννοιών

Ένα άλλο μοντέλο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τον επιστημονικό συλλογισμό είναι και ο έλεγχος των υποθέσεων, που οδηγούν στο σχηματισμό εννοιών. Ο χαρακτηρισμός αυτός δόθηκε από τους πρώτους γνωστικούς ψυχολόγους που ασχολήθηκαν με το θέμα. Οι πρώτες προσπάθειες εστιάζονταν σε απλές καταστάσεις, χωρίς πλούσιο γνωστικό περιεχόμενο, όπως τα έργα που χρησιμοποίησαν οι Bruner, Goodnow και Austin (1956) και ο Wason (1960).

Οι Bruner κ.ά. (1956) δημιούργησαν το κλασσικό τους έργο, σχετικό με τη δημιουργία εννοιών, για να διερευνήσουν το βαθμό στον οποίο τα άτομα αντιλαμβάνονται τη λογική του πειραματισμού και τις στρατηγικές που χρησιμοποιούν για την ανακάλυψη κανόνων. Ζητούσαν από τα υποκείμενα να ανακαλύψουν ένα αυθαίρετο κανόνα (όπως για παράδειγμα “μεγάλο και κόκκινο”), ο οποίος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την κατηγοριοποίηση ενός συνόλου προκαθορισμένων περιπτώσεων που αποτελούσαν όλους τους πιθανούς σχηματισμούς χρωμάτων, σχημάτων, αριθμών κ.ό.κ. Τα υποκείμενα διατύπωναν υποθέσεις, επέλεγαν το πείραμα (επιλογή καρτών οι οποίες παρουσίαζαν συγκεκριμένους συνδυασμούς ιδιοτήτων) και οδηγούνταν σε συμπεράσματα με βάση την ανατροφοδότηση που έπαιρναν από τον ερευνητή, υπό την απλή μορφή ναι ή όχι.

Η ερευνητική προσπάθεια, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως καθοριστική για τη μελλοντική εξέλιξη της έρευνας στον τομέα αυτό, ήταν η εργασία του Wason (1960). Ο Wason, στην προσπάθειά του να εξετάσει τη λογική της επιβεβαίωσης και της απόρριψης υποθέσεων, δημιούργησε το πρόβλημα ανακάλυψης του κανόνα 2-4-6, το

οποίο προσομοιώνει τη διατύπωση και έλεγχο υποθέσεων. Ο κανόνας 2-4-6 ήταν ένα εργαστηριακό προσομοιωμένο πρόβλημα επιστημονικής ανακάλυψης, στο οποίο τα υποκείμενα διατύπωναν υποθέσεις, εκτελούσαν απλά πειράματα και αξιολογούσαν τα δεδομένα, έτσι ώστε να απορρίψουν, να δεχτούν ή να τροποποιήσουν την αρχική τους υπόθεση. Συγκεκριμένα, τα υποκείμενα καλούνταν να ανακαλύψουν τον κανόνα που καθόριζε τη σειρά των αριθμών σε μια τριάδα. Η αρχική τριάδα, 2-4-6, δινόταν ως παράδειγμα στα υποκείμενα. Τα υποκείμενα διατύπωναν μια υπόθεση, στη συνέχεια δημιουργούσαν μια τριάδα αριθμών, δέχονταν την ανατροφοδότηση από τον ερευνητή και απέρριπταν ή τροποποιούσαν την αρχική υπόθεση. Ο ερευνητής πληροφορούσε το υποκείμενο για το αν η προτεινόμενη τριάδα ήταν ανάμεσα στα θετικά παραδείγματα του κανόνα. Το υποκείμενο συνέχιζε να προτείνει τριάδες αριθμών μέχρι να νιώσει σίγουρο ότι ήξερε τον κανόνα. Το υποκείμενο δήλωνε τότε τον κανόνα στον ερευνητή και ο ερευνητής σημείωνε την ορθότητα ή όχι του προτεινόμενου αυτού κανόνα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 79% των υποκειμένων του Wason πρότειναν ένα λανθασμένο κανόνα. Παρόλο, που ο σωστός κανόνας ήταν συνήθως μια σειρά αριθμών σε αύξουσα σειρά, τα υποκείμενα πρότειναν πολύ πιο πολύπλοκους κανόνες, όπως τριάδες με αριθμούς που αυξάνονται κατά δύο, ή τριάδες με ζυγούς αριθμούς που αυξάνονται κατά δύο. Επίσης τα υποκείμενα προσπαθούσαν να προτείνουν τριάδες με τις οποίες θα επιβεβαιωνόταν η αρχική τους υπόθεση. Έτσι, για παράδειγμα, αν η υπόθεσή ενός υποκειμένου ήταν ότι ο κανόνας αφορούσε τριάδες αριθμών που αυξάνονταν κατά δύο μονάδες, τότε το υποκείμενο θα πρότεινε τριάδες όπως 3-5-7, ή 6-8-10 με σκοπό να επιβεβαιώσει την αρχική τους υπόθεση. Η τάση των ατόμων να επιβεβαιώνουν και όχι να απορρίπτουν την αρχική τους υπόθεση είναι γνωστή με τον όρο *προκατάληψη της επιβεβαίωσης* (confirmation bias).

Οι ερευνητικές προσπάθειες των Mynatt, Doherty και Tweney (1977, 1978) επιβεβαίωσαν την τάση των ατόμων για προκατάληψη της επιβεβαίωσης. Συγκεκριμένα, στην πρώτη έρευνα παρουσίασαν σε 45 υποκείμενα μια σειρά από εικόνες στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, οι οποίες παρουσίαζαν στατικά γεωμετρικά σχήματα που επηρέαζαν την κίνηση ενός αριθμού σωματιδίων. Τα υποκείμενα καλούνταν να ανακαλύψουν τους νόμους, οι οποίοι καθόριζαν την κίνηση των σωματιδίων, διατυπώνοντας μια αρχική υπόθεση και εκτελώντας πειράματα για έλεγχο της υπόθεσης αυτής. Η πλειοψηφία των πειραμάτων που εκτελούσαν τα υποκείμενα είχαν σκοπό την επιβεβαίωση και όχι την απόρριψη της αρχικής τους υπόθεσης.

Ένα πιο πολύπλοκο περιβάλλον διερεύνησης χρησιμοποίησαν οι Mynatt κ.ά. (1978) σε επόμενη έρευνά τους, που προσομοιάζει, σε μεγαλύτερο βαθμό, ένα επιστημονικό πρόβλημα. Χώρισαν τα υποκείμενα τους (φοιτητές πανεπιστημίου) σε δύο ομάδες (πειραματική ομάδα και ομάδα ελέγχου). Η πειραματική ομάδα πήρε γραπτές οδηγίες, που τόνιζαν τη σημασία της απόρριψης της υπόθεσης και του ελέγχου πολλαπλών υποθέσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο τα υποκείμενα της ομάδας ελέγχου, όσο και τα υποκείμενα της πειραματικής ομάδας χρησιμοποιούσαν επιβεβαιωτικές στρατηγικές και ήταν απρόθυμοι, σε μεγαλύτερο βαθμό από τα υποκείμενα των Mynatt κ.ά. (1977), να εξετάσουν την απόρριψη μιας υπόθεσης ακόμα και μετά από δεδομένα αντίθετα προς αυτήν.

Η τάση των ατόμων να επιβεβαιώνουν και όχι να απορρίπτουν τις υποθέσεις τους (Wason, 1960. Mynatt κ.ά., 1977, 1978) χαρακτηρίζεται ως λανθασμένη με βάση τη φιλοσοφία του Popper (1959). Ολόκληρη η ανάλυση της επιστήμης, που προσφέρει ο μεγάλος φιλόσοφος της Επιστήμης Popper (1959), επικεντρώνεται στην ιδέα της απόρριψης (disconfirmation) μιας υπόθεσης. Σύμφωνα με τον Popper (1959), η

επιστήμη εξελίσσεται με διαδικασίες απόρριψης και όχι επιβεβαίωσης. Τα αποτελέσματα, όμως, των ερευνητικών προσπαθειών έδειξαν ότι τα άτομα δυσκολεύονται να εφαρμόσουν στρατηγικές που να υποστηρίζουν την άποψη αυτή.

Ο Tukey (1986), ασκώντας κριτική στην έρευνα του Wason (1960) και ειδικότερα στην ερμηνεία της συμπεριφοράς των ατόμων που χαρακτηρίστηκε ως “προκατάληψη της επιβεβαίωσης,” αναφέρει ότι έρευνες του Wason (1960), των Mynatt κ.ά. (1977, 1978), αλλά και άλλων ερευνητών βασίζονται αποκλειστικά στις ιδέες του Popper, όσον αφορά τη φιλοσοφία της επιστήμης. Χρησιμοποιώντας το πρόβλημα του Wason 2-4-6, ανέλυσε τα αποτελέσματα με βάση τη φιλοσοφία των Mill (1967) και Thomas Kuhn (1970) και υποστήριξε ότι τα υποκείμενα απορρίπτουν ένα μεγάλο αριθμό από τις υποθέσεις τους, δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένες υποθέσεις και δεν ελέγχουν συγκεκριμένες υποθέσεις σε κάθε τους προσπάθεια, αλλά πιθανές περιπτώσεις του κανόνα με τυχαίο τρόπο.

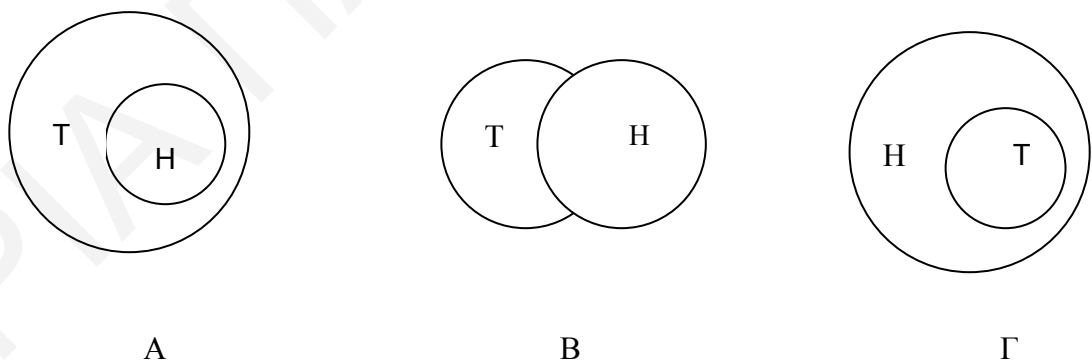
Οι Gorman κ.ά. (1984) διερεύνησαν την ιδέα του Popper και έκαναν σύγκριση της επίδοσης των υποκειμένων στη λύση επιστημονικών προβλημάτων ανάλογα με τη στρατηγική ελέγχου υποθέσεων που χρησιμοποιούσαν (προσπάθεια για επιβεβαίωση ή απόρριψη των υποθέσεων). Τα υποκείμενα εργάστηκαν ομαδικά και χωρίστηκαν σε ομάδες ανάλογα με τη στρατηγική ελέγχου που τους ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν, για τη λύση μιας σειράς προβλημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσες ομάδες χρησιμοποίησαν τη στρατηγική απόρριψης υποθέσεων είχαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις από τις ομάδες που χρησιμοποίησαν τη στρατηγική της επιβεβαίωσης των υποθέσεων.

Για τη επέκταση των αποτελεσμάτων της προηγούμενης έρευνας (Gorman κ.ά., 1984) οι Gorman και Gorman (1984) χρησιμοποίησαν το πρόβλημα της ανακάλυψης του κανόνα 2-4-6 του Wason (Wason, 1960). Τα υποκείμενα εργάστηκαν

ατομικά και χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες. Στην πρώτη ομάδα τονίστηκε η σημασία της απόρριψης των υποθέσεων, στη δεύτερη ομάδα τονίστηκε η σημασία της επιβεβαίωσης των υποθέσεων, ενώ στην τρίτη ομάδα δεν τονίστηκε καμιά από τις δύο στρατηγικές. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα της προηγούμενης έρευνας και έδειξαν ότι τα υποκείμενα της πρώτης ομάδα είχαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις από τα υποκείμενα των δύο άλλων ομάδων. Αυτό αποδόθηκε στη μεγαλύτερη συχνότητα εφαρμογής της στρατηγικής απόρριψης των υποθέσεων, σύμφωνα με την οποία εργάστηκαν τα υποκείμενα της ομάδας αυτής.

Οι Klayman και Ha (1987) επεχείρησαν μια νέα ερμηνεία της συμπεριφοράς των υποκειμένων κατά τον έλεγχο των υποθέσεων στην ανακάλυψη του κανόνα του Wason, αλλά και σε άλλα προβλήματα, η οποία απεικονίζει μια γενική “στρατηγική θετικού ελέγχου (positive test strategy). Σύμφωνα με αυτό το πλαίσιο ερμηνείας, ο έλεγχος των υποθέσεων απαιτεί τη διάκριση μεταξύ του χώρου των περιπτώσεων που εμπίπτουν στο στόχο (T), από τις περιπτώσεις που δεν εμπίπτουν στο στόχο. Για παράδειγμα, στο πρόβλημα του Wason, οι περιπτώσεις που εμπίπτουν στο στόχο (T) είναι όλες οι τριάδες των αριθμών που είναι σύμφωνες με τον κανόνα, δηλαδή όλες οι τριάδες αριθμών που βρίσκονται σε αύξουσα σειρά. Η υπόθεση του υποκειμένου δημιουργεί ένα νέο χώρο περιπτώσεων H (π.χ., τριάδες αριθμών που αυξάνονται κατά δύο). Σκοπός του υποκειμένου είναι να συμπίπτει η υπόθεση του με το στόχο, ή αλλιώς οι χώροι H και T να είναι ταυτόσημοι. Η στρατηγική θετικού ελέγχου αναφέρεται στην τάση των υποκειμένων να ελέγχουν τις υποθέσεις τους προτείνοντας περιπτώσεις που βρίσκονται στο χώρο H (+Htest). Είναι πολύ λιγότερο πιθανόν να χρησιμοποιήσουν στρατηγικές αρνητικού ελέγχου, να προτείνουν δηλαδή παραδείγματα που να είναι έξω από το χώρο H (-H test).

Με τη στρατηγική θετικού ελέγχου δίνεται μια νέα εξήγηση για τη συμπεριφορά των υποκειμένων κατά τον έλεγχο των υποθέσεων. Ο όρος προκατάληψη της επιβεβαίωσης αναφέρεται ως η τάση των ατόμων για επιβεβαίωση και όχι απόρριψη των υποθέσεών τους. Αντίθετα, η στρατηγική θετικού ελέγχου δεν είναι απλώς η προσπάθεια για επιβεβαίωση. Χρησιμοποιώντας τη στρατηγική αυτή μπορεί κανείς σκόπιμα να οδηγηθεί σε απόρριψη της υπόθεσης, αφού και θετικοί και αρνητικοί έλεγχοι είναι ικανοί να αποκαλύψουν λάθη στις υποθέσεις. Ο περιορισμός της στρατηγικής θετικού ελέγχου βρίσκεται στο ότι με τον έλεγχο αυτό παρέχεται μόνο μερική πληροφόρηση για πιθανά λάθη (με το +Htest φανερώνονται ως λανθασμένες μόνο οι περιπτώσεις που απορρέουν από την υπόθεση και δεν εμπίπτουν στο στόχο). Η απόρριψη μιας υπόθεσης μέσω του θετικού ελέγχου συμβαίνει στην περίπτωση που ο χώρος της υπόθεσης H δεν είναι υποσύνολο του χώρου του στόχου T , αλλά είτε οι δύο χώροι έχουν σημείο τομής, είτε ο χώρος του στόχου T είναι υποσύνολο του χώρου της υπόθεσης H . Οι τρεις πιθανές σχέσεις υποθέσεων και κανόνα αναπαρίστανται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Στρατηγική Θετικού Ελέγχου (Klayman & Ha, 1989)

Το πρόβλημα του Wason, εμπίπτει στην περίπτωση A (Σχήμα 6) όπου δεν υπάρχει περίπτωση απόρριψης της υπόθεσης μέσω της στρατηγικής του θετικού

ελέγχου, αφού η υπόθεση είναι υποσύνολο του στόχου και δεν υπάρχει περιθώριο για θετικά λάθη (τριάδες που να μην εμπίπτουν στο στόχο και να εμπίπτουν στην υπόθεση). Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα υποκείμενα αποκτούν λανθασμένα εμπιστοσύνη στον κανόνα τους.

Τα αποτελέσματα μιας μεταγενέστερης έρευνας των Klayman και Ha (1989), επιβεβαίωσαν τη θεωρία αυτή. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν το παράδειγμα ανακάλυψης κανόνα του Wason (1960) και ζήτησαν από τα υποκείμενα να ανακαλύψουν διάφορους κανόνες, είτε με αριθμούς είτε με ονόματα πόλεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα υποκείμενα είχαν την τάση να χρησιμοποιούν τη στρατηγική θετικού ελέγχου και αυτή η τάση τους είχε ως αποτέλεσμα να διατυπώνουν υποθέσεις με περιορισμένο εύρος. Η στρατηγική αυτή ακολουθήθηκε τόσο από άτομα που είχαν υψηλές επιδόσεις στο πρόβλημα, τόσο και από άτομα που είχαν χαμηλές επιδόσεις.

Υπό το φως της νέας ερμηνείας της συμπεριφοράς των ατόμων κατά τον έλεγχο των υποθέσεων που προσέφεραν οι Klayman και Ha (1987), έγιναν νέες έρευνες, οι οποίες επικεντρώθηκαν στις διαφορετικές στρατηγικές που χρησιμοποιούν τα άτομα για πειραματικό έλεγχο (π.χ., θετικός έλεγχος, αρνητικός έλεγχος) των υποθέσεών τους και στις συνθήκες που επηρεάζουν τη χρήση και την επιτυχία των διαφόρων αυτών στρατηγικών (Gorman, 1989· Kareev & Halberstradt, 1993· Wharton κ.ά., 1993).

Στο πλαίσιο αυτό, οι Kareev και Halberstradt (1993) εξέτασαν την ικανότητα των ατόμων να αξιολογούν τις πιθανές ωφέλειες της χρήσης αρνητικού ελέγχου, όταν καλούνται να αξιολογήσουν τη χρήση του από άλλα υποκείμενα. Για να το ελέγξουν αυτό, έδωσαν στα υποκείμενά τους το πρωτόκολλο των προσπαθειών ενός υποθετικού

υποκειμένου που είχε να ανακαλύψει τον κανόνα 2-4-6, καθώς και της ανατροφοδότησης που δεχόταν. Στο πρώτο πείραμα, ο κανόνας δεν ήταν γνωστός στα υποκείμενα, ενώ στο δεύτερο πείραμα τα υποκείμενα ήξεραν τον κανόνα εκ των προτέρων και έτσι μπορούσαν να κρίνουν, όχι μόνο αν κάθε δοκιμή ήταν παράδειγμα θετικού ή αρνητικού ελέγχου, αλλά και αν η συγκεκριμένη δοκιμή απέρριπτε ή επιβεβαίωνε τον κανόνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα υποκείμενα εκτιμούσαν τη σημασία του αρνητικού ελέγχου και αυτό φάνηκε ιδιαίτερα στο δεύτερο πρόβλημα, όπου ανεγνώρισαν τη στρατηγική του αρνητικού ελέγχου ως το πιο χρήσιμο εργαλείο. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά οι Kareen και Halberstradt (1993) υποστήριξαν ότι η τάση των ατόμων να επιβεβαιώνουν τις υποθέσεις τους δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ελάττωμα του ανθρώπινου γνωστικού συστήματος, αφού τα άτομα είναι ικανά να εκτιμήσουν τη σημασία της απόρριψης των υποθέσεών τους. Απλά, όπως υποστηρίζουν και οι Klayman και Ha (1987), μπορεί να θεωρηθεί ότι τα άτομα χρησιμοποιούν το θετικό έλεγχο πιστεύοντας ότι είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την ανακάλυψη ενός κανόνα.

Οι Wharton κ.ά. (1993) προσπάθησαν να ερμηνεύσουν ορισμένα από τα ενδιαφέροντα ερευνητικά δεδομένα προηγούμενων ερευνών (Tukey, 1986. Gorman κ.ά., 1987) τα οποία υποστήριξαν ότι πολύ περισσότερα υποκείμενα ανακαλύπτουν ένα κανόνα, όταν τους ζητηθεί να ανακαλύψουν δύο κανόνες μαζί παρά μόνο ένα. Οι έρευνες αυτές χρησιμοποίησαν το πρόβλημα του Wason (1960) ανακάλυψης του κανόνα 2-4-6, και για κάθε τριάδα αριθμών που πρότειναν τα υποκείμενα της ομάδας με το διπλό κανόνα, τους πληροφορούσαν αν η συγκεκριμένη τριάδα είναι παράδειγμα του πρώτου ή του δεύτερου κανόνα, καθώς οι κανόνες ήταν συμπληρωματικοί. Οι Wharton κ.ά. (1993) εξέτασαν δύο εναλλακτικές ερμηνείες της καλύτερης επίδοσης των υποκειμένων με το διπλό κανόνα σύμφωνα με τις οποίες η καλύτερη επίδοση είναι

αποτελεσμα του μεγαλύτερου αριθμού πληροφοριών που δέχονταν τα υποκείμενα της δεύτερης ομάδας, ή της γνώση τους ότι οι κανόνες ήταν συμπληρωματικοί. Τα αποτελέσματα τριών πειραμάτων υποστήριξαν τη δεύτερη ερμηνεία. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά των πειραμάτων αυτών φάνηκε ότι, αυτό που επηρέασε την επίδοση των ατόμων που εργάστηκαν με το διπλό κανόνα δεν ήταν το πλήθος των πληροφοριών που δέχτηκαν, αλλά η γνώση ότι οι δύο κανόνες ήταν συμπληρωματικοί. Στις περιπτώσεις που τα υποκείμενα δεν έπαιρναν από τους εξεταστές αυτή τη συγκεκριμένη πληροφορία δεν είχαν καλύτερα αποτελέσματα από την ομάδα που είχε να ανακαλύψει ένα μόνο κανόνα.

Οι Wharton κ.ά. (1993) χρησιμοποιώντας τη θεωρία των Klayman και Ha (1987) πρότειναν ότι η μέθοδος ανακάλυψης δύο συμπληρωματικών κανόνων είναι πιο αποτελεσματική από τη μέθοδο ανακάλυψης ενός μόνο κανόνα, γιατί χρησιμοποιεί την τάση των ατόμων προς τη στρατηγική θετικού ελέγχου. Όταν τα άτομα έχουν να ανακαλύψουν δύο συμπληρωματικούς κανόνες, πληροφορίες από θετικούς ελέγχους του ενός κανόνα απορρίπτουν περιορισμένου εύρους υποθέσεις του άλλου κανόνα. Αντίθετα, όταν τα υποκείμενα έχουν να ανακαλύψουν ένα μόνο κανόνα και ο κανόνας είναι ευρύτερος από τις υποθέσεις τους, τότε οι πληροφορίες που συλλέγουν δεν μπορούν να απορρίψουν τις περιορισμένου εύρους υποθέσεις τους.

Στον πραγματικό κόσμο, η πιθανότητα λάθους κατά τον πειραματισμό είναι δεδομένη και οι επιστήμονες δεν απορρίπτουν πάντοτε μια υπόθεση όταν είναι αντίθετη με ένα πειραματικό αποτέλεσμα. Ο Gorman (1989), χρησιμοποιώντας το πρόβλημα 2-4-6 του Wason (1960), εξέτασε πώς η πιθανότητα λανθασμένης ανατροφοδότησης επηρεάζει την επίδοση των υποκειμένων και ποια η επίδραση της δυνατότητας επανάληψης των πειραματικών προσπαθειών στην επίδοση τους. Η έρευνα αυτή στηρίχτηκε σε προηγούμενη έρευνά του Gorman (1986), τα

αποτελέσματα της οποίας έδειξαν ότι η πιθανότητα λανθασμένης ανατροφοδότησης μείωνε την πιθανότητα επιτυχίας στην ανακάλυψη ενός κανόνα. (Gorman, 1986). Στην πραγματικότητα, η ανατροφοδότηση που δέχονταν τα υποκείμενα δεν ήταν λανθασμένη, αλλά τα υποκείμενα είχαν πληροφορηθεί ότι υπήρχε πιθανότητα, στις 0-20% των πειραματικών τους προσπαθειών, να δεχτούν λανθασμένη ανατροφοδότηση και αυτό θα γινόταν τυχαία, με τη βοήθεια ενός υπολογιστή.

Ο Gorman (1989), επιχείρησε να επεκτείνει την προηγούμενη έρευνά του (Gorman, 1986), χρησιμοποιώντας και πάλι το πρόβλημα του Wason. Το πρώτο πείραμα σύγκρινε την επίδοση των δύο ομάδων υποκειμένων, όπου τα υποκείμενα της πειραματικής ομάδας πληροφορούνταν ότι υπήρχε 0-20% πιθανότητα να δοθεί λανθασμένη ανατροφοδότηση από τους ερευνητές στις τριάδες που πρότειναν, ενώ, στην πραγματικότητα δε δινόταν καμιά λανθασμένη ανατροφοδότηση σε αντίθεση με την ομάδα ελέγχου που δεν υπήρχε πιθανότητα λανθασμένης ανατροφοδότησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι επιδόσεις των δύο ομάδων δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά, παρόλο που η πειραματική ομάδα πρότεινε ένα μεγαλύτερο αριθμό τριάδων μέχρι να ανακαλύψει τον κανόνα. Στο πείραμα 4 χρησιμοποιήθηκε παρόμοιος σχεδιασμός με τη διαφορά ότι η πιθανότητα λανθασμένης ανατροφοδότησης, στην πειραματική ομάδα, ήταν πραγματική. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ομάδα ελέγχου είχε στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από την πειραματική ομάδα. Τα υποκείμενα της πειραματικής ομάδας στο χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να λύσουν το πρόβλημα και πρότειναν ένα μεγαλύτερο αριθμό τριάδων σε επανάληψη από ότι στο πρώτο πείραμα.

Οι αρχικές έρευνες, που ασχολήθηκαν με τον επιστημονικό συλλογισμό ως οικοδόμηση εννοιών, προσανατολίστηκαν κυρίως σε προβλήματα φτωχά σε γνωστικό περιεχόμενο και προσπάθησαν να απομονώσουν τις γνώσεις διαδικασιών με την

απουσία συγκεκριμένου γνωστικού περιεχομένου. Αυτές οι πρώτες προσπάθειες αντιπροσωπεύουν τη θεμελιώδη διαφωνία που σχετίζεται με το ποιος τύπος γνώσεων είναι πιο σημαντικός στην ανάπτυξη του επιστημονικού συλλογισμού. Τέτοιες προσπάθειες τελικά εγκαταλείφθηκαν, αλλά έδωσαν πολύτιμη πληροφόρηση, κυρίως όσον αφορά την προκατάληψη της επιβεβαίωσης. Νεότερες μελέτες, που διερεύνησαν την ανάπτυξη του επιστημονικού συλλογισμού, ενίσχυσαν τις απόψεις σχετικά με την τάση των ατόμων για επιβεβαίωση των υποθέσεών τους (Klahr & Dunbar, 2000b. Koslowski, 1996. Quinn & Alessi, 1994).

Από τα δύο μοντέλα επιστημονικού συλλογισμού που έχουν περιγραφεί (επιστημονικός συλλογισμός ως λύση προβλήματος και ως οικοδόμηση εννοιών) προκύπτει ότι, παρόλο που παρουσιάζονται να είναι ριζικά διαφορετικές προσεγγίσεις της διαδικασίας του επιστημονικού συλλογισμού, τα δύο αυτά μοντέλα μπορούν να οργανωθούν σε μια συνεπή θεωρία επιστημονικού συλλογισμού. Σύμφωνα με τον Klahr (2000), τόσο η οικοδόμηση εννοιών, όσο και η λύση προβλήματος είναι θέματα που σχετίζονται με συλλογή πληροφοριών και που εμπλέκουν τα άτομα σε διαδικασίες αναζήτησης.

Το Μοντέλο της Επιστημονικής Ανακάλυψης ως

Διπλής Αναζήτησης

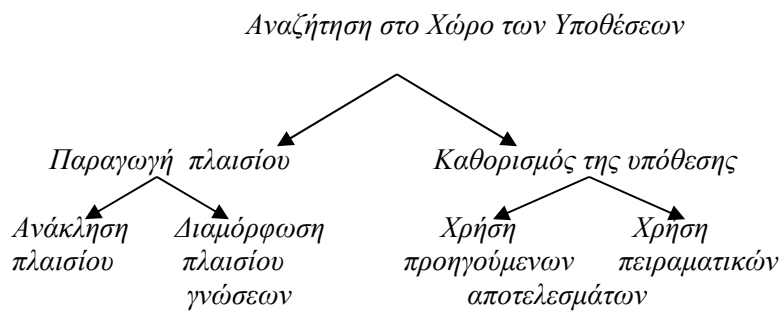
Στα πλαίσια της προσπάθειας για ενοποίηση των δύο φαινομενικά αντίθετων μοντέλων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, διαμορφώθηκε το μοντέλο της επιστημονικής ανακάλυψης ως διπλής αναζήτησης (SDDS model) από τους Klahr και Dunbar (1988), ένα μοντέλο που επηρέασε σε πολύ μεγάλο βαθμό, τις μετέπειτα ερευνητικές προσπάθειες μελέτης του επιστημονικού συλλογισμού. Το μοντέλο των Klahr και Dunbar (1988) βασίστηκε στην ιδέα των Newell και Simon (1972),

σύμφωνα με την οποία η λύση προβλήματος χαρακτηρίζεται από την αναζήτηση στο χώρο του προβλήματος και υποστήριξαν ότι η επιστημονική ανακάλυψη χαρακτηρίζεται από συντονισμένη αναζήτηση μέσα σε δύο χώρους, το χώρο των υποθέσεων και το χώρο των πειραμάτων, που συναποτελούν το χώρο του προβλήματος. Αρχικός σκοπός είναι η ανακάλυψη μιας υπόθεσης ή μιας θεωρίας, η οποία θα ερμηνεύει ένα μοτίβο παρατηρήσεων σε μια συνοπτική ή πιο γενική μορφή. Με το μοντέλο τους, οι Klahr και Dunbar, πρόσφεραν ένα ανάλογο της διπλής αναζήτησης στο χώρο των κανόνων-υποθέσεων και στο χώρο των παραδειγμάτων-πειραμάτων, που σχετίζεται με την ανακάλυψη ενός κανόνα και το σχηματισμό εννοιών. Το μοντέλο αυτό βελτιώθηκε με νέες ερευνητικές προσπάθειες και δημοσιεύσεις (Klahr, Dunbar & Fay, 1993. Klahr & Carver, 1995. Klahr, 2000)

Το μοντέλο όπως περιγράφηκε από τον Klahr (2000), αποτελείται από τρεις αλληλένδετες φάσεις. Τις τρεις φάσεις αποτελούν η *αναζήτηση στο χώρο των υποθέσεων*, ο *έλεγχος των υποθέσεων* και η *εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση το συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων*. Κάθε στοιχείο αποτελείται από άλλα υποστοιχεία τα οποία συνθέτουν ένα πολύπλοκο μοντέλο επιστημονικής ανακάλυψης.

Αναζήτηση στο Χώρο των Υποθέσεων

Η ολοκληρωμένη δομή της αναζήτησης στο χώρο των υποθέσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 7. Η αναζήτηση στο χώρο των υποθέσεων διακρίνεται σε δύο επιμέρους φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει την παραγωγή του γενικού πλαισίου μιας νέας υπόθεσης, ενώ η δεύτερη φάση περιλαμβάνει τον ακριβή καθορισμό της νέας υπόθεσης. Η παραγωγή του γενικού πλαισίου της νέας υπόθεσης και ο καθορισμός της νέας υπόθεσης επηρεάζονται τόσο από τις προηγούμενες γνώσεις όσο και από τα πειραματικά αποτελέσματα.



Σχήμα 7. Δομή της Αναζήτησης στο Χώρο των Υποθέσεων(Klahr, 2000)

Η παραγωγή του γενικού πλαισίου της νέας υπόθεσης γίνεται μέσα από τις διαδικασίες ανάκλησης (evoking) και διαμόρφωσης (inducing) πλαισίου. Η διαδικασία ανάκλησης περιλαμβάνει αναζήτηση πληροφοριών στη μνήμη, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη δόμηση του πλαισίου. Σε αυτή τη διαδικασία, σημαντικό ρόλο έχουν οι προηγούμενες γνώσεις. Η διαδικασία ανάκλησης από τη μνήμη δεν είναι πάντα εφικτή και, σε αυτή την περίπτωση, τα άτομα καταφεύγουν στη διαδικασία της διαμόρφωσης ενός νέου πλαισίου. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, το νέο πλαίσιο που παράγεται στηρίζεται σε μια σειρά δεδομένων και πειραματικών αποτελεσμάτων. Υπάρχει μια σημαντική διαφορά ανάμεσα σε αυτές τις δύο διαδικασίες. Στην πρώτη διαδικασία, τα άτομα είναι ικανά να ανακαλέσουν παρόμοιες καταστάσεις και να τις χρησιμοποιήσουν ως βάση για τη δόμηση αρχικών πλαισίων, ενώ στη δεύτερη διαδικασία τα άτομα δεν μπορούν να ανακαλέσουν από τη μνήμη τους παρόμοιες καταστάσεις και υποχρεώνονται να περιοριστούν στις παρατηρήσεις τους (μέσα από πειραματισμό), για να δομήσουν ένα νέο πλαίσιο.

Αφού διαμορφωθεί το πλαίσιο της νέας υπόθεσης, ακολουθεί ο καθορισμός της νέας υπόθεσης, ο οποίος γίνεται μέσα από διαδικασίες ανάκλησης και διαμόρφωσης, χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες γνώσεις, στην πρώτη περίπτωση και τα πειραματικά αποτελέσματα, στη δεύτερη περίπτωση. Η διάκριση αυτή είναι

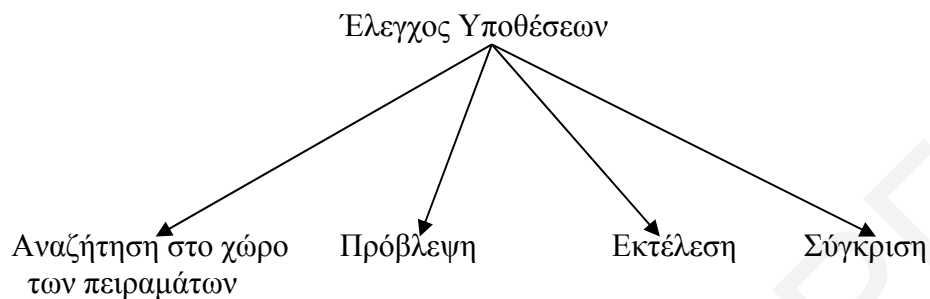
παράλληλη με τη διάκριση ανάμεσα στην ανάκληση και την παραγωγή πλαισίου, αλλά στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται για τον καθορισμό μιας υπόθεσης σε ένα υπάρχον πλαίσιο, παρά τη δημιουργία ενός νέου πλαισίου. Αν υπάρχουν ήδη κάποια πειραματικά αποτελέσματα, τότε θα εξεταστούν για τον καθορισμό της νέας υπόθεσης. Εναλλακτικά, το σύστημα θα οδηγηθεί σε παραγωγή αποτελεσμάτων που θα αξιοποιηθούν αποκλειστικά για τον τελικό καθορισμό μιας νέας υπόθεσης.

Στα αρχικά στάδια της διαδικασίας “επιστημονικής” ανακάλυψης, η χρήση των προηγούμενων γνώσεων παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των υποθέσεων, ενώ, στη συνέχεια, αφού τα άτομα εμπλακούν σε πειραματισμό, τα πειραματικά αποτελέσματα είναι πιο πιθανόν να καθορίσουν τη νέα υπόθεση. Αν το υπάρχον πλαίσιο δεν είναι ικανό να οδηγήσει σε καθορισμό νέας υπόθεσης, τότε το πλαίσιο εγκαταλείπεται και το σύστημα επιστρέφει στο στάδιο παραγωγής νέου πλαισίου. Σε αντίθετη περίπτωση, η αναζήτηση περιορίζεται στον καθορισμό νέας υπόθεσης μέσα στο υπάρχον πλαίσιο. Τελικός σκοπός της αναζήτησης αυτής είναι η διατύπωση μιας υπόθεσης που θα είναι εύλογη και θα αποτελεί την είσοδο στη δεύτερη φάση του μοντέλου, που περιλαμβάνει τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής μέσα από τον πειραματισμό.

Έλεγχος Υποθέσεων

Η δεύτερη φάση του μοντέλου SDDS αποτελεί τον έλεγχο των υποθέσεων. Το Σχήμα 8 παρουσιάζει τη φάση του ελέγχου υποθέσεων. Αρχικά αποφασίζεται, μέσω της αναζήτησης στο χώρο των πειραμάτων, ποιο πείραμα θα εκτελεστεί που θα ελέγχει την υπό εξέταση υπόθεση. Ακολουθεί το στάδιο της πρόβλεψης, όπου γίνεται προσπάθεια πρόβλεψης του πειραματικού αποτελέσματος με βάση την παρούσα υπόθεση και το πείραμα που θα εκτελεστεί. Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει την εκτέλεση του πειράματος και τέλος το τέταρτο στάδιο αποτελεί το στάδιο σύγκρισης

των διαφορών ανάμεσα στην πρόβλεψη και στο πειραματικό αποτέλεσμα. Η αρχική αναζήτηση στο χώρο των πειραμάτων μπορεί να γίνει στα πλαίσια της παρατήρησης.



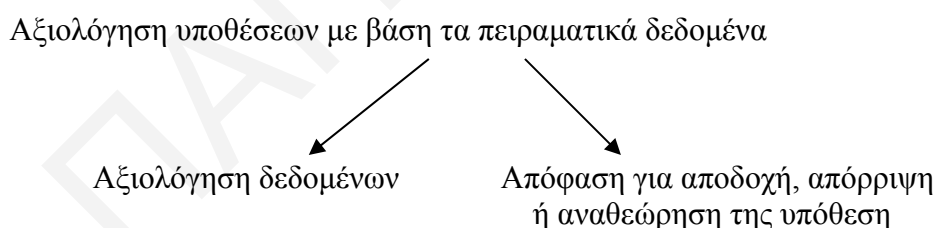
Σχήμα 8. Έλεγχος Υποθέσεων (Klahr, 2000)

Ένας από τους πιο σημαντικούς περιοριστικούς παράγοντες της αναζήτησης στο χώρο των πειραμάτων είναι η ανάγκη για παραγωγή πειραμάτων, τα οποία θα έχουν ερμηνεύσιμα αποτελέσματα (Klahr & Dunbar, 1988). Αυτό απαιτεί τόσο εξειδικευμένες γνώσεις, όσο και γνώσεις ανεξάρτητες από επιμέρους γνωστικά πεδία. Τέλος, η αναζήτηση τόσο στο χώρο των υποθέσεων, όσο και στο χώρο των πειραμάτων απαιτεί εσωτερικές νοητικές αναπαραστάσεις (internal representations) του προβλήματος και διαφορετικές στρατηγικές για την περιπλάνηση μέσα στους χώρους των προβλημάτων.

Συντονισμός Υποθέσεων και Δεδομένων για Εξαγωγή Συμπερασμάτων

Η αναζήτηση στους δύο χώρους, το χώρο των υποθέσεων και το χώρο των πειραμάτων, συντονίζεται από μια διαδικασία αξιολόγησης των υποθέσεων με βάση τα πειραματικά δεδομένα, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων. Αυτή η διαδικασία αποτελεί και την τρίτη φάση του μοντέλου. Στο αρχικό μοντέλο των Klahr και Dunbar (1988), δε δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην πρώτη φάση, ενώ τονίστηκε η

επιστημονική ανακάλυψη ως διπλή αναζήτηση. Σε πιο πρόσφατες περιγραφές του μοντέλου, δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην τρίτη φάση (Klahr κ.ά., 1993. Klahr & Carver, 1995. Penner & Klahr, 1996a. Klahr, 2000). Η νέα εστίαση είναι αποτέλεσμα των ερευνών της Kuhn και των συνεργατών της (Kuhn κ.ά., 1988. Kuhn 1989. Kuhn, Schauble, & Garcia-Mila, 1992. Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Andersen. 1995). Στη φάση αυτή, καθορίζεται κατά πόσον τα πειραματικά δεδομένα που αφορούν την υπό εξέταση υπόθεση οδηγούν στην αποδοχή, την απόρριψη ή την αναθεώρηση της υπόθεσης. Συσσωρεύονται, επίσης, τα δεδομένα που προέρχονται από προηγούμενους κύκλους ελέγχου υποθέσεων. Η συσσώρευση αυτή ποικίλει από τα πιο πρόσφατα, στα πιο αξιοπρόσεκτα δεδομένα ή ακόμα και στο σύνολο των δεδομένων που έχουν καταγραφεί. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 9, η φάση αυτή διακρίνεται σε δύο στάδια, το στάδιο της αξιολόγησης των δεδομένων και το στάδιο της απόφασης σχετικά με την αποδοχή, απόρριψη ή αναθεώρηση της εξεταζόμενης υπόθεσης.



Σχήμα 9. Αξιολόγηση των Υποθέσεων με Βάση τα Πειραματικά Δεδομένα (Klahr, 2000)

Στην περίπτωση αποδοχής της υπόθεσης, η διαδικασία τερματίζεται και η παρούσα υπόθεση επιβεβαιώνεται και θεωρείται ως η λύση του προβλήματος. Σε περίπτωση απόρριψης της υπόθεσης, το σύστημα επιστρέφει στην πρώτη φάση, στη φάση της αναζήτησης στο χώρο των υποθέσεων, όπου δύο περιπτώσεις υπάρχουν. Αν ολόκληρο το πλαίσιο της υπόθεσης έχει απορριφθεί, τότε θα πρέπει να διαμορφωθεί

ένα νέο πλαίσιο μέσω των διαδικασιών *ανάκλησης ή παραγωγής πλαισίου*. Αν το στάδιο της *ανάκλησης πλαισίου* δεν είναι ικανό να προτείνει ένα εναλλακτικό πλαίσιο, τότε το σύστημα καταλήγει στην *παραγωγή πλαισίου* και τελικά στην εκτέλεση πειραμάτων με σκοπό να βρει κάποια εμπειρικά στοιχεία, στα οποία θα στηριχτεί το νέο πλαίσιο.

Αν η υπόθεση έχει απορριφθεί, αλλά όχι και το πλαίσιο, τότε το σύστημα θα οδηγηθεί στο στάδιο *καθορισμού νέας υπόθεσης*. Στην περίπτωση αυτή, αν οι προηγούμενες γνώσεις δεν είναι επαρκείς για να διατυπωθεί μια νέα υπόθεση, τότε το σύστημα θα οδηγηθεί σε περιπλανήσεις μέσα στο χώρο του πειράματος, με σκοπό να συλλέξει δεδομένα στα οποία θα στηριχτεί η νέα υπόθεση. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις θα παρατηρηθεί εκτέλεση πειραμάτων, χωρίς πλήρως καθορισμένες υποθέσεις. Στην τρίτη περίπτωση, που αφορά την αναθεώρηση της υπόθεσης, το σύστημα επιστρέφει στη φάση του *ελέγχου υποθέσεων* με σκοπό την περαιτέρω εξέταση της εξεταζόμενης υπόθεσης. Τα πειράματα που εκτελούνται, σε αυτή την περίπτωση, ανταποκρίνονται σε μια συμβατή όψη του ρόλου του πειραματισμού. Κατά τη διάρκεια της περιπλάνησης μέσα στο χώρο των πειραμάτων, γίνεται επιλογή συγκεκριμένων πτυχών της εξεταζόμενης υπόθεσης και ο σχεδιασμός των πειραμάτων γίνεται με σκοπό τη συλλογή δεδομένων που να ανταποκρίνονται σε αυτές τις πτυχές.

Όπως υποστηρίζει η Zimmerman (2000), το μοντέλο της *επιστημονικής ανακάλυψης ως διπλής αναζήτησης* συλλαμβάνει την πολυπλοκότητα και την κυκλική φύση της διαδικασίας μιας επιστημονικής ανακάλυψης. Το πλαίσιο ενσωματώνει πολλές διαδικασίες, που σχετίζονται με την επιστημονική ανακάλυψη και τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και οι οποίες μελετήθηκαν στο παρελθόν μεμονωμένα. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις τρεις φάσεις της επιστημονικής ανακάλυψης (στήλες) και τους δύο τύπους γνώσης (γραμμές) που εμπλέκονται στο πλαίσιο της επιστημονικής

ανακάλυψης ως διπλής αναζήτησης (Klahr & Carver, 1995). Πολλές από τις αρχικές έρευνες επιστημονικού συλλογισμού, που δεν μελετούσαν και τις τρεις φάσεις του, μπορούν να τοποθετηθούν μέσα στα φατνία του Πίνακα 1.

Πίνακας 1
Κατηγοριοποίηση Ερευνών Επιστημονικού Συλλογισμού

| | Διατύπωση υποθέσεων | Σχεδιασμός πειραμάτων | Αξιολόγηση υποθέσεων |
|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Γνώσεις περιεχομένου | A | B | Γ |
| Γνώσεις διαδικασιών | Δ | E | Z |

(Klahr & Carver, 1995)

Στο φατνίο A εμπίπτουν έρευνες που σχετίζονται με την μελέτη των νοητικών μοντέλων των ατόμων για διάφορες επιστημονικές έρευνες, όπως για παράδειγμα οι έρευνες του McCloskey (1983) σχετικά με τις ιδέες των ατόμων για την κίνηση. Στις έρευνες αυτές ζητείται από τα άτομα να αναφέρουν τις ιδέες τους για ένα συγκεκριμένο τομέα, αλλά δεν τους ζητείται να εκτελέσουν πειράματα ή να διατυπώσουν συμπεράσματα.

Στο φατνίο B εμπίπτουν έρευνες στις οποίες ζητείται από τα υποκείμενα να αποφασίσουν ποια προκαθορισμένα πειράματα θα ήταν τα κατάλληλα για τον έλεγχο συγκεκριμένων υποθέσεων. Δεν περιλαμβάνουν αναζήτηση στο χώρο των υποθέσεων και η αναζήτηση στο χώρο των πειραμάτων περιορίζεται στην επιλογή από μια σειρά προκαθορισμένων πειραμάτων, παρά το σχεδιασμό νέων πειραμάτων. Εδώ εντάσσεται και η έρευνα της Tschirgi (1980).

Στα φατνία Γ και Z βρίσκονται έρευνες που εστιάζονται στις ικανότητες των ατόμων να αποφασίζουν ποιες υποθέσεις στηρίζονται από τα δεδομένα. Τυπικά αυτές οι έρευνες παρουσιάζουν πίνακες με συμμεταβαλλόμενα δεδομένα και ζητούν από τα άτομα να αποφασίσουν ποια υπόθεση στηρίζεται ή απορρίπτεται από τα δεδομένα. Σε

μερικές περιπτώσεις, οι παράγοντες είναι αφηρημένοι και αυθαίρετοι (Shaklee & Paszek, 1985) και οι έρευνες αυτές τοποθετούνται στο φατνίο Γ, ενώ σε άλλες περιπτώσεις αναφέρονται σε πραγματικούς παράγοντες και απαιτείται από τα υποκείμενα να συντονίσουν τις γνώσεις με τους πίνακες δεδομένων, σύμφωνα με το φατνίο Ζ (Ruffman, Perner, Olson, & Doherty, 1993).

Σε συνδυασμό των φατνίων Δ, Ε, Ζ στηρίζονται έρευνες, όπως οι έρευνες του Wason (1960) με το έργο 2-4-6, στις οποίες καλούνται τα άτομα να διατυπώσουν υποθέσεις, να εκτελέσουν πειράματα και να οδηγηθούν σε συμπέρασμα σε ένα πρόβλημα που δε στηρίζεται σε προηγούμενες γνώσεις ή γνώσεις περιεχομένου.

Δεξιότητες Πειραματισμού

Η κύρια δεξιότητα πειραματισμού είναι η παραγωγή ερμηνεύσιμων δεδομένων ή παρατηρήσεων με σκοπό η διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων να μην είναι πολύπλοκη (Zimmerman, 2000). Μια όψη των δεξιοτήτων πειραματισμού είναι η απομόνωση των μεταβλητών με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποκλείει ανταγωνιστικές υποθέσεις. Ο έλεγχος μεταβλητών και ο συστηματικός συνδυασμός των μεταβλητών είναι συγκεκριμένες δεξιότητες που σχετίζονται άμεσα με τον πειραματισμό.

Αρχικές προσπάθειες για διερεύνηση των δεξιοτήτων πειραματισμού περιόριζαν το ρόλο των προηγούμενων γνώσεων με σκοπό να εστιάσουν την προσοχή τους στις στρατηγικές πειραματισμού που χρησιμοποιούσαν τα υποκείμενα. Ένα παράδειγμα είναι το πρόβλημα με τα χρωματιστά υγρά των Inhelder και Piaget (1958). Στο πρόβλημα αυτό, παρουσιάζονταν σε παιδιά 10 και 11 χρόνων, τέσσερις διαφορετικές φιάλες με άχρωμα υγρά. Οι ερευνητές έκαναν επίδειξη ενός απλού πειράματος σύμφωνα με το οποίο αν προσθέσεις μερικές σταγόνες ενός πέμπτου υγρού σε ένα συνδυασμό των υγρών ένας συγκεκριμένος συνδυασμός θα είχε ως

αποτέλεσμα την αλλαγή του χρώματος. Τα παιδιά θα έπρεπε να ανακαλύψουν ποιος συνδυασμός υγρών οδηγούσε στην αλλαγή του χρώματος. Η λύση αυτού του προβλήματος δεν απαιτούσε γνώσεις περιεχομένου, αλλά η στρατηγική που θα οδηγούσε σε λύση του προβλήματος ήταν η απαρίθμηση όλων των πιθανών συνδυασμών.

Η Tschirgi (1980) διερεύνησε τις ικανότητες παιδιών (Β', Δ' και Στ' τάξης δημοτικού σχολείου) και ενηλίκων να εξάγουν έγκυρα συμπεράσματα από φυσικές προβληματικές καταστάσεις. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορες ιστορίες-προβλήματα της καθημερινής ζωής, για παράδειγμα, μια περιγραφή επιτυχούς ή ανεπιτυχούς προσπάθειας κατασκευής ενός γλυκού. Τα υποκείμενα θα έπρεπε να καθορίσουν ποιες μεταβλητές θα μετέβαλλαν, ώστε να οδηγηθούν σε έγκυρα συμπεράσματα. Στο σενάριο με το γλυκό υπήρχαν τρεις μεταβλητές που έπαιρναν δύο τιμές: λιπαρά (βούτυρο ή μαργαρίνη), γλυκαντικό (μέλι ή ζάχαρη) και αλεύρι (λευκό ή ολικής αλέσεως). Ο χαρακτήρας της ιστορίας κατασκεύασε το γλυκό του με μαργαρίνη, μέλι και λευκό αλεύρι και υπέθεσε ότι, η επιτυχία της προσπάθειάς του, οφειλόταν σε ένα συγκεκριμένο συστατικό, το μέλι. Τα υποκείμενα καλούνταν να αξιολογήσουν την υπόθεση αυτή, επιλέγοντας μια από τις ακόλουθες τρεις καταστάσεις: α) κατασκευή ενός άλλου γλυκού, χρησιμοποιώντας το ίδιο γλυκαντικό (μέλι), αλλά αλλάζοντας τις άλλες δύο μεταβλητές (λιπαρά και αλεύρι), β) χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό γλυκαντικό (ζάχαρη) και διατηρώντας τις άλλες δύο μεταβλητές σταθερές και γ) αλλάζοντας όλα τα συστατικά-μεταβλητές (π.χ. βούτυρο, ζάχαρη και αλεύρι ολικής αλέσεως). Η Tschirgi (1980) οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι ο τύπος του αρχικού αποτελέσματος (θετικό ή αρνητικό), που οι ερευνητές πρότειναν στα υποκείμενα, επηρέαζε τη στρατηγική που ακολουθούσαν τα υποκείμενα κατά τον πειραματισμό. Εάν το αρχικό αποτέλεσμα ήταν θετικό (π.χ. επιτυχία στην κατασκευή του

γλυκίσματος), τότε οι συμμετέχοντες είχαν την τάση να διατηρούν τον αρχικό παράγοντα-μεταβλητή σταθερό και να μεταβάλλουν τους υπόλοιπους παράγοντες ταυτόχρονα (περίπτωση α). Η στρατηγική αυτή ονομάστηκε HOTAT (Hold One Thing At a Time- Διατηρώντας ένα παράγοντα σταθερό κάθε φορά). Αν το αρχικό αποτέλεσμα ήταν αρνητικό, τότε τα υποκείμενα μετέβαλλαν τον αρχικό παράγοντα διατηρώντας όλους τους άλλους παράγοντες σταθερούς (περίπτωση β). Η στρατηγική αυτή ονομάστηκε VOTAT (Vary One Thing At a Time - Μεταβάλλοντας Ένα Παράγοντα Κάθε Φορά).

Άλλοι ερευνητές (Sodian, Zaitchik, & Carey, 1991) προσπάθησαν να εξετάσουν αν ισχύει ο ισχυρισμός, ότι τα παιδιά στα πρώτα χρόνια του δημοτικού σχολείου δεν είναι ικανά να διαφοροποιούν τον έλεγχο μιας υπόθεσης από τον πειραματισμό με σκοπό την παραγωγή ενός επιθυμητού αποτελέσματος. Για το λόγο αυτό, πραγματοποίησαν δύο έρευνες. Στην πρώτη έρευνα, παρουσίαζαν σε παιδιά πρώτης και δευτέρας τάξης δημοτικού σχολείου μια ιστορία με δύο αγόρια που ήξεραν ότι είχαν ένα ποντίκι στο σπίτι τους, το οποίο όμως δεν είχαν δει, και διαφωνούσαν ως προς το μέγεθός του (μικρό ή μεγάλο ποντίκι). Οι ερευνητές έδειχναν στους συμμετέχοντες δύο κουτιά που περιείχαν τροφή, αλλά διέφεραν ως προς το μέγεθος του ανοίγματος (μικρό και μεγάλο άνοιγμα). Τα υποκείμενα είχαν να απαντήσουν δύο ερωτήσεις. Ποιο κουτί θα επέλεγαν τα δύο αγόρια για να είναι σίγουρα ότι το ποντίκι θα πάρει τροφή, ανεξάρτητα από το μέγεθός του, και ποιο κουτί θα επέλεγαν αν ήθελαν να διερευνήσουν την υπόθεση, σχετικά με το μέγεθος του ποντικού. Αν τα παιδιά ήταν σε θέση να διαφοροποιήσουν το σκοπό του πειραματισμού και το επιθυμητό αποτέλεσμα, τότε θα επέλεγαν διαφορετικά κουτιά στις δύο περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειοψηφία των παιδιών ήταν σε θέση να επιλέξει το σωστό πείραμα και να διαχωρίσει τα δύο είδη ελέγχου. Δεν υπήρχε καμιά ένδειξη ότι

τα παιδιά παρερμήνευσαν το πρόβλημα ελέγχου υποθέσεων, ως πείραμα παραγωγής επιθυμητού αποτελέσματος.

Στη δεύτερη έρευνα, τα ίδια τα παιδιά καλούνταν να προτείνουν πειράματα για να διερευνήσουν εναλλακτικές υποθέσεις. Άμεσες λύσεις προτάθηκαν από 25% περίπου των παιδιών και των δύο ηλικιών. Η δεύτερη έρευνα ασχολήθηκε, επίσης, με την ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων με βάση την αξιολόγηση δεδομένων και υποθέσεων και τη διάκριση των δεδομένων από τις υποθέσεις.

Δεξιότητες Εξαγωγής Συμπερασμάτων με Συντονισμό

Υποθέσεων και Δεδομένων

Η αξιολόγηση των υποθέσεων με βάση τα πειραματικά δεδομένα κατέχει κεντρική θέση στην ερευνητική εργασία της Kuhn και των συνεργατών της (Kuhn κ.ά., 1988. Kuhn 1989. Kuhn, Schauble, & Garcia-Mila, 1992. Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Andersen, 1995. Kuhn & Dean, 2004. Kuhn & Pearsall, 2000). Η Kuhn (1989), υποστηρίζει ότι οι δεξιότητες διάκρισης και συντονισμού υποθέσεων (θεωρίας) και πειραματικών δεδομένων είναι κεντρικές, απαραίτητες και γενικές δεξιότητες για το επιστημονικό έργο. Σύμφωνα με τη Zimmerman (2000), πλήρως ανεπτυγμένες δεξιότητες περιλαμβάνουν τη διατύπωση μιας θεωρίας, τον καθορισμό και την κατανόηση των δεδομένων που μπορούν να την υποστηρίξουν, να τη διαψεύσουν, ή και να δικαιολογήσουν την επιλογή της ανάμεσα σε άλλες εναλλακτικές θεωρίες, που εξηγούν το ίδιο φαινόμενο. Η Kuhn υποστήριξε ότι οι δεξιότητες συντονισμού θεωριών και δεδομένων είναι οι πιο σημαντικές και απαραίτητες δεξιότητες που ορίζουν την επιστημονική σκέψη. Ορίζοντας ως επιστημονική σκέψη το μεταγνωστικό έλεγχο της διαδικασίας συντονισμού, οι δεξιότητες σκέψης που χρησιμοποιούνται σε μια επιστημονική διερεύνηση, μπορεί να

συσχετιστούν και με άλλες τυπικές και μη τυπικές δεξιότητες σκέψης (Kuhn & Pearsall, 2000). Στις περισσότερες έρευνες που θα γίνει αναφορά, τα δεδομένα που δόθηκαν στα υποκείμενα για να αξιολογήσουν τις υποθέσεις ήταν συμμεταβαλλόμενα δεδομένα.

Για να καθορίσει αιτιώδεις σχέσεις, ο φιλόσοφος David Hume (1758/1988) υποστήριξε ότι, όταν δύο γεγονότα συμμεταβάλλονται, τότε έχουν απαραίτητα αιτιώδη σχέση μεταξύ τους (Koslowski, 1996). Ακόμα και μικρά παιδιά έχουν την τάση να χρησιμοποιούν τη συμμεταβολή δύο γεγονότων ως “απόδειξη” αιτιώδους σχέσης μεταξύ τους (Gopnik κ.ά., 2001. Schulz & Gopnik, 2004. Inhelder & Piaget, 1958. Shultz, Fisher, Pratt, & Rulf, 1986). Όμως, η συμμεταβολή είναι μεν απαραίτητη, αλλά όχι ικανή για να καθορίσει την αιτιώδη σχέση ανάμεσα σε δύο γεγονότα (Koslowski, 1996).

Για να περιγραφούν περιπτώσεις συμμεταβολής, χρησιμοποιείται ο Πίνακας 2 που περιλαμβάνει τέσσερις περιπτώσεις-συνδυασμούς των δύο γεγονότων (πρότερου και επακόλουθου) που εμπλέκονται στη συμμεταβολή. Το πρότερο γεγονός θεωρείται ως η πιθανή αιτία και το επακόλουθο ως το αποτέλεσμα της αιτίας αυτής. Οι περιπτώσεις συμμεταβολής ή μη συμμεταβολής σχετίζονται με την παρουσία ή όχι των δύο γεγονότων.

Πίνακας 2

Πίνακας ενδεχομένων συμμεταβολής

| Πρότερο ενδεχόμενο | Επακόλουθο ενδεχόμενο | |
|--------------------|-----------------------|------|
| | Παρόν | Απόν |
| Παρόν | A | B |
| Απόν | Γ | Δ |

(Zimmerman, 2000)

Σε περιπτώσεις τέλειας συµµεταβολής βρίσκονται περιπτώσεις που και τα δύο γεγονότα (πρότερο και επακόλουθο) είναι παρόντα (φατνίο Α) ή απόντα (φατνίο Δ). Αυτά τα φατνία παρουσιάζουν περιπτώσεις που επιβεβαιώνουν την αιτιώδη σχέση μεταξύ δύο γεγονότων. Στις περιπτώσεις που εµπίπτουν στο φατνίο Β το πρότερο γεγονός, που θεωρήθηκε ως η πιθανή αιτία, είναι παρόν, ενώ απουσιάζει το γεγονός, που ήταν το προσδοκώµενο αποτέλεσµα. Αντίθετα στις περιπτώσεις που εµπίπτουν στο φατνίο Γ το προσδοκώµενο αποτέλεσµα συµβαίνει, αλλά απουσιάζει η υποτιθέµενη αιτία. Οι περιπτώσεις στα φατνία Α και Δ επιβεβαιώνουν τη σχέση ανάµεσα στα δύο γεγονότα, ενώ οι περιπτώσεις στα φατνία Β και Γ την απορρίπτουν.

Στις έρευνες των Kuhn κ.ά. (1988) χρησιµοποιήθηκαν συµµεταβαλλόµενα δεδοµένα, για να εξεταστεί ο τρόπος που τα υποκείµενα συµβιβάζουν τις προηγούµενες γνώσεις τους µε τα δεδοµένα που τους παρουσιάζονται, και τα οποία συµµεταβάλλονται. Τα γεγονότα που χρησιµοποιήθηκαν ήταν σχετικά µε την καθηµερινή ζωή και δεν σχετίζονταν µε συγκεκριµένες επιστηµονικές περιοχές. Οι ερευνητές (Kuhn κ.ά., 1988) παρουσίαζαν στα υποκείµενά τους µια σειρά συµµεταβαλλόµενων δεδοµένων, από τα οποία έπρεπε να συµπεράνουν τις σχέσεις ανάµεσα στις µεταβλητές (αν οι µεταβλητές είχαν αιτιώδη σχέση ή όχι). Οι απαντήσεις των ατόµων χωρίζονταν σε δύο κατηγορίες. Απαντήσεις που υποστηρίζονταν από δεδοµένα (evidence-based) και απαντήσεις που υποστηρίζονταν από θεωρίες (theory-based). Για να κωδικοποιηθεί µια απάντηση ως “υποστηριζόµενη από δεδοµένα” θα έπρεπε το συγκεκριµένο άτοµο να κάνει αναφορά στα συµµεταβαλλόµενα δεδοµένα που του παρουσιάζονταν, ενώ για να κωδικοποιηθεί µια απάντηση ως “υποστηριζόµενη από θεωρίες” θα έπρεπε το άτοµο να κάνει αναφορά σε προηγούµενες γνώσεις του ή στις απόψεις των επιστηµόνων για τη σχέση των δύο µεταβλητών.

Σε ένα από τα προβλήματα των ερευνών της Kuhn κ.ά. (1988), οι ερευνητές παρουσίαζαν στα υποκείμενα (έκτης τάξης, ενάτης τάξης και ενήλικες) ένα υποθετικό σενάριο, σύμφωνα με το οποίο το είδος του φαγητού που έτρωγαν τα παιδιά ενός σχολείου επηρέαζε την ευαισθησία τους στην εμφάνιση κρυολογήματος. Από μια αρχική συνέντευξη με το κάθε υποκείμενο, ο ερευνητής σημείωνε δύο μεταβλητές (είδος τροφής) που το υποκείμενο πίστευε ότι είχαν αιτιώδη σχέση με την εμφάνιση κρυολογήματος, για παράδειγμα, είδος πατάτας (τηγανητή ή ψητή) και είδος δημητριακών (δημητριακά με σοκολάτα ή φυσικά δημητριακά), και δύο μεταβλητές που το υποκείμενο πίστευε ότι δε θα επηρέαζαν την πιθανότητα εμφάνισης κρυολογήματος (π.χ., είδος χυμού) και επομένως δεν είχαν αιτιώδη σχέση με το αποτέλεσμα. Στη συνέχεια, η ιδέα του υποκειμένου για μια αιτιώδη μεταβλητή (π.χ., είδος πατάτας) και μια μη αιτιώδη μεταβλητή (π.χ., είδος χυμού) επιβεβαιώνονταν με μια σειρά δεδομένων που τους παρουσιάζονταν, ενώ οι ιδέες τους για τη δεύτερη αιτιώδη μεταβλητή και τη δεύτερη μη αιτιώδη μεταβλητή απορρίπτονταν από δεδομένα που τους παρουσιάζονταν.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η επιβεβαίωση και η απόρριψη γινόταν με παρουσίαση μιας σειράς δεδομένων, όπου η μεταβλητή (είδος τροφής) παρουσίαζε ή δεν παρουσίαζε συμμεταβολή με το αποτέλεσμα (εμφάνιση κρυολογήματος). Έτσι, για παράδειγμα, στις περιπτώσεις των δεδομένων που οδηγούσαν σε απόρριψη της υπόθεσης, αν το υποκείμενο πίστευε ότι το γλυκό σοκολάτας πάρα το γλυκό καρότου σχετίζεται με την εμφάνιση κρυολογήματος οι ερευνητές του παρουσίαζαν δεδομένα στα οποία τα παιδιά του υποθετικού σχολείου που έφαγαν γλυκό καρότου εμφάνισαν στο ίδιο ποσοστό κρυολόγημα με τα παιδιά που έφαγαν κέικ σοκολάτας. Αφού οι ερευνητές παρουσίαζαν στα υποκείμενα τη σειρά των γραφικών δεδομένων, ζητούσαν από τα παιδιά να εξηγήσουν πώς τα δεδομένα έδειχναν ότι μια συγκεκριμένη

μεταβλητή επηρέαζε την εμφάνιση κρυολογήματος και να υποστηρίξουν ποια/ποιες από τις αρχικές τους υποθέσεις ήταν σωστή/σωστές. Οι αιτιολογήσεις που έδιναν τα υποκείμενα στις διάφορες απαντήσεις τους στηρίζονταν, είτε στα δεδομένα που τους παρουσίαζαν οι ερευνητές είτε στις προηγούμενες ιδέες και θεωρίες τους, και κωδικοποιούνταν ανάλογα στις δύο κατηγορίες: “υποστηριζόμενες από δεδομένα” και “υποστηριζόμενες από θεωρίες.”

Σε ένα άλλο πρόβλημα, τα υποκείμενα καλούνταν να καθορίσουν τι ήταν αυτό που έκανε μερικές μπάλες να αναπηδούν ψηλότερα από άλλες μπάλες και επομένως, να είναι πιο κατάλληλες για το τένις. Τα υποκείμενα είχαν στη διάθεσή τους πραγματικές μπάλες που διέφεραν ως προς τέσσερις μεταβλητές (χρώμα, μέγεθος, κατασκευή και είδος επιφάνειας). Το κάθε υποκείμενο επέλεγε μια από τις τέσσερις μεταβλητές, που κατά τη γνώμη του θα είχε τη μεγαλύτερη επίδραση στην αναπήδηση της μπάλας και μια από τις τέσσερις μεταβλητές που θα είχε τη μικρότερη ή καθόλου επίδραση στο αποτέλεσμα. Σε μια από τις εργασίες, τα υποκείμενα έπρεπε να παρουσιάσουν δεδομένα που θα υποστήριζαν τη δική τους θεωρία και δεδομένα που θα υποστήριζαν μια αντίθετη θεωρία, ενός υποθετικού προσώπου. Τα δεδομένα αυτά σχετίζονταν με μεταβλητές που επηρέαζαν ή όχι την αναπήδηση της μπάλας. Για να το κάνουν αυτό, τα υποκείμενα κλήθηκαν να χωρίσουν το σύνολο των μπαλών που τους δόθηκαν σε δύο καλάθια, στο καλάθι με τις μπάλες για “καλό σέρβις” και στο καλάθι με τις μπάλες για “κακό σέρβις,” για να δείξουν πώς οι παράγοντες συμμεταβάλλονταν για κάθε μια από τις θεωρίες, ξεχωριστά. Επιπρόσθετα, τα υποκείμενα έπρεπε να επιχειρηματολογήσουν για την τοποθέτηση των μπαλών στα δύο καλάθια. Σε ένα άλλο μέρος του προβλήματος, οι ερευνητές παρουσίαζαν στα μισά υποκείμενα τις δύο μεταβλητές (τη μια με τη μεγαλύτερη πιθανότητα και την άλλη με τη μικρότερη πιθανότητα αιτιώδους σχέσης με το αποτέλεσμα), να

συμμεταβάλλονται με το αποτέλεσμα και στα άλλα μισά υποκείμενα να μη συμμεταβάλλονται με το αποτέλεσμα και ζητούσαν από τα υποκείμενα να δικαιολογήσουν τα δεδομένα. Οι απαντήσεις τους κωδικοποιήθηκαν στις δύο κατηγορίες: “υποστηριζόμενες από δεδομένα” και “υποστηριζόμενες από θεωρίες.”

Το πιο σημαντικό συμπέρασμα που σημειώνεται μέσα από τη σειρά ερευνών που παρουσίασε η Kuhn με τους συνεργάτες της (Kuhn κ.ά., 1988), είναι η αδυναμία των υποκειμένων, ανεξαρτήτου ηλικίας, να συντονίσουν τη θεωρία με τα δεδομένα. Παρόλες τις εξελικτικές διαφορές που σημειώνονται, οι δεξιότητες αυτές δεν αναπτύσσονται σε βέλτιστο επίπεδο ούτε ανάμεσα στους ενήλικες. Για παράδειγμα, στο πρόβλημα με τα διάφορα είδη φαγητών και τη σύνδεσή τους με την ευαισθησία κρυολογήματος, πολλές απαντήσεις των υποκειμένων δεν έκαναν καμιά αναφορά στα δεδομένα, αλλά δικαιολογούσαν τις απαντήσεις με διάφορους άλλους τρόπους, όπως ο μηχανισμός που συνδέει την αιτία με το αποτέλεσμα. Παράδειγμα ενός τέτοιου μηχανισμού είναι και η απάντηση ενός υποκειμένου που υποστήριξε ότι ο τύπος του γλυκού δημιουργεί τη διαφορά: “Το γλυκό καρότου είναι φτιαγμένο με καρότα και το γλυκό σοκολάτας είναι φτιαγμένο με πολλή ζάχαρη. Αλλά και το γλυκό καρότου έχει ζάχαρη, αλλά πολύ λιγότερη. Λιγότερη ζάχαρη σημαίνει ότι η πίεση του αίματος δεν ανεβαίνει. Αυτό κάνει τη διαφορά” (Kuhn κ.ά., 1988, σελ.78-79). Ακόμα και στις περιπτώσεις που οι ερευνητές ζητούσαν άμεσα όπως τα υποκείμενα δίνουν απαντήσεις που να στηρίζονται αποκλειστικά στα δεδομένα, τα υποκείμενα εξακολουθούσαν, αν και σε μικρότερο βαθμό, να επηρεάζονται από τις αρχικές τους ιδέες και να δικαιολογούν τις απαντήσεις τους με δικές τους θεωρίες.

Σύμφωνα με τους Kuhn κ.ά. (1988), η αδυναμία των ατόμων να διακρίνουν τα δεδομένα από τις θεωρίες αντανακλάται στην αδυναμία τους να εξετάσουν και να αποκλείσουν εναλλακτικές υποθέσεις. Για παράδειγμα, στο πρόβλημα με τις μπάλες,

ένα υποκείμενο, που είχε προηγουμένως αναγνωρίσει την κατασκευή της μπάλας ως τη μεταβλητή που επηρεάζει την αναπήδηση της και το χρώμα της μπάλας ως τη μεταβλητή που δεν έχει καμιά επίδραση στο αποτέλεσμα, όταν του παρουσιάστηκαν δεδομένα στα οποία η κατασκευή αλλά και το χρώμα συµμεταβάλλονταν µε το αποτέλεσµα, τότε το υποκείμενο αναγνώρισε το δοµικό υλικό ως την αιτία και αγνόησε το χρώµα. Σύμφωνα µε τους ερευνητές (Kuhn κ.ά., 1988), το υποκείμενο δεν αντιλήφθηκε ότι, όταν και το δοµικό υλικό και το χρώµα παρουσίαζαν συµμεταβολή µε το αποτέλεσµα, αυτό είχε ως συνέπεια η πραγµατική αιτιώδης µεταβλητή να µην µπορεί να καθοριστεί. Επιπλέον, τα υποκείμενα παρουσίαζαν µικρότερη δυσκολία να χρησιµοποιήσουν τα συµμεταβαλλόµενα δεδοµένα, για να υποστηρίξουν την ορθότητα µιας αιτιώδους θεωρίας από το να χρησιµοποιήσουν µη συµμεταβαλλόµενα δεδοµένα, για να υποστηρίξουν ότι η αιτιώδης θεωρία ήταν λανθασµένη.

Η Kuhn µε τους συνεργάτες της (Kuhn, κ.ά., 1988), κατέληξαν, επίσης, στο συµπέρασµα ότι τα υποκείμενα χρησιµοποιούσαν διάφορες στρατηγικές, για να διατηρούν τη θεωρία µε τα αποτελέσµατα σε συµφωνία, ακόµα και στις περιπτώσεις που υπήρχε ασυµφωνία µεταξύ δεδοµένων και θεωρίας. Μια στρατηγική ήταν να αγνοούν ή να προσαρµόζουν τα δεδοµένα που ήταν ασύµφωνα µε τη δική τους θεωρία, ώστε να συµφωνούν µε τις θεωρίες και τα πιστεύω τους τονίζοντας, για παράδειγµα, τις περιπτώσεις που η µουστάρδα παρουσιάζει συµμεταβολή µε το κρυολόγηµα και αγνοώντας τις αντίστοιχες περιπτώσεις που δεν παρουσιάζοταν συµμεταβολή. Η δεύτερη στρατηγική αφορά την προσαρµογή της θεωρίας, ώστε να συµφωνεί µε τα δεδοµένα. Αυτή η στρατηγική φαίνεται απόλυτα λογική, αλλά το αξιοσηµείωτο βρίσκεται στο ότι τα υποκείμενα συχνά δεν αντιλαµβάνονταν ότι τροποποιούσαν τη θεωρία τους. Έτσι, όταν τους ζητήθηκε να ανακαλέσουν την αρχική

τους θεωρία τα υποκείμενα συχνά ανέφεραν μια θεωρία σύμφωνη με τα δεδομένα και όχι τη δική τους αρχική θεωρία, όπως την είχαν διατυπώσει αρχικά.

Μεταγενέστερες έρευνες (Kuhn, 1995. Kuhn, Schauble, & Garcia-Mila, 1992. Schauble, 1990) εισηγούνται ότι, με επαρκή εξάσκηση, τα παιδιά είναι ικανά να αξιολογούν δεδομένα ανεξάρτητα από τις ιδέες και θεωρίες τους. Τέτοιες μικρογενετικές έρευνες έδειξαν ότι, μετά από μερικές εβδομάδες ενασχόλησης με τις δεξιότητες αυτές, τα παιδιά είναι πιο πιθανόν να ερμηνεύουν σωστά τα δεδομένα σε σχέση με τις αιτιώδεις υποθέσεις. Παρόλα αυτά, τα παιδιά είχαν περισσότερες δυσκολίες να αξιολογούν δεδομένα παρά οι ενήλικες, οι οποίοι με την πρακτική, ανέπτυξαν γρήγορα τις δεξιότητες αξιολόγησης δεδομένων και δεξιότητες συντονισμού θεωρίας και δεδομένων, παρά τα παιδιά (Kuhn, 1995. Schauble & Glaser, 1990).

Κριτική στις Έρευνες της Kuhn

Η προσπάθεια της Kuhn και των συνεργατών της επικρίθηκε έντονα τόσο για το μεθοδολογικό όσο και για το εννοιολογικό υπόβαθρό της (Amsel & Brook, 1996. Koslowski, 1996. Ruffman, Perner, Olson, & Doherty, 1993. Sodian, Zaitchik, & Carey, 1991), με κυριότερη κριτική αυτή της Koslowski (1996). Τα κύρια σημεία αυτής της κριτικής αφορούν την πολυπλοκότητα των έργων που χρησιμοποίησε η Kuhn, τον τρόπο κωδικοποίησης των δεδομένων και την αληθοφάνεια των παραγόντων που εξετάζονταν.

Οι Sodian κ.ά. (1991) στην κριτική τους υποστήριξαν ότι τα προβλήματα τα οποία χρησιμοποίησαν οι Kuhn κ.ά. (1988) υποτίμησαν την ικανότητα των παιδιών να διακρίνουν τα δεδομένα από τις θεωρίες, επειδή: 1) χρησιμοποίησαν πλαίσια στα οποία τα παιδιά είχαν ισχυρά εδραιωμένες ιδέες και θεωρίες και ήταν σίγουρο ότι η

αναθεώρηση τέτοιων ιδεών ήταν πολύ πιο δύσκολη από τη διαμόρφωση νέων θεωριών με απουσία προϋπάρχουσων ιδεών ή με μη παγιωμένες προϋπάρχουσες ιδέες και 2) χρησιμοποίησαν πολύπλοκα προβλήματα.

Τα σημεία αυτής της κριτικής στηρίζονται σε έρευνα που παρουσίασαν οι Sodian κ.ά. (1991). Συγκεκριμένα η έρευνα των Sodian κ.ά. (1991), διερεύνησε την ικανότητα των παιδιών να κατανοούν συµμεταβαλλόμενα δεδομένα. Σε ένα από τα προβλήματα, οι ερευνητές χρησιμοποιούσαν το εξής σενάριο: Ένα παιδί εξέταζε αν το μέγεθος της ρακέτας του τένις ή το υλικό από το οποίο ήταν φτιαγμένη επηρέαζε την ποιότητα του σέρβις που μπορούσε να γίνει με τη συγκεκριμένη ρακέτα. Για την εξέταση αυτή, ο υποθετικός χαρακτήρας της ιστορίας εκτέλεσε ένα πείραμα στο οποίο οι φίλοι του έκαναν σέρβις με ρακέτες που διέφεραν είτε ως προς το μέγεθος (χωρίς να μεταβάλλεται το υλικό), είτε ως προς το υλικό (χωρίς να μεταβάλλεται το μέγεθος), ενώ υπήρχε ένας κριτής ο οποίος βαθμολογούσε τις προσπάθειες. Τα υποκείμενα καλούνταν να κατανοήσουν πώς τα δεδομένα υποστήριζαν την υπόθεση, ότι το μέγεθος της ρακέτας επηρέαζε την ποιότητα του σέρβις, παρατηρώντας τον τρόπο με τον οποίο ο πιθανός αιτιώδης παράγοντας (μέγεθος ή υλικό κατασκευής της ρακέτας) μεταβαλλόταν με το αποτέλεσμα (ποιότητα του σέρβις). Οι ερευνητές ζήτησαν από τα υποκείμενα να δικαιολογήσουν, γιατί τα δεδομένα ευνοούσαν τη μια από τις δύο υποθέσεις και απέρριπταν την άλλη. Περισσότερα από τα μισά παιδιά 8 χρονών και σχεδόν όλα τα παιδιά 11 χρονών ήταν σε θέση να δώσουν και να δικαιολογήσουν την ορθή εξήγηση.

Οι Ruffman κ.ά. (1993), χρησιμοποίησαν ένα απλουστευμένο πρόβλημα, για να αξιολογήσουν το επιχείρημα των Kuhn κ.ά., (1988), σχετικά με την αδυναμία των παιδιών να αξιολογούν τα δεδομένα ανεξάρτητα από τις προηγούμενες γνώσεις τους. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι ακόμα και παιδιά 5 χρονών ήταν σε θέση να

υποστηρίζουν ότι δύο διαφορετικά πρόσωπα θα οδηγούνταν σε διαφορετικά συμπεράσματα σχετικά με την αιτιώδη σχέση μιας μεταβλητής (είδος φαγητού) με το αποτέλεσμα (απώλεια δοντιών), αν στο κάθε άτομο παρουσιάζονταν διαφορετικά δεδομένα όσον αφορά τη σχέση των δύο μεταβλητών. Επιπλέον, αφού τα παιδιά πληροφορούνταν ότι μόνο στο ένα άτομο παρουσιάζονταν τα “σωστά” δεδομένα, ήταν ικανά να ερμηνεύσουν τα “λανθασμένα” δεδομένα που παρουσιάζονταν στο δεύτερο άτομο, παρόλο που τα δεδομένα αυτά συγκρούονταν με την υπόθεση που τα παιδιά θεωρούσαν σωστή.

Οι Ruffman κ.ά. (1993) επέκτειναν την έρευνά τους, εξετάζοντας αν παιδιά 4-7 χρονών ήταν σε θέση να καταλάβουν τις προβλεπτικές ικανότητες των υποθέσεων που διατυπώνονταν με βάση συμμεταβαλλόμενα δεδομένα. Ζητήθηκε από τα παιδιά να αξιολογήσουν δεδομένα και στη συνέχεια να διατυπώσουν μια υπόθεση για τα χαρακτηριστικά μιας ρακέτας τένις που συμβάλουν σε ένα καλό σέρβις. Στη συνέχεια καλούνταν να αποφασίσουν ποια ρακέτα θα αγόραζαν και πόσο καλό θα ήταν το επόμενο σέρβις με τη νέα ρακέτα. Τα αποτελέσματα ήταν συνεπή με την ιδέα ότι τα παιδιά στην ηλικία των 7 χρόνων μπορούν να κατανοήσουν ότι μια υπόθεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διατύπωση προβλέψεων.

Εξασκώντας κριτική στους Kuhn κ.ά. (1988), οι Ruffman κ.ά. (1993) εξήγησαν ότι στα προβλήματα που χρησιμοποιούσαν η Kuhn και οι συνεργάτες της, οι διάφοροι παράγοντες οι οποίοι παρουσίαζαν συμμεταβολή με το αποτέλεσμα δεν ήταν ισότιμα αληθοφανείς. Τα υποκείμενα αντιμετώπιζαν επομένως δυσκολίες, αφού η σωστή απάντηση προσδιοριζόταν με βάση τα συμμεταβαλλόμενα δεδομένα και όχι την αληθοφάνεια των υποθέσεων. Για να αποφύγουν αυτό το πρόβλημα, οι Ruffman κ.ά. (1993) χρησιμοποίησαν προβλήματα, όπου όλοι οι παράγοντες ήταν ισότιμα αληθοφανείς και τα υποκείμενα δεν είχαν προηγούμενα πιστεύω και ιδέες σχετικά με

αυτούς, αφού, όπως υποστήριζαν η αναθεώρηση προηγούμενων ιδεών των υποκειμένων είναι πιο δύσκολη από τη διατύπωση νέων θεωριών, όταν δεν υπάρχουν προηγούμενες σχετικές ιδέες.

Οι Amsel και Brock (1996) μελέτησαν τις εξελικτικές διαφορές στις δεξιότητες αξιολόγησης δεδομένων παρουσιάζοντας σε παιδιά τρίτης, έκτης και έβδομης τάξης, καθώς και σε φοιτητές κολεγίου, αλλά και ενήλικες χωρίς κολεγιακή μόρφωση, τέσσερις ομάδες δεδομένων που αναπαριστούσαν την καλλιέργεια φυτών από τέσσερα άτομα. Οι ομάδες δεδομένων παρουσίαζαν τέλεια ή μηδενική συσχέτιση ανάμεσα στην υγεία των φυτών και την παρουσία ή απουσία μιας μεταβλητής. Οι συμμετέχοντες πίστευαν ότι η μεταβλητή είχε αιτιώδη επίδραση στην υγεία των φυτών ή ότι η μεταβλητή δεν είχε αιτιώδη σχέση με το αποτέλεσμα. Σκοπός τους ήταν να εξετάσουν αν τα υποκείμενα ήταν σε θέση να αξιολογήσουν συμμεταβαλλόμενα δεδομένα, ανεξάρτητα από τις προηγούμενες τους γνώσεις. Αντίθετα με τους Ruffman κ.ά. (1993), οι οποίοι προσπάθησαν να μηδενίσουν την επίδραση των προηγούμενων γνώσεων, οι Amsel και Brock (1996), συμπεριέλαβαν στο δείγμα τους μόνο υποκείμενα που είχαν ισχυρές προηγούμενες ιδέες και πιστεύω για τις μεταβλητές.

Τα υποκείμενα χωρίστηκαν σε 4 ομάδες, την ομάδα ελέγχου και τρεις πειραματικές ομάδες. Στην ομάδα ελέγχου παρουσιαζόταν ένας πίνακας ενδεχομένων με τέσσερις περιπτώσεις που παρουσίαζαν τέλεια ή μηδενική συμμεταβολή, όσον αφορά μια μεταβλητή- παράγοντα. Σε κάθε μια από τις τρεις πειραματικές ομάδες, η ομάδα των δεδομένων που παρουσιαζόταν περιείχε ελλείπουσες περιπτώσεις ως προς τη θεωρούμενη αιτιώδη μεταβλητή, ως προς το αποτέλεσμα ή ως προς και τις δύο περιπτώσεις, αντίστοιχα. Οι Amsel και Brock (1996), θεώρησαν ότι, αν τα υποκείμενα έκριναν τις σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές ανεξάρτητα από τις προηγούμενες ιδέες τους, τότε οι απαντήσεις στην πειραματική ομάδα, καθώς και στις

ομάδες ελέγχου θα ήταν οι ίδιες. Ότι δηλαδή τα υποκείμενα θα αγνοούσαν τα άσχετα δεδομένα. Αν όμως χρησιμοποιούσαν τις προηγούμενες ιδέες τους για να απαντήσουν, τότε θα προσπαθούσαν να εξηγήσουν τα ελλείποντα δεδομένα, θεωρώντας τις μεταβλητές συνεπείς με τις προηγούμενες ιδέες τους. Τέλος, αν τα υποκείμενα έκριναν τα δεδομένα με νεοσχηματιζόμενες ιδέες, τότε οι απαντήσεις θα ήταν συνεπείς με τις νέες ιδέες και τις σχέσεις ανάμεσα στα δεδομένα (αιτιώδεις με τα συμμεταβαλλόμενα δεδομένα και μη αιτιώδεις με τα μη συμμεταβαλλόμενα).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ομάδες των παιδιών επηρεάζονταν σε μεγαλύτερο βαθμό από τις προηγούμενες ιδέες τους και τα ελλείποντα δεδομένα, παρά οι ενήλικες και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική. Υπήρχαν επίσης στατιστικά σημαντικές εξελικτικές διαφορές, αλλά και διαφορές επιπέδου μόρφωσης στην τάση των υποκειμένων να δικαιολογούν τις απαντήσεις τους με βάση τα δεδομένα. Όταν τα δεδομένα ήταν αντίθετα με τις προηγούμενες γνώσεις των υποκειμένων, τα παιδιά και των τριών τάξεων είχαν την τάση να εκφράζουν τις κρίσεις τους με βάση τις προηγούμενες ιδέες και όχι τα δεδομένα. Όταν, όμως, τους παρουσιάζονταν δεδομένα σύμφωνα με τις προηγούμενες γνώσεις τους, όλες οι ομάδες των υποκειμένων έδιναν παρόμοιες απαντήσεις.

Κριτική της Koslowski (1996). Σε όλες τις κριτικές προς τις έρευνες της Kuhn και των συνεργατών της (Kuhn κ.ά., 1988. Kuhn, 1989. Kuhn κ.ά., 1991), ξεχωριστή θέση κατέχει η κριτική που εξάσκησε η Koslowski (1996). Η κριτική της Koslowski επικεντρώθηκε σε δύο σημεία: Πρώτο, στη χρήση της συμμεταβολής ως συνώνυμο της αιτιώδους σχέσης και δεύτερο, στην υποτίμηση των απαντήσεων των υποκειμένων που ήταν βασισμένες σε θεωρία παρά σε δεδομένα.

Στις έρευνες της Kuhn και των συνεργατών της καθώς και σε άλλες έρευνες στις οποίες έγινε αναφορά (Amsel & Brock, 1996. Ruffman κ.ά., 1993. Sodian κ.ά., 1991), χρησιμοποιήθηκε μια προσέγγιση στην οποία οι αιτιώδεις σχέσεις ορίζονταν λειτουργικά με όρους της συµµεταβολής. Αυτό στηρίζεται, σύµφωνα με την Koslowski (1996), στην ιδέα των θετικιστικών φιλοσόφων και εμπειριστών, µε κυριότερο εκφραστή τους τον David Hume (17^{ος} αιώνας). Σύµφωνα µε την άποψη αυτή, η αιτιότητα είναι συνώνυµη µε τη συµµεταβολή και η αναγνώριση των αιτιών γίνεται µε προσδιορισµό των γεγονότων που συµµεταβάλλονται µε το αποτέλεσµα. Όµως, η συµµεταβολή είναι απαραίτητη, αλλά όχι ικανή συνθήκη για την αιτιώδη σχέση δύο γεγονότων. Σε µια πραγµατική επιστηµονική πρακτική, οι επιστήµονες δε στηρίζονται στη συµµεταβολή για να εντοπίσουν τις αιτιώδεις σχέσεις ανάµεσα στις µεταβλητές, αλλά ενδιαφέρονται και για τους αιτιώδεις µηχανισµούς ή διαφορετικά τις διαδικασίες που δείχνουν πώς µια αιτία επιδρά πάνω σε έναν αποτέλεσµα. Ζούµε σε ένα κόσµο γεµάτο από συσχετίσεις και µόνο η µελέτη των αιτιωδών µηχανισµών µας επιτρέπει να αποφασίσουµε ποιες από τις πολλές συσχετίσεις είναι αληθείς, ποιες ψευδείς και ποιες δεν είναι ψευδείς αλλά ούτε αιτιώδεις. Η µελέτη όµως των αιτιωδών µηχανισµών δεν είναι ανεξάρτητη από τη θεωρία, παρά στηρίζεται σε µεγάλο βαθµό στις προηγούµενες γνώσεις των ατόµων.

Όπως υποστηρίζει, όµως, η Koslowski (1996), η υπερβολική έµφαση που δίνουν οι ερευνητές που ασχολούνται µε τις ικανότητες συλλογισµού των ατόµων στην ιδέα αυτή των εμπειριστών οδηγεί σε µια παραποιηµένη εικόνα των ικανοτήτων συλλογισµού των παιδιών και των ενηλίκων. Η προσέγγιση αυτή οδηγεί σε µια παραποιηµένη εικόνα των ικανοτήτων συλλογισµού, γιατί ζητεί από τα άτοµα να εξετάσουν καταστάσεις και προβλήµατα που είναι θεωρητικά φτωχά. Τέτοιες καταστάσεις επιτρέπουν να εξεταστεί πώς τα άτοµα συλλογίζονται επιστηµονικά, όταν

οι εύλογες υποθέσεις για εξέταση του φαινομένου έχουν αποκλειστεί και δεν υπάρχει ούτε καν μια αόριστη θεωρία να καθοδηγήσει την περαιτέρω έρευνα. Εντούτοις, πολλές από τις πιο συναρπαστικές πλευρές του επιστημονικού συλλογισμού αναπτύσσονται μόνο όταν τα άτομα πρέπει και στηρίζονται σε θεωρίες ή μηχανισμούς.

Επιπρόσθετα, η προσέγγιση που στηρίζεται στις ιδέες των εμπειριστών οδηγεί σε μια παραποιημένη εικόνα των ικανοτήτων επιστημονικού συλλογισμού, γιατί απαιτεί από τα άτομα να κρίνουν καταστάσεις που είναι πλούσιες θεωρητικά, παραμερίζοντας και αγνοώντας τη θεωρία και τους μηχανισμούς τους και στηριζόμενοι αποκλειστικά στις πληροφορίες που τους δίνονται με τη μορφή των συμμεταβαλλόμενων γεγονότων. Όταν τα άτομα, στις έρευνες των Kuhn κ.ά. (1988), στηρίζονταν στις θεωρίες τους, αλλά και στα συμμεταβαλλόμενα γεγονότα για να στηρίξουν τις απαντήσεις τους, τότε ο συλλογισμός τους θεωρούνταν ως μη επιστημονικός και λανθασμένος (Koslowski & Masnick, 2002). Η Kuhn και οι συνεργάτες της χειρίζονταν τις θεωρίες και τους μηχανισμούς ως τελείως ανεξάρτητα μεταξύ τους και κατώτερα των συμμεταβαλλόμενων γεγονότων. Σύμφωνα, όμως με την Koslowski (1996, Koslowski & Masnick, 2002), η προσέγγιση που ακολουθούσαν τα υποκείμενα όχι μόνο δεν ήταν λανθασμένη, αλλά ήταν επιστημονικά θεμιτή, αφού, σύμφωνα με την ορθολογιστική επιστήμη, τα δεδομένα που προκύπτουν από σχέσεις συμμεταβολής λαμβάνονται υπόψη μόνο όταν στηρίζονται σε ένα μηχανισμό ή μια θεωρία.

Η Koslowski (1996) υποστήριξε επίσης ότι, ούτε η θεωρία ούτε τα δεδομένα μπορούν από μόνα τους να οδηγήσουν σε επιστημονική επιτυχία. Το κάθε ένα πρέπει να αξιολογείται στο πλαίσιο του άλλου και να περιορίζεται από το άλλο. Δηλαδή, η επιστήμη απαιτεί οι μηχανισμοί και τα συμμεταβαλλόμενα δεδομένα να θεωρούνται αλληλεξαρτώμενα. Για να υποστηρίξει κανείς ότι τα άτομα στηρίζονται στις θεωρίες

και στους μηχανισμούς, πρέπει να δείξει ότι τα άτομα, όταν αξιολογούν δεδομένα στηρίζονται σε θεωρητικούς παράγοντες με μεθοδολογικά θεμιτό τρόπο.

Για να υποστηρίξει τα επιχειρήματά της, η Koslowski (1996) παρουσίασε μια σειρά από πειράματα. Έδινε στους συμμετέχοντες μια προβληματική κατάσταση στην οποία ένα πρόσωπο προσπαθούσε να αποφασίσει αν ένας παράγοντας (π.χ., εισαγωγή προσθετικών ουσιών στη βενζίνη) είχε αιτιώδη σχέση με το αποτέλεσμα (περισσότερα χιλιόμετρα ανά γαλόνι βενζίνης). Στη συνέχεια τους παρουσιάζονταν είτε δεδομένα που έδειχναν τέλεια συμμεταβολή ανάμεσα σε δύο μεταβλητές ή μερική συμμεταβολή. Η τέλεια συμμεταβολή θεωρήθηκε από τα υποκείμενα ότι ήταν πιο πιθανόν να υποδηλώνει αιτιώδη σχέση, παρά η μερική συμμεταβολή. Κατόπιν, οι συμμετέχοντες πληροφορούνταν ότι διάφοροι εύλογοι μηχανισμοί είχαν αποκλειστεί (π.χ., τα προσθετικά δεν καίγονται πιο αποτελεσματικά). Όταν ζητήθηκε από τα υποκείμενα να αξιολογήσουν και πάλι κατά πόσον ήταν πιθανόν οι δύο παράγοντες να έχουν σχέση αιτίας-αποτελέσματος, πολύ μικρότερος αριθμός υποκειμένων υποστήριξε την αιτιώδη σχέση, είτε ανήκαν στην ομάδα της τέλει συμμεταβολής είτε στην ομάδα της μερικής συμμεταβολής. Επιπλέον, σε κάποια άλλα πειράματα, η Koslowski (1996), υποστήριξε ότι όταν είναι παρών ένας μηχανισμός ο οποίος μπορεί να εξηγήσει πώς μια πιθανή αιτία μπορεί να προκαλέσει ένα αποτέλεσμα, τότε η παρουσία του μηχανισμού θα αναδείξει μια πιθανή αιτία ως εύλογη, παρόλο που αρχικά θεωρήθηκε ως απίθανη.

Η Koslowski (1996) προσπάθησε επίσης να εξετάσει κατά πόσον αυτόβουλα τα υποκείμενα θα χρησιμοποιούσαν πληροφορίες σχετικές με αιτιώδεις μηχανισμούς, αν το πρόβλημα δεν έκανε καμιά σχετική νύξη. Παρουσίαζε στα υποκείμενα (έκτης τάξης, ενάτης τάξης και ενήλικες) μια ιστορία στην οποία ένα πρόσωπο προσπαθούσε να απαντήσει στο ερώτημα, κατά πόσον η παρουσία των γονιών στο νοσοκομείο

οδηγούσε σε γρηγορότερη ανάρρωση των παιδιών. Τα υποκείμενα καλούνταν να περιγράψουν τι είδος πληροφορίες θα ήταν χρήσιμες για να απαντήσουν σε αυτό το ερώτημα. Σχεδόν όλα τα υποκείμενα έδειξαν να ασχολούνται με αιτιώδεις μηχανισμούς. Παρόλο που τα μικρότερα παιδιά ήταν λιγότερο πιθανόν να διατυπώσουν πολλαπλές υποθέσεις, όλες οι ομάδες των υποκειμένων πρότειναν μια ποικιλία κατάλληλων ελέγχων.

Συμπερασματικά, η σειρά των πειραμάτων που εκτέλεσε η Koslowski (1996), καθώς και άλλες έρευνες σχετικές με τους αιτιώδεις σχέσεις και τους μηχανισμούς της σκέψης (Shultz κ.ά., 1986. Shultz & Gopnick, 2004), υποστηρίζουν την ιδέα ότι τα παιδιά, καθώς και οι ενήλικες, κατέχουν πλούσιες αιτιώδεις θεωρίες για καθημερινά, αλλά και επιστημονικά φαινόμενα, που περιλαμβάνουν πληροφορίες για αιτιώδεις σχέσεις και θεωρητικά προσανατολισμένους αιτιώδεις μηχανισμούς. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι καμιά από τις κριτικές που έγιναν στην Kuhn, δεν αμφισβήτησαν τη σημασία του συντονισμού των θεωριών και των δεδομένων σε μια επιστημονική ανακάλυψη. Σε μια πρόσφατη έρευνα, οι Kuhn και Dean (2004), έκαναν σύγκριση των επικρατέστερων μοντέλων που εξηγούν τον επιστημονικό συλλογισμό και της βιβλιογραφίας σχετικά με τους αιτιώδεις μηχανισμούς. Στην έρευνά τους, ζήτησαν από παιδιά έκκτης τάξης και από ενήλικες να αξιολογήσουν δεδομένα που προέκυπταν από ένα πολυμεταβλητό σύστημα (παράγοντες που επηρέαζαν την ταχύτητα μιας βάρκας, όπως το σχήμα της βάρκας και το βάθος του νερού). Παρόλο που η θεωρία υποστηρίζει ότι τα άτομα κατέχουν ένα καθολικό σύνολο αιτιωδών κανόνων, οι Kuhn και Dean (2004) έδειξαν ότι υπήρχε διαφοροποίηση ανάμεσα στα άτομα και εξελικτικές διαφορές. Κατά τη διάρκεια της έρευνας, τόσο τα παιδιά όσο και οι ενήλικες άλλαξαν τις ιδέες τους σχετικά με τις αιτιώδεις σχέσεις ανάμεσα σε συγκεκριμένες μεταβλητές. Οι ενήλικες σχεδόν πάντοτε υποστήριζαν τις αιτιώδεις

σχέσεις τους βασιζόμενοι στα δεδομένα, ενώ τα παιδιά στηρίζονταν τόσο στα δεδομένα όσο και στις θεωρίες τους, για να υποστηρίξουν αιτιώδεις σχέσεις. Τα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με την άποψη που υποστηρίζει ότι οι αιτιώδεις σχέσεις που έχει στο μυαλό του ένα άτομο είναι καθολικές και δεν τροποποιούνται. Αντίθετα, η έρευνα αυτή έδειξε ότι όταν παρουσιάζονταν συγκρουόμενα δεδομένα, τότε τα άτομα άλλαζαν τις ιδέες τους σχετικά με την αιτιώδη σχέση των μεταβλητών.

Ολοκληρωμένες Ερευνητικές Προσεγγίσεις: Αυτοκατευθυνόμενος

Πειραματισμός

Οι Klahr και Dunbar (1988) ήταν οι πρώτοι που επιχείρησαν να εμπλέξουν τα άτομα σε όλες τις φάσεις μιας επιστημονικής διερεύνησης και παρουσίασαν την επιστημονική ανακάλυψη ως μια κυκλική και επαναλαμβανόμενη διαδικασία. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν την έρευνα των Klahr και Dunbar (1988), παρουσιάστηκε μια στροφή των ερευνητών προς έρευνες στις οποίες τα παιδιά, ή οι ενήλικες, λαμβάνουν μέρος και στις τρεις φάσεις μιας επιστημονικής διερεύνησης, που είναι η αναζήτηση στο χώρο των υποθέσεων, ο έλεγχος των υποθέσεων με πειραματισμό και ο συντονισμός των υποθέσεων και των πειραματικών δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι έρευνες αυτές ονομάζονται “έρευνες αυτοκατευθυνόμενου πειραματισμού” (Chen & Klahr, 1999. Schauble, 1990. 1996. Zimmerman, 2000)

Κατά τον αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό, τα άτομα εμπλέκονται και στις τρεις φάσεις της επιστημονικής δραστηριότητας και πραγματοποιείται διερεύνηση ενός πολυμεταβλητού αιτιατού συστήματος, όπου τα ίδια τα άτομα αρχίζουν και κατευθύνουν τις ενέργειές τους. Τα προβλήματα διερεύνησης σχετίζονται είτε με προβλήματα που χρησιμοποιούν ένα σύστημα φυσικής πραγματικότητας, όπως είναι το ρομπότ BigTrack (Klahr & Dunbar, 1988), είτε με ένα σύστημα προσομοίωσης

στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπως το μικρόκοσμο Daytona που αποτελεί διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ταχύτητα των αγωνιστικών αυτοκινήτων (Schauble, 1990), ή το Voltaville, ένα εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων στον υπολογιστή (Schauble κ.ά., 1992). Τα συστήματα αυτά ποικίλουν ως προς την πολυπλοκότητα από απλά (π.χ., ο μικρόκοσμος Daytona), μέχρι τα αρκετά πολύπλοκα, όπως τα συστήματα που σχετίζονται με τη μοριακή βιολογία (Dunbar, 1993. Okada & Simon, 1997).

Στις έρευνες αυτές, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν πολλές κοινές μεθόδους συλλογής των δεδομένων. Τυπικά υπήρχε ένα μέτρο της επιτυχίας, το οποίο σχετίζεται με τον αριθμό των υποκειμένων που ανακάλυψαν τη λειτουργία ενός συγκεκριμένου πλήκτρου σε προγραμματιζόμενο ρομπότ (Klahr κ.ά., 1993) ή με τον καθορισμό των αιτιωδών και μη αιτιωδών παραγόντων σε ένα προσομοιωμένο εργαστήριο (Schauble κ.ά., 1990), ή τον αριθμό των παιδιών που εντόπισαν το γενικό και τον “εικονικό” διακόπτη στο κρυμμένο κύκλωμα μιας συσκευής (Valanides & Papageorgiou, 2001. 2003. 2006. Παπαγεωργίου & Βαλανίδης, 2002). Αρκετές άλλες έρευνες ασχολήθηκαν, επίσης, με την απόκτηση γνώσεων, αξιολογώντας είτε την κατανόηση είτε την απόκτηση των γνώσεων αυτών. Σύντομη αναφορά σε επιλεγμένες έρευνες θα επιχειρηθεί στη συνέχεια.

Μικρογενετικές Έρευνες

Ένα κοινό γνώρισμα μερικών ερευνών αυτοκατευθυνόμενου πειραματισμού είναι η χρήση της μικρογενετικής μεθόδου (microgenetic method). Οι έρευνες αυτές (Kuhn κ.ά., 1995. Schauble, 1990. Schauble, 1996) περιλαμβάνουν την επαναλαμβανόμενη ενασχόληση των υποκειμένων με το περιβάλλον του προβλήματος, που συχνά διαρκεί και αρκετές εβδομάδες. Η συλλογιστική της

μικρογενετικής μεθόδου σε μια έρευνα επιστημονικού συλλογισμού περιστρέφεται γύρω από την ιδέα ότι αν δώσεις στα υποκείμενα επανειλημμένες ευκαιρίες να ασχοληθούν με κάποιες στρατηγικές, τότε μόνο οι στρατηγικές μπορεί να εκδηλωθούν, από τουλάχιστον μερικούς συμμετέχοντες, επιτρέποντας παρατηρήσεις των συνθηκών κάτω από τις οποίες εμφανίζονται και εδραιώνονται (Schauble, 1996). Επιπλέον, η μικρογενετική μέθοδος διευκολύνει τις έρευνες που δίνουν σημασία στην αθροιστική μάθηση και είναι για αυτό περισσότερο αντιπροσωπευτικές του επιστημονικού συλλογισμού, παρά η λύση απλών προβλημάτων σε μια μόνο συνάντηση. Τέλος, σύμφωνα και πάλι με τη Schauble (1996), η μικρογενετική μέθοδος επιτρέπει τη μελέτη μεγαλύτερων κύκλων και πιο ολοκληρωμένων επεισοδίων συλλογισμού που συμπεριλαμβάνουν τη διατύπωση υποθέσεων, τον πειραματικό σχεδιασμό, την εκτέλεση πειραμάτων και τέλος την ερμηνεία των δεδομένων, που μπορεί να οδηγήσει σε αναθεώρηση των υποθέσεων.

Η μικρογενετική μέθοδος έχει τρία κύρια χαρακτηριστικά: 1) Οι γνώσεις των ατόμων αξιολογούνται πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από μια περίοδο έντονων παρεμβάσεων. 2) Η πυκνότητα των παρατηρήσεων είναι ισχυρά συνδεδεμένη με το ρυθμό της αλλαγής στην περίοδο αυτή. 3) Η παρατηρούμενη συμπεριφορά αναλύεται εντατικά, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αλλαγή των αναπαραστάσεων και τις διαδικασίες που προκαλούν, τόσο τις ποιοτικές όσο και τις ποσοτικές όψεις της αλλαγής (Siegler & Crowley, 1991. Siegler & Chen, 1998)

Η Schauble (1990) χρησιμοποίησε τη μικρογενετική μέθοδο για να εξετάσει τις ιδέες και τις στρατηγικές που χρησιμοποιούν παιδιά πέμπτης και έκτης τάξης (μέσο όρο ηλικίας 11 χρόνων και 10 μηνών) στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τη δομή ενός προσομοιωμένου συστήματος. Συγκεκριμένα, κάθε ένα από τα 22 παιδιά ερευνούσε σε 8 εβδομαδιαίες συναντήσεις το μικρόκοσμο Daytona, ένα μικρόκοσμο

με αυτοκίνητα αγώνων ταχύτητας, δηλαδή μια προσομοίωση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, εκτελώντας τρεις δραστηριότητες. Στην πρώτη δραστηριότητα, τα παιδιά σχεδίαζαν και “κατασκεύαζαν” 45 μοναδικά αγωνιστικά αυτοκίνητα που διέφεραν ως προς πέντε χαρακτηριστικά (μηχανή, πτερύγια, τροχοί, χρώμα και σιγαστήρας). Οι τρεις πρώτες μεταβλητές είχαν αιτιώδη σχέση με την ταχύτητα των αυτοκινήτων. Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές “μηχανή” και “πτερύγια” παρουσίαζαν γραμμική σχέση με την ταχύτητα και η μεταβλητή “τροχοί” σχετιζόταν με την ταχύτητα με μια μη γραμμική σχέση. Τα δύο άλλα χαρακτηριστικά (χρώμα και σιγαστήρας) δεν παρουσίαζαν καμιά σχέση με το αποτέλεσμα (ταχύτητα). Στη δεύτερη δραστηριότητα, τα υποκείμενα σχεδίαζαν πειράματα με τα οποία επεδίωκαν σύγκριση των ταχυτήτων μέχρι τριών αυτοκινήτων, με σκοπό να συλλέξουν δεδομένα για τη σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών σχεδιασμού των αυτοκινήτων και της ταχύτητάς τους. Στην τρίτη δραστηριότητα, τα παιδιά μπορούσαν να αποθηκεύσουν και να ανασκοπήσουν τα δεδομένα. Ατομικές συνεντεύξεις με όλα τα υποκείμενα προηγήθηκαν των διερευνήσεων με σκοπό να διαφανούν οι προηγούμενες ιδέες τους, όσον αφορά τη σχέση των χαρακτηριστικών κατασκευής των αυτοκινήτων και της ταχύτητάς τους. Στην τελευταία συνάντηση, τα υποκείμενα συμμετείχαν σε μια τελική ατομική συνέντευξη για τις ιδέες και τις θεωρίες τους, στην ίδια γραμμή με τις αρχικές συνεντεύξεις.

Με την ανάλυση των αποτελεσμάτων φάνηκε ότι όλα τα υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο. Κατανόησαν, όμως, πλήρως το περιεχόμενο του προβλήματος, μόνο όταν ήταν αντίθετο με τις προηγούμενες θεωρίες τους. Κατά τη διάρκεια του πειραματισμού δεν κατόρθωσαν να κάνουν τις σωστές συγκρίσεις και συχνά τα συμπεράσματά τους δεν ήταν έγκυρα. Οι διερευνητικές τους ικανότητες βελτιώθηκαν κατά τη διάρκεια των συναντήσεων, αλλά δεν κατόρθωσαν να αποσταθεροποιήσουν

τις αρχικές τους ιδέες. Τα παιδιά που χρησιμοποίησαν πιο έγκυρες στρατηγικές πειραματισμού κατόρθωσαν να αποκτήσουν πιο ολοκληρωμένη και σταθερή κατανόηση της δομής του μικρόκοσμου Daytona. Τα παιδιά αυτά αξιολογούσαν τόσο τα δεδομένα όσο και τις αναθεωρημένες θεωρίες τους και ήταν πιο επιρρεπή στο γεγονός ότι τα δεδομένα και οι θεωρίες τους ήταν πιθανό να είναι αμοιβαία δεσμευτικές.

Σε άλλη έρευνά της, η Schauble (1996), χρησιμοποιώντας και πάλι μικρογενετικό σχεδιασμό, μελέτησε την ανάπτυξη του επιστημονικού συλλογισμού 10 παιδιών πέμπτης και έκτης τάξης και 10 ενηλίκων χωρίς κολεγιακή μόρφωση. Τα υποκείμενα εμπλέκονταν στο σχεδιασμό και διεξαγωγή πειραμάτων για έξι ημίωρες συναντήσεις με σκοπό να διερευνήσουν την αιτιώδη δομή δύο φυσικών συστημάτων (τρεις συναντήσεις για κάθε πρόβλημα). Τα υποκείμενα σχεδίαζαν το πείραμά τους, έκαναν τις προβλέψεις για το αποτέλεσμα, εκτελούσαν το πείραμα, κατέγραφαν τα αποτελέσματά τους σε κάρτες που τους δίνονταν από τους ερευνητές και, στη συνέχεια, ερμήνευαν και αιτιολογούσαν τα αποτελέσματα.

Στο πρώτο πρόβλημα τα υποκείμενα σχεδίαζαν πειράματα προσπαθώντας να μεγιστοποιήσουν την ταχύτητα μιας βάρκας, που διένυε ένα κανάλι με νερό. Τα υποκείμενα μπορούσαν να μεταβάλουν το βάθος του καναλιού, το σχήμα, το βάρος και το μέγεθος της βάρκας. Το δεύτερο πρόβλημα ήταν μια διασκευή του κλασικού πειράματος με τη βύθιση ενός αντικειμένου που βρίσκεται πάνω σε ένα ελατήριο, μέσα σε ένα υγρό με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της δύναμης της άνωσης πάνω στα βυθιζόμενα αντικείμενα που διέφεραν ως προς τη μάζα και τον όγκο τους. Τα υποκείμενα εκτελούσαν πειράματα μεταβάλλοντας τη μάζα και τον όγκο των αντικειμένων και μετρώντας την επιμήκυνση του ελατηρίου σε τέσσερις θέσεις (έξω από το νερό, στην επιφάνεια, στη μέση του υγρού και στο βυθό). Τόσο τα παιδιά, όσο

και οι ενήλικες ανέφεραν ότι τα προβλήματα ήταν άγνωστα γι' αυτούς. Και στα δύο προβλήματα, παρόλο που τα αποτελέσματα των πειραμάτων ήταν άμεσα αντιληπτά, οι βασικές αιτίες, όπως η δύναμη της άωσης, η πίεση του νερού και ο στροβιλισμός δεν ήταν άμεσα αντιληπτά. Σε αυτά τα προβλήματα, τα υποκείμενα μπορούν να προχωρήσουν ανακαλύπτοντας σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές και στο αποτέλεσμα, παρατηρώντας τα συμμεταβαλλόμενα δεδομένα και αναζητώντας βασικούς αιτιώδεις μηχανισμούς.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, μετά την ενασχόληση των υποκειμένων με τα δύο προβλήματα, τα υποκείμενα και των δύο ομάδων παρουσίασαν βελτίωση στην κατανόηση του περιεχομένου των προβλημάτων, αλλά και στις στρατηγικές τους, σχετικά με την παραγωγή και την ερμηνεία των δεδομένων. Γενικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ενήλικες υπερτερούσαν των παιδιών. Επιπλέον μέσα από αυτή την έρευνα, φάνηκε ότι ούτε οι έγκυρες στρατηγικές, ούτε οι σωστές προϋπάρχουσες ιδέες μπορούν από μόνες τους να εγγυηθούν την επιτυχία σε αυτά τα πειράματα. Επομένως, η θεώρηση του πειραματισμού είτε ως μια διαδικασία ανεξάρτητη περιεχομένου είτε ως μάθηση συγκεκριμένου περιεχομένου υπεραπλουστεύει την πολυπλοκότητά του.

Στην ίδια γραμμή έρευνας, βρίσκονται και οι δύο έρευνες που παρουσίασαν οι Kuhn κ.ά. (1992) οι οποίες χρησιμοποίησαν τη μικρογενετική μέθοδο. Σκοπός των ερευνών αυτών ήταν να εξετάσουν γενικότερα τη φύση της ανάπτυξης του επιστημονικού συλλογισμού σε μια έρευνα αυτοκατευθυνόμενου πειραματισμού και, πιο συγκεκριμένα, να προσδιορίσουν τις στρατηγικές συλλογισμού που χρησιμοποιούν τα άτομα σε προβλήματα με διαφορετικό περιεχόμενο και να εξετάσουν την ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων σε διαφορετικά γνωστικά περιεχόμενα.

Στην πρώτη έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν παιδιά 10 χρόνων, τα οποία ενεπλάκησαν στη διερεύνηση δύο προβλημάτων για 9 βδομάδες. Το πρώτο πρόβλημα ήταν το πρόβλημα της ταχύτητας μιας βάρκας σε ένα κανάλι με νερό που χρησιμοποίησε και η Schauble (1996), που παρουσιάστηκε προηγουμένως, και το δεύτερο πρόβλημα ήταν το πρόβλημα με τον μικρόκοσμο Daytona (Schauble, 1990). Στην αρχή κάθε διερεύνησης, οι ερευνητές εξέταζαν τις αρχικές ιδέες των παιδιών σχετικά με το περιεχόμενο των δύο προβλημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά, στο σύνολό τους, σημείωσαν πρόοδο ως προς την κατανόησή τους για τη δομή των δύο συστημάτων. Πρόοδος σημειώθηκε επίσης και στις δεξιότητες διερεύνησης, οι οποίες φαίνονται να αναπτύσσονται παράλληλα και στα δύο προβλήματα, παρόλο που διαφέρουν ως προς το περιεχόμενό τους.

Οι Kuhn κ.ά. (1992) επέκτειναν την έρευνά τους, για να βεβαιωθούν ότι τα αποτελέσματα της πρώτης έρευνας σε σχέση με την παράλληλη πρόοδο στα δύο περιεχόμενα, δεν οφείλονταν στις ομοιότητες των δομικών χαρακτηριστικών των δύο προβλημάτων, χρησιμοποιώντας παιδιά πέμπτης και έκτης τάξης ενός δημοτικού σχολείου. Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος σχεδιασμός, με τη διαφορά ότι το πρόβλημα με το μικρόκοσμο Daytona παράμεινε το ίδιο, αλλά το δεύτερο πρόβλημα διέφερε και ως προς το περιεχόμενο, αλλά και ως προς τον τύπο της διερεύνησης. Το νέο αυτό πρόβλημα δεν χρησιμοποίησε αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό, αλλά έδωσε περισσότερη σημασία στην παραγωγή και αξιολόγηση δεδομένων. Από τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, φάνηκε ότι υπήρχε παράλληλη ανάπτυξη των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού και όταν ακόμα τα δύο προβλήματα δεν είχαν κοινά δομικά χαρακτηριστικά.

Σύστημα Εξωτερικής Μνήμης

Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα αρκετών ερευνών αυτοκατευθυνόμενου πειραματισμού αφορά τη χρήση ενός συστήματος εξωτερικής μνήμης, όπως ένα τετράδιο με τα δεδομένα ή κάρτες εγγραφών για την καταγραφή σχεδίων και αποτελεσμάτων ή και πρόσβαση σε αρχείο ηλεκτρονικού υπολογιστή με δεδομένα των προηγούμενων προσπαθειών του υποκειμένου. Κατά τη διάρκεια μιας διερεύνησης, που σχετίζεται με τον επιστημονικό συλλογισμό κεντρικό στοιχείο αποτελούν οι ικανότητες λύσης προβλήματος και συλλογισμού, και όχι η μνήμη (Zimmerman, 2000). Για αυτό το λόγο, τα συστήματα εξωτερικής μνήμης βοηθούν τα άτομα να λύσουν το πρόβλημα και να επιδείξουν τις ικανότητές τους για επιστημονικό συλλογισμό, αφού απελευθερώνουν τη βραχύχρονη μνήμη από το φορτίο των πληροφοριών, που θα εμπόδιζαν τη λύση του προβλήματος. Παρόλα αυτά, με δεδομένη τη σημασία της μεταγνώσης (Kuhn κ.ά., 1995. Kuhn & Pearsall, 2000), είναι πιθανόν να καθοριστεί σε ποιο βαθμό τα παιδιά και οι ενήλικες αναγνωρίζουν τους περιορισμούς της μνήμης τους, κατά τη διάρκεια μιας διερεύνησης, όταν δεν τους δοθεί εκ των προτέρων το σύστημα καταγραφής των δεδομένων τους, αλλά από μόνοι τους αισθανθούν την ανάγκη προσφυγής σε ανάλογο σύστημα.

Σε έρευνά των Trafton και Trickett (2001), ζητήθηκε από φοιτητές πανεπιστημίου να λύσουν προβλήματα επιστημονικού συλλογισμού στο περιβάλλον του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι όσα άτομα αξιοποίησαν τις σημειώσεις τους ήταν πιο πιθανό να λύσουν το πρόβλημα, παρά τα άτομα που δεν κράτησαν σημειώσεις. Οι Garcia-Mila και Andersen (2005) χρησιμοποίησαν στην έρευνά τους παιδιά τετάρτης τάξης και ενήλικες και τα άτομα ασχολήθηκαν με μια διερεύνηση ενός αριθμού πολυμεταβλητών συστημάτων, για χρονικό διάστημα 10 βδομάδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά της τετάρτης

τάξης ήταν λιγότερο πιθανόν να παίρνουν σημειώσεις, παρά οι ενήλικες, υποδηλώνοντας ότι αυτή η μεταγνωστική ικανότητα αναπτύσσεται με την ηλικία. Η έρευνα των Kanari και Millar (2004) έδειξε ότι το περιεχόμενο του προβλήματος μπορεί να επηρεάσει την ποσότητα των σημειώσεων. Έτσι, παιδιά 10 μέχρι 14 χρόνων έπαιρναν περισσότερες σημειώσεις σε ένα πρόβλημα που αφορούσε τις δυνάμεις, παρά σε ένα πρόβλημα με εκκρεμές.

Σε μια έρευνά της, η Schauble (1990), χρησιμοποίησε ως σύστημα εξωτερικής μνήμης τετράδια στα οποία μπορούσαν τα παιδιά να σημειώνουν, με το δικό τους τρόπο, τα αποτελέσματά τους. Στην αρχή κάθε νέας συνάντησης, παρουσίαζε στα παιδιά τις σημειώσεις τους και τα καλούσε να στηριχτούν σε αυτές, για να συνεχίσουν τη διερεύνησή τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά δεν συνειδητοποιούσαν τους περιορισμούς της βραχύχρονης μνήμης τους, αφού σπάνια κατέφευγαν στις σημειώσεις τους για να πάρουν πληροφορίες και προτιμούσαν να στηρίζονται αποκλειστικά στη μνήμη τους, για να ανακαλέσουν ότι είχαν κάνει κατά τη διάρκεια των 8 βδομάδων της διερεύνησης. Κανένα παιδί δεν χρησιμοποίησε το τετράδιό του για να σημειώνει συστηματικά τις σχέσεις συµμεταβολής των μεταβλητών, παρόλο που αυτό ήταν απαραίτητο, γιατί τα έγκυρα συμπεράσματα αναφορικά με την επίδραση των μεταβλητών στο αποτέλεσμα θα μπορούσαν να εξαχθούν μόνο με τη σύγκριση 2 ή 3 δοκιμών-πειραμάτων.

Τα αποτελέσματα αυτά οδήγησαν τη Schauble και τους συνεργάτες της, σε άλλες έρευνες με διαφοροποιημένο σύστημα εξωτερικής μνήμης, για να διερευνήσουν κατά πόσο τα υποκείμενα χρησιμοποιούν ένα διαφορετικό τρόπο καταγραφής των δεδομένων πιο αποτελεσματικά (Schauble κ.ά., 1991. Schauble, 1996). Στις δύο αυτές έρευνες, χρησιμοποιήθηκαν κάρτες στις οποίες ήταν σημειωμένα τα επίπεδα των μεταβλητών του προβλήματος και συγκεκριμένα

διαστήματα, για να σημειώσουν τα υποκείμενα τα προβλεπόμενα και τα πραγματικά αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούσαν αυτές τις κάρτες για να καταγράφουν τα αποτελέσματά τους και κατέφευγαν σε αυτές για να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα. Παρόμοιες κάρτες χρησιμοποίησαν και οι Gleason και Schauble (2000), σε μια έρευνα μελέτης του επιστημονικού συλλογισμού στην οποία υποκείμενα ήταν ζευγάρια γονέων με παιδιά. Τα αποτελέσματα έδειξαν τη σημασία της καταγραφής για την εξαγωγή συμπερασμάτων και επιπλέον, φάνηκε ότι ήταν ο γονέας που ανέλαμβανε την ευθύνη για την καταγραφή των δεδομένων και όχι τα παιδιά.

Σε έρευνες που χρησιμοποίησαν παρόμοιο σχεδιασμό με την παρούσα έρευνα (Παπαγεωργίου & Βαλανίδης, 2002. Valanides & Papageorgiou, 2001. 2003. 2006) εξετάστηκαν οι δεξιότητες διερεύνησης παιδιών έκτης τάξης δημοτικού σχολείου με τη χρήση της κύριας πειραματικής συσκευής, αλλά και με άλλες παρόμοιες συσκευές στις οποίες ο γενικός διακόπτης βρισκόταν σε διαφορετική θέση (π.χ., πρώτος διακόπτης στη σειρά) ή δεν υπήρχε “εικονικός” διακόπτης και οι διακόπτες ήταν μόνο τέσσερις. Στις έρευνες αυτές ζητήθηκε από τα παιδιά να καταγράφουν τα δεδομένα τους με όποιο τρόπο ήθελαν. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα παιδιά στηρίζονταν στα πειραματικά τους δεδομένα για να λύσουν το πρόβλημα της λειτουργίας της πειραματικής συσκευής, αλλά αν αξιοποιούσαν τα δεδομένα τους περισσότερο αποτελεσματικά, περισσότερα παιδιά θα οδηγούνταν σε λύση του προβλήματος.

Έρευνες του Klahr και των Συνεργατών του

Ο Klahr και οι συνεργάτες του (Klahr & Dunbar, 2000b. Klahr, Dunbar & Fay, 2000. Klahr, Dunbar, Fay & Penner, 2000. Schunn & Klahr, 2000) διεξήγαγαν μια σειρά δέκα ερευνών αυτοκατευθυνόμενου ή μερικώς ελεγχόμενου πειραματισμού πάνω στις οποίες στηρίχτηκε και το ολοκληρωμένο μοντέλο του Klahr (2000). Παρουσιάζεται επιλεκτικά ένα μέρος του συνολικού αριθμού των ερευνών.

Η έρευνα 1 (Klahr & Dunbar, 2000b) εξέτασε την ικανότητα διερεύνησης φοιτητών με τη χρήση ενός ρομπότ, του BigTrack, το οποίο μπορούσε με απλές εντολές προγραμματισμού να κινηθεί στο χώρο και να “πυροβολήσει.” Η συσκευή αυτή χρησιμοποιήθηκε και στην πρώτη έρευνα των Klahr και Dunbar (1988) ως αποτέλεσμα της οποίας ήταν το αρχικό μοντέλο SDDS. Στην αρχική φάση της έρευνας, εξηγήθηκαν οι κύριες εντολές προγραμματισμού του BigTrack και στη συνέχεια ζητήθηκε από τους φοιτητές να ανακαλύψουν τη χρήση ενός άγνωστου πλήκτρου στον πίνακα προγραμματισμού του ρομπότ, που είχε επαναληπτική ιδιότητα (π.χ., επανάληψη των τελευταίων n εντολών του προγράμματος). Μέσα από τα αποτελέσματα της έρευνας, οι Klahr και Dunbar (2000b) χώρισαν τα άτομα σε δύο μεγάλες ομάδες, τους θεωρητικούς και τους πειραματιστές, ανάλογα με το χώρο που στηρίχτηκαν για να λύσουν το πρόβλημα. Οι θεωρητικοί στηρίχτηκαν κυρίως στο χώρο των υποθέσεων για να λύσουν το πρόβλημα, ενώ αντίθετα οι πειραματιστές εκτελούσαν μεγαλύτερο αριθμό πειραμάτων, χωρίς να έχουν ξεκάθαρη διατυπωμένη υπόθεση. Εκτενέστερη αναφορά στη διάκριση θεωρητικών και πειραματιστών γίνεται στη συνέχεια. Στην έρευνα 2, οι Klahr και Dunbar (2000b), χρησιμοποιώντας το ίδιο πρόβλημα, διερεύνησαν το ερώτημα κατά πόσον τα άτομα είναι ικανά να λύσουν το πρόβλημα στηριζόμενοι αποκλειστικά στο χώρο των υποθέσεων. Ζήτησαν από τα υποκείμενά τους να διατυπώσουν μια σειρά αρχικών υποθέσεων και στη συνέχεια να

ελέγξουν τις συγκεκριμένες υποθέσεις, με σκοπό τη λύση του προβλήματος. Με τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας, κατέταξαν όσα άτομα πρότειναν τη σωστή λύση στις αρχικές τους υποθέσεις στην κατηγορία των θεωρητικών και τα άτομα που δεν πρότειναν τη σωστή λύση κατά την αναζήτηση του χώρου των υποθέσεων, αλλά χρειάστηκε να εκτελέσουν επιπρόσθετα πειράματα, χωρίς διατύπωση υπόθεσης, στην κατηγορία των πειραματιστών. Εκτός από αυτή τη διάκριση, τα αποτελέσματα των ερευνών 1 και 2 οδήγησαν στη διαπίστωση της τάσης των ατόμων να εκτελούν πειράματα θετικού ελέγχου (Klayman & Ha, 1987) και να μην απορρίπτουν τις υποθέσεις τους παρά τα αντίθετα πειραματικά αποτελέσματα.

Στην έρευνα 3, οι Klahr, Dunbar και Fay (2000) εξέτασαν τις διερευνητικές ικανότητες παιδιών 8-11 χρόνων, χρησιμοποιώντας το ίδιο πρόβλημα με τις προηγούμενες έρευνες. Όλα τα παιδιά είχαν εμπειρία προγραμματισμού στη γλώσσα προγραμματισμού LOGO. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής φανέρωσαν τρεις βασικές διαφορές ανάμεσα στα παιδιά και στους ενήλικες (έρευνες 1, 2). Τα παιδιά πρότειναν διαφορετικές υποθέσεις από τους ενήλικες, εγκατέλειπαν πιο δύσκολα τα πλαίσια των υποθέσεών τους για κάποιο νέο πλαίσιο και δε χρησιμοποιούσαν τα πειραματικά δεδομένα για να δημιουργήσουν ένα νέο πλαίσιο υπόθεσης. Τέλος, τα παιδιά δεν κατόρθωναν να ελέγχουν αν οι υποθέσεις τους ήταν συνεπείς με τα δεδομένα.

Στην έρευνα 5, οι Klahr, Dunbar, Fay και Penner (2000), χρησιμοποίησαν ένα ανάλογο της συσκευής BigTrack στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, το BT διαστημόπλοιο. Ως υποκείμενα χρησιμοποίησαν φοιτητές και τους χώρισαν σε δύο πειραματικές ομάδες. Από τη μια πειραματική ομάδα ζητήθηκε να ανακαλύψει τη χρήση ενός αγνώστου πλήκτρου με επαναληπτική ιδιότητα, ενώ στη δεύτερη ομάδα δε δόθηκε καμιά πληροφορία για την ιδιότητα του αγνώστου πλήκτρου που θα έπρεπε να

ανακαλύψει. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα άτομα που πειραματίστηκαν με το άγνωστο πλήκτρο στηρίχτηκαν περισσότερο στις υποθέσεις, παρά στα πειραματικά αποτελέσματα, για να λύσουν το πρόβλημα, σε αντίθεση με την ομάδα του επαναληπτικού πλήκτρου που προσπάθησαν να διαμορφώσουν τα πλαίσια των υποθέσεών τους στηριζόμενα στα πειραματικά δεδομένα και όχι στην αναζήτηση του χώρου του υποθέσεων.

Στην έρευνα 9, οι Schunn και Klahr (2000) διαφοροποίησαν, σε μεγάλο βαθμό, το περιβάλλον της διερεύνησης, με σκοπό την αύξηση της πολυπλοκότητας του προβλήματος και την ενασχόληση των αντικειμένων με το πρόβλημα για πολύ περισσότερο χρόνο. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν μια προσομοίωση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ενός φορτηγού μεταφοράς γάλακτος (Milktruck). Ο “οδηγός” είχε τη δυνατότητα να κάνει πέντε ενέργειες (να κορνάρει, να μεταφέρει γάλα, να μεταφέρει αυγά, να παίρνει χρήματα και να παραλαμβάνει τις άδειες μπουκάλες γάλακτος). Τα υποκείμενα (φοιτητές) καλούνταν να ανακαλύψουν, όπως και στις προηγούμενες έρευνες, τη λειτουργία μιας άγνωστης εντολής. Στην έρευνα αυτή, χρησιμοποιήθηκε, για πρώτη φορά, ένα σύστημα εξωτερικής μνήμης, που περιλάμβανε την καταγραφή των προγραμμάτων καθώς και των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι λιγότερα άτομα ήταν ικανά να λύσουν ένα πιο πολύπλοκο πρόβλημα, έστω και αν είχαν απεριόριστο χρόνο στη διάθεσή τους. Επιπλέον, φάνηκε ότι εκτελούσαν ένα μεγαλύτερο αριθμό πειραμάτων που δεν είχε ως σκοπό τον έλεγχο μιας υπόθεσης από ότι τα υποκείμενα των προηγούμενων ερευνών. Ακόμα φανερώθηκαν νέες στρατηγικές αναζήτησης του χώρου των πειραμάτων και μια τέτοια στρατηγική ήταν η προοδευτικά αυξανόμενη πολυπλοκότητα των πειραμάτων που εκτελούσαν. Όσον αφορά το χώρο των υποθέσεων, μια στρατηγική που εφάρμοσαν τα υποκείμενα ήταν ο τεμαχισμός μιας υπόθεσης σε άλλες μικρότερες που

να αναφέρονται σε μόνο μια παράμετρο. Τέλος, το πιο σημαντικό συμπέρασμα στο οποίο οδήγησε αυτή η έρευνα ήταν η προσθήκη ενός νέου χώρου αναζήτησης στο μοντέλο SDDS. Αυτός ο χώρος αναφέρεται στον τρόπο αναπαράστασης των δεδομένων. Σε πολύπλοκα προβλήματα και προβλήματα που απασχολούν, συνήθως, τους επιστήμονες η αναπαράσταση, κωδικοποίηση και η παρουσίαση των δεδομένων αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία. Στην έρευνα φάνηκε ότι τα άτομα αφιέρωσαν ένα μεγάλο μέρος της προσπάθειάς τους για να αποφασίσουν τι είναι σημαντικό να παρατηρούν και πώς να το κωδικοποιούν. Η προσπάθεια αυτή δεν εμπίπτει, ούτε στο χώρο των πειραμάτων ούτε στο χώρο των υποθέσεων. Με βάση αυτή τη διαπίστωση οδηγήθηκαν στην εισαγωγή ενός νέου χώρου, που όμως, σύμφωνα με τον Klahr (2000) δεν αναιρεί το μοντέλο της επιστημονικής ανακάλυψης ως διπλής αναζήτησης (SDDS), αλλά η προσθήκη νέων χώρων αναζήτησης εξαρτάται από την αλληλεπίδραση του λύτη με το περιβάλλον της διερεύνησης.

Επιστημονική Διερεύνηση σε Ομάδες

Μια άλλη ομάδα ερευνών αυτοκατευθυνόμενου πειραματισμού ασχολήθηκε με ομαδικές διερευνήσεις με σκοπό να εξετάσουν την επίδραση της συνεργασίας και της ομαδικής συζήτησης στις δεξιότητες διερεύνησης (Gleason & Schauble, 2000. Miwa, 2004. Okada & Simon, 1997. Teasley, 1995).

Ο Teasley (1995), χρησιμοποιώντας το πρόβλημα των Klahr κ.ά. (1993), το οποίο προσομοιάζει την κίνηση ενός διαστημοπλοίου (BT), διερεύνησε την επίδραση που έχει η λεκτική συμπεριφορά στη λύση αυτού του προβλήματος. Παιδιά τετάρτης τάξης δημοτικού σχολείου χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες: ατομική διερεύνηση λέγοντας φωνακτά τις σκέψεις τους, ατομική διερεύνηση χωρίς φωνακτή σκέψη, διερεύνηση σε δυάδες με συζήτηση, και διερεύνηση σε δυάδες χωρίς συζήτηση. Τα

αποτελέσματα έδειξαν ότι, από όλες τις ομάδες, καλύτερη ήταν η ομάδα της δυαδικής διερεύνησης με συζήτηση και ακολουθούσε η ατομική διερεύνηση με φωνακτική σκέψη. Τα παιδιά, που είχαν την ευκαιρία να εξηγήσουν το συλλογισμό τους για τις θεωρίες και τα συμπεράσματά τους, είχαν πολύ καλύτερα αποτελέσματα, από τα παιδιά που δεν είχαν την ευκαιρία να εξηγήσουν το συλλογισμό τους.

Οι Okada και Simon (1997), θεώρησαν την έρευνα του Teasley (1995), ως εναρκτήριο σημείο για αυτή τη νέα κατεύθυνση έρευνας, υπογραμμίζοντας όμως τις παραλείψεις του. Συγκεκριμένα, αναφέρουν ότι ο Teasley (1995), δεν εξέτασε αν η λύση που πρότεινε ένα ζευγάρι παιδιών δόθηκε από το ένα και μόνο παιδί ή αν συζητούνταν εναλλακτικές ιδέες, μέχρι να οδηγηθούν σε μια θεωρία αποδεκτή και από τους δυο. Για τη δική τους έρευνα, έκαναν σύγκριση διερευνήσεων ατόμων με διερευνήσεις δυάδων για τη λύση ενός πολύπλοκου μοριακού προβλήματος, ίδιου με αυτό που χρησιμοποίησε σε προηγούμενη έρευνα ο Dunbar (1993).

Ο Dunbar (1993) χρησιμοποίησε μια σειρά πειραμάτων που χρησιμοποίησαν δύο επιστήμονες, ο Jacob και Monob για να ανακαλύψουν το μηχανισμό με τον οποίο μπορούν να ελεγχθούν τα γονίδια και για την ανακάλυψη αυτή τιμήθηκαν με το βραβείο Nobel το 1965. Ο Dunbar (1993), χρησιμοποίησε στις δύο έρευνές του φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει ένα εισαγωγικό μάθημα βιολογίας, το οποίο όμως δεν έκανε καμιά αναφορά στον έλεγχο των γονιδίων. Τα υποκείμενα κλήθηκαν να εκτελέσουν μια σειρά από τα σημαντικά πειράματα που εκτέλεσαν οι Jacob και Monob σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον μοριακής γενετικής στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, για να ανακαλύψουν πώς επιτυγχάνεται ο έλεγχος των γονιδίων, για ένα συγκεκριμένο γενετικό σύστημα. Για το σκοπό, αυτό τα υποκείμενα διατύπωναν υποθέσεις, εκτελούσαν πειράματα, κατέληγαν σε συμπεράσματα και διατύπωναν νέες υποθέσεις μέχρι να λύσουν το πρόβλημα. Όταν τα υποκείμενα εκτέλεσαν τα πρώτα

πειράματα διαπίστωσαν ότι τα δεδομένα ήταν αντίθετα με τις αρχικές τους υποθέσεις. Στη συνέχεια, τα υποκείμενα καθόρισαν ένα σκοπό για τη συνέχεια της διερεύνησης. Όσα υποκείμενα θεώρησαν ως σκοπό τους την αναζήτηση δεδομένων που να υποστηρίζουν την αρχική τους υπόθεση δεν οδηγήθηκαν σε λύση του προβλήματος. Αντίθετα, τα υποκείμενα τα οποία θεώρησαν ως σκοπό της διερεύνησής τους την ερμηνεία των δεδομένων που ήταν αντίθετα με τις αρχικές τους υποθέσεις κατόρθωσαν να λύσουν το πρόβλημα.

Οι Okada και Simon (1997), χρησιμοποίησαν το προσομοιωμένο αυτό πρόβλημα για να συγκρίνουν τις επιδόσεις υποκειμένων που εργάστηκαν ατομικά με τις επιδόσεις ατόμων που εργάστηκαν σε δυάδες. Τα υποκείμενα ήταν άντρες φοιτητές της σχολής θετικών επιστημών και τα άτομα που εργάστηκαν σε δυάδες ήταν φίλοι μεταξύ τους. Πριν την έναρξη της διερεύνησης, τα υποκείμενα διδάχθηκαν πώς να χρησιμοποιούν το πρόγραμμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τους δόθηκαν επίσης βασικές γνώσεις μοριακής γενετικής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ομαδικές διερευνήσεις είχαν πολύ καλύτερα αποτελέσματα από τις ατομικές διερευνήσεις. Οι ομάδες έδιναν περισσότερη σημασία σε εναλλακτικές ιδέες και στην ερμηνεία και υποστήριξη των δεδομένων, αφού προσπαθούσαν να εξηγήσει ο ένας στον άλλο τις ιδέες του, ενώ συζητούσαν και διερευνούσαν συχνά τις ιδέες και των δύο ατόμων, όπου δεν υπήρχε συμφωνία. Η διερεύνηση εναλλακτικών υποθέσεων, τους οδηγούσε ευκολότερα σε λύση του προβλήματος.

Ο Miwa (2004), χρησιμοποιώντας το πρόβλημα 2-4-6 του Wason, διερεύνησε τις διαφορές ανάμεσα σε ομάδες ατόμων που εργάστηκαν ανεξάρτητα και ομάδες ατόμων που αλληλεπιδρούσαν. Σύμφωνα με το επιχείρημα του Miwa (2004), μια ομάδα ατόμων έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να λύσει ένα πρόβλημα από ότι ένα άτομο από μόνο του, γιατί έστω και αν ένα άτομο της ομάδας οδηγηθεί σε λύση, τότε η

επιτυχία πιστώνεται στην ομάδα και έτσι αν τα n άτομα της ομάδας δώσουν n λύσεις υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα μια από αυτές να είναι σωστή. Επομένως, υπάρχει η ανάγκη να διερευνηθούν οι διαφορές ανάμεσα σε άτομα που εργάζονται ως ομάδα, αλλά δεν αλληλεπιδρούν και σε άτομα που εργάζονται ως ομάδα και αλληλεπιδρούν, για να εξεταστεί η επίδραση της ομαδικής αλληλεπίδρασης κατά την εμπλοκή των ατόμων σε μια διερεύνηση.

Για το σκοπό αυτό, ο Miwa (2004), χρησιμοποίησε 136 άτομα τα οποία εργάστηκαν είτε ανεξάρτητα είτε με αλληλεπίδραση, για την ανακάλυψη διάφορων κανόνων με αριθμούς, παρόμοιους με τον κανόνα 2-4-6 του Wason και με στρατηγική ελέγχου υποθέσεων. Δηλαδή, οι δυάδες ατόμων χωρίστηκαν σε διαφορετικές πειραματικές ομάδες και η κάθε μια από αυτές είτε χρησιμοποιούσε μόνο τη στρατηγική θετικού ελέγχου, είτε μόνο τη στρατηγική αρνητικού ελέγχου είτε και τις δύο (το ένα μέλος κάθε δυάδας τη μια από τις δύο στρατηγικές). Η διερεύνηση έγινε με τη βοήθεια ενός προσομοιωμένου προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ομάδες ατόμων που αλληλεπιδρούσαν μεταξύ τους είχαν καλύτερα αποτελέσματα από τις ομάδες χωρίς αλληλεπίδραση, αλλά μόνο στην περίπτωση που και τα δύο άτομα μιας ομάδας χρησιμοποιούσαν τη στρατηγική θετικού ελέγχου. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις οι επιδόσεις των ομάδων χωρίς αλληλεπίδραση και των ομάδων με αλληλεπίδραση δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι Gleason και Schauble (2000), εξέτασαν τις στρατηγικές διερεύνησης που χρησιμοποιούσαν ομάδες ατόμων για τη λύση ενός προβλήματος, με τη διαφορά ότι οι ομάδες αποτελούνταν από ένα γονέα με το παιδί του. Σκοπός της έρευνας, εκτός από τη μελέτη των στρατηγικών διερεύνησης ήταν η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα παιδιά και στους γονείς τους. Υποκείμενα ήταν 20 ζευγάρια γονέων-

παιδιών και τα παιδιά είχαν ηλικίες από 9-12 χρόνων. Για τη διερεύνηση, χρησιμοποίησαν το πρόβλημα της μεγιστοποίησης της ταχύτητας μιας βάρκας που βρισκόταν σε ένα κανάλι με νερό, που χρησιμοποίησε η Schauble και σε προηγούμενες έρευνές της (Schauble κ.ά, 1991. Schauble, 1996). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δυάδες ήταν πολύ αποτελεσματικές ως προς τη διερεύνηση του προβλήματος, ήταν συστηματικές ως προς το σχεδιασμό των πειραμάτων, εκτελούσαν πειράματα που σκοπό είχαν τον έλεγχο συγκεκριμένων υποθέσεων, οργάνωναν αποτελεσματικά τα δεδομένα τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων και οδηγούνταν σε έγκυρα συμπεράσματα. Παρόλη την εξαιρετική “επίδοση” των ομάδων, αναλύοντας την αλληλεπίδραση των ατόμων στην ομάδα φάνηκε, ότι ήταν οι γονείς που οργάνωναν τη διερεύνηση, σχεδίαζαν έγκυρα πειράματα, κατέγραφαν τα δεδομένα και οδηγούνταν σε έγκυρα συμπεράσματα. Δεν έδιναν σχεδόν καθόλου την ευκαιρία στα παιδιά να εμπλακούν στη διερεύνηση και σπάνια προσπαθούσαν να τους εξηγήσουν το συλλογισμό τους.

*Αλληλεπίδραση των Γνώσεων Περιεχομένου και των Στρατηγικών
Επιστημονικής Διερεύνησης*

Μέσα στα πλαίσια του αυτοκατευθυνόμενου πειραματισμού, πραγματοποιήθηκε μια άλλη έρευνα (Penner & Klahr, 1996a), που εξέτασε την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους δύο τύπους γνώσεων (εξειδικευμένες γνώσεις και γνώσεις ανεξάρτητες από επιμέρους γνωστικά πεδία). Παιδιά 10, 12 και 14 χρονών είχαν εμπλοκή σε μια διερεύνηση. Η διερεύνηση αφορούσε τους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα βύθισης αντικειμένων μέσα στο νερό. Κατά τη διερεύνηση, τα παιδιά είχαν στη διάθεσή τους διάφορα αντικείμενα και σε κάθε πείραμα μελετούσαν την ταχύτητα δύο αντικειμένων, καθώς βυθίζονταν σε δύο κυλίνδρους με

νερό. Τα παιδιά είχαν ισχυρές προηγούμενες ιδέες για το θέμα αυτό και θεωρούσαν το βάρος των σωμάτων ως τον μόνο παράγοντα που καθορίζει την ταχύτητα βύθισης των διαφόρων αντικειμένων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχουν εξελικτικές διαφορές στις στρατηγικές πειραματισμού που χρησιμοποίησαν τα υποκείμενα σε σχέση με τις προηγούμενες ιδέες τους, σχετικά με το περιεχόμενο της διερεύνησης. Έτσι, τα μεγαλύτερα παιδιά δεν εστίασαν την προσοχή τους μόνο στον παράγοντα βάρος, αλλά εξέτασαν την επίδραση των διαφορών μεταβλητών στο αποτέλεσμα. Αντίθετα, τα μικρότερα παιδιά προσπάθησαν να δείξουν ότι οι προηγούμενες ιδέες τους ήταν σωστές, επικεντρώνοντας την προσοχή τους στον παράγοντα βάρος και σε πειράματα που διερευνούσαν αυτή τη μεταβλητή. Ανεξάρτητα, όμως από τις προηγούμενες γνώσεις και τις πειραματικές στρατηγικές, όλα τα παιδιά, μέσα από τη διερεύνηση, οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι το βάρος, ως μεταβλητή, δεν μπορεί από μόνο του να καθορίσει την ταχύτητα βύθισης των αντικειμένων.

Ικανότητα Ελέγχου Μεταβλητών

Η ικανότητα σχεδιασμού “δίκαιων πειραμάτων” (έλεγχος μεταβλητών) και εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων είναι μια πολύ σημαντική δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού. Ιδιαίτερη σημασία στη δεξιότητα αυτή έδωσε ο Klahr και οι συνεργάτες του σε πρόσφατες έρευνές τους (Chen & Klahr, 1999. Klahr & Li, 2006. Klahr & Nigam, 2004. Masnick & Klahr, 2003. Toth κ.ά, 2000. Triona & Klahr, 2003). Οι έρευνες αυτές εξέτασαν την ικανότητα των ατόμων να σχεδιάζουν δίκαια πειράματα στα οποία εφαρμόζοταν ο έλεγχος μεταβλητών, αλλά και την αποτελεσματικότητα της άμεσης διδασκαλίας της δεξιότητας αυτής.

Στην έρευνά τους, οι Chen και Klahr (1999), εξέτασαν την ικανότητα παιδιών 7-10 χρόνων να σχεδιάζουν δίκαια πειράματα, χρησιμοποιώντας τη στρατηγική “έλεγχος μεταβλητών.” Προσπάθησαν, επίσης, να καθορίσουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες τα παιδιά μαθαίνουν να ελέγχουν μεταβλητές και είναι σε θέση να γενικεύουν τη στρατηγική αυτή σε διάφορα περιβάλλοντα διερεύνησης.

Τα υποκείμενα, κατά τη διάρκεια των δύο ημερών της έρευνας, καλούνταν να διερευνήσουν τρία προβλήματα, σχεδιάζοντας πειράματα και κάνοντας συγκρίσεις, με σκοπό να ανακαλύψουν τις σχέσεις ανάμεσα στις διάφορες μεταβλητές που τους δίνονταν. Στο πρώτο πρόβλημα, τα παιδιά διερεύνησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιμήκυνση ενός ελατηρίου. Τα διάφορα ελατήρια διέφεραν ως προς το μήκος και ως προς τη διάμετρο του ελατηρίου. Τα παιδιά είχαν επίσης στη διάθεσή τους τέσσερα σώματα που διέφεραν ως προς το βάρος και ως προς το σχήμα. Τα παιδιά έκαναν τις συγκρίσεις τους επιλέγοντας δύο ελατήρια κάθε φορά. Στο δεύτερο πρόβλημα, τα παιδιά κλήθηκαν να καθορίσουν ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την οριζόντια απόσταση που διανύει ένα σώμα μέχρι να σταματήσει, όταν κινηθεί αρχικά σε ένα κεκλιμένο επίπεδο. Τέλος, στο τρίτο πρόβλημα τα παιδιά διερεύνησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα βύθισης των σωμάτων στο νερό. Και στο δεύτερο, αλλά και στο τρίτο πρόβλημα, οι μεταβλητές που θα εξετάζαν τα παιδιά δόθηκαν από τους ερευνητές.

Τα υποκείμενα της έρευνας, παιδιά δευτέρας, τρίτης και τέταρτης τάξης δημοτικού σχολείου, χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες. Στην πρώτη ομάδα έγινε άμεση διδασκαλία της στρατηγικής έλεγχος μεταβλητών. Η διδασκαλία επεξήγησε τη λογική αυτής της στρατηγικής και έδωσε παραδείγματα σχεδιασμού δίκαιων πειραμάτων. Στη δεύτερη ομάδα, δεν έγινε άμεση διδασκαλία, αλλά, κατά τη διάρκεια των διερευνήσεων, οι ερευνητές υπέβαλλαν βοηθητικές ερωτήσεις στα παιδιά. Οι

βοηθητικές αυτές ερωτήσεις γίνονταν πριν και μετά από κάθε πείραμα. Αρχικά, ζητούσαν από τα παιδιά να εξηγήσουν, γιατί σχεδίαζαν ένα συγκεκριμένο πείραμα και, αφού τα παιδιά εκτελούσαν το πείραμα, τα καλούσαν να πουν αν ήταν σίγουρα για την επίδραση της υποεξέταση μεταβλητής και τι τα έκανε να είναι ή να μην είναι σίγουρα. Τέτοιες βοηθητικές ερωτήσεις γίνονταν και στα παιδιά της πρώτης ομάδας. Στα παιδιά της τρίτης ομάδας, δεν έγινε διδασκαλία και ούτε υποβλήθηκαν βοηθητικές ερωτήσεις, αλλά αφέθηκαν ελεύθερα να σχεδιάσουν δίκαια πειράματα. Εφτά μήνες, μετά την πρώτη φάση της έρευνας, ακολούθησε η δεύτερη φάση με τη χορήγηση ενός δοκιμίου σχετικού με την ικανότητα σχεδιασμού δίκαιων πειραμάτων σε προβλήματα διαφορετικού γνωστικού περιεχομένου. Το δοκίμιο αυτό χορηγήθηκε σε παιδιά που συμμετείχαν στην πρώτη φάση της έρευνας και σε παιδιά που δεν συμμετείχαν, για σκοπούς σύγκρισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η άμεση διδασκαλία βελτιώνει την ικανότητα των παιδιών για έλεγχο μεταβλητών στο γνωστό, αλλά και στο άγνωστο περιβάλλον διερεύνησης, αφού σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην ομάδα που δέχθηκε άμεση διδασκαλία και στις ομάδες που δε δέχθηκαν άμεση διδασκαλία. Ακόμα, η άμεση διδασκαλία διευκόλυνε και τη γνωστική αλλαγή όσον αφορά τα φαινόμενα που εξετάζαν τα προβλήματα, επειδή τα παιδιά σχεδίαζαν δίκαια πειράματα και έπαιρναν έγκυρες πληροφορίες από αυτά. Τα παιδιά παρουσίασαν εξελικτικές διαφορές ως προς την ικανότητα μεταφοράς της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών σε διαφορετικό περιβάλλον διερεύνησης από το περιβάλλον στο οποίο έγινε η άμεση διδασκαλία. Τα αποτελέσματα του δοκιμίου της δεύτερης φάσης της έρευνας έδειξαν ότι μόνο τα παιδιά της Δ' τάξης βελτίωσαν τις ικανότητές τους για έλεγχο μεταβλητών και ότι η βελτίωση ήταν εμφανής και μετά από το χρονικό διάστημα των επτά μηνών. Από την άλλη, οι βοηθητικές ερωτήσεις χωρίς άμεση

διδασκαλία δε βελτίωσαν τις ικανότητες των παιδιών για έλεγχο μεταβλητών ούτε στην πρώτη φάση ούτε στη δεύτερη φάση.

Οι Toth κ.ά. (2000), προσπαθώντας να γεφυρώσουν τις διαφορές ανάμεσα στο εργαστήριο και τη σχολική πρακτική, σχεδίασαν μια έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε σε σχολική τάξη και περιλάμβανε διδακτική παρέμβαση με σκοπό τη διδασκαλία δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού σε παιδιά δημοτικού σχολείου. Βασικός σκοπός της έρευνας ήταν να εξετάσει κατά πόσον η διδασκαλία της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών, σε μια πραγματική τάξη, μπορεί να έχει τα ίδια θετικά αποτελέσματα με αυτά της ατομικής διδασκαλίας που έγινε στην προηγούμενη έρευνα (Chen & Klahr, 1999).

Στην έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν 77 παιδιά Δ' τάξης. Αρχικά πραγματοποιήθηκαν ατομικές συνεντεύξεις με 22 παιδιά, με σκοπό να εντοπιστούν οι ικανότητές τους για έλεγχο μεταβλητών και για εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων. Μετά το πέρας της διδακτικής παρέμβασης, έγιναν άλλες 21 συνεντεύξεις με διαφορετικά παιδιά για σκοπούς σύγκρισης των ικανοτήτων των παιδιών πριν και μετά την παρέμβαση. Για τις ατομικές συνεντεύξεις χρησιμοποιήθηκαν δύο από τα προβλήματα που χρησιμοποίησαν οι Chen και Klahr (1999). Το πρώτο πρόβλημα αφορούσε την επιμήκυνση του ελατηρίου και το δεύτερο αφορούσε την ταχύτητα βύθισης των σωμάτων στο νερό. Τα προβλήματα διερευνήθηκαν με τον ίδιο τρόπο, όπως στην προηγούμενη έρευνα, χωρίς όμως να χρησιμοποιούνται βοηθητικές ερωτήσεις. Τα μισά παιδιά κάθε ομάδας, (πριν και μετά τη διδασκαλία), ασχολήθηκαν με το πρόβλημα του ελατηρίου και τα άλλα μισά με το πρόβλημα της ταχύτητας βύθισης των σωμάτων.

Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε στις τέσσερις τάξεις με τον ίδιο τρόπο. Αρχικά δόθηκε ένα δοκίμιο και τα παιδιά κλήθηκαν να αξιολογήσουν τα πειράματα

που σχεδίασαν κάποια άλλα “υποθετικά” παιδιά τα οποία εφάρμοσαν τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών. Στη συνέχεια, οι εκπαιδευτικοί παρουσίαζαν το πρόβλημα του κεκλιμένου επιπέδου (Chen & Klahr, 1999) αλλάζοντας την κλίση, το είδος της επιφάνειας και το μήκος του κεκλιμένου επιπέδου. Ακολούθησε ένα μικρό δοκίμιο ελέγχου των αρχικών ιδεών των παιδιών, όσον αφορά το ρόλο των κυριότερων μεταβλητών στη λύση του προβλήματος. Στη συνέχεια, τα παιδιά χωρίστηκαν σε ομάδες των τεσσάρων και εκτέλεσαν τέσσερα πειράματα, για να ελέγξουν την επίδραση δύο μεταβλητών στο αποτέλεσμα. Κατέγραφαν τα αποτελέσματά τους σε ειδικό έντυπο, το οποίο περιλάμβανε και ερωτήσεις του τύπου “Το πείραμα, που εκτελέσατε, σας επιτρέπει να πείτε με βεβαιότητα ποιος ο ρόλος της συγκεκριμένης μεταβλητής στο αποτέλεσμα;” Ακολούθως οι εκπαιδευτικοί πραγματοποίησαν μια 20λεπτη διδασκαλία με όλη την τάξη, η οποία εξηγούσε πώς γίνεται ο σχεδιασμός δίκαιων πειραμάτων και το ρόλο της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών, παρουσιάζοντας πειράματα στα οποία δεν εφαρμόζοταν η συγκεκριμένη δεξιότητα και ζητώντας από τα παιδιά να τα κρίνουν. Μετά τη διδασκαλία, τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να συνεχίσουν τη διερεύνησή τους χρησιμοποιώντας, το ίδιο πρόβλημα και ελέγχοντας την επίδραση διάφορων μεταβλητών στην απόσταση που διανύει ένα σώμα μέχρι να σταματήσει, αφού αρχικά κινηθεί σε ένα κεκλιμένο επίπεδο.

Η έρευνα αυτή επιβεβαίωσε τα αποτελέσματα της έρευνας των Chen και Klahr (1999). Η διδασκαλία μπορεί, επομένως, να βελτιώσει την ικανότητα των παιδιών να ελέγχουν μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειραματισμού. Παρατηρήθηκε, μάλιστα, βελτίωση στη δεξιότητα των παιδιών για έλεγχο των μεταβλητών, στις δεξιότητες εξαγωγής έγκυρων συμπερασμάτων και στην ικανότητά τους να αξιολογούν πειράματα που γίνονται από άλλους.

Οι Triona και Klahr (2003), χρησιμοποιώντας τα ίδια προβλήματα με τις προηγούμενες έρευνες (Chen & Klahr, 1999. Toth κ.ά., 2000), διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα δύο μεθόδων διδασκαλίας. Και στις δύο μεθόδους πραγματοποιήθηκε διδασκαλία σε παιδιά δημοτικού σχολείου, όσον αφορά τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών, με τη διαφορά ότι, στη μια ομάδα, η διδασκαλία έγινε με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων, ενώ, στη δεύτερη ομάδα, η διδασκαλία έγινε με τη χρήση εικονικών αντικειμένων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Υποκείμενα της έρευνας αυτής ήταν 92 παιδιά τέταρτης και πέμπτης τάξης (ΜΟ ηλικίας 10,6) των Ηνωμένων Πολιτειών τα οποία χωρίστηκαν στις δύο πειραματικές ομάδες.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση περιελάμβανε την εξέταση των δεξιοτήτων των παιδιών για έλεγχο μεταβλητών και ακολουθούσε διδασκαλία της δεξιότητας αυτής. Τα παιδιά και των δύο ομάδων ασχολήθηκαν με το πρόβλημα των ελατηρίων (Chen & Klahr, 1999). Τα παιδιά της πρώτης ομάδας χρησιμοποίησαν πραγματικά αντικείμενα (ελατήρια, σώματα) για να εκτελέσουν τα πειράματά τους και τα παιδιά της δεύτερης ομάδας εργάστηκαν με εικονικά αντικείμενα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στην οθόνη του Η.Υ., παρουσιάζονταν πανομοιότυπα ελατήρια και σώματα με τα φυσικά αντικείμενα και τα παιδιά εκτελούσαν πειράματα μετακινώντας το ποντίκι και επιλέγοντας κάθε φορά τα κατάλληλα υλικά. Αφού εκτελούσαν τα πειράματα, παρακολουθούσαν μαγνητοσκοπημένη την κίνηση του ελατηρίου σε κάθε περίπτωση. Στο στάδιο της εξέτασης, τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να εκτελέσουν διάφορα πειράματα με τα ελατήρια με σκοπό να διαφανούν οι ιδέες τους για το περιεχόμενο του προβλήματος και για το σχεδιασμό δίκαιου πειράματος. Την εξέταση ακολουθούσε μια δεκάλεπτη ατομική διδασκαλία, κατά τη διάρκεια της οποίας εξηγούνταν οι στόχοι της διαδικασίας ελέγχου μεταβλητών και παρουσιάζονταν αρνητικά και θετικά

παραδείγματα. Την άμεση αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης αξιολογούσε η δεύτερη φάση της έρευνας η οποία ακολουθούσε ευθύς αμέσως, και κατά τη διάρκεια της οποίας τα παιδιά ασχολούνταν και πάλι με το πρόβλημα των ελατηρίων. Η έρευνα ολοκληρωνόταν με την τρίτη φάση, η οποία λάμβανε χώρα μια εβδομάδα μετά την πρώτη και δεύτερη φάση της έρευνας. Τα παιδιά καλούνταν να διερευνήσουν την κίνηση των σωμάτων σε κεκλιμένο επίπεδο (Chen & Klahr, 1999), σχεδιάζοντας πειράματα και ελέγχοντας την επίδραση των διαφόρων μεταβλητών. Σκοπός της φάσης αυτής ήταν να ελεγχθεί, κατά πόσον τα αποτελέσματα της σύντομης διδακτικής παρέμβασης είχαν διάρκεια και μπορούσαν να μεταφερθούν σε ένα διαφορετικό πρόβλημα. Σε αυτή τη φάση, τα παιδιά και των δύο ομάδων ασχολήθηκαν με τα πραγματικά αντικείμενα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην ομάδα παιδιών που χρησιμοποίησε πραγματικά αντικείμενα κατά τη διερεύνηση και στην ομάδα παιδιών που χρησιμοποίησε εικονικά αντικείμενα. Τα παιδιά και των δύο πειραματικών ομάδων σημείωσαν σημαντική βελτίωση στη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών, καθώς και στην ικανότητά τους να δικαιολογούν λεκτικά τις επιλογές τους. Επιπλέον, τα παιδιά που διδάχτηκαν και ασχολήθηκαν με τα εικονικά αντικείμενα στις δύο πρώτες φάσεις της έρευνας αναγκάζονταν να κάνουν διπλή μεταφορά στην τρίτη φάση της έρευνας, αφού δεν άλλαζε μόνο το περιεχόμενο του προβλήματος, αλλά και το ίδιο το μέσο της διερεύνησης. Εντούτοις, τα παιδιά αυτής της πειραματικής ομάδας δεν υστερούσαν των παιδιών της άλλης ομάδας που χρησιμοποίησε από την αρχή τα πραγματικά αντικείμενα.

Στην έρευνα των Klahr και Nigam (2004), εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα της άμεσης διδασκαλίας έναντι της ελεύθερης ανακαλυπτικής διαδικασίας όσον αφορά τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών. Επιπλέον, εξετάστηκε η επίδραση της διδασκαλίας

στην ικανότητα των παιδιών να αξιολογούν έρευνες που έγιναν από άλλα παιδιά κατά τη διάρκεια “φεστιβάλ” επιστήμης (science fair). Η έρευνα αυτή χρησιμοποίησε παρόμοιο σχεδιασμό με την έρευνα των Chen και Klahr (1999) και για τη διερεύνηση χρησιμοποιήθηκε το πρόβλημα του κεκλιμένου επιπέδου. Τα 112 παιδιά Γ΄ και Δ΄ τάξης, που έλαβαν μέρος στην έρευνα, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, στην ομάδα της άμεσης διδασκαλίας της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών και στην ομάδα της ελεύθερης ανακάλυψης της γνώσης. Ακολούθως, στη φάση της αξιολόγησης ζητήθηκε από τα παιδιά να σχεδιάσουν νέα πειράματα με την ίδια συσκευή (κεκλιμένο επίπεδο), για να εξετάσουν την επίδραση ενός γνωστού παράγοντα και ενός άγνωστου παράγοντα. Τα αποτελέσματα έδειξαν τη σαφή υπεροχή της πειραματικής ομάδας στην οποία έγινε άμεση διδασκαλία. Στη συνέχεια, σε αντίθεση με τις προηγούμενες έρευνες, ζητήθηκε από τα παιδιά, μετά από μια εβδομάδα, να αξιολογήσουν τις έρευνες που έγιναν από παιδιά έκτης τάξης κατά τη διάρκεια ενός φεστιβάλ επιστήμης. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες. Οι ερευνητές υποστήριξαν ότι ήταν αναμενόμενο η ομάδα της ελεύθερης ανακάλυψης να είχε πλεονέκτημα σε μια φάση πιο αυθεντική, όπως η αξιολόγηση των ερευνών, κάτι που δεν προέκυψε και επομένως, η άμεση διδασκαλία δεν περιόριζε την ικανότητα των παιδιών να αξιολογούν επιστημονικές διερευνήσεις.

Τέλος, στην έρευνα των Klahr και των συνεργατών του (Klahr & Li, 2005. Li, Klahr & Jabbour, 2006), εξετάστηκε η επίδραση της άμεσης διδασκαλίας σε παιδιά με χαμηλές επιδόσεις στο σχολείο. Στην πειραματική ομάδα, χρησιμοποιήθηκαν παιδιά πέμπτης και έκτης τάξης ενός σχολείου με χαμηλές επιδόσεις, ενώ στην ομάδα ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν παιδιά πέμπτης και έκτης τάξης ενός σχολείου με υψηλές επιδόσεις. Στην αρχή έγινε μέτρηση των ικανοτήτων των παιδιών των δύο ομάδων. Στη συνέχεια, στην πειραματική ομάδα έγινε άμεση διδασκαλία της δεξιότητας

ελέγχου μεταβλητών από μέλος της ερευνητικής ομάδας, ενώ στην ομάδα ελέγχου ακολουθήθηκε η διδασκαλία της δεξιότητα αυτής σύμφωνα με τα βιβλία των παιδιών και το αναλυτικό πρόγραμμα. Σε μετα-εξέταση, φάνηκε ότι μειώθηκε η διαφορά των παιδιών με χαμηλές και υψηλές ικανότητες, η οποία σημειώθηκε στην προ-εξέταση με μεγαλύτερη πρόοδο να σημειώνουν τα παιδιά με χαμηλές επιδόσεις.

Ατομικές Διαφορές σε Έρευνες Αυτοκατευθυνόμενου Πειραματισμού

Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών φανέρωσαν τόσο εξελικτικές διαφορές μεταξύ των υποκειμένων διαφόρων ηλικιών, όσο και τις διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ ατόμων της ίδιας ηλικίας.

Εξελικτικές Διαφορές

Οι διαφορές ανάμεσα στα παιδιά και τους ενήλικες ήταν κοινές σε πολλές έρευνες. Τα παιδιά, κατά την εμπλοκή τους σε διερευνητικά περιβάλλοντα, σχεδίαζαν πειράματα που δεν είχαν άμεσο στόχο τον έλεγχο μιας υπόθεσης, οδηγούνταν σε συμπεράσματα που δε στηριζόταν στα δεδομένα, δεν αξιοποιούσαν τα ασύμφωνα δεδομένα, επικεντρώνονταν μόνο σε αιτιώδεις παράγοντες, έδειχναν εμμονή προς τις προηγούμενες ιδέες τους και δε συστηματοποιούσαν τον τρόπο καταγραφής και οργάνωσης των δεδομένων τους (Gleason & Schauble, 2000. Keselman, 2003. Klahr κ.ά., 1993. Klahr & Chen, 2003. Kuhn κ.ά., 2000. Teatler & Peterson, 2004. Zimmerman κ.ά., 2003). Οι Kanari και Millar (2004) έδειξαν ότι παιδιά 10-14 χρονών μπορούσαν πολύ πιο εύκολα να εξαγάγουν συμπεράσματα από μεταβλητές που συμμεταβάλλονταν με το αποτέλεσμα, παρά από μεταβλητές που δεν παρουσίαζαν συμμεταβολή με το αποτέλεσμα. Στις περιπτώσεις μη συμμεταβολής ήταν πιθανόν να καταγράφουν ή να παρατηρούν επιλεκτικά τα δεδομένα.

Αντίθετα, οι ενήλικες έδιναν σημασία τόσο σε περιπτώσεις συμμεταβολής όσο και σε περιπτώσεις μη συμμεταβολής και χρειάζονταν περισσότερα από ένα πειράματα για να οδηγηθούν σε ένα συμπέρασμα (Gleason & Schauble, 2000), και αντί να αγνοούν τα ασύμφωνα δεδομένα, προσπαθούσαν να τα αξιοποιήσουν. Επιπλέον, οι ενήλικες ήταν περισσότερο πιθανόν να διερευνήσουν πολλαπλές υποθέσεις (Klahr κ.ά., 1993). Παρόλες τις διαφορές τους, οι ενήλικες έτειναν να παρουσιάζουν πολλά από τα χαρακτηριστικά των παιδιών, όταν μεταβαλλόταν η πολυπλοκότητα του προβλήματος (Schauble & Glaser, 1990).

Εκτός από τις εξελικτικές διαφορές, διαφορές παρουσιάζονται και ανάμεσα σε άτομα των ίδιων ηλικιών. Με βάση αυτές τις διαφορές τα άτομα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στη βάση τριών διαφορετικών χαρακτηριστικών. Σύμφωνα με το πρώτο χαρακτηριστικό, τα άτομα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε θεωρητικούς και πειραματιστές, με βάση το δεύτερο χαρακτηριστικό τα άτομα μπορούν να διακριθούν σε “επιστήμονες” και “μηχανικούς” ανάλογα με το μοντέλο πειραματισμού που χρησιμοποιούν κατά τη διερεύνηση. Σύμφωνα με το τρίτο χαρακτηριστικό τα άτομα μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τα αιτιώδη μοντέλα που χρησιμοποιούν κατά τη διερεύνηση.

Θεωρητικοί και Πειραματιστές

Μια διαφορά ανάμεσα σε άτομα της ίδιας ηλικίας που παρατηρήθηκε σε μερικές έρευνες είναι η θεωρητική και η πειραματική προσέγγιση κατά τη λύση ενός προβλήματος. Οι Klahr και Dunbar (1988), ήταν οι πρώτοι που διέκριναν διαφορές στις στρατηγικές που χρησιμοποιούσαν τα άτομα και που τους επέτρεπαν να κάνουν αυτό το διαχωρισμό. Θεωρητικούς ονόμασαν τα άτομα που στηρίζονταν κυρίως στο χώρο των υποθέσεων, για να λύσουν ένα πρόβλημα. Οι θεωρητικοί διατύπωναν μια

σειρά υποθέσεων που βασίζονταν στη θεωρία τους και στη συνέχεια προχωρούσαν σε έλεγχο των προβλέψεών τους, σχετικά με τις υποθέσεις που διετύπωσαν. Από την άλλη, οι πειραματιστές στηρίζονταν περισσότερο στο χώρο του πειράματος για να λύσουν ένα πρόβλημα. Έτσι, εκτελούσαν ένα σύνολο πειραμάτων και στη συνέχεια διατύπωναν μια υπόθεση που συνόψιζε και εξηγούσε καλύτερα τα δεδομένα τους. Στις δύο αυτές ακραίες κατηγορίες ανήκει η μειοψηφία των ατόμων, ενώ πολλά άτομα τείνουν προς τη μια ή την άλλη κατεύθυνση.

Αυτή η διάκριση παρατηρείται και σε έρευνες που ασχολήθηκαν με παιδιά (Schauble, 1990. Schauble & Glaser, 1990). Στις έρευνες αυτές, η επιτυχία των ατόμων συσχετίζεται με την ικανότητα τους να διατυπώνουν και να ελέγχουν πολλαπλές υποθέσεις και σε αυτό το πλαίσιο οι θεωρητικοί έχουν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας από τους πειραματιστές. Στο ίδιο συμπέρασμα, οδηγήθηκαν και οι Schauble κ.ά. (1992), με ένα πρόβλημα με ηλεκτρικά στοιχεία. Τα υποκείμενα, για να λύσουν το πρόβλημα, θα έπρεπε να διαθέτουν κάποιες, έστω και ελάχιστες γνώσεις, για τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Επομένως, ο πειραματισμός θα έπρεπε να είναι, έστω σε κάποιο βαθμό, θεωρητικά προσανατολισμένος και ο προσανατολισμός αυτός μπορεί να στηρίζεται είτε σε γνώσεις περιεχομένου, είτε σε προηγούμενες εμπειρίες του υποκειμένου. Σε έρευνες των Klahr και Dunbar (2001), τα άτομα χωρίστηκαν σε πειραματιστές και θεωρητικούς ανάλογα με το χώρο που διερευνούσαν για να λύσουν το πρόβλημα και την περιοχή των πειραμάτων που εκτέλεσαν. Επιπλέον, οι θεωρητικοί ήταν τα άτομα τα οποία, ήταν ικανά να διατυπώνουν σωστή υπόθεση πριν τον πειραματισμό, σε αντίθεση με τους πειραματιστές που υστερούσαν στον τομέα αυτό.

Επιστήμονες και Μηχανικοί

Η ιδέα ότι υπάρχει πιθανότητα ο σκοπός κάθε υποκειμένου να επηρεάσει την επιλογή μιας συγκεκριμένης στρατηγικής πειραματισμού, πρωτοεμφανίστηκε στην έρευνα του Tschirgi (1980). Στην προσπάθεια των υποκειμένων να αποφασίσουν ποια συστατικά θα οδηγούσαν σε ένα καλό ή σε ένα κακό γλυκό, τα υποκείμενα χρησιμοποιούσαν, για τα θετικά αποτελέσματα, τη λιγότερο έγκυρη στρατηγική HOTAT (διατηρώντας ένα παράγοντα σταθερό σε κάθε προσπάθεια) και για τα αρνητικά αποτελέσματα την περισσότερο έγκυρη στρατηγική VOTAT (μεταβάλλοντας ένα παράγοντα σε κάθε προσπάθεια). Η Schauble (1990) παρατήρησε, επίσης, ότι κύριος σκοπός πολλών υποκειμένων, που πειραματιζόνταν με το μικρόκοσμο Daytona, ήταν να πετύχουν το πιο γρήγορο αυτοκίνητο (αποτέλεσμα), παρά να καθορίσουν τις σχέσεις που συνδέουν τις μεταβλητές.

Οι Schauble κ.ά. (1991), υποστήριξαν ότι κάποιες πλευρές της επίδοσης των παιδιών και των ενηλίκων στα προβλήματα επιστημονικού συλλογισμού μπορούν να αποσαφηνιστούν, αν λάβει κανείς υπόψη το σκοπό που θέτει το κάθε άτομο κατά τον πειραματισμό. Ανάλογα με το σκοπό του πειραματισμού, διακρίνονται δύο μοντέλα πειραματισμού, το μηχανιστικό και το επιστημονικό μοντέλο. Όταν τα άτομα χρησιμοποιούν το μηχανιστικό μοντέλο πειραματισμού, τότε ο σκοπός τους είναι να πετύχουν ένα επιθυμητό αποτέλεσμα και εξετάζουν τις περιπτώσεις που οι μεταβλητές είναι εκ διαμέτρου αντίθετες. Δίνουν έμφαση στην διερεύνηση αιτιωδών σχέσεων και κατά την αναζήτησή τους επικεντρώνονται μόνο στις μεταβλητές που πιστεύουν ότι έχουν αιτιώδη σχέση με το αποτέλεσμα. Η διερεύνηση τερματίζεται, όταν πετύχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Από την άλλη, τα άτομα που χρησιμοποιούν το επιστημονικό μοντέλο πειραματισμού έχουν ως σκοπό τους να κατανοήσουν τις σχέσεις ανάμεσα στις αιτίες και στις επιδράσεις τους και για να το πετύχουν αυτό διερευνούν την

επίδραση κάθε πιθανής μεταβλητής, δίνουν έμφαση στους αιτιώδεις, αλλά και στους μη αιτιώδεις παράγοντες και προσπαθούν να ελέγξουν κάθε πιθανό συνδυασμό των μεταβλητών. Η διερεύνηση τερματίζεται μόνο όταν γίνει συστηματικός έλεγχος κάθε μεταβλητής. Τυπικά, τα άτομα που εργάζονται ως επιστήμονες, χρησιμοποιούν μια στρατηγική βασισμένη σε μια θεωρία, ενώ τα άτομα που εργάζονται ως μηχανικοί χρησιμοποιούν μια στρατηγική “δοκιμής και πλάνης” κατά τον πειραματισμό. Έτσι, προκύπτει ότι, αν κάποια άτομα, κατά τη διάρκεια μιας διερεύνησης, θεωρήσουν, ή τους ζητηθεί να θεωρήσουν, το σκοπό του πειραματισμού με διαφορετικό τρόπο από άλλα άτομα, αυτό θα οδηγήσει σε διαφορετικές προσεγγίσεις, κατά τη λύση του προβλήματος.

Σκοπός της έρευνας των Schauble κ.ά. (1991), ήταν να διερευνήσουν το μοντέλο πειραματισμού που χρησιμοποιούν παιδιά πέμπτης και έκτης τάξης δημοτικού σχολείου και να εξετάσουν αν και πότε τα παιδιά υιοθετούν τα δύο διαφορετικά μοντέλα. Επιπλέον, εξέτασαν την υπόθεση ότι ο σκοπός της διερεύνησης σχετίζεται με τις στρατηγικές που χρησιμοποιεί το κάθε άτομο. Τέλος, εξέτασαν την ανάπτυξη των στρατηγικών διερεύνησης μέσα από επαναλαμβανόμενη ενασχόληση με το πρόβλημα. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποίησαν δύο προβλήματα, το ένα σχεδιασμένο για να προσομοιάζει το μηχανιστικό μοντέλο και το άλλο το επιστημονικό μοντέλο. Η δομή του πρώτου προβλήματος οδηγούσε σε πειραματισμό, με σκοπό ένα επιθυμητό αποτέλεσμα. Ήταν το πρόβλημα υδροδυναμικής που χρησιμοποίησαν αργότερα οι Kuhn κ.ά. (1995) και η Schauble (1996), το οποίο είχε ως σκοπό το χειρισμό των διάφορων μεταβλητών για τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα της βάρκας. Αντίθετα, το πρόβλημα που σχετίζεται με το επιστημονικό μοντέλο δεν περιλαμβάνει αποτελέσματα που μπορούν να ερμηνευθούν ως περισσότερο ή λιγότερο επιθυμητά και δεν μπορεί να διερευνηθεί με στρατηγικές δοκιμής και πλάνης. Το

πρόβλημα αυτό, σχετίζεται με την επιμήκυνση του ελατηρίου όταν ένα σώμα βυθίζεται στο νερό (Schauble, 1996). Οι ερευνητές χώρισαν τα υποκείμενα σε δύο ομάδες. Ενθάρρυναν τη μια ομάδα παιδιών να εργαστεί με το μηχανιστικό μοντέλο, λέγοντας τους ότι οι μηχανικοί συχνά προσπαθούν να σχεδιάσουν συστήματα, τα οποία τα είναι αποτελεσματικά και καλώντας τους να δουλέψουν ως μηχανικοί. Αντίθετα, ενθάρρυναν την άλλη ομάδα να δουλέψει με το επιστημονικό μοντέλο, αφού τους ανέλυσαν πώς οι επιστήμονες εκτελούν πειράματα προσπαθώντας να εντοπίσουν ποια στοιχεία επηρεάζουν τη λειτουργία ενός συστήματος. Τα παιδιά και των δύο ομάδων εργάστηκαν και με τα δύο προβλήματα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειοψηφία των παιδιών εργάστηκε ανάλογα με το μοντέλο πειραματισμού της ομάδας του, με κάποια παιδιά που βρίσκονταν στην επιστημονική ομάδα να εργάζονται ως μηχανικοί. Παρόλο που η πλειοψηφία των παιδιών υιοθέτησε τελικά το σωστό μοντέλο, στην αρχή του πειραματισμού τα περισσότερα παιδιά εργάστηκαν ως μηχανικοί. Επιπλέον μέσα από τις έξι συναντήσεις παρατηρήθηκε μια αύξηση των σωστών και έγκυρων συμπερασμάτων των παιδιών σχετικά με τις μεταβλητές και η βελτίωση ήταν μεγαλύτερη στα παιδιά που ασχολήθηκαν πρώτα με το μηχανιστικό προσανατολισμό και μετά με τον επιστημονικό προσανατολισμό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι στρατηγικές που χρησιμοποιούν τα άτομα κατά τη διερεύνηση είναι στενά συνδεδεμένες με το σκοπό διερεύνησης του κάθε ατόμου. Επομένως, η έρευνα που εξετάζει τις επιστημονικές δεξιότητες των ατόμων πρέπει να δώσει σημασία στις ιδέες των ατόμων σχετικά με το σκοπό μιας διερεύνησης.

Αιτιώδη Μοντέλα

Σε έρευνά τους, οι Schauble κ.ά. (1992), διερεύνησαν τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα ενοποιούν τους διάφορους τύπους γνώσεων στην προσπάθεια τους να κατανοήσουν τη λειτουργία των μερών ενός φυσικού συστήματος και τα αιτιώδη μοντέλα που χρησιμοποιούν στην προσπάθειά τους να λύσουν το πρόβλημα της λειτουργίας του συστήματος αυτού. Για το σκοπό αυτό, 23 φοιτητές, που δεν είχαν τη Φυσική ως αντικείμενο των σπουδών τους, κλήθηκαν να λύσουν ένα πρόβλημα. Το πρόβλημα αφορούσε την αναγνώριση κάθε ενός από τα 8 εξαρτήματα που ήταν κρυμμένα σε 8 μαύρα κουτιά και που σχετίζονταν με τα ηλεκτρικά κυκλώματα (μπαταρίες, αντιστάσεις, καλώδια). Τα υποκείμενα πληροφορούνταν για τα 8 αυτά αντικείμενα και καλούνταν να ανακαλύψουν ποιο από τα 8 βρισκόταν στο κάθε κουτί. Τα μαύρα κουτιά είχαν μεταλλικές υποδοχές στα δύο άκρα τους και μια θήκη για λαμπτήρα. Τα υποκείμενα για να λύσουν το πρόβλημα είχαν στη διάθεσή τους δύο διαφορετικούς λαμπτήρες και καλώδια, που τους επέτρεπαν να ενώσουν, αν ήθελαν, δύο διαδοχικά μαύρα κουτιά.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι προσπάθειες των ατόμων για λύση του προβλήματος επηρεαζόταν από ποιοτικά αιτιώδη μοντέλα που περιλάμβαναν ιδέες για σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος και λειτουργίας των κυκλωμάτων. Υπήρχε μια ιεραρχία τεσσάρων μοντέλων με τα λιγότερο ανεπτυγμένα μοντέλα να εστιάζονται στην επιφανειακή δομή των υλικών του προβλήματος και σε απλές σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος με μια μόνο αιτία και δίνοντας σημασία μόνο στα πειράματα που είχαν θετικό αποτέλεσμα (φωτοβολία του λαμπτήρα). Από την άλλη, τα μοντέλα ανώτερου επιπέδου ήταν πιο συνεκτικά, εστιάζονταν σε πιο πολύπλοκες έννοιες για τη λειτουργία και τις ηλεκτρικές ιδιότητες των αντικειμένων, που βρίσκονταν κρυμμένα στα μαύρα κουτιά, σε πιο πολύπλοκες σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος με πολλαπλές

αιτίες και έδιναν σημασία και στα θετικά και στα αρνητικά πειραματικά αποτελέσματα. Επιπρόσθετα, τα πολύπλοκα αυτά μοντέλα ενίσχυαν την κατανόηση αλληλεπιδράσεων και την αναγνώριση του κυκλώματος ως σύστημα.

Τα αιτιώδη μοντέλα συνδέονται άμεσα με τις ικανότητες των ατόμων για πειραματισμό και με στρατηγικές, όπως η συλλογή και ερμηνεία δεδομένων και ο χειρισμός των αναγκών της μνήμης. Μερικές από τις στρατηγικές αυτές, όπως η συλλογή δεδομένων, προκύπτουν απευθείας από τα αιτιώδη μοντέλα, ενώ οι άλλες παρουσιάζονται να είναι πιο γενικές. Τέλος, το επίπεδο της κατανόησης των υποκειμένων για το φυσικό σύστημα ήταν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης τόσων των γνώσεων περιεχομένου, όσο και των στρατηγικών πειραματισμού και διερεύνησης.

Διδασκαλία για Ανάπτυξη του Επιστημονικού Συλλογισμού

Η έρευνα στον τομέα του επιστημονικού συλλογισμού έχει προχωρήσει προς την κατεύθυνση ερμηνείας των τρόπων που θα βοηθήσουν τα παιδιά να σκέφτονται επιστημονικά και να γίνουν επιστημονικά εγγράμματοι πολίτες. Προς αυτή την κατεύθυνση βρίσκονται και πολλές έρευνες (Chen & Klahr, 1999. Klahr & Nigam, 2004. Toth κ.ά., 2000) οι οποίες εξετάζουν την επίδραση της άμεσης και έμμεσης διδασκαλίας στην ικανότητα των παιδιών να σχεδιάζουν πειράματα ελέγχοντας μεταβλητές.

Στην προσπάθειά τους να βελτιώσουν τη διδασκαλία της Επιστήμης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μια ομάδα ερευνητών του πανεπιστημίου Pittsburgh των ΗΠΑ ανέπτυξε, ένα Αναλυτικό Πρόγραμμα που απευθύνεται σε παιδιά έκτης τάξης (12 χρόνων) γνωστό ως MARS, το οποίο στηρίζεται στη χρήση μοντέλων-αναλογιών

στη διδασκαλία (Raghavan & Glaser, 1995). Αφορμή αυτής της προσπάθειας ήταν οι μειωμένες επιδόσεις των παιδιών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (12-14 χρόνων) των ΗΠΑ στις έρευνες TIMSS σε αντίθεση με τα μικρότερα παιδιά τα οποία σημείωσαν πολύ καλές επιδόσεις. Το πρόγραμμα MARS τέθηκε σε εφαρμογή για πρώτη φορά τη σχολική χρονιά 1993-1994 και αξιολογήθηκε με έρευνες που ακολούθησαν (Raghavan κ.ά., 1998a, 1998b), αναθεωρήθηκε και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά τη σχολική χρονιά 1999-2000. Το πρόγραμμα αυτό, αν και βασικό σκοπό έχει τη βελτίωση της κατανόησης των παιδιών όσον αφορά το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών, στοχεύει επίσης και στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων των παιδιών για επιστημονική έρευνα. Την επίδραση του προγράμματος MARS στις δεξιότητες επιστημονικής έρευνας των παιδιών μελέτησε και η έρευνα των Zimmerman κ.ά. (2003).

Στην έρευνα τους, οι Zimmerman κ.ά. (2003) διεξήγαγαν 14 συνεντεύξεις με παιδιά έκτης τάξης ενός δημοτικού σχολείου εκ των οποίων τα 7 έλαβαν μέρος στο πρόγραμμα MARS, ενώ τα άλλα 7 παιδιά δε διδάχτηκαν με το πρόγραμμα MARS. Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να πειραματιστούν με μια συσκευή, ένα ζυγό, στην οποία μπορούσαν να τοποθετήσουν διάφορα βάρη σε διάφορες θέσεις του. Οι θέσεις διέφεραν και κατακόρυφα, αλλά και οριζόντια, ως προς το κέντρο του ζυγού. Στην αρχή κάθε συνέντευξης, τα παιδιά καλούνταν να εξηγήσουν τι είναι μια μεταβλητή, να καθορίσουν τις μεταβλητές αυτής της συσκευής και στη συνέχεια να πειραματιστούν με τη συσκευή με σκοπό την εξαγωγή ενός κανόνα για τη λειτουργία του ζυγού. Τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να καταγράφουν τα αποτελέσματά τους. Οι ερευνητές έλεγχαν τις ικανότητές των παιδιών για σχεδιασμό δίκαιων πειραμάτων, για διατύπωση και αναθεώρηση υποθέσεων και θεωριών με βάση τα δεδομένα και για εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων. Μετά την ανακάλυψη

του κανόνα, τα παιδιά καλούνταν να λύσουν διάφορες ασκήσεις οι οποίες παρουσίαζαν τον ίδιο ζυγό με διάφορα βάση τοποθετημένα σε διάφορες θέσεις και τα παιδιά θα έπρεπε να σημειώσουν τη συμπεριφορά του ζυγού σε όλες τις περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά, που διδάχτηκαν με το πρόγραμμα MARS, είχαν καλύτερα αποτελέσματα από τα παιδιά της ομάδας ελέγχου, αφού όλα τα παιδιά της πειραματικής ομάδας κατάφεραν να διατυπώσουν ένα ποσοτικό κανόνα για τη λειτουργία του ζυγού, σχεδίασαν δίκαια πειράματα και εφάρμοσαν τον κανόνα τους σωστά στις ασκήσεις που τους δόθηκαν.

Όπως φάνηκε από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, οι εμπειρικές μελέτες που σχετίζονται με τον πειραματισμό, τον έλεγχο των υποθέσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων έχουν σημειώσει αξιόλογη πρόοδο. Οι αρχικές προσπάθειες μελέτης του επιστημονικού συλλογισμού εστίασαν το ενδιαφέρον τους σε μεμονωμένες πλευρές του επιστημονικού τρόπου σκέψης. Οι πιο πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες αντιμετωπίζουν τον επιστημονικό συλλογισμό ολοκληρωμένα και τον μελετούν με έρευνες, όπου τα άτομα εμπλέκονται σε όλες τις φάσεις μιας επιστημονικής διερεύνησης και όπου οι γνώσεις και οι στρατηγικές δε διαχωρίζονται.

Οι πρώτες ερευνητικές προσπάθειες ασχολήθηκαν κυρίως με ενήλικες. Οι σύγχρονες έρευνες στρέφονται στα παιδιά και εστιάζονται στην ανάπτυξη του επιστημονικού συλλογισμού ως διάσταση της γενικής γνωστικής ανάπτυξης. Η έρευνα που σχετίζεται με τον επιστημονικό συλλογισμό κατευθύνεται προς προσπάθειες που θα βοηθήσουν τα παιδιά να έχουν καλύτερες επιδόσεις στις θετικές επιστήμες και να γίνουν ενήλικες που θα τους χαρακτηρίζει ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός.

Η ανάπτυξη του επιστημονικού τρόπου σκέψης γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική και αποτελεί πλέον μια από τις δεξιότητες που πρέπει να αποκτήσουν τα παιδιά εκτός από τη γραφή, την ανάγνωση και την απλή αριθμητική. Έτσι, σύμφωνα

με τη Zimmerman (2000), έχει φτάσει η στιγμή του επαναπροσδιορισμού των κύριων ικανοτήτων που πρέπει να αποκτήσουν τα άτομα μέσα από την εκπαίδευση και η επικέντρωση να γίνει στα λεγόμενα τέσσερα R's: Reading, Writing, Arithmetic και Scientific Reasoning (ανάγνωση, γραφή, αριθμητική και επιστημονικός συλλογισμός).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε το Φεβρουάριου του 2005 και η δεύτερη τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο του 2005. Στην πρώτη φάση, επιλέγηκε ένα δείγμα από τον πληθυσμό δύο τάξεων (Δ' και Στ') από διάφορα δημοτικά σχολεία. Στο δείγμα αυτό, δόθηκε το ερωτηματολόγιο που αφορούσε τις δεξιότητες ελέγχου μεταβλητών και συνδυαστικής σκέψης. Μετά τη συλλογή και διόρθωση των ερωτηματολογίων, πραγματοποιήθηκε η δεύτερη φάση της έρευνας. Για τη δεύτερη φάση, επιλέγηκε ένας μικρότερος αριθμός παιδιών που προερχόταν από το ευρύτερο δείγμα της πρώτης φάσης. Τα υποκείμενα της δεύτερης φάσης επιλέγηκαν με βάση την επίδοσή τους στο ερωτηματολόγιο. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκαν ατομικές συνεντεύξεις με τα παιδιά και εξετάστηκε η ικανότητά τους να εμπλέκονται σε ένα διερευνητικό περιβάλλον και να λύνουν ένα προσομοιωμένο πρόβλημα με αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό. Το πρόβλημα αφορούσε τη λειτουργία μιας κύριας πειραματικής συσκευής, ενώ μια βοηθητική πειραματική συσκευή χρησιμοποιήθηκε για να εξοικειώσει τα παιδιά με το περιβάλλον της διερεύνησης. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια κλινικών συνεντεύξεων.

Οι Συμμετέχοντες στην Έρευνα

Πρώτη Φάση

Το δείγμα της πρώτης φάσης της έρευνας απετέλεσαν τα παιδιά 10 τμημάτων τέταρτης και 10 τμημάτων έκτης τάξης από δέκα δημοτικά σχολεία των επαρχιών Λευκωσίας, Λάρνακας και Αμμοχώστου. Συγκεκριμένα, στην έρευνα πήραν μέρος

498 παιδιά από τα οποία τα 250 ήταν παιδιά Δ' τάξης και τα 248 ήταν παιδιά Στ' τάξης. Από αυτά τα 250 ήταν αγόρια και τα 248 κορίτσια. Για να υπολογιστεί η ακριβής ηλικία των παιδιών χρησιμοποιήθηκε το μητρώο του κάθε σχολείου και σημειώθηκε η ημερομηνία γέννησης του κάθε υποκειμένου. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η ηλικία του κάθε παιδιού, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονολογία και το μήνα και στη συνέχεια μετασχηματίζοντας την ηλικία σε δεκαδικό αριθμό. Η μέση ηλικία των παιδιών της Δ' τάξης που έλαβαν μέρος στην έρευνα ήταν, κατά την περίοδο της έρευνας, 9,49 χρόνια με τυπική απόκλιση 0,29 και η μέση ηλικία για τα παιδιά της Στ' τάξης ήταν 11,46 χρόνια με τυπική απόκλιση 0,27. Τα 10 σχολεία που έλαβαν μέρος στην έρευνα ήταν αστικά, ημιαστικά και σχολεία της υπαίθρου των επαρχιών Λευκωσίας, Λάρνακας και Ελεύθερης Αμμοχώστου. Συγκεκριμένα, στην έρευνα συμμετείχαν 5 σχολεία της επαρχίας Λευκωσίας και 5 σχολεία των επαρχιών Λάρνακας και Αμμοχώστου. Τα σχολεία, έγινε προσπάθεια να αντιπροσωπεύουν τον πληθυσμό των επαρχιών Λευκωσίας, Λάρνακας και Αμμοχώστου. Τα 3 σχολεία της επαρχίας Λευκωσίας ήταν αστικά σχολεία και τα 2 σχολεία της υπαίθρου. Το ένα σχολείο της Επαρχίας Λάρνακας ήταν αστικό, ενώ τα άλλα δύο ήταν σχολεία της υπαίθρου. Τέλος τα δύο σχολεία της Επαρχίας Αμμοχώστου ήταν σχολεία μεγάλων κωμοπόλεων. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να απαντήσουν σε ένα ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις ικανότητες των παιδιών σε προβλήματα ελέγχου μεταβλητών και συνδυαστικής σκέψης.

Δεύτερη Φάση

Από το ευρύτερο δείγμα της πρώτης φάσης της έρευνας, επιλέγηκε το δείγμα της δεύτερης φάσης. Συγκεκριμένα, το δείγμα της δεύτερης φάσης της έρευνας αποτελέσαν 80 παιδιά από τα δέκα δημοτικά σχολεία που συμμετείχαν στην πρώτη

φάση. Σαράντα από τα 80 παιδιά ήταν μαθητές της τέταρτης τάξης και τα άλλα 40 ήταν μαθητές της έκτης τάξης. Τα 40 παιδιά ήταν αγόρια (20 από την τέταρτη τάξη και 20 από την έκτη τάξη) και τα άλλα 40 ήταν κορίτσια, (20 από την τέταρτη τάξη και 20 από την έκτη τάξη). Στα παιδιά αυτά έγινε συνέντευξη και τα παιδιά πληροφορήθηκαν ότι θα είχαν να πειραματιστούν με μια συσκευή για να διαπιστώσουν τον τρόπο λειτουργίας της.

Η επιλογή του δείγματος της δεύτερης φάσης, από το ευρύτερο δείγμα της πρώτης φάσης, έγινε με βάση τη στρωματοποιημένη δειγματοληψία. Συγκεκριμένα, μετά την αξιολόγηση των ερωτηματολογίων αποδόθηκε σε κάθε παιδί ένας αριθμητικός βαθμός, εύρους 0-18. Με βάση τους βαθμούς αυτούς έγινε επιλογή 80 παιδιών Δ' και Στ' τάξης (40 από τη Δ' και 40 από τη Στ' τάξη) που είχαν ακριβώς ή περίπου τις ίδιες ικανότητες ελέγχου μεταβλητών και συνδυαστικής σκέψης. Το δείγμα αντιπροσώπευε παιδιά που είχαν υψηλές και χαμηλές ικανότητες ανάλογα με την επίδοσή τους στο ερωτηματολόγιο. Συγκεκριμένα, στη δεύτερη φάση της έρευνας έλαβαν μέρος παιδιά που σημείωσαν επίδοση 14-17 (με εύρος 0-18) και θεωρήθηκαν ότι σημείωσαν υψηλή επίδοση (Υ) και παιδιά που σημείωσαν επίδοση 4-7 (με εύρος 0-18) και θεωρήθηκαν ότι σημείωσαν χαμηλή επίδοση (Χ). Η απόφαση αυτή στηρίχτηκε στο Μέσο Όρο (ΜΟ) και στην Τυπική Απόκλιση (ΤΑ) των αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου (10,01 και 4,22 αντίστοιχα). Έτσι, επιλέγηκε ως υψηλή επίδοση η επίδοση που είναι μεγαλύτερη κατά μια, περίπου ΤΑ από το ΜΟ και ως χαμηλή επίδοση η επίδοση που είναι μικρότερη από μια περίπου ΤΑ από το ΜΟ, ενώ δεν περιορίστηκε το εύρος της βαθμολογίας στο 4-6 όπως ήταν αναμενόμενο από την απόσταση της τυπικής απόκλισης από το μέσο όρο, γιατί δεν υπήρχε ικανοποιητικός αριθμός ατόμων στο εύρος αυτό. Επιπλέον, δεν χρησιμοποιήθηκαν στο δείγμα άτομα που σημείωσαν επιδόσεις μικρότερες από το 4 και μεγαλύτερη από το 17, με σκοπό να

μη στηριχτεί η έρευνα σε μαθητές ακραίων επιδόσεων στο ερωτηματολόγιο. Τα 80 παιδιά, από τα 20 διαφορετικά τμήματα τέταρτης και έκτης τάξης, απετέλεσαν το δείγμα της δεύτερης φάσης της έρευνας. Έγινε προσπάθεια να συμμετέχουν στη φάση αυτή δύο παιδιά από κάθε τμήμα που είχαν υψηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο και δύο παιδιά που είχαν χαμηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο. Αυτό δεν ήταν πάντοτε δυνατόν, γιατί δεν υπήρχαν και στα 20 τμήματα που έλαβαν μέρος στην έρευνα δύο παιδιά με επίδοση στο ερωτηματολόγιο 4-7 και δύο παιδιά με επίδοση στο ερωτηματολόγιο 14-17. Στις περιπτώσεις αυτές, στην έρευνα λάμβαναν μέρος παιδιά από τα υπόλοιπα τμήματα που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα και που τηρούσαν το κριτήριο σχετικά με την επίδοση στο ερωτηματολόγιο.

Συλλογή Δεδομένων

Πρώτη Φάση

Στην πρώτη φάση, η συλλογή δεδομένων έγινε με ένα ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο απετέλεσε το μέσο συλλογής ποσοτικών δεδομένων σχετικά με τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών και τη συνδυαστική σκέψη. Η χορήγηση του ερωτηματολογίου έγινε στα 20 τμήματα των 10 δημοτικών σχολείων που επιλέγηκαν για το δείγμα της έρευνας. Για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, αφιερώθηκε μια διδακτική περίοδος (40 λεπτά) και αυτό αποφασίστηκε μετά την πιλοτική χορήγηση του ερωτηματολογίου. Οι οδηγίες ήταν σαφείς από την αρχή και δε δόθηκε καμιά επεξήγηση κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Ζητήθηκε από τα παιδιά να δουλέψουν αυστηρά ατομικά και τονίστηκε ότι το ερωτηματολόγιο αυτό δεν είχε τη μορφή εξέτασης και ότι θα έπρεπε να συμπληρωθεί με άνεση και ηρεμία. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από έξι έργα και παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α.

Τα τρία έργα (EM₁, EM₂, EM₃) αφορούσαν τη δεξιότητα “έλεγχος μεταβλητών” (EM). Στα τρία αυτά έργα, έγινε προσπάθεια να μην υπαισέρχονται δύσκολες έννοιες, για αποφυγή υπερβολικών γνωστικών δυσκολιών, αλλά με απλά έργα να ελέγχεται έμμεσα και άμεσα η ικανότητα των παιδιών να ελέγχουν μεταβλητές.

Τα δύο πρώτα έργα (EM₁ και EM₂) ήταν έργα σύγκρισης. Τα παιδιά κλήθηκαν να αποφασίσουν, αν ήταν σε θέση να συγκρίνουν την ποσότητα του υγρού που περιείχαν δύο διαφορετικά δοχεία. Στο πρώτο έργο (EM₁) τα δοχεία διέφεραν μόνο ως προς εμβαδόν της βάσης, ενώ η στάθμη του υγρού ήταν στο ίδιο σημείο. Στο δεύτερο έργο (EM₂), τα δύο δοχεία διέφεραν ως προς το εμβαδόν της βάσης, ενώ και η στάθμη του νερού βρισκόταν σε διαφορετικό ύψος. Με τα δύο αυτά έργα, ελέγχθηκε έμμεσα η ικανότητα ελέγχου μεταβλητών και τα παιδιά έπρεπε να εξηγήσουν ότι, για να είναι εφικτή η σύγκριση, θα έπρεπε οι δύο ποσότητες να διέφεραν μόνο ως προς τη μια διάσταση. Έννοιες, όπως ο όγκος ή το εμβαδόν της βάσης δεν απαιτούνταν να χρησιμοποιηθούν από τα παιδιά, αλλά η λύση μπορούσε να δικαιολογηθεί με βάση τα ορατά και συγκρίσιμα χαρακτηριστικά των δοχείων.

Το τρίτο έργο (EM₃) μπορεί να θεωρηθεί εξελικτικά πιο δύσκολο και είχε σκοπό τον άμεσο έλεγχο της ικανότητας ελέγχου μεταβλητών. Χρησιμοποιήθηκαν πιο δύσκολες έννοιες, όπως το φαινόμενο της εξάτμισης. Χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο φαινόμενο, γιατί, θεωρήθηκε γνωστό για τα παιδιά αφού, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα της Επιστήμης, η εξάτμιση διδάσκεται για πρώτη φορά στη δεύτερα τάξη του δημοτικού σχολείου και τα παιδιά, στα πλαίσια του μαθήματος αυτού, καλούνται να συγκρίνουν την ταχύτητα εξάτμισης κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Στο έργο EM₃, ζητήθηκε από τα παιδιά να επιλέξουν δύο δοχεία, ανάμεσα από πέντε δοχεία, τα οποία θα χρησιμοποιούσαν για να ελέγξουν αν το οινόπνευμα ή

το νερό εξατμίζεται πιο γρήγορα κάτω από τις ίδιες συνθήκες (θερμοκρασία, πίεση και ταχύτητα του ανέμου). Σε κάθε δοχείο, ήταν σημειωμένη η στάθμη του υγρού και το όνομα του υγρού που βρισκόταν στο κάθε δοχείο. Στο πρόβλημα αυτό, αναμενόταν από τα παιδιά να επιλέξουν δύο όμοια δοχεία που περιείχαν την ίδια ποσότητα διαφορετικού υγρού (ίδια βάση και ίδιο ύψος στάθμης του υγρού).

Τα άλλα τρία έργα ($\Sigma\Sigma_4$, $\Sigma\Sigma_5$, $\Sigma\Sigma_6$) ήταν έργα συνδυαστικής σκέψης ($\Sigma\Sigma$). Έγινε, επίσης, προσπάθεια να περιοριστεί το γνωστικό φορτίο στην εργαζόμενη μνήμη και έτσι ο μέγιστος αριθμός συνδυασμών που ζητήθηκε από τα παιδιά ήταν 8. Το πρώτο έργο ($\Sigma\Sigma_4$) αφορούσε το συνδυασμό δύο μεταβλητών, που η πρώτη έπαιρνε δύο τιμές, ενώ η δεύτερη τρεις τιμές και από το συνδυασμό τους προέκυπταν έξι διαφορετικοί συνδυασμοί, που τα παιδιά κλήθηκαν να καταγράψουν. Πιο συγκεκριμένα, το έργο αφορούσε την κατασκευή διαφορετικών σάντουιτς χρησιμοποιώντας κάθε φορά ένα είδος ψωμιού και ένα αλλαντικό για γέμιση. Τα παιδιά είχαν στη διάθεσή τους δύο είδη ψωμιού και τρία είδη αλλαντικών.

Το δεύτερο έργο ($\Sigma\Sigma_5$) αφορούσε διατάξεις τριών αντικειμένων-μεταβλητών με μια τιμή η κάθε μεταβλητή με αποτέλεσμα να προκύπτουν έξι διαφορετικοί συνδυασμοί. Τα αντικείμενα αφορούσαν αναμνηστικά δώρα που είχε συλλέξει ένα παιδί από ταξίδια του σε τρεις ευρωπαϊκές χώρες και ήθελε να τα τοποθετήσει στο γραφείο του, σε μια σειρά. Τα παιδιά κλήθηκαν να καταγράψουν όλους τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να τοποθετηθούν τα αναμνηστικά δώρα.

Το τρίτο έργο ($\Sigma\Sigma_6$) αφορούσε τις διατάξεις σε τρεις θέσεις και η κάθε θέση μπορούσε να πάρει δύο διαφορετικές τιμές. Από το έργο αυτό, προκύπτουν 8 διαφορετικοί συνδυασμοί (2^3). Το έργο αυτό αντιστοιχούσε με την κύρια πειραματική συσκευή, όπου υπήρχαν πέντε διακόπτες που μπορούσαν να πάρουν δύο τιμές και από

τις διατάξεις αυτές προέκυπταν 32 διαφορετικοί συνδυασμοί (2⁵). Συγκεκριμένα στο ΣΣ₆ ζητήθηκε από τα υποκείμενα να καταγράψουν όλους τους δυνατούς τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να παρασταθούν τρία παιδιά, αγόρια ή κορίτσια σε μια γραμμή. Τα τρία παιδιά θα μπορούσε να είναι μόνο αγόρια, μόνο κορίτσια, ή αγόρια και κορίτσια μαζί. Στο έργο αυτό δόθηκαν δύο παραδείγματα, σε αντίθεση με τα προηγούμενα, που θεωρήθηκαν εξελικτικά πιο εύκολα, και δόθηκε ένα παράδειγμα για το καθένα.

Με τα έξι αυτά έργα σχηματίστηκαν τέσσερις τύποι ερωτηματολογίων, όπου η σειρά εμφάνισης των έργων ήταν διαφορετική, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3. Στον Τύπο 1 όλα τα έργα ελέγχου μεταβλητών προηγήθηκαν των έργων που αφορούσαν τη συνδυαστική σκέψη και υπήρχε μια αύξουσα σειρά δυσκολίας και στις δύο κατηγορίες έργων.

Πίνακας 3

Τύποι Ερωτηματολογίου Ανάλογα με τη Σειρά Εμφάνισης των Έργων

| Τύπος Ερωτηματολογίου | Σειρά Έργων |
|-----------------------|---|
| Τύπος 1 | EM ₁ , EM ₂ , EM ₃ , ΣΣ ₄ , ΣΣ ₅ , ΣΣ ₆ |
| Τύπος 2 | ΣΣ ₄ , ΣΣ ₅ , ΣΣ ₆ , EM ₁ , EM ₂ , EM ₃ |
| Τύπος 3 | EM ₁ , ΣΣ ₄ , EM ₂ , ΣΣ ₅ , EM ₃ , ΣΣ ₆ |
| Τύπος 4 | ΣΣ ₆ , EM ₃ , ΣΣ ₅ , EM ₂ , ΣΣ ₄ , EM ₁ |

Στον Τύπο 2, προηγήθηκαν τα έργα που σχετίζονται με τη συνδυαστική σκέψη και ακολούθησαν τα έργα που σχετίζονται με τον έλεγχο μεταβλητών και τα έργα στις δύο κατηγορίες ακολούθησαν την ίδια σειρά, όπως και στην πρώτη περίπτωση. Οι δύο αυτοί τύποι ερωτηματολογίου σχηματίστηκαν για να ελεγχθεί κατά πόσον η σειρά που εμφανίζονται οι δύο διαφορετικές δεξιότητες επηρεάζει την επίδοση των παιδιών στις δεξιότητες, αλλά και τη συνολική επίδοσή τους. Στον Τύπο 3, τα έργα ελέγχου μεταβλητών εναλλάσσονταν με τα έργα συνδυαστικής σκέψης και ακολουθούσαν μια

σειρά αυξανόμενης δυσκολίας. Η ομάδα αυτή δημιουργήθηκε για να ελεγχθεί κατά πόσον η εναλλαγή έργων που αφορούσαν διαφορετική δεξιότητα σκέψης επηρέαζε την επίδοση των παιδιών στο ερωτηματολόγιο. Τέλος, στον Τύπο 4, πέρα από την εναλλαγή των έργων που αφορούσαν τον έλεγχο των μεταβλητών και των έργων που αφορούσαν τη συνδυαστική σκέψη, ο βαθμός δυσκολίας μειωνόταν σταδιακά και ακολουθήθηκε μια αντίστροφη σειρά στην παρουσίαση των έργων. Ο Τύπος 4 δημιουργήθηκε για να ελεγχθεί κατά πόσον η σειρά δυσκολίας εμφάνισης των έργων και η εναλλαγή των έργων που αφορούσαν τις δύο δεξιότητες ήταν δυνατό να επηρεάσουν την επίδοση των παιδιών στο ερωτηματολόγιο. Στο Παράρτημα Α, παρουσιάζεται ο Τύπος 1 του ερωτηματολογίου όπου προηγούνται τα έργα Ελέγχου Μεταβλητών και ακολουθούν τα έργα Συνδυαστικής Σκέψης, ενώ σε κάθε ομάδα έργων ο βαθμός δυσκολίας αυξάνεται σταδιακά.

Με βάση τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, έγινε η στρωματοποίηση και επιλογή του δείγματος για τη δεύτερη φάση της έρευνας, δηλαδή τη συλλογή δεδομένων μέσω ατομικών συνεντεύξεων.

Δεύτερη Φάση

Κύριο μέσο συλλογής των δεδομένων της δεύτερης φάσης της έρευνας αποτέλεσε η ατομική κλινική συνέντευξη, ενώ η καταγραφή των πειραματικών δεδομένων αποτέλεσε τη συμπληρωματική πηγή δεδομένων για τη δεύτερη φάση.

Κλινική Συνέντευξη

Η ατομική κλινική συνέντευξη αποτελεί πρόσφορο εργαλείο συλλογής δεδομένων, αφού επιτρέπει στον ερευνητή να προχωρήσει βαθύτερα στον τρόπο σκέψης των παιδιών και να γνωρίσει καλύτερα τις ικανότητες επιστημονικής σκέψης

που χρησιμοποιούν για να λύσουν ένα πρόβλημα. Αυτή η τεχνική ενθαρρύνει τα παιδιά να μιλήσουν ελεύθερα και επιτρέπει στον ερευνητή να ελέγχει τις αυθόρμητες ιδέες των παιδιών (Osborne & Gilbert, 1980).

Η συνέντευξη ως μέθοδος συλλογής δεδομένων έχει, επίσης, πολλά επιμέρους πλεονεκτήματα. Σύμφωνα με τον Anderson (1990), με τη συνέντευξη ο ερευνητής μπορεί πιο εύκολα να διευκρινίσει τις ερωτήσεις, να διερευνήσει επισταμένως τις απαντήσεις των υποκειμένων και αποκτά, επομένως, πολύτιμες πληροφορίες τις οποίες δε θα μπορούσε να πάρει σε γραπτή μορφή. Δίνεται, επίσης, η δυνατότητα στον ερευνητή να συλλέγει δεδομένα από μη λεκτικές εκφράσεις, όπως οι εκφράσεις του προσώπου και ο τόνος της φωνής. Η Bell (1993), σημείωσε ως μεγαλύτερο πλεονέκτημα της συνέντευξης την προσαρμοστικότητα της. Έτσι, ανάλογα με το άτομο που έχει μπροστά του ο ερευνητής, μπορεί να προσαρμόσει τις ερωτήσεις του και επιπλέον, μπορεί η συνέντευξη να οδηγηθεί σε “διαδρομές” που δεν μπορούν να προβλεφθούν. Βέβαια, η διαμόρφωση των ερωτήσεων από υποκείμενο σε υποκείμενο εξαρτάται από την κατηγορία της συνέντευξης που χρησιμοποιεί ο κάθε ερευνητής.

Υπάρχουν τρεις κυρίως κατηγορίες συνεντεύξεων, η δομημένη, η ημιδομημένη και η ελεύθερη συνέντευξη (Cohen & Manion, 1996. Hitchcock & Hughes, 1995). Η παρούσα έρευνα θα χρησιμοποιήσει την ημιδομημένη συνέντευξη, γιατί το περιεχόμενο και οι διαδικασίες της συνέντευξης ήταν από την αρχή καθορισμένες, αλλά η ερευνήτρια είχε τη δυνατότητα να αλλάξει τη διατύπωση, να κάνει διευκρινίσεις και τροποποιήσεις, όπου χρειαζόταν, αποφεύγοντας, όμως, οποιαδήποτε μορφή παρέμβασης που δεν είχε προκαθοριστεί.

Οι συνεντεύξεις ήταν ατομικές και πραγματοποιήθηκαν στο σχολικό χώρο. Η διάρκεια της κάθε συνέντευξης ήταν εξάρτηση του συνολικού χρόνου που χρειάστηκε το κάθε παιδί για να λύσει το πρόβλημα ή για να ολοκληρώσει, κατά τη γνώμη του, τη

διερεύνηση. Έτσι, οι περισσότερες συνεντεύξεις είχαν διάρκεια από 30-40 λεπτά. Ως μέγιστη διάρκεια κάθε συνέντευξης ήταν τα 60 λεπτά. Στις περιπτώσεις που το παιδί δεν οδηγήθηκε στη λύση του προβλήματος στο χρόνο των 60 λεπτών, τότε θεωρήθηκε ότι δεν έλυσε το πρόβλημα ή ότι έλυσε κάποιες πτυχές του προβλήματος, όπως, π.χ., αν είχε εντοπίσει το γενικό διακόπτη του κυκλώματος. Η διακοπή της συνέντευξης έγινε μόνο σε μια περίπτωση. Για τη συνέντευξη εφαρμόστηκε η διαδικασία της "φωνακτής σκέψης," (thinking aloud), όπου το κάθε παιδί έπρεπε να ανακοινώνει βήμα με βήμα τις σκέψεις του και ύστερα να εκτελεί πειράματα με τη συσκευή.

Στην αρχή της κάθε συνέντευξης, παρουσιάστηκε η βοηθητική πειραματική συσκευή. Ζητήθηκε από τα παιδιά να περιγράψουν τη συσκευή και να διατυπώσουν μια υπόθεση σχετικά με τη λειτουργία της. Στη συνέχεια, το κάθε παιδί προχώρησε σε πειραματισμό μέχρι να πετύχει τη φωτοβολία του λαμπτήρα. Η συσκευή αυτή χρησιμοποιήθηκε για να εξοικειώσει τα παιδιά με το περιβάλλον της διερεύνησης και να τα μυήσει στο διαφορετικό ρόλο του/των διακόπτη/των και του διακόπτη ελέγχου. Έτσι, τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να διαπιστώσουν ότι για τη φωτοβολία του λαμπτήρα θα έπρεπε ο διακόπτης να βρισκόταν στη δεξιά θέση και επιπλέον να χρησιμοποιηθεί ο διακόπτης ελέγχου. Την εμπειρία αυτή αναμενόταν να μεταφέρουν κατά την ενασχόλησή τους με την κύρια πειραματική συσκευή, η οποία παρουσιαζόταν στα παιδιά, μόλις κατόρθωναν να φωτοβολήσει ο λαμπτήρας της βοηθητικής πειραματικής συσκευής και να αντιληφθούν το ρόλο του διακόπτη ελέγχου.

Αφού τα παιδιά περιέγραψαν την κύρια πειραματική συσκευή, ζητήθηκε από αυτά να διατυπώσουν αρχικές υποθέσεις (θεωρίες) για τον τρόπο λειτουργίας της συσκευής, το ρόλο των διακοπών και τη φωτοβολία των λαμπτήρων. Οι υποθέσεις αυτές ονομάστηκαν "αρχικές υποθέσεις," αφού προηγήθηκαν όλων των πειραματικών

προσπαθειών και αναλύθηκαν ξεχωριστά από τις υπόλοιπες υποθέσεις. Οι αρχικές υποθέσεις ήταν δυνατό να επηρεάζονται από τις προηγούμενες γνώσεις των παιδιών, από εμπειρία που αποκτήθηκε με τη χρήση της βοηθητικής πειραματικής συσκευής και από άλλες καθημερινές εμπειρίες.

Αφού τα παιδιά διετύπωσαν τις αρχικές τους υποθέσεις, τους δόθηκαν συγκεκριμένες οδηγίες πριν προχωρήσουν σε πειραματισμό. Συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τα παιδιά να εκφράσουν ελεύθερα τη σκέψη τους, να μην προχωρούν σε εκτέλεση πειράματος πριν εξηγήσουν το συλλογισμό τους και πριν διατυπώσουν μια υπόθεση-πρόβλεψη σχετική με το πείραμά τους. Τα παιδιά συνέχισαν τον πειραματισμό για εντοπισμό της λειτουργίας των πέντε διακοπών στο κύκλωμα της συσκευής και τους συνδυασμούς των θέσεων των διακοπών για τη φωτοβολία των οχτώ λαμπτήρων. Αν δεν οδηγούνταν στον εντοπισμό του διαφορετικού ρόλου του γενικού και του “εικονικού” διακόπτη, στα πλαίσια του καθορισμένου χρόνου, τότε η συνέντευξη θα διακοπτόταν. Επιπλέον, η διερεύνηση τερματιζόταν στις περιπτώσεις που τα παιδιά δεν οδηγούνταν στον εντοπισμό των διαφορετικών διακοπών και δήλωναν ότι δεν είχαν οποιοδήποτε άλλο συμπέρασμα στο οποίο θα μπορούσαν να οδηγηθούν. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η ερευνήτρια προέτρεπε τα παιδιά να επανεξετάσουν τα δεδομένα τους και να δηλώσουν αν είχαν οποιοδήποτε άλλο συμπέρασμα σχετικά με τη λειτουργία της συσκευής. Η ερευνήτρια, στη διάρκεια της συνέντευξης, δεν κρατούσε οποιαδήποτε σημείωση, αλλά το σύνολο της συνέντευξης ηχογραφήθηκε και οι μαθητές καθοδηγήθηκαν να καταγράφουν τα πειραματικά τους δεδομένα. Στο Παράρτημα Γ παρουσιάζονται, δειγματικά, τρεις απομαγνητοφωνημένες συνεντεύξεις.

Καταγραφή Πειραματικών Δεδομένων

Η καταγραφή των πειραματικών δεδομένων έγινε στις δύο πειραματικές ομάδες με διαφορετικό τρόπο. Στην πρώτη ομάδα, την ομάδα της ελεύθερης καταγραφής, πήρε διάφορες μορφές ανάλογα με τον τρόπο που επέλεξαν τα ίδια τα παιδιά να καταγράψουν τα δεδομένα τους, ενώ στη δεύτερη ομάδα, στην ομάδα της προσδιορισμένης καταγραφής, χρησιμοποιήθηκαν έντυπα συγκεκριμένου τύπου που δόθηκαν στα παιδιά (Παράρτημα Β). Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη ομάδα δόθηκε ένα λευκό χαρτί και τα παιδιά σημείωναν ελεύθερα τα αποτελέσματά τους. Δεν τους δόθηκε οποιαδήποτε συγκεκριμένη οδηγία, εκτός από το ότι θα έπρεπε να καταγράψουν τα αποτελέσματά τους, με όποιο τρόπο ήθελαν και ότι θα ήταν καλό να το κάνουν με σύντομο ή τηλεγραφικό τρόπο. Στη δεύτερη ομάδα δόθηκε ένα έντυπο σε μορφή πίνακα και τα παιδιά σημείωναν το συνδυασμό των θέσεων “πάνω” και “κάτω” των πέντε διακοπών της συσκευής σε κάθε πείραμα, αν το πείραμα είχε θετικό ή αρνητικό αποτέλεσμα (φωτοβολία ή όχι φωτοβολία λαμπτήρα) και ποιος λαμπτήρας φωτοβόλυνε στις περιπτώσεις που είχαν θετικό αποτέλεσμα. Η καταγραφή των θέσεων των διακοπών ήταν της μορφής ΚΠΠΚΚ, όπου το Κ δήλωνε τη θέση “κάτω,” το Π τη θέση “πάνω” και τα πέντε ψηφία αντιστοιχούσαν στους διακόπτες 1-5, αντίστοιχα. Στον πίνακα υπήρχε, επίσης, σημειωμένος ο αύξων αριθμός του κάθε πειράματος και τα δημογραφικά στοιχεία του κάθε υποκειμένου (όνομα, κωδικός αριθμός, σχολείο, ικανότητες και τάξη).

Η καταγραφή των δεδομένων και παρατηρήσεων των παιδιών απετέλεσε ένα σύστημα εξωτερικής μνήμης (Kuhn & Pearsall, 2000. Zimmerman, 2000) για το κάθε υποκείμενο, στο οποίο μπορούσε να καταφεύγει για να συλλέξει πολύτιμη πληροφόρηση. Ταυτόχρονα απάλλασσε την εργαζόμενη μνήμη, η οποία έχει περιορισμένη χωρητικότητα, από την επιλογή και συγκράτηση των απαραίτητων

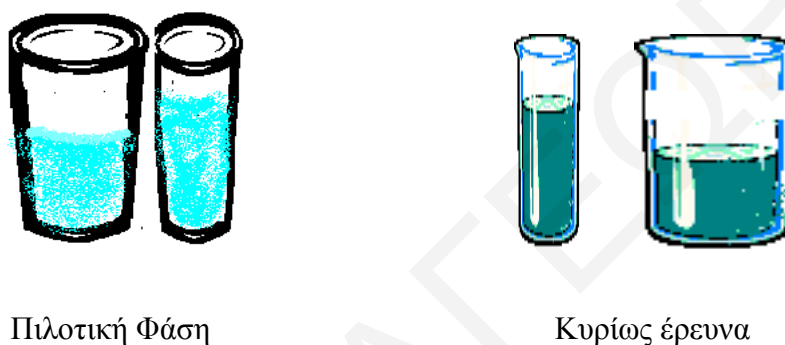
πληροφοριών. Επιπρόσθετα, η καταγραφή των δεδομένων των δύο ομάδων απετέλεσε μια σημαντική πηγή πληροφοριών και χρησιμοποιήθηκε, σε συνδυασμό με τις κλινικές συνεντεύξεις, για την εύρεση της στρατηγικής που χρησιμοποίησε το κάθε παιδί για να λύσει το πρόβλημα. Απετέλεσε, επίσης, ένδειξη για τις ικανότητές τους για έλεγχο μεταβλητών και συνδυαστική σκέψη και βοήθησε στη σύγκριση των αποτελεσμάτων σε σχέση με τον τρόπο καταγραφής στην ομάδα της ελεύθερης καταγραφής.

Η καταγραφή των πειραματικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε, επίσης, για τον προσδιορισμό του χώρου των πειραμάτων. Ο χώρος των υποθέσεων προσδιορίστηκε αποκλειστικά μετά την απομαγνητοφώνηση των συνεντεύξεων, οπότε και έγινε καταγραφή του συνόλου των υποθέσεων που διατύπωσε το κάθε παιδί σε ειδικά πρωτόκολλα. Στα πρωτόκολλα αυτά σημειώθηκαν αριθμημένες οι υποθέσεις και οι υπο-υποθέσεις που διατύπωσε το κάθε παιδί, το αντίστοιχο πείραμα για έλεγχο της υπόθεσης και τυχόν σημειώσεις που χρησιμοποίησε η ερευνήτρια για διευκόλυνση της ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Δείγματα των πρωτοκόλλων αυτών παρουσιάζονται στο Παράρτημα Δ.

Πιλοτική Έρευνα

Της κύρια έρευνας προηγήθηκε η πιλοτική έρευνα που είχε επίσης δύο διακριτές φάσεις. Στην πρώτη φάση δόθηκε ο τύπος Α του ερωτηματολογίου σε ένα τμήμα τετάρτης και ένα τμήμα έκτης τάξης ενός δημοτικού σχολείου και εκτιμήθηκε ο χρόνος που θα χρειαζόνταν τα παιδιά να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο. Ως αποδεκτός χρόνος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου θεωρήθηκε τελικά μια περίοδος. Επιπλέον έγιναν κάποιες αλλαγές στη διατύπωση των προβλημάτων, ώστε να μη δημιουργούνται παρανοήσεις. Έτσι, για παράδειγμα αποφασίστηκε ότι στο έργο

EM₁ θα έπρεπε να τονιστεί ότι τα δύο δοχεία ήταν κυλινδρικά ή ότι στο έργο ΣΣ₆ θα έπρεπε να δοθούν δύο παραδείγματα πιθανών συνδυασμών. Πέρα από αλλαγές στη διατύπωση έγινε και αντικατάσταση των σχημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στα έργα EM με άλλα πιο ρεαλιστικά. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 10 για το έργο EM₂ έγινε αντικατάσταση των δοχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην πιλοτική φάση με άλλα δοχεία με πιο ρεαλιστική εμφάνιση.



Σχήμα 10. Εικόνες της Πιλοτικής και Κύριας Έρευνας για το Έργο EM₃

Πραγματοποιήθηκαν στη συνέχεια, τέσσερις πιλοτικές συνεντεύξεις. Οι συνεντεύξεις αντιστοιχούσαν στις δύο πειραματικές ομάδες (ελεύθερη καταγραφή και προσδιορισμένη καταγραφή) και στις δύο τάξεις (Δ' και Στ'). Ένα παιδί κάθε τάξης χρησιμοποίησε την ελεύθερη καταγραφή για την καταγραφή των δεδομένων του και ένα δεύτερο παιδί κάθε τάξης χρησιμοποίησε το έντυπο καταγραφής δεδομένων. Επιπλέον συνεντεύξεις με το συγκεκριμένο ή παρόμοιο διερευνητικό περιβάλλον έγιναν και σε προηγούμενες ερευνητικές προσπάθειες (Παπαγεωργίου & Βαλανίδης, 2002. Valanides & Papageorgiou, 2001. 2003. 2006). Στις ερευνητικές αυτές προσπάθειες, έγινε χρήση τόσο της κύριας πειραματικής συσκευής, που χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα έρευνα, όσο και άλλων παρόμοιων συσκευών στις οποίες ο γενικός διακόπτης βρισκόταν σε διαφορετική θέση (π.χ., πρώτος

διακόπτης στη σειρά) ή δεν υπήρχε “εικονικός” διακόπτης και οι διακόπτες ήταν μόνο τέσσερις. Η χρήση πολλαπλών συσκευών βοήθησε στη σύγκριση των αποτελεσμάτων, όπως προκύπτουν όταν υπάρχουν διαφορές στο περιβάλλον της διερεύνησης. Έτσι, για παράδειγμα, μελετήθηκε κατά πόσον η θέση του γενικού διακόπτη επηρεάζει την ευκολία εντοπισμού του ή πώς η ύπαρξη του “εικονικού” διακόπτη επηρεάζει τις αρχικές υποθέσεις. Μέσα από τις πιλοτικές αυτές προσπάθειες έγινε εξοικείωση της ερευνήτριας με το αντικείμενο και αποκτήθηκαν εμπειρίες τόσο για τη διεξαγωγή της συνέντευξης, όσο και για την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αποφασίστηκε επίσης να χρησιμοποιηθούν στην κύρια πειραματική συσκευή πέντε διακόπτες και ο γενικός και “εικονικός” διακόπτης να βρίσκονται στην τρίτη και πέμπτη θέση, αντίστοιχα.

Πειραματικός Σχεδιασμός της Έρευνας

Πρώτη Φάση

Για την πρώτη φάση της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ένας πειραματικός σχεδιασμός 2 (τάξη) X 2 (φύλο) X 4 (τύπος ερωτηματολογίου). Η πρώτη ανεξάρτητη μεταβλητή αναφέρεται στην τάξη που φοιτούσαν τα υποκείμενα και οι δύο τιμές της μεταβλητής αντιπροσωπεύουν τις δύο διαφορετικές τάξεις (ηλικίες) του δημοτικού σχολείου, την τέταρτη και την έκτη τάξη. Η δεύτερη ανεξάρτητη μεταβλητή αντιπροσωπεύει το φύλο (αγόρι ή κορίτσι) του κάθε υποκειμένου και η τρίτη ανεξάρτητη μεταβλητή αντιπροσωπεύει τους τέσσερις τύπους ερωτηματολογίου (Τύπος 1, Τύπος 2, Τύπος 3, Τύπος 4) που προέκυψαν από τη διαφοροποίηση της σειράς εμφάνισης των έξι έργων που αποτέλεσαν το ερωτηματολόγιο.

Ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε η Συνολική Επίδοση των παιδιών στο ερωτηματολόγιο (ΣΕ), η οποία είναι σύνθετη και συνυπολογίζεται από το άθροισμα δύο μεταβλητών, της ικανότητας Ελέγχου Μεταβλητών (ΕΜ) και της

ικανότητας Συνδυαστικής Σκέψης (ΣΣ), όπως προέκυψε από τα τρία έργα του ερωτηματολογίου που αφορούσαν τον έλεγχο των μεταβλητών και τα τρία έργα που αφορούσαν τη συνδυαστική σκέψη, αντίστοιχα.

Δεύτερη Φάση

Η δεύτερη φάση της έρευνας χρησιμοποίησε ένα πειραματικό σχεδιασμό 2 (τάξη) X 2 (μέθοδοι καταγραφής). Η πρώτη ανεξάρτητη μεταβλητή αναφέρεται στην τάξη που φοιτούσαν τα υποκείμενα (όμοια με την πρώτη φάση της έρευνας). Η δεύτερη ανεξάρτητη μεταβλητή αναφέρεται στη μέθοδο καταγραφής των πειραματικών δεδομένων από τα παιδιά. Δημιουργήθηκαν δύο πειραματικές ομάδες ως προς αυτή τη μεταβλητή, η ομάδα της ελεύθερης καταγραφής και η ομάδα της προσδιορισμένης καταγραφής. Στην ομάδα της ελεύθερης καταγραφής τα παιδιά κατέγραφαν τα δεδομένα τους, αλλά δεν περιορίστηκαν ως προς τον τρόπο καταγραφής. Τα ίδια τα παιδιά επέλεξαν έναν τρόπο καταγραφής που τα ίδια θεωρούσαν ως καταλληλότερο. Υπήρχε, επίσης, η δυνατότητα αλλαγής του τρόπου καταγραφής, αν τα ίδια τα παιδιά το αποφάσιζαν. Αντίθετα, στην ομάδα της προσδιορισμένης καταγραφής, δόθηκε ένα συγκεκριμένο έντυπο καταγραφής των πειραματικών δεδομένων το οποίο τα παιδιά ήταν υποχρεωμένα να ακολουθήσουν (Παράρτημα Β). Η καταγραφή και για τις δύο ομάδες άρχιζε από το πρώτο πείραμα που εκτελούσαν.

Ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρήθηκε η Διερευνητική Ικανότητα (ΔΙ) η οποία, ήταν σύνθετη μεταβλητή και συνυπολογίστηκε από το άθροισμα έξι επιμέρους εξαρτημένων μεταβλητών που είχαν σχέση με: 1) τον εντοπισμό του γενικού διακόπτη της συσκευής, 2) τον εντοπισμό του “εικονικού” διακόπτη της συσκευής, 3) την επιτυχία φωτοβολίας όλων των λαμπτήρων, 4) την ικανότητα συντονισμού

υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων, 5) την ικανότητα για έλεγχο μεταβλητών και 5) το βαθμό ανάπτυξης της συνδυαστικής σκέψης, όπως αξιολογήθηκαν με την ανάλυση των κωδικοποιημένων συνεντεύξεων και την καταγραφή των πειραματικών δεδομένων.

Ανάλυση των Δεδομένων

Πρώτη Φάση

Μετά τη χορήγηση των ερωτηματολογίων, ακολούθησε η διόρθωσή τους, με σκοπό να αποδοθεί στο κάθε ένα ερωτηματολόγιο ένας αριθμητικός βαθμός, που θα αντιπροσώπευε τις ικανότητες των παιδιών για έλεγχο μεταβλητών και για συνδυαστική σκέψη. Τα ερωτηματολόγια διορθώθηκαν στο σύνολό τους με τη μέθοδο της Σταθερής Συγκριτικής Ανάλυσης (Constant Comparative Analysis) (Glaser & Strauss, 1967. Strauss & Corbin, 1990). Σκοπός της μεθόδου αυτής ήταν η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων σε κατάλληλα επίπεδα. Αρχικά, κάθε απάντηση κωδικοποιήθηκε σε όσα επίπεδα ανάλυσης ήταν εφικτά. Σταδιακά, κάθε απάντηση συγκρινόταν με τις άλλες απαντήσεις και έτσι η ρήτρα στην οποία στηρίχτηκε η αξιολόγηση κάθε απάντησης άρχισε να μορφοποιείται. Με βάση αυτή τη ρήτρα αξιολογήθηκε το κάθε πρόβλημα ξεχωριστά και το άθροισμα των βαθμών των έργων ελέγχου μεταβλητών απετέλεσε την πρώτη εξαρτημένη μεταβλητή (EM), το άθροισμα των βαθμών των έργων συνδυαστικής σκέψης απετέλεσε τη δεύτερη εξαρτημένη μεταβλητή (ΣΣ). Το άθροισμα των βαθμών των έξι έργων του ερωτηματολογίου, απετέλεσε τη συνολική επίδοση των παιδιών στο ερωτηματολόγιο (ΣΕ).

Με την ανάλυση των αποτελεσμάτων της πρώτης φάσης απαντήθηκαν τα ακόλουθα ερωτήματα της έρευνας:

1. Ποιος είναι ο βαθμός ανάπτυξης των ικανοτήτων των παιδιών τέταρτης και έκτης τάξης για έλεγχο μεταβλητών και για συνδυαστική σκέψη με βάση το ερωτηματολόγιο;
2. Υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στην ικανότητα των παιδιών για έλεγχο μεταβλητών και τη συνδυαστική τους σκέψη;
3. Υπάρχουν στατιστικά σημαντική διαφορά στο βαθμό του ερωτηματολογίου (στο σύνολό του αλλά και στις δύο επιμέρους μεταβλητές) μεταξύ των παιδιών τέταρτης και έκτης τάξης, μεταξύ αγοριών και κοριτσιών και μεταξύ παιδιών που συμπλήρωσαν τους τέσσερις τύπους του ερωτηματολογίου;
4. Υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα στις μεταβλητές: φύλο-τάξη, τάξη-τύπος ερωτηματολογίου, τύπος ερωτηματολογίου-φύλο και φύλο-τάξη-τύπος ερωτηματολογίου, όσον αφορά την επίδοση των παιδιών στο ερωτηματολόγιο;

Το ερώτημα 1 απαντήθηκε με περιγραφική στατιστική (εύρεση μέσου όρου και τυπικών αποκλίσεων των τριών εξαρτημένων μεταβλητών). Το ερώτημα 2 απαντήθηκε με έλεγχο συσχέτισης ανάμεσα στις μεταβλητές συνδυαστική σκέψη και έλεγχος μεταβλητών. Τα ερωτήματα 3-4 απαντήθηκαν με ανάλυση πολλαπλών διασπορών $2(\text{φύλο}) \times 2(\text{τάξη}) \times 4(\text{τύποι ερωτηματολογίου})$ και εξαρτημένες μεταβλητές τις τρεις μεταβλητές που προέκυψαν από την επίδοση των παιδιών στα έργα του ερωτηματολογίου (επίδοση στα έργα ΕΜ, επίδοση στα έργα ΣΣ και ΣΕ).

Δεύτερη Φάση

Οι 80 συνεντεύξεις μαγνητοφωνήθηκαν και απομαγνητοφωνήθηκαν με στόχο τη λεπτομερή τους ανάλυση. Τα δεδομένα αναλύθηκαν τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Μετά την απομαγνητοφώνηση, εντοπίστηκαν και απαριθμήθηκαν οι

υποθέσεις που διατύπωσε το κάθε παιδί και τα πειράματα που εκτέλεσε. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τα πρωτόκολλα πάνω στα οποία στηρίχτηκε η άντληση των περισσότερων πληροφοριών και η ανάλυση των δεδομένων. Το σύνολο των υποθέσεων που διετύπωσαν τα παιδιά απετέλεσε το χώρο των υποθέσεων, ενώ το σύνολο των διαφορετικών πειραμάτων που εκτέλεσαν διαμόρφωσε το χώρο των πειραμάτων τους. Ο καθολικός χώρος των υποθέσεων δεν μπορούσε να προκαθορισθεί με ακρίβεια, ενώ αντίθετα ο χώρος των πειραμάτων ήταν προκαθορισμένος, αφού διαμορφωνόταν από το συνδυασμό των πέντε διακοπών και των θέσεων “πάνω” και “κάτω” με αποτέλεσμα να προκύπτουν 32 διαφορετικά πειράματα. Ο χώρος αυτός μπορεί να περιοριστεί, για παράδειγμα, στα 16 πειράματα, αν είναι γνωστό ότι ο ένας διακόπτης είναι “εικονικός” και η μετακίνησή του δεν επηρεάζει το πειραματικό αποτέλεσμα. Ο χώρος των 32 πειραμάτων μπορεί να περιοριστεί στα 17 πειράματα αν είναι γνωστό ότι ο ένας διακόπτης είναι γενικός διακόπτης και πρέπει να παραμείνει σταθερά σε μια θέση. Το πρώτο από τα 17 πειράματα θα γίνει για τον εντοπισμό της θέσης στην οποία ο γενικός διακόπτης είναι κλειστός. Με το δεδομένο του γενικού και του “εικονικού” διακόπτη, ο χώρος των πειραμάτων περιορίζεται στα 9 πειράματα, ένα πείραμα για να διαπιστωθεί σε ποια θέση του γενικού διακόπτη, “πάνω” ή “κάτω,” το κύκλωμα είναι κλειστό και τα υπόλοιπα 8 πειράματα οδηγούν σε φωτοβολία τους οχτώ λαμπτήρες και προκύπτουν από το συνδυασμό των άλλων τριών διακοπών και των θέσεων “πάνω” και “κάτω.”

Ποιοτικά Δεδομένα

Η κάθε συνέντευξη αναλύθηκε ξεχωριστά με σκοπό να διερευνηθεί ο τρόπος σκέψης του κάθε παιδιού και η στρατηγική διερεύνησης που χρησιμοποίησε. Η περιγραφή του χώρου των υποθέσεων και των πειραμάτων απετέλεσε, επίσης, μέρος

της ποιοτικής ανάλυσης. Αναλύθηκαν, επίσης, οι υποθέσεις των παιδιών, τόσο οι αρχικές, όσο και οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν από τα παιδιά στην προσπάθειά τους να οδηγηθούν στη λύση του προβλήματος και εξετάστηκε επίσης η δεξιότητά τους για έλεγχο μεταβλητών και η συνδυαστική τους σκέψη. Στα πλαίσια ανάλυσης της συνδυαστικής σκέψης καθορίστηκε για κάθε παιδί ο αριθμός των αναγκαίων πειραμάτων, υπολογίστηκε η απόκλιση ανάμεσα στα αναγκαία από τα πραγματικά πειράματα και εξετάστηκε κατά πόσον παρουσίαζαν στοιχεία συστηματικής συνδυαστικής σκέψης με μια συστηματική μετακίνηση των διακοπών κατά τη διάρκεια της διερεύνησης. Επιπλέον έγινε προσπάθεια να βρεθούν και να αξιολογηθούν οι παράγοντες που επηρέαζαν τις επιλογές των παιδιών κατά τη διερεύνηση. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί ήταν η καθημερινή εμπειρία, οι προηγούμενες γνώσεις των παιδιών κ.τ.λ. Εξετάστηκε, επίσης, κατά πόσον τα παιδιά αξιολογούσαν τα πειραματικά τους δεδομένα ή άφηναν χρήσιμες πληροφορίες αναξιοποίητες και αν απέρριπταν μια υπόθεση μετά από πειραματικά δεδομένα που την αντίκρουαν ή αν εκδήλωναν την “προκατάληψη της επιβεβαίωσης” (confirmation bias) (Kaslowksi & Maquenda, 1993· Wason, 1960· Wharton κ.ά., 1993). Επιπρόσθετα, εξετάστηκε η ικανότητα των παιδιών να λύσουν το πρόβλημα των διαφορετικών διακοπών και στις περιπτώσεις που έλυσαν το πρόβλημα αν στηρίχτηκαν στις υποθέσεις ή στα πειράματα για να οδηγηθούν στη λύση. Τέλος, αναλύθηκαν οι μέθοδοι ελεύθερης καταγραφής που τα παιδιά επέλεξαν για να καταγράψουν τα δεδομένα τους.

Ποσοτικά Δεδομένα

Τα δεδομένα των συνεντεύξεων ποσοτικοποιήθηκαν για στατιστική ανάλυση με βάση τη μέθοδο της Σταθερής Συγκριτικής Ανάλυσης. Με βάση αυτή τη μέθοδο δομήθηκε ρήτρα, η οποία περιγράφει τις διάφορες διαβαθμίσεις που παίρνουν οι

εξαρτημένες μεταβλητές. Η κάθε εξαρτημένη μεταβλητή αναλύθηκε, όπου ήταν αναγκαίο, σε διάφορες παραμέτρους και για κάθε παράμετρο αναπτύχθηκε διαφορετική ρήτρα. Το άθροισμα των αριθμητικών τιμών της κάθε παραμέτρου απετέλεσε την επίδοση των παιδιών στη συγκεκριμένη μεταβλητή. Τελικός σκοπός της προσπάθειας αυτής ήταν να υπολογιστεί ένας βαθμός για κάθε συνέντευξη, που αποτελούσε ένδειξη της Διερευνητικής Ικανότητας (ΔΙ) του κάθε παιδιού. Οι επιμέρους μεταβλητές που αθροίστηκαν για την εύρεση της τελικής βαθμολογίας ήταν ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη, ο εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη, το πλήθος των λαμπτήρων που φωτοβόλησαν κατά τη διάρκεια της διερεύνησης, η ικανότητα των παιδιών να συντονίζουν τα δεδομένα με τις υποθέσεις τους για εξαγωγή συμπερασμάτων, η ικανότητα για έλεγχο μεταβλητών και η συνδυαστική τους σκέψη.

Για την ανάλυση των ποσοτικών δεδομένων της δεύτερης φάσης χρησιμοποιήθηκαν διάφορες στατιστικές τεχνικές με τις οποίες έγινε προσπάθεια να απαντηθούν τα ακόλουθα ερωτήματα της έρευνας:

1. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στη ΔΙ, αλλά και στις έξι μεταβλητές που την αποτελούν, παιδιών διαφορετικών τάξεων και πειραματικών ομάδων καταγραφής;
2. Υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα στις μεταβλητές τάξη-σύστημα καταγραφής όσον αφορά τη Δ.Ι. και τις έξι μεταβλητές που την αποτελούν;
3. Σε ποιο βαθμό η ηλικία, η μέθοδος καταγραφής, ο βαθμός του ερωτηματολογίου και το φύλο μπορούν να προβλέψουν τη ΔΙ κάθε υποκειμένου;
4. Υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ΣΕ στο ερωτηματολόγιο και της ΔΙ όπως προέκυψε από τη συνέντευξη;

Για να απαντηθούν τα ερωτήματα 1-2 χρησιμοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλών διασπορών MANOVA 2 (τάξη) X 2 (μέθοδος καταγραφής) και εξαρτημένες μεταβλητές τη ΔΙ και τις έξι μεταβλητές που συναποτελούν τη ΔΙ. Για να απαντηθεί το ερώτημα 3 πραγματοποιήθηκε γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης (Linear Regression) για να διαφανεί σε ποιο βαθμό η τάξη, το σύστημα καταγραφής των δεδομένων, ο βαθμός του κάθε μαθητή στο ερωτηματολόγιο και το φύλο μπορούν να προβλέψουν τη ΔΙ. Το ερώτημα 4 απαντήθηκε με έλεγχο συσχέτισης ανάμεσα στη ΣΕ και τη ΔΙ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε δύο στάδια που αντιστοιχούν στις δύο φάσεις της κύριας έρευνας. Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δεδομένων του ερωτηματολογίου και ακολουθεί η ποιοτική και η ποσοτική ανάλυση των δεδομένων των συνεντεύξεων.

Πρώτη Φάση

Διόρθωση και Κωδικοποίηση Ερωτηματολογίων

Τα έξι έργα του ερωτηματολογίου ήταν τρία έργα ελέγχου μεταβλητών (EM₁, EM₂, EM₃) και τρία έργα συνδυαστικής σκέψης (ΣΣ₄, ΣΣ₅, ΣΣ₆). Τα ερωτηματολόγια διορθώθηκαν με τη μέθοδο της Σταθερής Συγκριτικής Ανάλυσης. Έγινε προσεκτική ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων και αναπτύχθηκε ρήτρα αξιολόγησης για κάθε έργο. Στα επίπεδα κάθε ρήτρας αποδόθηκαν αριθμητικές τιμές για ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Όλες οι ρήτρες είχαν τέσσερα επίπεδα με προοδευτικά καλύτερες απαντήσεις. Στο πρώτο επίπεδο, το επίπεδο της εντελώς λανθασμένης απάντησης, δόθηκαν 0 βαθμοί, ενώ στο τέταρτο επίπεδο, στο επίπεδο της εντελώς σωστής απάντησης, δόθηκαν 3 βαθμοί. Επομένως, το εύρος των αριθμητικών τιμών των ερωτηματολογίων που αντιστοιχούσαν στη Συνολική Επίδοση (ΣΕ) του ερωτηματολογίου ήταν από 0-18 και το εύρος τιμών για τα έργα ελέγχου μεταβλητών και συνδυαστικής σκέψης χωριστά ήταν 0-9.

Στην παρουσίαση κατά έργο, που ακολουθεί, χρησιμοποιούνται παραδείγματα από τις απαντήσεις των παιδιών. Σε κάθε απάντηση, σε παρένθεση που ακολουθεί,

σημειώνεται ο αριθμός που δόθηκε σε κάθε υποκείμενο κατά την κωδικοποίηση των απαντήσεων, η τάξη που φοιτούσε το κάθε υποκείμενο (6= έκτη τάξη και 4= τετάρτη τάξη) και το φύλο του κάθε υποκειμένου (Α=αγόρι, Κ=κορίτσι). Για παράδειγμα, 6Κ17 αντιστοιχεί με ένα κορίτσι (Κ) που φοιτούσε στην έκτη τάξη (6) και είχε τον κωδικό 17.

Έλεγχος Μεταβλητών

Τα τρία έργα ΕΜ κωδικοποιήθηκαν με τον ίδιο τρόπο. Το πρώτο επίπεδο της ρήτηρας αντιστοιχεί σε λανθασμένη απάντηση (0 βαθμοί) και τα άλλα τρία σε ορθές απαντήσεις με απουσία αιτιολόγησης (1 βαθμός), ατελή αιτιολόγηση (2 βαθμοί) και πλήρη αιτιολόγηση (3 βαθμοί). Το τρίτο επίπεδο, το οποίο αντιστοιχεί στην ορθή απάντηση με ατελή αιτιολόγηση, παρουσιάζει κάποιες διαφοροποιήσεις από έργο σε έργο, ανάλογα με τη φύση του κάθε έργου.

Πρώτο έργο ΕΜ (ΕΜ₁). Το έργο ΕΜ₁ ζητούσε από τα παιδιά να αποφασίσουν αν ήταν δυνατή η σύγκριση της ποσότητας του υγρού που υπήρχε σε δύο σωλήνες διαφορετικής διατομής, όπου το υγρό και στους δύο σωλήνες βρισκόταν στο ίδιο ύψος και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους. Τα παιδιά θα έπρεπε να διαλέξουν την απάντηση “ΝΑΙ” και να δηλώσουν ότι ο σωλήνας με τη μεγαλύτερη διατομή (σωλήνας Β) περιείχε το περισσότερο υγρό και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους.

Στο πρώτο επίπεδο της ρήτηρας εμπίπτουν οι περιπτώσεις στις οποίες έγινε επιλογή της απάντησης “ΟΧΙ”, δηλαδή τα παιδιά δήλωναν αδυναμία σύγκρισης της ποσότητας του υγρού στους δύο σωλήνες. Παραδείγματα του επιπέδου αυτού είναι τα ακόλουθα:

Το Α είναι πιο μεγάλο από το Β, γιατί είναι πιο στενό (6Κ17).

Περιέχει περισσότερο το Α, γιατί το Β είναι πιο πλατύ και δεν έχει τόσο όσο το Α (4Α343).

Είναι και τα δύο ίσα γιατί το ένα είναι πιο χοντρό και το άλλο πιο μακρύ (4Κ350).

Τα παραδείγματα αυτά δείχνουν ότι τα παιδιά, παρόλο που έβλεπαν ότι η στάθμη του υγρού στα δύο δοχεία ήταν στο ίδιο ύψος και επιπλέον το ύψος των δύο δοχείων ήταν ίσο, είχαν διαφορετικές αντιλήψεις. Έτσι υποστήριζαν ότι το στενό δοχείο ήταν πιο μεγάλο (6Κ17) ή ότι ο λεπτός σωλήνας ήταν πιο μακρύτερος (4Κ350).

Στο δεύτερο επίπεδο εμπíπτουν οι απαντήσεις στις οποίες δηλωνόταν ότι το δοχείο Β περιείχε το περισσότερο υγρό, αλλά δε δινόταν καμιά δικαιολογία.

Παραδείγματα αυτού του επιπέδου ανάλυσης είναι τα ακόλουθα:

Το Β (4Κ92).

Εκείνο που περιέχει το περισσότερο είναι το Β (4Α410)

Στα παραδείγματα αυτά, δηλώθηκε ποιο δοχείο περιείχε το περισσότερο υγρό, αλλά δεν έγινε καμιά προσπάθεια για αιτιολόγηση της απάντησης.

Στο τρίτο επίπεδο, εμπíπτουν οι απαντήσεις στις οποίες δηλωνόταν σωστά το δοχείο που περιείχε το περισσότερο υγρό, αλλά δινόταν ατελής δικαιολογία, χωρίς άμεση αναφορά στις μεταβλητές “πλάτος δοχείου” και “στάθμη υγρού.” Τα τρία παραδείγματα που ακολουθούν κωδικοποιήθηκαν στο τρίτο επίπεδο.

Το Β, γιατί είναι πιο μεγάλο και περιέχει περισσότερο από το Α (6Α331) .

Το Β, γιατί έχει περισσότερο όγκο (6 Α 20).

Είναι το Β, γιατί χωρεί περισσότερο (6 Α 365).

Στα παραδείγματα αυτά φαίνεται ότι τα παιδιά αντιλαμβάνονταν ότι το Β περιείχε περισσότερο υγρό, προσπαθούσαν να το εξηγήσουν, χρησιμοποιώντας τις έννοιες της χωρητικότητας ή του όγκου του δοχείου, αλλά δεν μπορούσαν να κάνουν άμεση αναφορά στη μεταβλητή “εμβαδόν διατομής του δοχείου.”

Στο τέταρτο επίπεδο εμπίπτουν οι απαντήσεις των παιδιών που επέλεξαν το δοχείο Β και έδιναν σωστή και τεκμηριωμένη δικαιολογία, με σαφή αναφορά είτε μόνο στη διαφορά του πλάτους των δύο δοχείων είτε και στις δύο διαστάσεις (πλάτος δοχείου, στάθμη υγρού). Σ' αυτό το επίπεδο ανήκουν οι ακόλουθες απαντήσεις:

Το Β, γιατί είναι πιο χοντρό από το Α. Κι έτσι έχει περισσότερο (6Κ197).

Με κάνει να είμαι βέβαιη ότι το Β περιέχει περισσότερο, γιατί έχουν το ίδιο ύψος με διαφορά πάχους. Επομένως, το Β περιέχει περισσότερο (6Κ237).

Το Β, γιατί είναι το ύψος του υγρού το ίδιο και γιατί είναι πιο χοντρό το Β. (6Α26).

Και στα τρία παραδείγματα, τα παιδιά αντιλαμβάνονταν ότι τα δύο δοχεία διέφεραν ως προς το εμβαδόν διατομής και για να το εξηγήσουν χρησιμοποιούσαν τις φράσεις “πιο χοντρό,” ή “διαφορά πάχους,” που είναι πιο κοντά στη γλώσσα που χρησιμοποιούν καθημερινά.

Δεύτερο έργο EM (EM₂). Το έργο EM₂ ζητούσε από τα παιδιά να αποφασίσουν αν ήταν σε θέση να συγκρίνουν δύο δοχεία που διέφεραν και ως προς το εμβαδόν της διατομής και ως προς τη στάθμη του υγρού που περιείχε το κάθε ένα. Τα παιδιά θα έπρεπε να διαλέξουν την απάντηση “ΟΧΙ” και να εξηγήσουν ότι δεν μπορούσαν να κάνουν τη σύγκριση, γιατί τα δύο δοχεία διέφεραν ως προς δύο διαστάσεις (διατομή δοχείου-στάθμη υγρού). Μόνο αν ήταν γνωστές και οι δύο μεταβλητές θα μπορούσαν να υπολογιστούν και να συγκριθούν οι όγκοι των υγρών.

Στο πρώτο επίπεδο της ρήτηρας για το EM₂, βρίσκονται οι περιπτώσεις στις οποίες έγινε επιλογή της απάντησης “ΝΑΙ” και δηλώθηκε ποιο δοχείο περιείχε το

περισσότερο υγρό. Παραδείγματα που εμπίπτουν σε αυτό το επίπεδο είναι τα ακόλουθα:

Με κάνει να είμαι βέβαιη, γιατί το λεπτό καταλαβαίνεις ότι έχει πιο πολύ γιατί είναι πιο ψηλό. Το περισσότερο είναι το Β (6K104).

Το Α γιατί είναι πιο χοντρό και χωράει πιο πολύ νερό (4A163).

Στα παραδείγματα αυτά, φαίνεται ότι τα παιδιά επικεντρώνονταν, λανθασμένα, μόνο στη μια μεταβλητή, είτε στο ύψος του δοχείου, είτε στο εμβαδόν διατομής τους. Το δεύτερο παιδί επηρεάστηκε από το εμβαδόν της διατομής του δοχείου και υποστήριξε ότι το Α περιείχε το περισσότερο υγρό, ενώ αντίθετα το πρώτο παιδί επηρεάστηκε από το ύψος της στάθμης του νερού και υποστήριξε ότι το “ψηλό” είχε περισσότερο υγρό, χωρίς κανένα από τα παιδιά να συνυπολογίσει τη δεύτερη μεταβλητή. Και τα δύο παιδιά παρουσίασαν αδυναμία στην αντιμετώπιση του προβλήματος ως συστήματος με αλληλοεξαρτώμενα στοιχεία και επικεντρώνονταν μόνο στο στοιχείο που τους απασχολούσε, αγνοώντας τις άλλες μεταβλητές.

Στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης βρίσκονται οι απαντήσεις “ΟΧΙ”, χωρίς να δοθεί καμιά αιτιολόγηση ή δόθηκε λανθασμένη αιτιολόγηση. Παραδείγματα των απαντήσεων που δόθηκαν σε αυτό το επίπεδο είναι τα ακόλουθα:

Δεν είμαι βέβαιη ποιο δοχείο έχει το περισσότερο υγρό (6 A 150).

Γιατί και τα δύο περιέχουν το ίδιο νερό (4A168).

Δεν μπορώ να είμαι βέβαιη, γιατί δεν είμαι 100% ποιο είναι το πιο μεγάλο ποτήρι (6K217).

Το δεύτερο παιδί υποστήριξε, χωρίς να εξηγήσει, ότι τα δύο ποτήρια περιείχαν την ίδια ποσότητα υγρού, ενώ το πρώτο και το τρίτο παιδί δε έδωσαν ουσιαστικά καμιά αιτιολόγηση, αφού υποστήριξαν απλά ότι δεν ήταν σίγουρα ποιο δοχείο περιείχε το περισσότερο υγρό.

Στο τρίτο επίπεδο ανάλυσης, οι μαθητές επέλεξαν την απάντηση “ΟΧΙ” και έδωσαν ατελή δικαιολογία, χωρίς δηλαδή αναφορά και στις δύο διαστάσεις στις

οποίες διέφεραν τα δοχεία (εμβαδόν διατομής του δοχείου, στάθμη υγρού). Σε αυτό το επίπεδο δόθηκαν απαντήσεις όπως, οι ακόλουθες:

Γιατί το ένα είναι γεμάτο, κι όμως είναι περίπου το μισό από το άλλο (6A151).

Γιατί τα ποτήρια είναι διαφορετικά (4A174).

Γιατί το ένα είναι φαρδύ και το άλλο λεπτό (6A370).

Τα παραδείγματα αυτά ήταν εξελικτικά ανώτερα από τα παραδείγματα του προηγούμενου επιπέδου, αφού έκαναν αναφορά στη διαφορετικότητα των δύο δοχείων. Τα τρία αυτά παιδιά αντιλήφθηκαν ότι δεν μπορούσαν να κάνουν τη σύγκριση λόγω των διαφορών των δύο δοχείων, αλλά δεν ήταν σε θέση να κάνουν άμεση αναφορά στις διαφορετικές διαστάσεις των δοχείων και την ανάλογη συμβολή τους στην ποσότητα του υγρού. Έτσι, για παράδειγμα το παιδί 6A370 αντιλήφθηκε ότι το εμβαδόν της διατομής των δοχείων επηρέαζε την ποσότητα του υγρού, αλλά δεν έκανε καμιά αναφορά στο ύψος της στάθμης των υγρών. Από αυτό προκύπτει ότι δεν αντιλαμβάνονταν πλήρως την έννοια του όγκου.

Στο τέταρτο επίπεδο βρίσκονται οι απαντήσεις “ΟΧΙ” με σαφή αναφορά και στις δύο διαστάσεις (εμβαδόν διατομής του δοχείου, ύψος στάθμης του υγρού) που επηρέαζαν την ποσότητα (όγκος και μάζα) του υγρού. Απαντήσεις αυτού του επιπέδου ανάλυσης είναι και οι ακόλουθες:

Δεν μπορώ να είμαι βέβαιη, γιατί το Α είναι πιο φαρδύ, αλλά η στάθμη του νερού στο Β είναι πιο πάνω (6K14).

Δεν μπορώ να είμαι βέβαιος, γιατί το ένα είναι παχύ και το άλλο πιο πάνω το υγρό (4A401).

Δεν μπορώ να είμαι βέβαιος, γιατί το ένα είναι πιο φαρδύ και έχει περισσότερο και το άλλο είναι πλατύ και έχει λιγότερο (6A449).

Στα παραδείγματα αυτά, φαίνεται ότι, σε αυτό το επίπεδο, υπήρχε εξέλιξη όσον αφορά την αναφορά και στις δύο μεταβλητές που επηρεάζουν τον όγκο ενός υγρού σε ένα δοχείο. Το παιδί 6K14 έδωσε μια ολοκληρωμένη απάντηση χρησιμοποιώντας και τον

επιστημονικό όρο “στάθμη του νερού.” Τα άλλα δύο παιδιά, προσπαθώντας να εξηγήσουν την έννοια του ύψους της στάθμης του νερού, ανέφεραν είτε ότι είναι “πιο πάνω το υγρό,” είτε ότι “έχει περισσότερο.” Το παιδί 6A449, που ανέφερε ότι το ένα είχε περισσότερο και το άλλο ότι “έχει λιγότερο,” δεν αναφέρθηκε στον όγκο του υγρού, αλλά στο φάρδος του υγρού.

Τρίτο έργο EM (EM₃). Το έργο EM₃ ζητούσε από τα παιδιά να επιλέξουν δύο δοχεία τα οποία θα χρησιμοποιούσαν για να εξετάσουν αν το οινόπνευμα ή το νερό εξατμίζεται πιο γρήγορα και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους. Τα παιδιά θα έπρεπε να επιλέξουν τα δύο όμοια δοχεία που περιείχαν την ίδια ποσότητα υγρών (το ένα νερό και το άλλο οινόπνευμα). Το πρόβλημα αυτό είναι χαρακτηριστικότερο για τον έλεγχο μεταβλητών, αφού αυτός ο τύπος προβλήματος συναντάται στα σχολικά βιβλία κατά τον έλεγχο μεταβλητών και το σχεδιασμό δίκαιων πειραμάτων. Στο πρόβλημα αυτό, το είδος του υγρού αποτελεί την ανεξάρτητη μεταβλητή, η οποία μεταβάλλεται για να βρεθεί η επίδρασή της στην εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή στο ρυθμό εξάτμισης του υγρού.

Στο πρώτο επίπεδο εμπίπτουν οι περιπτώσεις στις οποίες δεν έγινε σωστή επιλογή των δύο δοχείων που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για το συγκεκριμένο πείραμα και δε δόθηκε αιτιολόγηση της επιλογής ή δόθηκε λανθασμένη αιτιολόγηση.

Τα παραδείγματα που ακολουθούν είναι χαρακτηριστικά αυτού του επιπέδου.

Τα δοχεία Ε και Γ, γιατί είναι τα πιο μικρά (4A277).

Διάλεξα το Α και το Δ, γιατί τα δοχεία έχουν το ίδιο μέγεθος. Το Δ έχει πολύ νερό και το Α, γιατί έχει λίγο (4A163).

Β και Γ, γιατί έχουν πιο λίγο υγρό και έτσι θα εξατμιστούν πιο εύκολα (6K452).

Τα παιδιά 4A277 και 6K452, παρόλο που επέλεξαν διαφορετικά δοχεία, έδωσαν παρόμοια αιτιολόγηση, υποστηρίζοντας ότι επέλεξαν τα συγκεκριμένα δοχεία, επειδή το υγρό που περιείχαν θα εξατμιζόταν πιο γρήγορα. Αυτό δείχνει ότι δεν αντιλαμβάνονταν την ερώτηση του προβλήματος, και προσπαθούσαν να απαντήσουν στο διαφορετικό ερώτημα “σε ποιο δοχείο θα εξατμιστεί πιο γρήγορα το υγρό.” Τα παιδιά αυτά δεν κατανοούσαν το ερώτημα με τη φράση “δίκαιο πείραμα.” Το παιδί 4A163 φαίνεται να κατανόησε ότι έπρεπε να επιλέξει δύο δοχεία για να κάνει τη σύγκριση, και ότι τα δοχεία αυτά έπρεπε να έχουν κάποια κοινά στοιχεία, αλλά δεν ήταν σε θέση να κάνει τη σωστή επιλογή. Γι’αυτό και επέλεξε δύο δοχεία που περιείχαν το ίδιο υγρό, είχαν το ίδιο σχήμα, αλλά περιείχαν διαφορετική ποσότητα του υγρού. Αυτό δείχνει ότι δεν κατανόησε ποιο ερώτημα έπρεπε να απαντήσει.

Στο δεύτερο επίπεδο βρίσκονται οι απαντήσεις στις οποίες έγινε σωστή επιλογή των δοχείων, χωρίς καμιά αιτιολόγηση ή με λανθασμένη αιτιολόγηση. Απαντήσεις που εμπίπτουν σε αυτό το επίπεδο ανάλυσης είναι οι ακόλουθες:

Είναι το Α και το Β, γιατί είναι πιο πλατιά και μεγάλα και πιστεύω πως θα εξατμιστούν γρήγορα (6K235).

Το οινόπνευμα εξατμίζεται και το νερό επίσης. Έτσι έβαλα αυτά τα δοχεία (Α και Β) που περιέχουν λιγότερο και θα εξατμιστούν εύκολα (6A105).

Σκέφτηκα ότι θα εξατμίζονται πιο γρήγορα, επειδή είναι λίγο στο Α και στο Β (6A1).

Και στα τρία αυτά παραδείγματα φαίνεται ότι τα παιδιά, παρόλο που επέλεξαν τα σωστά δοχεία, εντούτοις δε φαίνεται να έκαναν την επιλογή τους με σκοπό να ελέγξουν μεταβλητές, αλλά προσπάθησαν να επιλέξουν δοχεία από τα οποία θα εξατμιζόταν πιο γρήγορα το υγρό. Επιπλέον, οι απαντήσεις βρίσκονταν σε παρόμοιο επίπεδο σκέψης με τις απαντήσεις του προηγούμενου επιπέδου, με τη διαφορά ότι εδώ τα δύο δοχεία που επέλεξαν τα παιδιά δεν περιείχαν το ίδιο υγρό.

Στο τρίτο επίπεδο, εμπίπτουν οι περιπτώσεις στις οποίες έγινε σωστή επιλογή των δύο δοχείων που έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για το συγκεκριμένο πείραμα (Α και Β) και δόθηκε μερικώς σωστή αιτιολόγηση της επιλογής με αναφορά, είτε μόνο στην ίση ποσότητα του υγρού που περιείχαν τα δύο δοχεία, είτε μόνο στο ίδιο μέγεθος των δοχείων. Απαντήσεις που εμπίπτουν σε αυτή την περίπτωση είναι οι ακόλουθες:

Επειδή το Α και το Β είναι το ίδιο (6Α64).

Εγώ επέλεξα το Α και το Β, γιατί είναι ίσα (6Κ19).

Θα χρησιμοποιούσα το Α και το Β, γιατί έχουν το ίδιο μέγεθος (6Κ371).

Τα παραδείγματα αυτού του επιπέδου έδειξαν ότι τα παιδιά αντιλαμβάνονταν ότι για να είναι δίκαιο ένα πείραμα πρέπει να διατηρούνται σταθερές οι άλλες μεταβλητές, αλλά δεν επικεντρώνονταν σε όλες τις παρατηρήσιμες και εμφανείς μεταβλητές που πιθανόν να επηρέαζαν την εξαρτημένη μεταβλητή (ρυθμό εξάτμισης, δηλαδή πόσο γρήγορα εξατμίζεται ένα υγρό κάτω από ίδιες συνθήκες). Έτσι υποστήριζαν ότι τα δοχεία Α και Β είχαν την ίδια ποσότητα υγρού, χωρίς να κάνουν αναφορά στις διαστάσεις του δοχείου (6Κ371), ή έκαναν αναφορά μόνο στα δοχεία και όχι στο περιεχόμενό τους (6Α64, 6Κ19).

Στο τέταρτο επίπεδο ανάλυσης, κατηγοριοποιήθηκαν οι απαντήσεις στις οποίες έγινε σωστή επιλογή των δύο δοχείων που έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για το συγκεκριμένο πείραμα (Α και Β) και η αιτιολόγηση έκανε αναφορά σε δύο, τουλάχιστον, από τις τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές (ύψος υγρού, μέγεθος δοχείου και είδος υγρού). Απαντήσεις αυτού του επιπέδου είναι οι ακόλουθες:

Είδα ότι είναι το ίδιο ύψος, μήκος, πάχος και γι αυτό τα επέλεξα (6Κ370).

Το Α και το Β έχουν το ίδιο ύψος, την ίδια χωρητικότητα και την ίδια ποσότητα υγρού (6Κ241).

Επειδή τα δοχεία είναι τα ίδια και περιέχουν την ίδια ποσότητα (6Κ3).

Στα παραδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν φαίνεται ότι και τα τρία παιδιά έχουν αναπτύξει την ικανότητα για έλεγχο μεταβλητών, αφού επέλεξαν σωστά τα δοχεία και

έκαναν αναφορά τόσο στο δοχείο, όσο και στην ποσότητα του υγρού που περιείχαν. Δεν έκαναν αναφορά στο είδος του υγρού που έπρεπε να διαφέρει, αλλά θεωρήθηκε απλή παράλειψη, αφού η επιλογή έγινε σωστά. Επιπλέον, τα παιδιά αυτά φάνηκε ότι, εκτός από την ικανότητα για έλεγχο μεταβλητών, είχαν και σχετικές γνώσεις του φαινομένου της εξάτμισης, αφού αντιλαμβάνονταν ότι τόσο η ποσότητα του υγρού, όσο και το σχήμα του δοχείου επηρέαζαν το αποτέλεσμα.

Συνδυαστική Σκέψη

Τα τρία έργα Συνδυαστικής Σκέψης (ΣΣ) κωδικοποιήθηκαν με ανάλογο τρόπο. Το πρώτο και το τέταρτο επίπεδο κωδικοποιήθηκαν ακριβώς με τον ίδιο τρόπο και για τα τρία έργα. Διαφοροποιήσεις από έργο σε έργο σημειώθηκαν στο δεύτερο και τρίτο επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο επίπεδο αφορά τις περιπτώσεις στις οποίες δε δόθηκε κανένας σωστός συνδυασμός πέρα από τον/τους συνδυασμό (ους) που δόθηκαν στα παραδείγματα. Το τέταρτο επίπεδο αντιστοιχεί στην πλήρως σωστή απάντηση και εμπίπτουν οι περιπτώσεις στις οποίες δόθηκαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί, χωρίς επαναλήψεις ή λανθασμένους συνδυασμούς. Στο δεύτερο και στο τρίτο επίπεδο δόθηκε ένας αριθμός συνδυασμών, αλλά η απάντηση δεν ήταν απόλυτα ορθή.

Πρώτο έργο ΣΣ (ΣΣ4). Το έργο Σ₄ παρουσίαζε έναν πίνακα με δύο είδη ψωμί (φραντζολάκι-πίττα) και τρία είδη αλλαντικών (χαμ, σαλάμι, λούντζα) και ζητούσε από τα παιδιά να κατασκευάσουν όλα τα πιθανά διαφορετικά σάντουιτς, τα οποία θα χρησιμοποιούσαν ένα είδος ψωμιού και θα περιείχαν ένα αλλαντικό κάθε φορά. Από το πρόβλημα αυτό προκύπτουν έξι διαφορετικά παραδείγματα-συνδυασμοί. Οι σωστοί συνδυασμοί είναι οι ακόλουθοι: ΦΧ, ΦΣ, ΦΛ, ΠΧ, ΠΣ, ΠΛ, όπου το πρώτο

γράμμα αναφέρεται στα δύο είδη ψωμιού και το δεύτερο γράμμα στα τρία είδη αλλαντικών. Λανθασμένος συνδυασμός είναι, για παράδειγμα, ο συνδυασμός “φραντζολάκι, χαμ, σαλάμι- ΦΧΣ” όπου χρησιμοποιούνται δύο είδη αλλαντικών ή ο συνδυασμός “πίττα, φραντζολάκι- ΠΦ” όπου χρησιμοποιούνται δύο είδη ψωμιού και κανένα είδος αλλαντικού. Στο πρώτο επίπεδο, βρίσκονται οι περιπτώσεις στις οποίες δε δόθηκε κανένας σωστός συνδυασμός. Στο δεύτερο επίπεδο, εμπίπτουν οι περιπτώσεις στις οποίες δόθηκαν 1-2 σωστοί συνδυασμοί, εκτός από το συνδυασμό που δόθηκε ως παράδειγμα. Στο τρίτο επίπεδο, εμπίπτουν οι περιπτώσεις στις οποίες δόθηκαν 3-4 σωστοί συνδυασμοί, εκτός από το σάντουιτς του παραδείγματος ή δόθηκαν και οι 5 σωστοί συνδυασμοί, εκτός από το προτεινόμενο παράδειγμα, αλλά δόθηκε ένας ή περισσότεροι λανθασμένοι συνδυασμοί ή επαναλήψεις. Στο τέταρτο επίπεδο, συγκαταλέγονται οι περιπτώσεις στις οποίες δόθηκαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί και επιπλέον δεν καταγράφηκε κανένας λανθασμένος συνδυασμός.

Δεύτερο έργο ΣΣ (ΣΣ5). Στο έργο ΣΣ5, έργο συνδυασμών με αναμνηστικά δώρα, προκύπτουν έξι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους μπορούν τα τρία αναμνηστικά δώρα από την Αγγλία (Α), Γαλλία (Γ) και Ολλανδία (Ο) να τοποθετηθούν σε μια σειρά, αφού όταν σχηματίσεις διατάξεις τριών αντικειμένων προκύπτουν $3!$ (παραγοντικό) περιπτώσεις που αντιστοιχούν σε έξι διαφορετικές διατάξεις. Οι τρόποι αυτοί είναι οι ακόλουθοι: ΟΓΑ, ΟΑΓ, ΓΑΟ, ΓΟΑ, ΑΟΓ, ΑΓΟ. Το έργο αυτό κωδικοποιήθηκε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και το προηγούμενο έργο (ΣΣ4), αφού στα δύο έργα προέκυπτε ίσος αριθμός συνδυασμών και δόθηκε μόνο ένα παράδειγμα.

Τρίτο έργο ΣΣ (ΣΣ₆). Στο έργο ΣΣ₆ το οποίο αφορούσε συνδυασμούς τριών παιδιών (αγοριών ή κοριτσιών) για μια παρέλαση, προκύπτουν οχτώ διαφορετικοί συνδυασμοί οι οποίοι είναι ΑΑΑ, ΑΑΚ, ΑΚΑ, ΑΚΚ, ΚΚΚ, ΚΚΑ, ΚΑΚ, ΚΑΑ (όπου Α=αγόρια και Κ=κορίτσια) Στο πρώτο επίπεδο, βρίσκονται οι περιπτώσεις στις οποίες δε δόθηκε κανένας σωστός συνδυασμός ή δόθηκαν μόνο οι συνδυασμοί του παραδείγματος. Στο δεύτερο επίπεδο της ρήτηρας για το έργο αυτό εμπίπτουν οι περιπτώσεις στις οποίες δόθηκαν 1-2 σωστοί συνδυασμοί, εκτός από αυτούς που δόθηκαν ως παραδείγματα, ενώ στο τρίτο επίπεδο εμπίπτουν οι περιπτώσεις στις οποίες δόθηκαν 3-5 σωστοί συνδυασμοί εκτός από τους συνδυασμούς του παραδείγματος. Στο τέταρτο επίπεδο, δόθηκαν και οι 6 σωστοί συνδυασμοί και δεν καταγράφηκε κανένας λανθασμένος συνδυασμός.

Στατιστική Ανάλυση

Η πρώτη φάση της έρευνας διερεύνησε το βαθμό ανάπτυξης των ικανοτήτων των παιδιών τετάρτης και έκτης τάξης για έλεγχο μεταβλητών και συνδυαστική σκέψη, με βάση το ερωτηματολόγιο. Μεταβλητές για την ανάλυση αυτή ήταν η επίδοση σε κάθε έργο ξεχωριστά, αλλά και η αθροιστική επίδοση στα τρία έργα ελέγχου μεταβλητών (EM₁, EM₂, EM₃), ή στα τρία έργα συνδυαστικής σκέψης (ΣΣ₁, ΣΣ₂, ΣΣ₃), αλλά και η “Συνολική Επίδοση” που προέκυψε από το άθροισμα των αριθμητικών τιμών των μεταβλητών EM και ΣΣ. Στον Πίνακα 4 φαίνονται οι Μέσοι Όροι (ΜΟ) και οι Τυπικές Αποκλίσεις (ΤΑ) για το καθένα από τα έξι έργα, αλλά και για τις τρεις αθροιστικές μεταβλητές (EM, ΣΣ και ΣΕ).

Από τα συνολικά αποτελέσματα του Πίνακα 4, όσον αφορά τα έργα EM, το έργο με το μεγαλύτερο ΜΟ φαίνεται να είναι το EM₁, το οποίο θεωρείται και το πιο απλό από τα τρία έργα EM. Τα έργα EM₂ και EM₃ βρίσκονται πολύ κοντά με ελαφρώς

καλύτερα αποτελέσματα φαίνεται να σημειώνονται στο EM₃. Όσον αφορά τα έργα ΣΣ τα έργα ΣΣ₄ και ΣΣ₅ φαίνεται να σημειώνουν μικρές διαφορές στους ΜΟ και μεγαλύτερους ΜΟ από ότι το ΣΣ₆.

Πίνακας 4
Επιδόσεις των Παιδιών στο Ερωτηματολόγιο κατά Τάξη

| Έργα | Δ' τάξη (n=250) | | Στ' τάξη (n=248) | | Σύνολο (n=498) | |
|-----------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|----------------|-------------|
| | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ |
| EM ₁ | 1.94 | 1.18 | 2.21 | 1.07 | 2.07 | 1.14 |
| EM ₂ | 0.45 | 0.96 | 1.10 | 1.28 | 0.77 | 1.18 |
| EM ₃ | 0.72 | 0.98 | 1.23 | 1.15 | 0.97 | 1.09 |
| EM | 3.11 | 2.13 | 4.53 | 2.61 | 3.81 | 2.48 |
| ΣΣ ₄ | 1.87 | 1.16 | 2.45 | 0.87 | 2.16 | 1.06 |
| ΣΣ ₅ | 1.98 | 1.07 | 2.55 | 0.78 | 2.27 | 0.98 |
| ΣΣ ₆ | 1.55 | 0.95 | 2.00 | 0.87 | 1.77 | 0.94 |
| ΣΣ | 5.40 | 2.61 | 7.01 | 1.88 | 6.2 | 2.41 |
| ΣΕ | 8.51 | 3.95 | 11.54 | 3.95 | 10.02 | 4.22 |

Στα έργα EM₂ και EM₃ παρατηρήθηκε αρκετά μεγάλη ΤΑ σε σχέση με τον ΜΟ και αυτό οφείλεται στο ότι ένας μεγάλος αριθμός υποκειμένων βαθμολογήθηκαν με 0 βαθμούς στα έργα αυτά (328 υποκείμενα και 242 υποκείμενα, αντίστοιχα). Αντίθετα στα έργα EM₁, ΣΣ₄, ΣΣ₅, ΣΣ₆ ένας μικρότερος αριθμός υποκειμένων βαθμολογήθηκε με 0 (69, 51, 48, 72, αντίστοιχα).

Συγκρίνοντας τις επιδόσεις των παιδιών στις μεταβλητές EM και ΣΣ παρατηρείται μεγάλη διαφορά στους μέσους όρους των δύο μεταβλητών με τα παιδιά να σημειώνουν πολύ χαμηλές επιδόσεις στη δεξιότητα “έλεγχος μεταβλητών,” σε αντίθεση με τη δεξιότητα “συνδυαστική σκέψη.” Ακολούθως, έγινε σύγκριση των ΜΟ των δύο μεταβλητών EM και ΣΣ με Paired-Samples T-Test, για να εξακριβωθεί κατά πόσον οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διαφορά στους ΜΟ των δύο μεταβλητών ήταν στατιστικά σημαντική με $t=21,53$ και $p=0.001$. Επομένως, τα παιδιά φαίνεται να έχουν αναπτύξει σε μεγαλύτερο βαθμό τη

συνδυαστική τους σκέψη, παρά τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών. Τέλος, όσον αφορά τα αποτελέσματα κατά τάξη, φαίνεται ότι υπήρχαν διαφορές μεταξύ των παιδιών των δύο τάξεων σε όλα τα έργα του ερωτηματολογίου και επομένως και στη ΣΕ των παιδιών στο ερωτηματολόγιο, οι διαφορές όμως, αυτές διερευνήθηκαν με Ανάλυση Πολλαπλών Διασπορών (Πίνακας 7).

Στη συνέχεια έγινε έλεγχος συσχέτισης Pearson ανάμεσα στις επιδόσεις των παιδιών στα έργα ΕΜ και ΣΣ, για να εξακριβωθεί αν οι δύο δεξιότητες, είχαν θετική συσχέτιση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές με $r=0.491$ και $p<0.001$. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η ανάπτυξη των δεξιοτήτων “έλεγχος μεταβλητών” και “συνδυαστική σκέψη” δε γίνεται ταυτόχρονα. Εντούτοις παρατηρείται μια κατακόρυφη ανάπτυξη, αφού οι δύο δεξιότητες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση. Έτσι παιδιά που έχουν αναπτύξει σε κάποιο μικρότερο βαθμό την ικανότητά τους να ελέγχουν μεταβλητές, έχουν αναπτύξει σε ένα μεγαλύτερο βαθμό τη συνδυαστική τους σκέψη. Αντίθετα παιδιά που καθυστερούν να αναπτύξουν τη συνδυαστική τους σκέψη καθυστερούν ακόμα περισσότερο να αναπτύξουν την ικανότητά τους να ελέγχουν μεταβλητές. Αυτό ισχύει και όταν συγκριθούν τα αποτελέσματα κατά τάξη. Προηγούμενες έρευνες έδειξαν ότι ορισμένες μορφές σκέψης που συναποτελούν την τυπική λογική σκέψη προηγούνται στην ανάπτυξή τους και αποτελούν, ίσως, προαπαιτούμενα για την ανάπτυξη άλλων μορφών σκέψης (Valanides, 1997. Βαλανίδης, 1998. Zeidler, 1985).

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τις επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο κατά τύπο ερωτηματολογίου, αφού δημιουργήθηκαν τέσσερις τύποι ερωτηματολογίων ανάλογα με τη σειρά εμφάνισης των έργων. Από τον Πίνακα 5 προκύπτει ότι, όσον αφορά τον ΕΜ, οι διαφορές ήταν πολύ μικρές και υψηλότερες επιδόσεις σημειώθηκαν στον Τύπο

1 του ερωτηματολογίου και χαμηλότερες στον Τύπο 4. Στη ΣΣ σημειώθηκαν μικρότερες διαφοροποιήσεις με υψηλότερες επιδόσεις στον Τύπο 2 και χαμηλότερες στον Τύπο 4. Όσον αφορά τη ΣΕ, υψηλότερες επιδόσεις φαίνεται να σημειώθηκαν στον Τύπο 2 και οι χαμηλότερες στον Τύπο 4.

Πίνακας 5

Επιδόσεις των Παιδιών στο Ερωτηματολόγιο κατά Τύπο Ερωτηματολογίου

| Τύπος Ερωτηματολογίου | ΕΜ | | ΣΣ | | ΣΕ | |
|--------------------------|------|------|------|------|-------|------|
| | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ |
| Τύπος 1 | 3.98 | 2.41 | 6.17 | 2.49 | 10.15 | 4.21 |
| Τύπος 2 | 3.93 | 2.68 | 6.29 | 2.44 | 10.22 | 4.54 |
| Τύπος 3 | 3.88 | 2.44 | 6.27 | 2.28 | 10.16 | 3.95 |
| Τύπος 4 | 3.45 | 2.37 | 6.06 | 2.45 | 9.51 | 4.16 |

Στη συνέχεια έγινε Ανάλυση Πολλαπλών Διασπορών με εξαρτημένες μεταβλητές τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου (ΕΜ, ΣΣ και ΣΕ) και ανεξάρτητη μεταβλητή τον τύπο ερωτηματολογίου, για να εξακριβωθεί κατά πόσον οι διαφορές που σημειώθηκαν στους ΜΟ ήταν στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης πολλαπλών διασπορών [$F(3, 497)=0.665$, $p=0.678$] έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά τον τύπο του ερωτηματολογίου για καμιά από τις μεταβλητές και γι αυτό θεωρήθηκε ότι δεν υπήρχε “αποτέλεσμα τρόπου διαδοχής” (order effect). Ο τύπος του ερωτηματολογίου δε χρησιμοποιήθηκε ως μεταβλητή στη συνέχεια, αφού δεν εντοπίστηκαν διαφορές “τρόπου διαδοχής” των προβλημάτων. Ο έλεγχος για την επίδραση του τρόπου διαδοχής των έργων δεν αποτελούσε κύρια επιδίωξη της έρευνας αυτής και πραγματοποιήθηκε, κυρίως, για να αποφευχθεί τυχόν αντιγραφή του ενός παιδιού από το άλλο, κατά τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων.

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τις επιδόσεις των παιδιών κατά φύλο.

Πίνακας 6

Επιδόσεις των Παιδιών στο Ερωτηματολόγιο κατά Φύλο

| Έργα | Αγόρια (n=250) | | Κορίτσια (n=248) | | Σύνολο (n=498) | |
|-----------------|----------------|-------------|------------------|-------------|----------------|-------------|
| | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ |
| EM ₁ | 2.08 | 1.10 | 2.06 | 1.17 | 2.07 | 1.14 |
| EM ₂ | 0.71 | 1.15 | 0.83 | 1.20 | 0.77 | 1.18 |
| EM ₃ | 0.92 | 1.09 | 1.03 | 1.10 | 0.97 | 1.09 |
| EM | 3.71 | 2.45 | 3.92 | 2.51 | 3.81 | 2.48 |
| ΣΣ ₄ | 2.04 | 1.12 | 2.28 | 0.99 | 2.16 | 1.06 |
| ΣΣ ₅ | 2.17 | 1.05 | 2.36 | 0.89 | 2.27 | 0.98 |
| ΣΣ ₆ | 1.64 | 1.02 | 1.91 | 0.82 | 1.77 | 0.94 |
| ΣΣ | 5.85 | 2.63 | 6.56 | 2.11 | 6.20 | 2.41 |
| ΣΕ | 9.56 | 4.39 | 10.49 | 4.01 | 10.02 | 4.22 |

Σύμφωνα με τον Πίνακα 6, τα κορίτσια φαίνεται να σημειώνουν υψηλότερες μέσες επιδόσεις από τα αγόρια σε όλα τα έργα του ερωτηματολογίου εκτός από το EM₁. Μεγαλύτερη διαφορά φαίνεται να υπάρχει στις επιδόσεις των κοριτσιών και των αγοριών στη δεξιότητα ΣΣ παρά στη δεξιότητα EM. Για να εξεταστεί αν οι διαφοροποιήσεις που σημειώθηκαν ανάμεσα στις επιδόσεις των παιδιών τετάρτης και έκτης τάξης ή μεταξύ αγοριών και κοριτσιών ήταν στατιστικά σημαντικές έγινε ανάλυση πολλαπλών διασπορών MANOVA [2 (τάξη) X 2 (φύλο)] με εξαρτημένες μεταβλητές τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου (EM, ΣΣ και ΣΕ). Η ανάλυση αυτή, εκτός από τα κύρια αποτελέσματα, είχε σκοπό και τον έλεγχο τυχόν αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στις μεταβλητές τάξη-φύλο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης πολλαπλών διασπορών [2 (τάξη) X 2 (φύλο)] έδειξαν ότι η αλληλεπίδραση τάξη-φύλο δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Αντίθετα, στατιστικά σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις μεταβλητές ΣΣ [$F(1, 497)= 10.02$. $p=0.002$] και ΣΕ [$F(1, 497)= 5.02$. $p=0.025$] και μεταξύ των παιδιών τετάρτης και έκτης τάξης στις μεταβλητές EM [$F(1, 497)= 44.02$. $p=0.001$], ΣΣ [$F(1, 497)= 60.59$. $p=0.001$] και ΣΕ [$F(1, 497)= 71.91$. $p=0.001$]

Πίνακας 7

Ανάλυση Πολλαπλών Διασπορών 2(τάξη) X 2(φύλο) με Εξαρτημένες Μεταβλητές τον Έλεγχο Μεταβλητών (EM), τη Συνδυαστική Σκέψη (ΣΣ) και τη Συνολική Επίδοση (ΣΕ)

| Ανεξάρτητη Μεταβλητή | Εξαρτημένη Μεταβλητή | F | Επίπεδο Σημαντικότητας |
|----------------------|----------------------|-------|------------------------|
| Τάξη | EM | 44.02 | 0.001* |
| | ΣΣ | 60.59 | 0.001* |
| | ΣΕ | 71.91 | 0.001* |
| Φύλο | EM | 0.40 | 0.486 |
| | ΣΣ | 10.07 | 0.002* |
| | ΣΕ | 5.02 | 0.025* |
| Τάξη X Φύλο | EM | 0.03 | 0.873 |
| | ΣΣ | 0.96 | 0.328 |
| | ΣΕ | 0.22 | 0.643 |

Σημείωση: Με αστερίσκο σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές

Από τους Πίνακες 4 και 7 προκύπτει ότι τα παιδιά της έκτης τάξης είχαν στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις από τα παιδιά της τετάρτης τάξης όσον αφορά τον EM , τη ΣΣ και τη ΣΕ. Οι διαφορές μεταξύ των παιδιών τετάρτης και έκτης τάξης δηλώνουν ότι για το εύρος αυτής της ηλικίας σημειώνεται γνωστική ανάπτυξη. Από τους πίνακες 6 και 7 προκύπτει ότι τα κορίτσια σημείωσαν στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις από τα αγόρια όσον αφορά τη ΣΣ και τη και όχι όσον αφορά τη δεξιότητα EM. Τα αποτελέσματα αυτά συνηγορούν υπέρ της θεωρίας των “εκτινάξεων” που συμβαίνει κατά την ωρίμανση του εγκεφάλου. Στην ηλικία των 11 περίπου χρόνων συμβαίνει μια κύρια “εκτίναξη” της οποίας το μέγεθος είναι τριπλάσιο για τα κορίτσια από ότι για τα αγόρια (Epstein, 1990).

Δεύτερη Φάση

Τα αποτελέσματα της δεύτερης φάσης της έρευνας, όπως προέκυψαν από τις συνεντεύξεις και την καταγραφή των πειραματικών αποτελεσμάτων, αναλύθηκαν

τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Σε κάθε αναφορά που έγινε σε συγκεκριμένα υποκείμενα καταγράφηκε η τάξη που φοιτούσε το υποκείμενο (6= Στ΄ τάξη και 4=Δ΄ τάξη), η πειραματική ομάδα στην οποία άνηκε το υποκείμενο σύμφωνα με το σύστημα καταγραφής (Π=προσδιορισμένη καταγραφή και Ε=ελεύθερη καταγραφή), αν σημείωσε υψηλή ή χαμηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο (Υ=υψηλή επίδοση και Χ=χαμηλή επίδοση) και τέλος ο αριθμός που δόθηκε στο κάθε υποκείμενο κατά την κωδικοποίηση των απαντήσεων της πρώτης φάσης της έρευνας με αριθμούς από 1-498 που αντιστοιχούν στα 498 υποκείμενα της πρώτης φάσης. Ως υψηλή επίδοση θεωρήθηκε το εύρος βαθμών του ερωτηματολογίου 14-17 και ως χαμηλή επίδοση το εύρος βαθμών του ερωτηματολογίου 4-7.

Ποιοτική Ανάλυση

Βοηθητική Συσκευή

Στην αρχή της κάθε συνέντευξης παρουσιάστηκε στα παιδιά η βοηθητική πειραματική συσκευή. Αφού τα παιδιά έδωσαν μια περιγραφή της συσκευής, διετύπωσαν υποθέσεις σχετικά με τη λειτουργία της. Στη συνέχεια, με πειραματισμό, πέτυχαν τη φωτοβολία του λαμπτήρα με τη μετακίνηση του διακόπτη από δεξιά στα αριστερά και χρησιμοποιώντας το διακόπτη ελέγχου (tester).

Η πλειοψηφία των παιδιών υποστήριξε ότι με τη συγκεκριμένη συσκευή μπορούσε να πετύχει τη φωτοβολία του λαμπτήρα που ήταν τοποθετημένος στην επιφάνειά της. Ένας μικρός αριθμός παιδιών έδωσε στη συσκευή μια διαφορετική λειτουργία. Υποστήριξαν ότι αυτή θα μπορούσε να παράγει ένα ήχο ή να λειτουργεί ως ξυπνητήρι, ή, ακόμα, να λειτουργεί ως συναγερμός. Οι υποθέσεις των παιδιών αυτών φαίνεται να επηρεάστηκαν από την ύπαρξη του διακόπτη ελέγχου στη συσκευή,

ο οποίος, ίσως, να τους θύμιζε κάποια αντικείμενα της καθημερινής ζωής, που όταν πατήσεις ένα διακόπτη παράγεται ήχος.

Τα παιδιά για να περιγράψουν το διακόπτη της συσκευής του προσέδωσαν διάφορα ονόματα. Τα μεγαλύτερα, κυρίως, παιδιά, που είχαν συναντήσει αυτού του είδους το διακόπτη στα σχολικά μαθήματα, τον αναγνώρισαν και του έδωσαν το σωστό του όνομα, δηλαδή τον ονόμασαν “διακόπτη.” Κάποια παιδιά ονόμασαν το διακόπτη είτε μοχλό, είτε σιδεράκι, είτε χειριστήριο, είτε ακόμα και τηλεχειριστήριο. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ονομασία “τηλεχειριστήριο” που πιθανόν να προέρχεται από την εμπειρία των παιδιών με κάποια τηλεκατευθυνόμενα αυτοκινητάκια, τα οποία κινούνται με τη μετακίνηση ενός μοχλού, παρόμοιου με το μεταλλικό διακόπτη της συσκευής, ή το τηλεχειριστήριο κοινών ηλεκτρικών συσκευών (π.χ., τηλεόρασης, cd player κ.ά.).

Στη συνέχεια, αφού τα παιδιά περιέγραψαν τη συσκευή, προσπάθησαν να πετύχουν τη φωτοβολία του λαμπτήρα. Ο Πίνακας 8 παρουσιάζει τον αριθμό των πειραμάτων που εκτέλεσαν τα παιδιά μέχρι να πετύχουν τη φωτοβολία του λαμπτήρα. Τα παιδιά που εκτέλεσαν ένα πείραμα για να πετύχουν τη φωτοβολία του λαμπτήρα συνδύαζαν το διακόπτη και το διακόπτη ελέγχου και τα χρησιμοποίησαν ταυτόχρονα. Τα παιδιά που εκτέλεσαν δύο πειράματα, είτε μετακίνησαν πρώτα το διακόπτη και μετά το διακόπτη ελέγχου, είτε πάτησαν πρώτα το διακόπτη ελέγχου και στη δεύτερη προσπάθεια χρησιμοποίησαν το διακόπτη και το διακόπτη ελέγχου ταυτόχρονα. Τα παιδιά που εκτέλεσαν τρία πειράματα πάτησαν πρώτα το διακόπτη ελέγχου, στη συνέχεια μετακίνησαν το διακόπτη στις δύο του θέσεις και αφού δεν πέτυχαν τη φωτοβολία του λαμπτήρα, δοκίμασαν και πάλι το διακόπτη ελέγχου. Κάποια παιδιά που ανήκουν σε αυτή την ομάδα πάτησαν το διακόπτη ελέγχου για δεύτερη φορά ύστερα μάλιστα από προτροπή.

Πίνακας 8

Αριθμός Πειραμάτων που Εκτελέστηκαν με τη Βοηθητική Συσκευή

| Αριθμός Πειραμάτων | Συχνότητες | | | | Σύνολο |
|--------------------|------------|----|---------|----|--------|
| | Δ τάξη | | Στ τάξη | | |
| | X | Y | X | Y | |
| Ένα πείραμα | 3 | 2 | 3 | 6 | 14 |
| Δύο πειράματα | 14 | 10 | 11 | 11 | 46 |
| Τρία πειράματα | 3 | 8 | 6 | 3 | 20 |

Σημ. X= χαμηλή επίδοση, Y= υψηλή επίδοση

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 8, τα περισσότερα παιδιά εκτέλεσαν δύο πειράματα. Από τα 46 αυτά παιδιά, τα 39 μετακίνησαν πρώτα το διακόπτη και χρησιμοποίησαν το διακόπτη ελέγχου. Τα παιδιά αυτά φαίνεται να είναι επηρεασμένα από την καθημερινή ζωή, όπου μια λάμπα ανάβει με τη χρήση ενός διακόπτη. Τα υπόλοιπα 7 παιδιά που εκτέλεσαν δύο πειράματα, μετακίνησαν πρώτα το διακόπτη ελέγχου και μετά, ταυτόχρονα, μετακίνησαν το διακόπτη και πάτησαν ξανά το διακόπτη ελέγχου. Τα 14 παιδιά που εκτέλεσαν ένα μόνο πείραμα και που συνδύασαν τους δύο διακόπτες της συσκευής (διακόπτης και διακόπτη ελέγχου) φαίνεται ότι είχαν αναπτύξει, σε κάποιο βαθμό, τη συνδυαστική τους σκέψη. Έτσι, αφού αντιλήφθηκαν ότι η ύπαρξη των δύο κουμπιών στη συσκευή σχετίζεται με τη μια και μόνο λάμπα συνδύασαν τις κινήσεις τους. Τα παιδιά που εκτέλεσαν τρία πειράματα είναι τα παιδιά που πιθανόν δεν είχαν συναντήσει τέτοιου είδους διακόπτες στη σχολική ή όχι ζωή τους και δε συνέδεσαν τη φωτοβολία της λάμπας με τη μετακίνηση του διακόπτη και για αυτό πάτησαν πρώτα το διακόπτη ελέγχου. Όσον αφορά τις συχνότητες κατά τάξη και κατά ικανότητα δε φαίνεται ότι υπήρχαν μεγάλες διαφοροποιήσεις,

Αρχικές Υποθέσεις με την Κύρια Πειραματική Συσκευή

Περιγραφή αρχικών υποθέσεων. Αφού τα παιδιά πέτυχαν τη φωτοβολία του λαμπτήρα της βοηθητικής πειραματικής συσκευής, παρουσιάστηκε σε αυτά η κύρια πειραματική συσκευή. Τα παιδιά περιέγραψαν τη συσκευή και παρακινήθηκαν να

διατυπώσουν μια ή περισσότερες αρχικές υποθέσεις (θεωρίες) για τον τρόπο λειτουργίας της συσκευής, το ρόλο των διακοπών και τη φωτοβολία των λαμπτήρων. Με την εμπειρία που απέκτησαν από την ενασχόλησή τους με τη βοηθητική πειραματική συσκευή, κανένα παιδί δεν υποστήριξε ότι η συσκευή αυτή θα μπορούσε να παράγει ήχο ή να έχει οποιαδήποτε άλλη λειτουργία. Σχεδόν όλα τα παιδιά μπόρεσαν με επιτυχία να μεταφέρουν την εμπειρία τους, αφού στις αρχικές τους υποθέσεις και στην περιγραφή της κύριας πειραματικής συσκευής υποστήριξαν ότι για να φωτοβολήσουν οι λαμπτήρες θα έπρεπε, εκτός από τη μετακίνηση των διακοπών, να χρησιμοποιηθεί και ο διακόπτης ελέγχου.

Ο Πίνακας 9 παρουσιάζει τις αρχικές υποθέσεις των παιδιών. Παρόλο που τα παιδιά διετύπωσαν μια ποικιλία αρχικών υποθέσεων, οι υποθέσεις αυτές μπορούν εύκολα να ομαδοποιηθούν σε κατηγορίες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 9. Οι αρχικές υποθέσεις των παιδιών της τετάρτης τάξης δε διέφεραν από τις υποθέσεις των παιδιών της έκτης τάξης.

Οι υποθέσεις Y_1 είναι οι υποθέσεις που βρίσκονται στο κατώτερο επίπεδο σκέψης, αφού δεν έδωσαν καμιά εξήγηση για τη λειτουργία της συσκευής, τη σχέση των διακοπών και των λαμπτήρων και τον τρόπο που θα φωτοβολούσαν οι λαμπτήρες. Ειδικότερα, η υπόθεση $Y_{1.1}$ μπορεί να θεωρηθεί και ως δείγμα απροθυμίας των συγκεκριμένων παιδιών να ασχοληθούν με τη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Οι υποθέσεις Y_2 ήταν οι δημοφιλέστερες υποθέσεις, αφού διατυπώθηκαν από 32 παιδιά και ήταν οι υποθέσεις στις οποίες ήταν δυνατή η ταυτόχρονη φωτοβολία λαμπτήρων με τη χρήση των πέντε διακοπών, είτε ταυτόχρονα είτε μεμονωμένα. Οι υποθέσεις $Y_{2.1}$, $Y_{2.2}$, $Y_{2.3}$ και $Y_{2.4}$ ήταν υποθέσεις στις οποίες με μια μόνο πειραματική προσπάθεια φωτοβολούσαν όλοι οι λαμπτήρες ($Y_{2.1}$, $Y_{2.2}$, $Y_{2.4}$), ή όσοι λαμπτήρες ήταν δυνατό να φωτοβολήσουν με τη συγκεκριμένη συσκευή ($Y_{2.3}$).

Πίνακας 9
Αρχικές Υποθέσεις για τον Τρόπο Λειτουργίας της Κύριας Πειραματικής Συσκευής

| Υποθέσεις | Συχνότητες | | | | Σύνολο |
|---|------------|---|---------|---|--------|
| | Δ τάξη | | Στ τάξη | | |
| | X | Y | X | Y | |
| Y₁: Υποθέσεις αδυναμίας φωτοβολίας λαμπτήρων. | | | | | |
| Y _{1.1} : Δεν υπάρχει τρόπος να φωτοβολήσουν λαμπτήρες | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Y _{1.2} : Θα φωτοβολήσουν όσοι λαμπτήρες δεν είναι Καμένοι. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Y _{1.3} : Θα φωτοβολήσουν δύο μόνο λαμπτήρες. | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Y₂: Υποθέσεις ταυτόχρονης φωτοβολίας | | | | | |
| Y _{2.1} : Οι λαμπτήρες φωτοβολούν ταυτόχρονα και οι οχτώ, όταν όλοι οι διακόπτες είναι στη θέση “κάτω.” | 3 | 4 | 2 | 3 | 12 |
| Y _{2.2} : Οι λαμπτήρες φωτοβολούν ταυτόχρονα και οι οχτώ όταν όλοι οι διακόπτες είναι στη θέση “πάνω.” | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Y _{2.3} : Οι λαμπτήρες 1-5 φωτοβολούν ταυτόχρονα όταν όλοι οι διακόπτες είναι στη θέση “κάτω.” | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| Y _{2.4} : Οι λαμπτήρες φωτοβολούν ταυτόχρονα και οι οχτώ όταν ο διακόπτης 1 είναι στη θέση “κάτω.” | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Y _{2.5} : Κάθε διακόπτης είναι υπεύθυνος για ένα ή περισσότερους λαμπτήρες, οι οποίοι φωτοβολούν ταυτόχρονα. | 0 | 5 | 3 | 4 | 12 |
| Y₃: Υποθέσεις περιορισμένων αποτελεσμάτων, Χωρίς ταυτόχρονη φωτοβολία | | | | | |
| Y _{3.1} : Κάθε διακόπτης είναι υπεύθυνος για το λαμπτήρα που έχει τον ίδιο αριθμό με αυτόν και έτσι θα φωτοβολήσουν μόνο οι λαμπτήρες 1-5, ένας κάθε φορά. | 7 | 5 | 3 | 5 | 20 |
| Y _{3.2} : Κάθε διακόπτης είναι υπεύθυνος για ένα λαμπτήρα. Θα φωτοβολήσουν πέντε λαμπτήρες οποιοδήποτε, ένας κάθε φορά. | 3 | 2 | 3 | 2 | 10 |
| Y₄: Υποθέσεις συνολικών αποτελεσμάτων | | | | | |
| Y _{4.1} : Κάθε διακόπτης είναι υπεύθυνος για το λαμπτήρα που έχει τον ίδιο αριθμό με αυτόν. Επιπλέον οι διακόπτες 6,7,8 θα ανάψουν με κάποιο άλλο τρόπο. | 3 | 0 | 4 | 3 | 10 |
| Y _{4.2} : Οι λαμπτήρες ανάβουν με συνδυασμό των διακοπών, ένας κάθε φορά. | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |

Τα παιδιά που διετύπωσαν τις υποθέσεις Y_{2.1}, Y_{2.2}, Y_{2.3} και Y_{2.4} θεωρούσαν ότι η διερεύνηση θα ολοκληρωνόταν με μια μόνο πειραματική προσπάθεια. Τα δύο παιδιά που διετύπωσαν την υπόθεση Y_{2.2} υποστήριζαν ότι οι λαμπτήρες θα φωτοβολούσαν όλοι ταυτόχρονα με το πάτημα και μόνο του διακόπτη ελέγχου και χωρίς τη μετακίνηση των διακοπών. Από την υπόθεση αυτή φαίνεται ότι τα συγκεκριμένα παιδιά αντιμετώπισαν δυσκολία στη μεταφορά της εμπειρίας τους από τη βοηθητική πειραματική συσκευή, στην κύρια πειραματική συσκευή. Όσον αφορά την υπόθεση Y_{2.5}, υπήρχε ποιοτική διαφορά σκέψης από τις άλλες υποθέσεις της ίδιας ομάδας, αφού σύμφωνα με τη υπόθεση αυτή ο κάθε διακόπτης ενεργούσε ξεχωριστά και ήταν υπεύθυνος για ένα ή περισσότερους λαμπτήρες, οι οποίοι θα φωτοβολούσαν ταυτόχρονα. Η υπόθεση Y_{2.5} προσπαθούσε να λύσει το πρόβλημα της φωτοβολίας οχτώ λαμπτήρων με μόνο πέντε διακόπτες και γι αυτό υποστήριζε ότι ο κάθε διακόπτης ήταν δυνατό να σχετίζεται με τη φωτοβολία περισσότερων του ενός λαμπτήρων.

Οι υποθέσεις Y₃ διατυπώθηκαν από 30 παιδιά και ήταν υποθέσεις που υποστήριζαν ότι, για να φωτοβολήσουν οι λαμπτήρες, δε χρειαζόταν να συνδυαστούν οι διακόπτες, αφού ο κάθε ένας διακόπτης ήταν υπεύθυνος για ένα λαμπτήρα. Οι υποθέσεις αυτές επηρεάζονταν από την καθημερινή εμπειρία, όπου για να ανάψει μια λάμπα υπεύθυνος είναι ένας και μόνο διακόπτης και έτσι δεν υποστήριζαν ταυτόχρονη μετακίνηση διακοπών. Τα 20 παιδιά που διετύπωσαν την υπόθεση Y_{3.1} πίστευαν ότι ο αριθμός που αναγράφεται δίπλα από κάθε λαμπτήρα και από κάθε διακόπτη επηρέαζε το ρόλο τους στο κύκλωμα και γι αυτό ο κάθε διακόπτης ήταν υπεύθυνος για τη φωτοβολία του λαμπτήρα που είχε τον ίδιο αριθμό με αυτόν. Παρόμοια σκέψη συναντάται και στην υπόθεση Y_{2.3}, όπου φωτοβολούσαν οι λαμπτήρες 1-5 με τους διακόπτες 1-5 με τη διαφορά ότι, στην υπόθεση Y_{2.3}, η μετακίνηση των διακοπών

καθώς και η φωτοβολία των λαμπτήρων γινόταν ταυτόχρονα, ενώ στην υπόθεση Y_{3.1} η μετακίνηση του διακόπτη και η φωτοβολία λαμπτήρα γινόταν μεμονωμένα.

Οι υποθέσεις Y₄ ήταν οι υποθέσεις που υποστήριζαν ότι και οι 8 λαμπτήρες ήταν δυνατόν να φωτοβολήσουν και αυτό θα συνέβαινε με περισσότερες από 5 πειραματικές προσπάθειες, και επομένως, με δυνατότητα συνδυασμού των διακοπών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι υποθέσεις Y_{4.1}. Στις υποθέσεις αυτές τα παιδιά υποστήριζαν ότι ο κάθε διακόπτης ήταν υπεύθυνος για το λαμπτήρα που έφερε τον ίδιο αριθμό με αυτόν και έτσι η μετακίνηση των διακοπών 1-5 θα είχε ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία των λαμπτήρων 1-5, ένας κάθε φορά. Επιπλέον, τα παιδιά της ομάδας αυτής προσπάθησαν να λύσουν το πρόβλημα των λαμπτήρων 6, 7, 8, που δεν είχαν αντίστοιχο διακόπτη. Έτσι διετύπωσαν διάφορες εναλλακτικές υποθέσεις με σκοπό τη φωτοβολία των τριών αυτών λαμπτήρων.

Τέσσερα από τα παιδιά αυτά (4EX227, 6ΠX289, 6ΠX240, 6ΠY286) υποστήριζαν ότι οι λαμπτήρες 6, 7, 8 θα φωτοβολούσαν με ένα συνδυασμό διακοπών, και έτσι, για παράδειγμα, με τους διακόπτες 1, 5 θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας 6 ή με τους διακόπτες 1, 2, 3 θα φωτοβολούσαν οι λαμπτήρες 6, 7, 8 ταυτόχρονα. Δύο από τα παιδιά αυτά (4ΠX497, 6EY244) υποστήριζαν ότι στον πρώτο γύρο προσπαθειών θα φωτοβολούσαν οι λαμπτήρες 1-5, ένας κάθε φορά και, αν μετακινούσαν για δεύτερη φορά το διακόπτη 1, 2 και 3 θα φωτοβολούσαν οι λαμπτήρες 6, 7 και 8, αντίστοιχα, ένας κάθε φορά. Η υπόθεση αυτή δε φαίνεται να προκύπτει από λογική σκέψη, αφού δεν είναι λογικό να επαναλάβεις το πείραμα και να οδηγηθείς σε διαφορετικό αποτέλεσμα. Ένα παιδί (6EX490) υποστήριξε ότι αν μετακινούσε ένα διακόπτη θα άναβε ο λαμπτήρας που έφερε τον ίδιο αριθμό με αυτόν και στη συνέχεια αν πατούσε το διακόπτη ελέγχου θα άναβε ένας από τους λαμπτήρες 6, 7, ή 8. Το συγκεκριμένο παιδί φαίνεται να μην κατάφερε να μεταφέρει, με επιτυχία,

την εμπειρία που απέκτησε με τη βοηθητική πειραματική συσκευή, στην κύρια πειραματική συσκευή. Δύο παιδιά (4ΠΧ222, 6ΕΧ148) δεν ήταν σε θέση να εξηγήσουν τον τρόπο με τον οποίο θα φωτοβολούσαν οι λαμπτήρες 6, 7 και 8, αλλά υποστήριξαν ότι σίγουρα υπήρχε σχετικός τρόπος. Τέλος, ένα παιδί (6ΕΥ484) υποστήριξε ότι η μετακίνηση του διακόπτη 1, για παράδειγμα, από τη θέση “πάνω” στη θέση “κάτω” θα οδηγούσε στη φωτοβολία του λαμπτήρα 1 και η μετακίνηση του ίδιου διακόπτη από τη θέση “κάτω” στη θέση “πάνω” θα οδηγούσε στη φωτοβολία του λαμπτήρα 6. Το ίδιο θα συνέβαινε και με τους διακόπτες 2 και 3, έτσι ώστε να φωτοβολήσουν και οι λαμπτήρες 7 και 8, αντίστοιχα. Το συγκεκριμένο παιδί δεν αντιλαμβανόταν ότι με αυτόν τον τρόπο η μετακίνηση του κάθε ενός από τους τρεις διακόπτες από τη θέση “κάτω” στη θέση “πάνω” θα είχε ως αποτέλεσμα την εκτέλεση του ίδιου πειράματος και συγκεκριμένα του πειράματος ΠΠΠΠΠ, όπου όλοι οι διακόπτες θα βρίσκονταν στη θέση “πάνω.” Αυτό δηλώνει ότι το συγκεκριμένο παιδί αδυνατούσε να δει τη συσκευή ως ένα σύστημα αλληλοεξαρτώμενων στοιχείων και αντιλαμβανόταν το κάθε στοιχείο ανεξάρτητο από το άλλο. Επιπλέον, δηλώνει και έλλειψη αντιστρεψιμότητας της σκέψης αφού, δεν αντιλαμβανόταν ότι εκτελώντας το αντίστροφο πείραμα θα είχε τον ίδιο συνδυασμό διακοπών.

Τέλος, η υπόθεση με κωδικό Υ_{4.2} ήταν η υπόθεση που βρισκόταν πιο κοντά στη λειτουργία της συσκευής, αφού οι λαμπτήρες της συσκευής φωτοβολούσαν με το συνδυασμό των διακοπών. Τα 4 παιδιά (4ΕΧ136, 4ΕΥ267, 6ΠΧ250, 6ΕΥ310) που διετύπωσαν την υπόθεση αυτή φαίνεται να βρίσκονταν εξελικτικά σε ανώτερο επίπεδο σκέψης, αφού διετύπωσαν περισσότερο “ανεπτυγμένες” και σύνθετες υποθέσεις και κατενόησαν τη σχέση λαμπτήρων και διακοπών. Στην προσπάθεια να ερμηνεύσουν τη λειτουργία της συσκευής (με 8 λαμπτήρες και 5 διακόπτες) θεώρησαν τη συσκευή ως ένα σύστημα με αλληλεπιδρώντα μέρη. Επιπλέον, τα 3 από τα 4 αυτά παιδιά, όταν

ασχολήθηκαν με τη βοηθητική πειραματική συσκευή, κατόρθωσαν να πετύχουν τη φωτοβολία του λαμπτήρα με ένα μόνο πείραμα. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η διατύπωση αυτής της αρχικής υπόθεσης, σε συνδυασμό με τα δεδομένα από τη βοηθητική πειραματική συσκευή, αποτελεί μια ένδειξη της συνδυαστικής σκέψης αυτών των παιδιών που φαίνεται να ήταν πιο ανεπτυγμένη από τη συνδυαστική σκέψη των υπόλοιπων παιδιών. Η συνδυαστική τους σκέψη δεν ήταν ίσως ανεπτυγμένη σε τέτοιο βαθμό που να αντιλαμβάνονταν ότι οι συνδυασμοί που προέκυπταν από τους πέντε διακόπτες ήταν περισσότεροι από οχτώ, αριθμός που αντιστοιχεί στο πλήθος των λαμπτήρων. Η κατανόηση του πληθικού αριθμού του συνόλου των συνδυασμών θα μπορούσε να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι δύο διακόπτες στο κύκλωμα έχουν διαφορετικό ρόλο, αφού οι συνδυασμοί των τριών και μόνο διακοπών είναι ικανοί να οδηγήσουν στη φωτοβολία και των οχτώ λαμπτήρων (2^3 συνδυασμοί), κάτι που όμως δε φαίνεται να ήταν εφικτό για τα παιδιά αυτά.

Έλεγχος αρχικών υποθέσεων. Μετά τη διατύπωση των αρχικών υποθέσεων, τα παιδιά προχώρησαν στον έλεγχο των υποθέσεών τους, με τα σχετικά πειράματα. Ο χώρος των πειραμάτων διέφερε ανάλογα με την αρχική υπόθεση. Ο χώρος των πειραμάτων των υποθέσεων Y_1 δεν μπορούσε να καθορισθεί, αφού τα συγκεκριμένα παιδιά δεν έδωσαν εξηγήσεις σχετικά με τον τρόπο μετακίνησης των διακοπών. Ο χώρος των πειραμάτων των υποθέσεων $Y_{2.1}$, $Y_{2.2}$, $Y_{2.3}$, $Y_{2.4}$ περιοριζόταν στο ένα μόνο πείραμα, το οποίο θα οδηγούσε στη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων ή των λαμπτήρων 1-5. Καμιά άλλη κίνηση, σύμφωνα με τις υποθέσεις αυτές, δεν ήταν λογική, πριν την εκτέλεση των αντίστοιχων πειραμάτων και τη μη επαλήθευση της αρχικής θεωρίας. Οι υποθέσεις $Y_{2.5}$, $Y_{3.1}$ και $Y_{3.2}$ βασίζονταν στην παραδοχή, ότι με τη συγκεκριμένη συσκευή μπορούσαν να εκτελεστούν μόνο 5 πειράματα και

αντιστοιχούσαν στη μετακίνηση του κάθε διακόπτη από τη θέση “πάνω” στη θέση “κάτω.” Η μετακίνηση αυτή θα είχε διαφορετικό πειραματικό αποτέλεσμα ανάλογα με την υπόθεση που διατυπώθηκε. Όσον αφορά τον έλεγχο της υπόθεσης Y_{4.1} απαιτούνταν μέχρι 8 πειράματα τα 5 από τα οποία αντιστοιχούσαν στη μετακίνηση των διακοπών 1-5 από τη θέση “πάνω” στη θέση “κάτω” και τα υπόλοιπα ένα, δύο ή τρία σε κάποιες άλλες μετακινήσεις οι οποίες θα είχαν ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία των λαμπτήρων 6-8. Τέλος, ο πιθανός χώρος των πειραμάτων για την υπόθεση Y_{4.2} ήταν 32 πειράματα τα οποία θα μπορούσαν να εκτελεστούν με το συνδυασμό των πέντε διακοπών.

Κατά τον έλεγχο των υποθέσεων Y_{2.5}, Y_{3.1}, Y_{3.2} και Y_{4.1}, τα παιδιά μετακινούσαν κάθε φορά ένα διακόπτη. Τα 47 από τα 52 παιδιά μετακίνησαν πρώτα το διακόπτη 1 και στη συνέχεια τους υπόλοιπους διακόπτες, με τη σειρά. Τα υπόλοιπα 5 παιδιά άρχισαν τον πειραματισμό μετακινώντας ένα από τους άλλους τέσσερις διακόπτες. Αξιοσημείωτο είναι ότι τα μισά σχεδόν παιδιά (25 παιδιά) δεν επανέφεραν το διακόπτη που μετακινούσαν στην αρχική του θέση, όπως αναμενόταν, αλλά συνέχιζαν με τη μετακίνηση του επόμενου διακόπτη. Έτσι προέκυπτε η ακόλουθη σειρά πειραμάτων: ΚΠΠΠΠ, ΚΚΠΠΠ, ΚΚΚΠΠ, ΚΚΚΚΠ, ΚΚΚΚΚ, αντί της σειράς ΚΠΠΠΠ, ΠΚΠΠΠ, ΠΠΚΠΠ, ΠΠΠΚΠ, ΠΠΠΠΚ. Τα παιδιά αυτά, στην αρχική τους υπόθεση, δεν υποστήριζαν την πιθανότητα συνδυασμού και αλληλεπίδρασης μεταξύ των διακοπών και, στη συνέχεια, όταν μετακινούσαν τον κάθε διακόπτη επικέντρωναν την προσοχή τους σε αυτόν και μόνο το διακόπτη, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τη θέση των προηγούμενων διακοπών. Έτσι, δε θεωρούσαν απαραίτητο να επαναφέρουν τον προηγούμενο διακόπτη στην αρχική του θέση, γιατί δεν πίστευαν ότι επηρέαζε το αποτέλεσμα. Η ενέργειά τους αυτή ήταν ενδεικτική της αδυναμίας τους να δουν τη συσκευή ως σύστημα με στοιχεία που αλληλεπιδρούν και

αλληλοεπηρεάζονται, ενώ αποτέλεσε ένδειξη της αδυναμίας τους να ελέγχουν μεταβλητές. Ένα άλλο σημείο που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι, παρόλο που τα αποτελέσματα, ακόμα και της πρώτης πειραματικής προσπάθειας, κατέρριπταν τις υποθέσεις τους, τα 47 από τα 52 τα παιδιά συνέχισαν την εκτέλεση και των υπολοίπων τεσσάρων πειραμάτων, χωρίς να τροποποιήσουν ή να απορρίψουν την αρχική τους υπόθεση. Μόνο 5 παιδιά (6ΠΥ246, 6ΕΥ309, 6ΕΥ491, 6ΕΥ293, 6ΕΥ296, 6ΠΥ484) διετύπωσαν νέες υποθέσεις, πριν την εκτέλεση και των πέντε πειραμάτων που απαιτούνταν για τον έλεγχο της υπόθεσής τους. Και τα 5 αυτά παιδιά ήταν παιδιά έκτης τάξης με υψηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο. Αυτό υποδηλώνει ικανότητα των παιδιών για συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων και διαφοροποίησης των υποθέσεων μετά από ασύμφωνα προς αυτές πειραματικά δεδομένα.

Χώρος των Υποθέσεων κατά τον Πειραματισμό

Κύριες υποθέσεις και υπο-υποθέσεις. Μετά τη διατύπωση των αρχικών υποθέσεων και τον έλεγχό τους με πειραματισμό, η διερεύνηση συνεχίστηκε μέσα από διαδοχικούς κύκλους υποθέσεων και πειραματισμού. Το κάθε παιδί διατύπωνε τις δικές του υποθέσεις, που δημιουργούσαν τον ατομικό χώρο υποθέσεων (Gijlers & de Jong, 2005). Το σύνολο των ατομικών χώρων υποθέσεων δίνει το συνολικό χώρο των υποθέσεων που διατυπώθηκαν κατά τον πειραματισμό. Συνολικά διατυπώθηκαν 102 διαφορετικές υποθέσεις οι οποίες, είτε αφορούσαν γενικά τη λειτουργία της συσκευής, είτε αφορούσαν την εκτέλεση ενός και μόνο πειράματος. Οι γενικότερες υποθέσεις, οι οποίες δεν μπορούσαν να ελεγχθούν με ένα και μόνο πείραμα, ονομάστηκαν κύριες υποθέσεις και οι υποθέσεις που τις συνόδευαν και αναφέρονταν στο πειραματικό αποτέλεσμα μιας συγκεκριμένης προσπάθειας ονομάστηκαν υπο-υποθέσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, σύμφωνα με τη θεωρία του Klahr (2000), οι κύριες υποθέσεις

αποτελούσαν το πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορούν να διατυπωθούν πολλές διαφορετικές υπο-υποθέσεις. Η απόρριψη μιας υπο-υπόθεσης δεν οδηγεί κατά ανάγκη και στην απόρριψη του πλαισίου της υπόθεσης. Αντίθετα, το πλαίσιο μπορεί να παραμένει το ίδιο και μέσα στο ίδιο πλαίσιο να διατυπωθεί μια άλλη διαφορετική υπο-υπόθεση ή το πλαίσιο να διαμορφωθεί και να διατυπωθεί μια νέα υπόθεση.

Η δημοφιλέστερη κύρια υπόθεση ήταν η ακόλουθη: “Τα λαμπάκια θα ανάβουν με συνδυασμό διακοπών ένα κάθε φορά.” Ο έλεγχος της κύριας αυτής υπόθεσης προϋπόθετε την εκτέλεση μιας σειράς πειραμάτων για την επιτυχία της φωτοβολίας όλων των λαμπτήρων. Η υπόθεση αυτή διατυπώθηκε από όλα τα παιδιά στην αρχή σχεδόν του πειραματισμού, μετά τη διαπίστωση ότι οι αρχικές τους υποθέσεις δεν ήταν σωστές. Η κύρια αυτή υπόθεση συνοδευόταν από άλλες υπο-υποθέσεις, οι οποίες αντιστοιχούσαν σε ένα συγκεκριμένο πείραμα, το οποίο θα οδηγούσε σε συγκεκριμένο πειραματικό αποτέλεσμα. Μια υπο-υπόθεση που βρισκόταν στο πλαίσιο της προηγούμενης κύριας υπόθεσης αποτέλεσε, για παράδειγμα, η εξής: “Όταν οι διακόπτες 1 και 3 είναι κάτω, θα ανάψει το λαμπάκι 4, γιατί $1+3=4$.” Η υπόθεση αυτή υποστήριξε ότι θα φωτοβολούσε ένας λαμπτήρας με συνδυασμό διακοπών και επιπλέον καθόριζε ποιοι διακόπτες θα βρίσκονταν στη θέση “κάτω” και ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα, σύμφωνα με την εξήγηση που έδωσε. Για τη συγκεκριμένη κύρια υπόθεση διατυπώθηκαν μέχρι και 27 υπο-υποθέσεις. Το συγκεκριμένο παιδί (6EX312), δεν άλλαξε ή δε διαμόρφωσε το πλαίσιο των υποθέσεων του κατά τη διάρκεια όλης σχεδόν της διερεύνησης, αφού συνολικά εκτέλεσε 29 πειράματα, από τα οποία τα 27 αντιστοιχούσαν σε μια κύρια υπόθεση.

Ατομικοί χώροι υποθέσεων. Ο μεγαλύτερος ατομικός χώρος κύριων υποθέσεων περιελάμβανε 12 διαφορετικές υποθέσεις, ενώ ο μικρότερος χώρος ατομικών

υποθέσεων περιελάμβανε μόνο 2 υποθέσεις. Το πλήθος των υποθέσεων που διετύπωσε το κάθε παιδί αποτελεί ένδειξη του βαθμού εξέλιξης της στρατηγικής που ακολούθησε. Έτσι, αν ένα παιδί διετύπωσε μεγάλο αριθμό υποθέσεων, αυτό το παιδί φαίνεται να διαφοροποιούσε τις υποθέσεις του μετά από ασύμφωνα πειραματικά αποτελέσματα και ότι οδηγήθηκε στην εξαγωγή συμπερασμάτων, και πιθανώς και στη λύση του προβλήματος, με συντονισμό των υποθέσεων και των πειραματικών δεδομένων. Αντίθετα, αν ένα παιδί διετύπωσε πολύ μικρό αριθμό υποθέσεων, τότε αυτό αποτελεί ένδειξη της μη διαφοροποίησης των υποθέσεων του μετά από ασύμφωνα πειραματικά αποτελέσματα και αδυναμίας συντονισμού υποθέσεων και δεδομένων για εξαγωγή συμπερασμάτων.

Παραδείγματα υποθέσεων από το συνολικό χώρο υποθέσεων. Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει ενδεικτικά μερικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν από τα παιδιά. Στην πρώτη ομάδα, παρουσιάζονται οι κύριες υποθέσεις, οι οποίες συνοδεύονταν από μια ή περισσότερες υπο-υποθέσεις, ενώ στη δεύτερη ομάδα παρουσιάζονται οι υποθέσεις που αποτελούσαν από μόνες τους ένα συγκεκριμένο πλαίσιο υπόθεσης και ελέγχονταν με ένα και μόνο πείραμα. Οι κωδικοί που χρησιμοποιήθηκαν δεν σχετίζονται με τους κωδικούς που δόθηκαν στις αρχικές υποθέσεις και χρησιμοποιήθηκαν μόνο για την παρουσίασή τους στον Πίνακα 10. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 10, οι υποθέσεις των παιδιών παρουσίαζαν αρκετή ποικιλία. Κάποιες από τις υποθέσεις αυτές, όπως οι υποθέσεις Y_1 και Y_2 ήταν υποθέσεις που οδηγούσαν σε εντοπισμό του γενικού διακόπτη, αφού προσπαθούσαν να εξηγήσουν τη σχέση ανάμεσα στη θέση συγκεκριμένων διακοπών και τη φωτοβολία ή όχι λαμπτήρα. Η υπόθεση Y_4 οδηγούσε στον εντοπισμό του “εικονικού” διακόπτη, αφού υποστήριζε ότι η αλλαγή

θέσης του διακόπτη 5, που αποτελούσε τον “εικονικό” διακόπτη της συσκευής, είχε ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα.

Πίνακας 10

Υποθέσεις κατά τον Πειραματισμό

| Υποθέσεις | |
|--|---|
| Υποθέσεις που ελέγχονται με περισσότερες από μια προσπάθειες | Υ1: Για να ανάβει ένα λαμπάκι, πρέπει τρεις διαδοχικοί διακόπτες να είναι στη θέση κάτω. |
| | Υ2: Για να ανάβει λαμπάκι, όταν μόνο δύο διακόπτες βρίσκονται στη θέση “κάτω,” πρέπει ο 3 να είναι ένας από αυτούς. |
| | Υ3: Για να ανάβει ξανά το ίδιο λαμπάκι, πρέπει να αλλάζει θέση ένας διακόπτης οποιοσδήποτε. |
| | Υ4: Για να ανάβει ξανά το ίδιο λαμπάκι, πρέπει ο διακόπτης 5 να αλλάζει θέση. |
| | Υ5: Όταν οι διακόπτες που βρίσκονται στη θέση “κάτω” και έχουν απόσταση μεταξύ τους (π.χ., 1 και 5) δεν ανάβει λαμπάκι. |
| | Υ6: Όταν ο διακόπτης 2 βρίσκεται στη θέση “κάτω,” δεν ανάβει λαμπάκι, άσχετα με τη θέση των υπόλοιπων διακοπτών. |
| | Υ7: Αν με ένα συνδυασμό διακοπτών δεν ανάβει λαμπάκι, όταν κάνεις τον αντίστροφο συνδυασμό θα ανάβει λαμπάκι (δηλ. όλοι οι διακόπτες να αλλάξουν θέση). |
| | Υ8: Όταν μόνο δύο διακόπτες είναι στη θέση “κάτω,” δεν ανάβει λαμπάκι. |
| Υποθέσεις που ελέγχονται με μια προσπάθεια | Υ9: Όταν όλοι οι διακόπτες είναι στη θέση “κάτω” θα ανάψει ένα λαμπάκι. |
| | Υ10: Όταν όλοι οι διακόπτες είναι στη θέση “πάνω” δε θα ανάψει λαμπάκι. |
| | Υ11: Αν επαναλάβεις μια προσπάθεια, θα έχεις διαφορετικό Αποτέλεσμα. |
| | Υ12: Επειδή άναψε λαμπάκι όταν μόνο ο διακόπτης 3 ήταν στη θέση “κάτω,” θα ανάψει λαμπάκι και όταν οι διακόπτες 2 και 3 είναι στη θέση “κάτω.” |

Κάποιες άλλες υποθέσεις, παρόλο που, όπως φαίνεται, προέκυψαν από παρατηρήσεις των παιδιών, απορρίφθηκαν από τις πειραματικές προσπάθειες που ακολούθησαν. Για παράδειγμα, η υπόθεση Υ6, η οποία υποστήριζε ότι αν ο διακόπτης 2 ήταν στη θέση “κάτω,” ανεξάρτητα από τη θέση των υπόλοιπων διακοπτών, δε θα

φωτοβολούσε κανένας λαμπτήρας, απορρίφθηκε όταν στη θέση “κάτω” βρέθηκε εκτός από το διακόπτη 2 και ο γενικός διακόπτης (διακόπτης 3) και το πείραμα είχε ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία ενός λαμπτήρα, ανεξάρτητα από τη θέση των υπόλοιπων διακοπτών. Η Y_6 διατυπώθηκε από ένα συγκεκριμένο παιδί, όταν, σε διαδοχικά πειράματα που εκτέλεσε, ο διακόπτης 2 βρισκόταν στη θέση “κάτω” και δεν πέτυχε φωτοβολία λαμπτήρα. Το παιδί αυτό δεν ήταν σε θέση να συνδυάσει τις παρατηρήσεις του, όσον αφορά το διακόπτη 2 και το γενικό διακόπτη (διακόπτης 3). Η Y_{11} δε στηρίχτηκε σε λογική σκέψη, αφού υποστήριξε την αλλαγή του πειραματικού αποτελέσματος χωρίς ουσιαστικά τη μετακίνηση διακόπτη ή αλλαγής του συνδυασμού των διακοπτών.

Κάποιες άλλες υποθέσεις, όπως η Y_7 , παρόλο που δεν οδηγούσαν σε λύση του προβλήματος, δεν μπορούσαν να απορριφθούν με κανένα πείραμα, αφού, σύμφωνα με την Y_7 όταν ένας συνδυασμός δεν οδηγούσε σε φωτοβολία λαμπτήρα, η αλλαγή όλων των διακοπτών οδηγούσε, πράγματι, σε φωτοβολία ενός λαμπτήρα, αφού με την αλλαγή των θέσεων έκλεινε ο γενικός διακόπτης.

Αιτιολόγηση υποθέσεων. Τα παιδιά δικαιολόγησαν τις υποθέσεις και κυρίως τις υπο-υποθέσεις τους χρησιμοποιώντας διάφορες εξηγήσεις. Έντονη ήταν η εμμονή τους στα μαθηματικά και γι αυτό προσπάθησαν να υποστηρίξουν ποιος συγκεκριμένος λαμπτήρας θα φωτοβολούσε με ένα συγκεκριμένο πείραμα, διατυπώνοντας μαθηματικές εξισώσεις. Έτσι, για παράδειγμα, ένα παιδί (6ΠΥ286) υποστήριξε ότι: “Αν οι διακόπτες 1 και 2 είναι κάτω θα ανάψει το λαμπάκι 3, γιατί $1+2=3$,” ενώ το παιδί 6ΠΧ250 υποστήριξε ότι “αν οι διακόπτες 2 και 5 είναι στη θέση κάτω, τότε θα ανάψει το λαμπάκι 6, γιατί $5-2=3$ και το διπλάσιο του 3 είναι 6.” Παρατηρώντας επίσης τα δεδομένα, μια άλλη υπόθεση που στηρίχτηκε σε εφαρμογές μαθηματικών

είναι και η ακόλουθη: “Ανάβει ένα λαμπάκι, όταν διακόπτες που βρίσκονται στη θέση κάτω είναι μονοί αριθμοί.”

Πέρα από τα μαθηματικά, τα παιδιά στήριξαν τις υποθέσεις τους στη φυσική θέση των διακοπών πάνω στη συσκευή. Έτσι, για παράδειγμα, ένα παιδί υποστήριξε ότι μετακινώντας το διακόπτη 1 θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας 8 (6EX104), ο οποίος βρισκόταν σε μεγάλη απόσταση από το διακόπτη 1 (υπόθεση απόστασης). Κάποια άλλα παιδιά υποστήριξαν ότι με τη μετακίνηση ενός συγκεκριμένου διακόπτη θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας που βρισκόταν τοποθετημένος ακριβώς πάνω από το συγκεκριμένο διακόπτη (υπόθεση εγγύτητας).

Μια λιγότερο λογική δικαιολογία που χρησιμοποίησαν τα παιδιά ήταν ότι η σειρά εκτέλεσης των πειραμάτων επηρέαζε το πειραματικό αποτέλεσμα. Έτσι, για παράδειγμα, αν το πείραμα που εκτέλεσαν δεν είχε ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία ενός λαμπτήρα, τότε δε θα φωτοβολούσε λαμπτήρας ούτε και στο αμέσως επόμενο πείραμα, ανεξάρτητα από τη μετακίνηση των διακοπών (4ΠΥ419). Ή ότι αν, για παράδειγμα, ο λαμπτήρας 2 φωτοβολούσε στο προηγούμενο πείραμα, στο αμέσως επόμενο θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας 3 που βρισκόταν αμέσως μετά το 2, ανεξάρτητα από τους διακόπτες που θα μετακινούνταν στα δύο διαδοχικά πειράματα (4ΕΥ336) (υπόθεση διαδοχής). Κάποια άλλα παιδιά, χρησιμοποίησαν τον αριθμό των διακοπών που βρίσκονταν στη θέση “κάτω” για να δικαιολογήσουν τις υποθέσεις τους. Έτσι, για παράδειγμα, αν τέσσερις διακόπτες βρίσκονταν στη θέση “κάτω,” τότε θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας 4. Αυτές οι υποθέσεις δήλωναν ότι τα παιδιά δεν προσπαθούσαν να ανακαλύψουν τις σχέσεις ανάμεσα στη μετακίνηση των διακοπών και το πειραματικό αποτέλεσμα, αλλά έμεναν προσκολλημένα σε κάποια στοιχεία που δεν είχαν σχέση με τη λειτουργία του συστήματος. Τέλος, κάποια παιδιά υποστήριξαν ότι, κατά τη μετακίνηση διακοπών από πείραμα σε πείραμα, ο τελευταίος διακόπτης

που μετακινήθηκε επηρέαζε το πειραματικό αποτέλεσμα. Έτσι, αν είχε μετακινηθεί τελευταίος στη σειρά ο διακόπτης 2, τότε θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας 2. Από αυτή την υπόθεση, φαίνεται ότι στη σκέψη των παιδιών ενεργό αποτέλεσμα είχε μόνο η τελευταία μετακίνηση, που θεωρούσαν ότι αδρανοποιούσε όλες τις προηγούμενες μετακινήσεις διακοπών. Η αδυναμία τους να δουν τη συσκευή ως ένα σύστημα με αλληλοεξαρτώμενα στοιχεία διαπιστώνεται και σε αυτή την υπόθεση, όπως και σε προηγούμενες.

Οι υποθέσεις των παιδιών επηρεάζονταν, επίσης, από τις προηγούμενες εμπειρίες και έννοιες που απέκτησαν κατά τη διδασκαλία στο σχολικό χώρο. Έτσι, αναφερόμενοι, σωστά ή και λανθασμένα, σε έννοιες της φυσικής υποστήριζαν τις υποθέσεις τους. Μια τέτοια έννοια που χρησιμοποιήθηκε λανθασμένα ήταν και η έννοια του βραχυκυκλώματος. Σύμφωνα με την υπόθεση ενός παιδιού (6ΠΧ459), όταν μόνο οι διακόπτες 1 και 5 ήταν στη θέση “κάτω,” τότε θα φωτοβολούσε λαμπτήρας, γιατί ήταν μακριά οι διακόπτες, ώστε να μην αγγίζουν τα καλώδια τους και να γίνει βραχυκύκλωμα. Από την υπόθεση του παιδιού αυτού φαίνεται ότι οι εναλλακτικές ιδέες που είχε για την έννοια του βραχυκυκλώματος μεταφέρθηκαν και στο περιβάλλον της διερεύνησης. Μια άλλη έννοια που χρησιμοποιήθηκε από πολλά παιδιά λανθασμένα, και από κάποια σωστά, ήταν η έννοια του ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος σε σχέση με το διακόπτη. Έτσι, το παιδί 6ΠΥ310 χρησιμοποίησε λανθασμένα την έννοια υποστηρίζοντας ότι “πρέπει ο διακόπτης 3 να είναι ανοιχτός για να ανάβουν τα λαμπάκια,” ενώ το παιδί 6ΠΥ113 δικαιολόγησε την υπόθεση του χρησιμοποιώντας σωστά την έννοια του κλειστού κυκλώματος υποστηρίζοντας ότι, “αφού με το προηγούμενο πείραμα άνοιξε το κύκλωμα, αν κατεβάσω τους διακόπτες 1 και 3 μπορεί να κλείσει το κύκλωμα και να ανάψει ένα λαμπάκι.”

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι για την αιτιολόγηση των υποθέσεων τους, τα παιδιά επηρεάζονταν έντονα από τις καθημερινές εμπειρίες, τις γνώσεις που αποκτούν στο σχολείο και τη χρήση της καθημερινής γλώσσας, η οποία οδηγεί στην παρανόηση της έννοιας του “ανοιχτού” και “κλειστού” κυκλώματος σε σχέση με τις καθημερινές εκφράσεις “ανοίγω” και “κλείνω το φως.”

Γενικός Διακόπτης

Τα παιδιά μέσα από διαδοχικούς κύκλους υποθέσεων και πειραματισμού οδηγήθηκαν, σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις, στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη της συσκευής. Ο Πίνακας 11 παρουσιάζει τον αριθμό των παιδιών που εντόπισαν το γενικό διακόπτη της συσκευής κατά τάξη, κατά ικανότητα και κατά μέθοδο καταγραφής των πειραματικών δεδομένων.

Πίνακας 11

Εντοπισμός του Γενικού Διακόπτη της Συσκευής κατά Τάξη, Ικανότητα και Μέθοδο Καταγραφής Πειραματικών Δεδομένων

| | Δ' τάξη (n=9) | | Στ' τάξη (n=17) | | Σύνολο (n=26) | |
|--------|---------------|---|-----------------|---|---------------|----|
| | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π |
| Υ | 5 | 3 | 9 | 7 | 14 | 10 |
| Χ | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Σύνολο | 5 | 4 | 10 | 7 | 15 | 11 |

Από τον Πίνακα 11, φαίνεται ότι μόνο 26 από τα 80 παιδιά κατόρθωσαν να εντοπίσουν το γενικό διακόπτη της συσκευής. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατανομή των παιδιών κατά τάξη, ικανότητα και μέθοδο καταγραφής. Σχεδόν όλα τα παιδιά της έκτης τάξης που σημείωσαν υψηλή επίδοση (16 από τα 20) στο ερωτηματολόγιο κατόρθωσαν να λύσουν το πρόβλημα με το γενικό διακόπτη. Λιγότερα παιδιά της τετάρτης τάξης με υψηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο κατόρθωσαν να λύσουν τη

συγκεκριμένη πτυχή του προβλήματος. Μόνο δύο από τα 40 παιδιά που είχαν χαμηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο κατόρθωσαν να εντοπίσουν το γενικό διακόπτη της συσκευής. Αυτό αποτέλεσε μια ένδειξη της υψηλής θετικής συσχέτισης που παρουσίασε η επίδοση των παιδιών στο ερωτηματολόγιο με την ικανότητά τους να διεκπεραιώσουν με επιτυχία ένα μέρος της διερεύνησης. Όσον αφορά τη μέθοδο καταγραφής, φαίνεται ότι περισσότερα παιδιά της ομάδας “ελεύθερη καταγραφή,” παρά της πειραματικής ομάδας “προσδιορισμένη καταγραφή,” κατόρθωσαν να εντοπίσουν το γενικό διακόπτη της συσκευής, αλλά οι διαφορές φαίνονται να είναι πολύ μικρές.

Από τα 26 παιδιά που έλυσαν το πρόβλημα του γενικού διακόπτη, τα 6 παιδιά (4EY267, 4EY336, 4EY476, 4PY219, 6EY144, 6PY286) τον εντόπισαν στο τέλος της διερεύνησης και μετά από προτροπή για επανεξέταση της καταγραφής των πειραματικών τους αποτελεσμάτων. Τα υπόλοιπα 20 παιδιά εντόπισαν το γενικό διακόπτη, είτε με εξέταση των αποτελεσμάτων που κατέγραφαν (6 παιδιά- 4EY356, 6PY198, 6PY484, 6EY244, 6EY491, 6EY115), είτε με το συντονισμό υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων, κατά τη διάρκεια της διερεύνησης (14 παιδιά- 4PX497, 4PY422, 4EY341, 4PY347, 6EX148, 6PY246, 6PY213, 6PY252, 6PY241, 6EX242, 6PY308, 6PY310, 6EY309, 6EY293, 6EY299). Από τα 14 αυτά παιδιά τα 4 ήταν μαθητές της Δ΄ τάξης, ενώ τα 10 μαθητές της Στ΄ τάξης. Αντίθετα, στην ομάδα των παιδιών που εντόπισαν το γενικό διακόπτη στο τέλος της διερεύνησης ανήκουν 4 παιδιά Δ΄ τάξης και μόνο 2 παιδιά Στ΄ τάξης.

Ένα παράδειγμα ενός παιδιού που εντόπισε το γενικό διακόπτη με το συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων είναι το παιδί 6EY299, το οποίο έλυσε το πρόβλημα αυτό στα πρώτα στάδια της διερεύνησης. Αρχικά εκτέλεσε την αλληλουχία των πειραμάτων ΚΚΚΚΚ, ΠΚΚΚΚ, ΠΠΚΚΚ τα οποία είχαν θετικό αποτέλεσμα. Στη συνέχεια

συνέχισε με το πείραμα ΠΠΠΚΚ και από το σημείο αυτό της διερεύνησης είναι το απόσπασμα που ακολουθεί. Στα αποσπάσματα των συνεντεύξεων που χρησιμοποιήθηκαν, μετά από κάθε εκτέλεση ενός πειράματος, σημειώνεται στο κείμενο, ο αύξων αριθμός του πειράματος και ο συνδυασμός των διακοπών, για σκοπούς καλύτερης κατανόησης του κειμένου. Σε παρενθέσεις, σημειώνονται επίσης οποιεσδήποτε πληροφορίες κρίνονται αναγκαίες για την καλύτερη κατανόηση του αποσπάσματος.

.....

A. Θα βάλω και το 3 πάνω. (Π4-ΠΠΠΚΚ). Έκλεισε.

E. Δηλαδή;

A. ...

E. Πώς έκλεισε δηλαδή;

A. Για να ανάψει λαμπάκι θα βάλω τον 3 κάτω, όπως ήταν, και θα βάλω τον 4 πάνω (Π5-ΠΠΚΠΚ). Άναψε το 2.

E. Τι παρατηρείς;

A. Ότι τώρα άναψε λαμπάκι. Θα βάλω και τον 5 πάνω και νομίζω ότι πάλι θα ανάψει λαμπάκι. (Π6-ΠΠΚΠΠ). Άναψε το 2.

E. Τώρα;

A. Θα βάλω και το 3 πάνω και μπορεί και τώρα να ανάψει λαμπάκι. Δεν ξέρω (Π7-ΠΠΠΠΠ). Πάλι έκλεισε.

E. Τι συμπέρασμα βγάζεις;

A. Ότι όταν βάλω το 3 πάνω κλείνει όλο το κύκλωμα (λανθασμένη χρήση της έννοιας “κλειστό κύκλωμα”).

E. Πού πρέπει να είναι το 3 για να ανάβουν τα λαμπάκια;

A. Κάτω.

E. Τι είναι αυτό το 3;

A. Πρέπει να είναι κάτω, για να ανάβουν τα λαμπάκια. Αν ο διακόπτης 3 είναι ο μόνος διακόπτης πάνω και δεν ανάψει κανένα λαμπάκι, τότε σημαίνει ότι ο 3 είναι γενικός.

E. Τι θα κάνεις για να το ελέγξεις;

A. Θα δοκιμάσω να έχω μόνο τον 3 πάνω.

E. Και τι περιμένεις;

Α. Ότι δε θα ανάψει λαμπάκι (Π8-ΚΚΠΚΚ). Δεν άναψε. Ο 3 είναι γενικός διακόπτης

.....

Στο απόσπασμα αυτό φάνηκε η ικανότητα του παιδιού να συντονίζει τα δεδομένα και τις υποθέσεις του, για να λύσει μια πτυχή του προβλήματος. Ενδιαφέρον παρουσίασε και η εκδήλωση “προβλεπτικής ικανότητας” ή ικανότητας παραγωγικού συλλογισμού που αποκαλύφθηκε με τη διατύπωση της υπόθεσης “αν ο διακόπτης 3 είναι ο μόνος διακόπτης στη θέση πάνω και δεν ανάψει κανένα λαμπάκι, τότε σημαίνει ότι ο διακόπτης 3 είναι γενικός.”

Τα 6 παιδιά, που εντόπισαν το γενικό διακόπτη στο τέλος της διερεύνησης, παρόλο που εκτέλεσαν αρκετά πειράματα που δεν είχαν ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία ενός λαμπτήρα, δεν αξιοποίησαν τα δεδομένα αυτά, για να διατυπώσουν σχετικές υποθέσεις. Οι υποθέσεις αυτές θα εξηγούσαν τις παρατηρήσεις τους και θα τους οδηγούσαν στη λύση του προβλήματος. Μετά την εκτέλεση του συνόλου των πειραμάτων, και αφού τα εξέτασαν προσεκτικά μετά από προτροπή, οδηγήθηκαν στο σωστό συμπέρασμα.

Από τα 26 παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη της συσκευής, μόνο 4 παιδιά απέδωσαν σε αυτόν την ορθή λειτουργία του και, χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες γνώσεις τους, ονόμασαν το διακόπτη “γενικό” ή “κεντρικό” διακόπτη (6ΠΥ213, 6ΕΥ257, 6ΕΥ309, 6ΕΥ144). Αξιοσημείωτο είναι ότι και τα 4 παιδιά ήταν μαθητές της Στ τάξης οι οποίοι, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα, διδάχτηκαν την έννοια του γενικού διακόπτη στην Ε΄ τάξη. Τα υπόλοιπα παιδιά υποστήριξαν ότι για να φωτοβολεί ένας οποιοσδήποτε λαμπτήρα θα έπρεπε ο συγκεκριμένος διακόπτης να βρισκόταν στη θέση “κάτω,” αλλά χωρίς να αντιλαμβάνονται τη λειτουργία του. Έτσι, υποστήριξαν ότι είναι “ο αναπτήρας της συσκευής,” ότι “δίνει ενέργεια σε όλα

τα λαμπάκια,” ότι “τον χρειάζονται όλα τα λαμπάκια για να ανάβουν,” ότι είναι το “κεντρικό σημείο” της συσκευής, ή ότι “πρέπει να είναι ανοιχτός (εννοώντας κλειστός) για να φωτοβολεί λαμπάκι.

Επιπλέον, 4 παιδιά (6ΠΥ310, 6ΠΥ308, 6ΕΥ244, 6ΕΥ491), αφού εντόπισαν το γενικό διακόπτη της συσκευής, σε μεταγενέστερο στάδιο της διερεύνησης, εκτέλεσαν πείραμα στο οποίο ο γενικός διακόπτης ήταν ανοιχτός, και 3 από τα παιδιά αυτά υπέθεσαν ότι το πείραμα αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία λαμπτήρα. Όταν το πειραματικό αποτέλεσμα ήταν θετικό, τότε στήριζαν το αρχικό τους συμπέρασμα σχετικά με τη λειτουργία του συγκεκριμένου διακόπτη. Παρόλο που η εκτέλεση αυτού του πειράματος θα μπορούσε να θεωρηθεί ως προσπάθεια των παιδιών να ενισχύσουν την υπόθεσή τους σχετικά με το γενικό διακόπτη με πειράματα αρνητικού ελέγχου, αφού μετά τη διατύπωση της υπόθεσης σχετικά με το γενικό διακόπτη εκτέλεσαν πείραμα που θα μπορούσε να απορρίψει την υπόθεσή τους, εντούτοις στη συγκεκριμένη περίπτωση τα τρία παιδιά εκτέλεσαν το συγκεκριμένο πείραμα, γιατί φαίνεται ότι αμφέβαλλαν για την ορθότητα της υπόθεσης που είχαν διατυπώσει.

“Εικονικός” Διακόπτης

Σαράντα δύο παιδιά μέσα από τον πειραματισμό και την παρατήρηση των πειραματικών τους αποτελεσμάτων, όπως ήταν κατεγραμμένα, οδηγήθηκαν στον εντοπισμό του “εικονικού” διακόπτη. Τα παιδιά έλυσαν το πρόβλημα αυτό, συγκρίνοντας δύο συνδυασμούς διακοπών που οδηγούσαν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα και οι οποίοι διέφεραν ως προς τη θέση του διακόπτη 5 που αποτελεί τον “εικονικό” διακόπτη της συσκευής. Ο Πίνακας 12 παρουσιάζει τον αριθμό των παιδιών που εντόπισαν τον “εικονικό” διακόπτη της συσκευής κατά τάξη, κατά ικανότητα και κατά μέθοδο καταγραφής των πειραματικών αποτελεσμάτων.

Πίνακας 12

Εντοπισμός του “Εικονικού” Διακόπτη της Συσκευής κατά Τάξη, Ικανότητα και Μέθοδο Καταγραφής

| | Δ΄ Τάξη | | Στ΄ Τάξη | | Σύνολο | |
|--------|---------|----|----------|----|--------|----|
| | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π |
| Ψ | 8 | 8 | 8 | 10 | 16 | 18 |
| X | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5 |
| Σύνολο | 8 | 11 | 11 | 12 | 19 | 23 |

Από τον Πίνακα 12, προκύπτει ότι περισσότερα από τα μισά παιδιά κατόρθωσαν να εντοπίσουν τον “εικονικό” διακόπτη της συσκευής. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι όλα σχεδόν τα παιδιά της Στ τάξης που σημείωσαν υψηλές επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο (18 από τα 20) έλυσαν αυτή την πτυχή του προβλήματος, όπως και 16 από τα 20 παιδιά της τετάρτης τάξης. Αντίθετα, μόνο 3 παιδιά της τετάρτης και 5 παιδιά της έκτης τάξης με χαμηλές ικανότητες κατόρθωσαν να εντοπίσουν τον “εικονικό” διακόπτη. Όσον αφορά τη μέθοδο καταγραφής φαίνεται να υπερτερεί η μέθοδος της προσδιορισμένης καταγραφής, αφού στα συνολικά αποτελέσματα 23 παιδιά της πειραματικής ομάδας “προσδιορισμένη καταγραφή” έλυσαν το πρόβλημα του “εικονικού” διακόπτη έναντι 19 παιδιών της πειραματικής ομάδας “ελεύθερη καταγραφή.”

Κανένα παιδί δεν ανεγνώρισε τη διαφορετική λειτουργία του διακόπτη 5, πριν παρατηρήσει στα κατεγραμμένα δεδομένα του δύο ή περισσότερους λαμπτήρες που φωτοβολούσαν με δύο διαφορετικούς συνδυασμούς διακοπών (π.χ., ο λαμπτήρας με τον αριθμό 3 μπορούσε να φωτοβολεί με τους συνδυασμούς ΠΠΚΠΠ και ΠΠΚΠΚ, οι οποίοι διέφεραν μόνο ως προς τη θέση του διακόπτη 5). Αφού τα παιδιά έκαναν τις σχετικές συγκρίσεις, διετύπωσαν μια υπόθεση σχετικά με το πότε φωτοβολούσαν οι λαμπτήρες με διαφορετικό συνδυασμό.

Από τα 42 παιδιά που εντόπισαν τον “εικονικό” διακόπτη της συσκευής, μόνο τα 15 κατανόησαν ότι ο συγκεκριμένος διακόπτης ήταν ασύνδετος και, όπως υποστήριξαν, “είναι κενός,” “δεν βοηθάει καθόλου,” “δεν έχει καλώδια,” “δεν είναι συνδεδεμένος” ή ακόμα, θεωρώντας ότι οι διακόπτες είναι η πηγή ενέργειας του κυκλώματος, ένα παιδί υποστήριξε ότι ο συγκεκριμένος διακόπτης “δεν έχει ενέργεια.” Τα υπόλοιπα 27 παιδιά προσέδωσαν στο διακόπτη αυτό ιδιαίτερη σημασία και όπως υποστήριξαν έχει σημαντικό ρόλο στο κύκλωμα της συσκευής, γιατί “κάνει τα λαμπάκια να ανάβουν δύο φορές,” “είναι πολύ βοηθητικός,” ή “ταιριάζει με όλους τους διακόπτες.”

Ένας μεγάλος αριθμός παιδιών (14 παιδιά που έλυσαν το πρόβλημα και 5 παιδιά που δεν έλυσαν το πρόβλημα), αφού παρατήρησαν ότι οι λαμπτήρες φωτοβολούσαν και με τους δύο συνδυασμούς διακοπών οδηγήθηκαν σε υπεργενίκευση και υποστήριξαν λανθασμένα ότι “όταν μετακινείς τη θέση οποιουδήποτε διακόπτη, τότε θα φωτοβολεί ο ίδιος λαμπτήρας” ή ακόμα “όταν μετακινείς τη θέση δύο ή και περισσότερων διακοπών, τότε θα φωτοβολεί ο ίδιος λαμπτήρας,” υπονοώντας ότι όλοι οι διακόπτες συμπεριφέρονταν με τον ίδιο τρόπο, όπως ο διακόπτης 5. Στη συνέχεια άρχισαν να αλλάζουν τη θέση ενός ή και δύο διακοπών κάθε φορά και, ενώ παρατηρούσαν ότι μόνο με την αλλαγή της θέσης του διακόπτη 5 φωτοβόλουσε ο ίδιος λαμπτήρας για δεύτερη φορά, κάποια από αυτά τα παιδιά εξακολουθούσαν να υποστηρίζουν ότι το ίδιο θα συνέβαινε με κάθε διακόπτη. Τα 14 παιδιά, αφού οργάνωσαν τα αποτελέσματα των πειραματικών τους προσπαθειών, οδηγήθηκαν, τελικά, στο σωστό συμπέρασμα. Αντίθετα, τα 5 παιδιά δεν κατάφεραν να επικεντρωθούν στα δεδομένα τους για να λύσουν το πρόβλημα. Το απόσπασμα που ακολουθεί είναι από το παιδί 6EY115, το οποίο δεν κατάφερε να υπερβεί αυτή τη δυσκολία και να λύσει το πρόβλημα. Το συγκεκριμένο παιδί όταν

κατέγραφε τα πειραματικά του δεδομένα σημείωνε μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω.”

.....

Ε. Τι καταφέραμε μέχρι τώρα; Άναψαν όλα τα λαμπάκια;

Π. Κάποια άναψαν δύο φορές

Ε. Ποια;

Π. Το 7 και το 1.

Ε. Ωραία. Θέλεις να παρατηρήσεις τις περιπτώσεις που άναψε το ίδιο λαμπάκι

Π. Λείπει ένας “αριθμός,” όταν ξαναάβει ένα λαμπάκι. Στο λαμπάκι 7 έλειπε το 5 και στο λαμπάκι 1 έλειπε το 5 (με τη λέξη “λείπει” εννοεί ότι ο διακόπτης 5 ήταν στη θέση πάνω στο δεύτερο συνδυασμό διακοπών που οδήγησε στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα)..

Ε. Πώς μπορώ να ανάψω ξανά ένα λαμπάκι, π.χ., το 2

Π. Να κατεβάσουμε και το 2. (Π23-ΠΚΚΠΠ) (σημ. Ο λαμπτήρας 2 είχε φωτοβολήσει με το συνδυασμό ΠΠΚΠΠ)

Ε. Άναψε το 2;

Π. Όχι, το 4

Ε. Έχει ανάψει ξανά το 4;

Π. Ναι. Όταν είχα 2,3 και 5 κάτω

Ε. Τώρα τι έχεις;

Π. Το 2 και το 3 ήταν μέσα ενώ το 5 δεν ήταν (σημ. Εννοώντας ότι οι διακόπτες 2 και 3 ήταν στη θέση “κάτω,” ενώ ο διακόπτης 5 ήταν στη θέση “πάνω”).

Ε. Πώς θα ανάψεις το λαμπάκι 5 ξανά;

Π. Να βάλουμε το 1 και το 3 και να φύγουμε το 4.(σημ. Με τη λέξη “φύγουμε” εννοεί τη μετακίνηση του διακόπτη 4 από τη θέση κάτω στη θέση πάνω) (Π24-ΚΠΚΠΠ). (σημ. Ο λαμπτήρας 5 είχε φωτοβολήσει με το συνδυασμό ΚΠΚΚΠ) Άνοιξε το 1.

Ε. Κοίταξε όσα έγραψες ξανά. Πότε άναψε το λαμπάκι 8;

Π. Όταν είχα το 2,3,4 (σημ. στη θέση “κάτω”).

Ε. Μπορεί να ανάψει με άλλο τρόπο;

Π. Να φύγουμε το 2 (σημ. μετακίνηση από “κάτω” προς τα “πάνω”).

Ε. Δοκίμασε (Π25-ΠΚΚΠΠ).

Π. Άναψε το 6

Ε. Έχει ανάψει ξανά το 6;

Π Ναι

Ε. Πότε;

Π. Με το 3, 4 και 5. (ΠΠΚΚΚ)

Ε. Μπορείς να τα συγκρίνεις;

Π. Τα 3 και τα 4 ήταν μέσα και πριν και έφυγα το 5.

Ε. Τι θα κάνουμε με το λαμπάκι 8;

Π. Ας πούμε μπορούμε να βάλουμε 2,3,4,5 (Π26-ΠΚΚΚΚ). Αναψε πάλι το 8!

Ε. Ωραία. Ποιο είναι το συμπέρασμά σου;

Π. Όταν έχουμε το 3 μέσα ανάβουν και όταν φύγουμε ένα αριθμό πάλι ανάβει;

Ε. Ποιον αριθμό;

Π. Να φύγουμε το 5 ή να βάλουμε κάποιο άλλο αριθμό.

.....

Όπως φαίνεται από το απόσπασμα, το συγκεκριμένο παιδί, ενώ παρατήρησε ότι η διαφορά βρισκόταν στο διακόπτη 5, οδηγήθηκε σε υπεργενίκευση και υποστήριξε τη μετακίνηση άλλων διακοπών που θα οδηγούσαν στο ίδιο πειραματικό αποτέλεσμα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε το τελικό του συμπέρασμα, στο οποίο έμεινε ανοικτό το ενδεχόμενο χρήσης άλλου διακόπτη, εκτός από το διακόπτη 5, για τη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα (π.χ., “να φύγουμε το 5 και να βάλουμε κάποιο άλλο αριθμό”).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η περίπτωση 7 παιδιών της ομάδας της ελεύθερης καταγραφής και που φαίνεται ότι δεν είχαν ολοκληρωμένη την “αντιστρεψιμότητα της σκέψης τους” (Inhelder & Piaget, 1958). Τα 3 από αυτά τα παιδιά (6EY293, 4EY401, 4EY341) κατάφεραν τελικά να λύσουν το πρόβλημα του “εικονικού” διακόπτη, ενώ τα υπόλοιπα 4 παιδιά (6EX490, 6EX254, 6EX323, 4EY260) δεν κατάφεραν να υπερβούν τον περιορισμό αυτό της σκέψης τους. Τα παιδιά αυτά, στην καταγραφή των πειραματικών αποτελεσμάτων, σημείωναν μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω” και αγνοούσαν τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω.” Έτσι διαπίστωσαν ότι, “Αν σε ένα συνδυασμό που ανάβει ένα λαμπάκι, προσθέσω και το διακόπτη 5, τότε ανάβει το ίδιο λαμπάκι.” Με την λέξη “προσθέσω” υπονοούσαν τη

μετακίνηση του διακόπτη 5 από τη θέση “πάνω” στη θέση “κάτω.” Για παράδειγμα εκτελώντας το συνδυασμό ΠΚΚΠΠ ο οποίος οδηγούσε στη φωτοβολία του λαμπτήρα 4, τα παιδιά σημείωναν “2 και 3 κάτω ανάβει το λαμπάκι 4.” Στη συνέχεια, για να ελέγξουν την υπόθεση “αν στο συνδυασμό προσθέσω το διακόπτη 5, θα ανάβει το ίδιο λαμπάκι,” εκτελούσαν το πείραμα ΠΚΚΠΚ, και σημείωναν “2, 3, 5 κάτω ανάβει το λαμπάκι 4.” Τα 7 αυτά παιδιά δεν μπορούσαν να αντιληφθούν ότι, αφού η μετακίνηση ενός διακόπτη από τη θέση “πάνω” στη θέση “κάτω” οδηγεί στο ίδιο πειραματικό αποτέλεσμα, τότε, και η αντίστροφη μετακίνηση, από τη θέση “κάτω” στη θέση “πάνω” θα οδηγούσε στο ίδιο πειραματικό αποτέλεσμα. Έτσι, αν είχαν σημειώσει ότι “3, 4, 5 κάτω ανάβει το λαμπάκι 6,” δεν αντιλαμβάνονταν ότι στην περίπτωση αυτή, στην οποία ο διακόπτης 5 βρισκόταν ήδη στη θέση “κάτω,” θα έπρεπε να “φύγει” από το συνδυασμό. Σε τέτοια περίπτωση υποστήριζαν ότι ίσως θα έπρεπε να “προσθέσουν” κάποιο άλλο διακόπτη στο συνδυασμό, για να φωτοβολήσει ο ίδιος λαμπτήρας, αφού υπήρχε ήδη ο 5.

Σύγκριση Γενικού και “Εικονικού” Διακόπτη

Από τους Πίνακες 11 και 12 προκύπτει ότι περισσότερα παιδιά ήταν σε θέση να εντοπίσουν τον “εικονικό” παρά το γενικό διακόπτη, σε όλες τις πειραματικές ομάδες. Μεγαλύτερη, όμως, αύξηση παρατηρήθηκε στην πειραματική ομάδα παιδιών τετάρτης τάξης με υψηλές ικανότητες. Ενώ στην περίπτωση του γενικού διακόπτη μόλις 8 παιδιά τετάρτης τάξης με υψηλές ικανότητες κατόρθωσαν να τον εντοπίσουν, στην περίπτωση του “εικονικού” διακόπτη, 16 παιδιά τετάρτης τάξης με υψηλές ικανότητες κατόρθωσαν να εντοπίσουν το διακόπτη αυτό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η διαφορά ανάμεσα στα παιδιά Δ΄ και Στ΄ τάξης σχεδόν να εκμηδενιστεί στην περίπτωση του “εικονικού” διακόπτη, ενώ στην περίπτωση του γενικού διακόπτη

υπήρχε μεγάλη διαφορά ανάμεσα στα παιδιά έκτης και τετάρτης τάξης. Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο που προκύπτει από αυτή τη σύγκριση είναι το γεγονός ότι από τα 26 παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη, μόνο τα 3 από αυτά (4EY267, 6EX148, 6EY115) δεν εντόπισαν και τον “εικονικό” διακόπτη. Τα υπόλοιπα 23 παιδιά εντόπισαν και το γενικό και τον “εικονικό” διακόπτη.

Προχωρώντας την ανάλυση για τα 23 παιδιά που εντόπισαν και τους δύο διαφορετικούς διακόπτες προκύπτει ότι τα 18 από αυτά εντόπισαν σε προγενέστερο στάδιο το γενικό διακόπτη, ενώ τα υπόλοιπα 5 παιδιά (4EY476, 4EY336, 4ΠΥ219, 6ΠΥ286, 6EY144) εντόπισαν πρώτα τον “εικονικό” διακόπτη και στη συνέχεια το γενικό διακόπτη. Συγκεκριμένα, τα πέντε αυτά παιδιά ήταν παιδιά που έλυσαν το πρόβλημα του γενικού διακόπτη στο τέλος της διερεύνησης, με προσεκτική παρατήρηση των πειραματικών τους δεδομένων, ύστερα από προτροπή, και όχι με συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων.

Οι συγκρίσεις από τον εντοπισμό των δύο διαφορετικών διακοπών οδήγησαν σε κάποια συμπεράσματα. Πρώτον, φαίνεται ότι ο εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη απαιτεί λιγότερο γνωστικό φόρτο από ότι ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη. Μια εξήγηση σε αυτή την παρατήρηση είναι το ότι ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη γίνεται μέσα από σύγκριση μιας σειράς δεδομένων, στα οποία διαφοροποιείται μόνο η θέση του διακόπτη 3, ανεξάρτητα από τη θέση των υπόλοιπων διακοπών. Η σύγκριση αυτή απαιτεί από τα παιδιά την ικανότητα να μπορούν να επικεντρωθούν σε ένα μόνο στοιχείο σε κάθε συνδυασμό, δηλαδή στη θέση του διακόπτη 3, αγνοώντας τα υπόλοιπα στοιχεία. Αντίθετα, στην περίπτωση του “εικονικού” διακόπτη η σύγκριση γίνεται ανάμεσα σε ζευγάρια συνδυασμών που οδήγησαν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα και στα οποία η μόνη διαφοροποίηση είναι η θέση του διακόπτη 5, η οποία είναι εύκολα παρατηρήσιμη, αφού οι υπόλοιποι

διακόπτες βρίσκονται στις ίδιες θέσεις και στις δύο περιπτώσεις. Επομένως, το γεγονός ότι πολύ λιγότερα παιδιά τετάρτης τάξης παρά έκτης τάξης εντόπισαν το γενικό διακόπτη, δείχνει ότι τα μικρότερα παιδιά δεν ανέπτυξαν τους απαιτούμενους γνωστικούς μηχανισμούς που τους επέτρεπαν τη σύγκριση πολλαπλών δεδομένων και την επικέντρωση σε ένα μόνο στοιχείο. Αντίθετα, όσα παιδιά ανέπτυξαν τους κατάλληλους γνωστικούς μηχανισμούς ήταν σε θέση, απομονώνοντας τις κατάλληλες πληροφορίες, να λύσουν και τις δύο πτυχές του προβλήματος.

Δεύτερο, όσον αφορά τη σειρά εντοπισμού των δύο διακοπών, φαίνεται ότι είναι ανεξάρτητη από τους γνωστικούς μηχανισμούς που αναφέρθηκαν προηγουμένως, αφού παρόλο που ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη απαιτεί επένδυση γνωστικών πόρων, εντούτοις η πλειοψηφία των παιδιών που εντόπισε και τους δύο διακόπτες, εντόπισε πρώτα το γενικό διακόπτη. Αυτό ίσως οφείλεται στο πλαίσιο της διερεύνησης. Πιο συγκεκριμένα, όταν κάποιος εμπλακεί με τη συγκεκριμένη διερεύνηση, είναι πιο πιθανό να πετύχει, από τις πρώτες πειραματικές προσπάθειες, περιπτώσεις που οδηγούν σε φωτοβολία λαμπτήρα και περιπτώσεις που δεν οδηγούν σε φωτοβολία λαμπτήρα, αφού από τα 32 δυνατά πειράματα που μπορούν να εκτελεστούν με τη συσκευή τα 16 οδηγούν σε φωτοβολία λαμπτήρα και τα 16 δεν οδηγούν σε φωτοβολία λαμπτήρα. Η σύγκριση των περιπτώσεων που οδηγούν σε φωτοβολία λαμπτήρα και η σύγκριση των περιπτώσεων που δεν οδηγούν σε φωτοβολία λαμπτήρα οδηγεί στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη και αυτό μπορεί να γίνει από τα πρώτα στάδια της διερεύνησης. Αντίθετα, για να εντοπίσει κανείς το ρόλο του “εικονικού” διακόπτη στο κύκλωμα θα πρέπει να συγκρίνει περιπτώσεις στις οποίες φωτοβολεί ο ίδιος λαμπτήρας και η πιθανότητα να πετύχει περισσότερα από ένα τέτοια ζευγάρια, για να είναι σε θέση να επιβεβαιώσει το συμπέρασμά του, είναι μικρότερη από την πιθανότητα να πετύχει συνδυασμούς που οδηγούν σε αρνητικά και

θετικά αποτελέσματα. Επομένως, τα παιδιά αξιοποιούσαν πρώτα τα δεδομένα που είχαν από τα θετικά και αρνητικά αποτελέσματα και, στη συνέχεια, αφού εντόπιζαν το γενικό διακόπτη εκτελούσαν αποκλειστικά πειράματα με θετικό αποτέλεσμα και είχαν αρκετά δεδομένα που οδηγούσαν σε φωτοβολία λαμπτήρα για να εντοπίσουν και τον “εικονικό” διακόπτη. Ένας άλλος παράγοντας που πιθανόν να επηρέασε τη συμπεριφορά των παιδιών ήταν η θέση του γενικού και του “εικονικού” στην επιφάνεια της συσκευής. Ο γενικός διακόπτης ήταν ο διακόπτης 3, ενώ ο “εικονικός” διακόπτης ο διακόπτης 5. Επομένως, τα παιδιά, αν ακολουθούσαν μια σειρά στην εκτέλεση των πειραμάτων θα εκτελούσαν πρώτα πειράματα με το γενικό και αργότερα με τον “εικονικό” διακόπτη. Αυτή η υπόθεση χρειάζεται να διερευνηθεί με ένα διαφορετικό πλαίσιο διερεύνησης (π.χ., συσκευή στην οποία θα προηγείται ο εικονικός του γενικού διακόπτη).

Καταγραφή Πειραματικών Δεδομένων

Η πειραματική ομάδα της ελεύθερης καταγραφής επέλεξε το δικό της τρόπο για να καταγράψει τα πειραματικά δεδομένα. Έτσι προέκυψαν διάφορες στρατηγικές καταγραφής των δεδομένων που διέφεραν ως προς τον τρόπο καταγραφής και ως προς την αποτελεσματικότητά τους. Μια ομάδα παιδιών κατέγραφε μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω.” Έτσι, για παράδειγμα, στο συνδυασμό ΚΠΚΠΠ τα παιδιά που χρησιμοποιούσαν αυτή τη μέθοδο σημείωναν “1, 3 κάτω” και το αποτέλεσμα τους, δηλαδή αν δε φωτοβόλυνε λαμπτήρας ή αν φωτοβόλυνε λαμπτήρας και ποιος. Άλλη ομάδα παιδιών κατέγραφε μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω”. Έτσι, για παράδειγμα, τα παιδιά που χρησιμοποιούσαν αυτή τη μέθοδο και εκτελούσαν το πείραμα ΚΠΚΠΠ θα σημείωναν “2, 4, 5 πάνω” και το αποτέλεσμα τους. Μια άλλη ομάδα παιδιών κατέγραφε τη θέση όλων των

διακοπών ενός συνδυασμού και τα παιδιά που χρησιμοποίησαν αυτόν τον τρόπο ομαδοποιούσαν τους διακόπτες ανάλογα με τη θέση τους. Έτσι αν επέλεγαν να εκτελούσαν για παράδειγμα το πείραμα ΚΠΚΠΠ σημείωναν “1, 3 κάτω, 2, 4, 5 πάνω” και το αποτέλεσμα τους. Η τέταρτη ομάδα παιδιών χρησιμοποιούσε τους δύο πρώτους τρόπους καταγραφής, είτε δηλαδή σημειώνοντας τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω” είτε τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω,” χωρίς κάποια συνέπεια. Τέλος, μια άλλη ομάδα παιδιών σημείωναν τους διακόπτες που μετακινούσαν στην τελευταία τους πειραματική προσπάθεια και είτε σημείωναν σε ποια θέση μετακινούσαν τον κάθε διακόπτη είτε όχι. Έτσι για παράδειγμα, το παιδί 4ΕΧ176 εκτέλεσε σε κάποιο σημείο της διερεύνησης το πείραμα ΠΚΚΠΠ και σημείωσε “2+3 = κίτρινο,” εννοώντας ότι οι διακόπτες 2 και 3 ήταν στη θέση “κάτω” και φωτοβόλησε ο λαμπτήρας με κίτρινο χρώμα (λαμπτήρας 4). Στη συνέχεια, μετακίνησε τους διακόπτες 4 και 5 από τη θέση “πάνω” στη θέση “κάτω” εκτελώντας το πείραμα ΠΚΚΚΚ και σημείωσε: “4+5 = λιλά,” αγνοώντας τη θέση των υπόλοιπων διακοπών. Μετά μετακίνησε μόνο το διακόπτη 1 εκτελώντας το πείραμα ΚΚΚΚΚ και σημείωσε “1=πορτοκαλί.” Ακολούθως μετακίνησε τους διακόπτες 1 και 5 από τη θέση “κάτω” στη θέση “πάνω” και σημείωσε “1+5=λιλά” κ.ο.κ.

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται οι διάφορες στρατηγικές καταγραφής των πειραματικών δεδομένων και η συχνότητα χρησιμοποίησής τους. Από τον Πίνακα 13, φαίνεται ότι η επικρατέστερη μέθοδος καταγραφής των αποτελεσμάτων ήταν η μέθοδος στην οποία σημειώνονταν μόνο οι διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω.”

Πίνακας 13

Καταγραφή Δεδομένων από Μαθητές της Ελεύθερης Καταγραφής κατά Τάξη και Επίδοση στο Ερωτηματολόγιο

| Στρατηγικές Καταγραφής | Συχνότητες | | | | Σύνολο |
|---|------------|---|---------|---|--------|
| | Δ τάξη | | Στ τάξη | | |
| | X | Ψ | X | Ψ | |
| Σημειώνονται μόνο οι διακόπτες που βρίσκονται στη θέση “κάτω.” | 6 | 7 | 8 | 7 | 28 |
| Σημειώνονται μόνο οι διακόπτες που βρίσκονται στη θέση “πάνω.” | 0 | 1 | 0 | 3 | 4 |
| Σημειώνονται όλοι οι διακόπτες και η θέση τους | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Σημειώνονται είτε οι διακόπτες που βρίσκονται στη θέση “πάνω” είτε οι διακόπτες που βρίσκονται στη θέση “κάτω.” | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 |
| Σημειώνονται μόνο οι διακόπτες που μετακινούνται από μια πειραματική προσπάθεια σε άλλη. | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |

Μια εξήγηση αυτής της προτίμησης των παιδιών είναι η επίδραση της καθημερινής εμπειρίας. Τα παιδιά βιώνουν καθημερινά τη χρήση του διακόπτη για τη φωτοβολία μιας λάμπας στο σπίτι τους. Αυτό το πετυχαίνουν με τη μετακίνηση ενός διακόπτη από πάνω προς τα κάτω. Αυτή την εμπειρία μετέφεραν κατά τη διάρκεια της διερεύνησης πιστεύοντας ότι ένας διακόπτης ήταν κλειστός, όταν βρισκόταν στη θέση “κάτω” και επομένως, δεν σημείωναν τους υπόλοιπους διακόπτες, αφού δεν επηρέαζαν το κύκλωμα. Οι άλλες τρεις μέθοδοι καταγραφής χρησιμοποιήθηκαν από ένα πολύ μικρό αριθμό παιδιών.

Ως προς την αποτελεσματικότητα του τρόπου καταγραφής των δεδομένων φάνηκε ότι η συντομογραφική απεικόνιση της θέσης των διακοπών διευκόλυνε την επεξεργασία των διαθέσιμων πληροφοριών, αφού γνωρίζοντας, για παράδειγμα, μόνο τους διακόπτες που ήταν στη θέση “πάνω” ή “κάτω” εύκολα προέκυπτε η θέση των άλλων διακοπών, αν και δεν υπήρχε οπτική αναπαράσταση όλων των θέσεων. Έτσι, αν και τα παιδιά έδειχναν ότι έδιναν σημασία σε κάποια μέρη του συστήματος και αγνοούσαν τα υπόλοιπα, αυτός ο τρόπος τους υποβοηθούσε στο να επιλύσουν το

πρόβλημα. Αυτό το συμπέρασμα προέκυψε από τη συσχέτιση της μεθόδου καταγραφής και του εντοπισμού του γενικού και του “εικονικού” διακόπτη. Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει ότι τα 21 από τα 32 παιδιά, που σημείωναν μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω,” ή μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω” εντόπισαν έστω τον ένα από τους δύο διαφορετικούς διακόπτες (γενικό και “εικονικό”).

Οι λιγότερο αποτελεσματικές μέθοδοι είναι δύο, η μέθοδος στην οποία δεν υπήρχε συνέπεια ως προς το ποιοι διακόπτες θα σημειώνονταν κάθε φορά και η μέθοδος στην οποία σημειώνονταν μόνο οι διακόπτες που μετακινούνταν. Ως προς την πρώτη μέθοδο, δυσχεραίνεται πολύ η εξαγωγή συμπερασμάτων, αφού χρειάζεται μεγάλη αφαιρετική ικανότητα για να συγκρίνει κανείς δύο εγγραφές στις οποίες σημειώνονται είτε οι διακόπτες που είναι “κάτω” είτε οι διακόπτες που είναι “πάνω.” Ως προς την άλλη μέθοδο, ήταν αδύνατο να οδηγηθεί κανείς σε συμπεράσματα, αφού υπήρχε περίπτωση, δύο ίδιες εγγραφές να αναφέρονται σε διαφορετικά πειράματα. Οι δύο αυτές μέθοδοι, χωρίς συνέπεια στον τρόπο καταγραφής, χρησιμοποιήθηκαν από παιδιά με λιγότερο ανεπτυγμένες τις δεξιότητες διερεύνησης. Αυτό στηρίζεται στο ότι κανένα από τα 6 αυτά παιδιά που χρησιμοποίησαν μια μη συνεπή μέθοδο καταγραφής των αποτελεσμάτων δεν κατάφερε να εντοπίσει το γενικό ή τον “εικονικό” διακόπτη.

Συντονισμός Υποθέσεων και Δεδομένων για την Εξαγωγή Συμπερασμάτων

Ο συντονισμός υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων είναι ίσως η ανώτερη νοητική διεργασία που εμπλέκεται στη συγκεκριμένη διερεύνηση. Η παρουσίαση της έγινε σε διάφορες παραμέτρους που σχετίζονται με την αξιοποίηση των δεδομένων, τα θετικά και αρνητικά πειράματα, τα

ασύμφωνα δεδομένα, την εμμονή στην αρχική υπόθεση και την προκατάληψη της επιβεβαίωσης.

Αξιοποίηση δεδομένων. Η ικανότητα των παιδιών να συντονίζουν τις υποθέσεις και τα δεδομένα τους σχετίζεται με την ικανότητά τους για κατάλληλη αξιοποίηση των δεδομένων τους, που τα οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων, χωρίς να αφήνουν πληροφορίες αναξιοποίητες. Από τα δεδομένα, φαίνεται ότι σχεδόν όλα τα παιδιά άφηναν πληροφορίες αναξιοποίητες και δεν τις χρησιμοποιούσαν για να λύσουν το πρόβλημα. Έτσι 57 παιδιά που δεν έλυσαν και τις δύο πτυχές του προβλήματος (εντοπισμός γενικού και “εικονικού” διακόπτη) θεωρήθηκε ότι δεν αξιοποιούσαν τα δεδομένα τους, τα οποία θα τους οδηγούσαν στη λύση όλων των πτυχών του προβλήματος.

Από τα 26 παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη, μόνο τα 14 έλυσαν αυτή τη πτυχή του προβλήματος μετά από συντονισμό των υποθέσεων και των δεδομένων τους. Από τα 14 αυτά παιδιά, μόνο τα 4 (6ΠΥ241, 6ΕΥ299, 6ΠΥ310, 4ΠΥ422) έλυσαν το πρόβλημα χωρίς να αφήσουν κανένα δεδομένο αναξιοποίητο και οδηγήθηκαν στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη από τις πρώτες πειραματικές τους προσπάθειες. Τα υπόλοιπα παιδιά, που είτε έλυσαν το πρόβλημα με συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων, αλλά άφησαν πληροφορίες αναξιοποίητες είτε εντόπισαν το γενικό διακόπτη στηριζόμενα αποκλειστικά στα πειραματικά τους δεδομένα, αν αξιοποιούσαν πλήρως τα δεδομένα τους, θα μπορούσαν να εντοπίσουν το γενικό διακόπτη σε προγενέστερο σημείο της διερεύνησης. Έτσι, για παράδειγμα, το παιδί 6ΠΥ198, που εκτέλεσε αρχικά τα πειράματα ΚΠΠΠΠ, ΠΚΠΠΠ, ΠΠΚΠΠ, ΠΠΠΚΠ, ΠΠΠΠΚ, θα έπρεπε από το σημείο αυτό της διερεύνησης να είχε εντοπίσει τη διαφορετικότητα του γενικού διακόπτη και να διατυπώσει σχετικές υποθέσεις και να

τα ελέγξει, κάτι όμως που δεν έγινε. Αν το συγκεκριμένο παιδί, και τα άλλα 21 παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη, και δεν αξιοποιούσαν τα δεδομένα τους από το αρχικό στάδιο της διερεύνησης, καθώς και τα 54 παιδιά που δεν εντόπισαν το γενικό διακόπτη, αξιοποιούσαν πλήρως τα δεδομένα τους θα περιόριζαν σημαντικά το χώρο των πειραμάτων και των υποθέσεών τους. Εντοπίζοντας το γενικό διακόπτη, θα ήταν δυνατό, στα επόμενά πειράματά τους, να μη μετακινούν το συγκεκριμένο διακόπτη με αποτέλεσμα τα αναγκαία πειράματα που θα είχαν να εκτελέσουν να ήταν λιγότερα, αφού θα περιορίζονταν μόνο στη μετακίνηση των άλλων τεσσάρων διακοπών.

Όσον αφορά τον εντοπισμό του “εικονικού” διακόπτη κανένα παιδί, από τα 42 που τον εντόπισαν, δεν οδηγήθηκε σε συμπέρασμα με τη σύγκριση ενός μόνο ζευγαριού συνδυασμών που οδηγούσαν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα, αλλά χρειάστηκαν δύο ή και περισσότερα τέτοια ζευγάρια συνδυασμών. Επομένως, παρόλο που τα παιδιά αξιοποιούσαν τελικά τα δεδομένα τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων, χρειάζονταν ένα μεγαλύτερο αριθμό δεδομένων για να οδηγηθούν στη λύση του προβλήματος από ότι ήταν απαραίτητο. Στο απόσπασμα που ακολουθεί, φαίνεται η δυσκολία του παιδιού 6EY299 να οδηγηθεί στο σωστό συμπέρασμα σχετικά με τον “εικονικό” διακόπτη. Το συγκεκριμένο παιδί κατά την καταγραφή των δεδομένων του σημείωνε μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω.”

.....

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Το 5 πάνω. (Π11-ΚΚΚΚΠ). Το 7. Άναψε ξανά.

E. Πότε;

A. Όταν έβαλα όλα κάτω(ΚΚΚΚΚ).

E. Τώρα τι έκανες;

A. Το 5 πάνω

E. Έχεις καμιά παρατήρηση;

A. Τα έβαλα όλα κάτω και άναψε το 7. Τα έβαλα όλα κάτω εκτός το 5 και άναψε πάλι το 7.

E. Γιατί άναψε πάλι;

A.

E. Ας συνεχίσουμε.

A. Να βάλουμε το 4 και το 5 πάνω. Και θα ανάψει ένα λαμπάκι που δεν άναψε.

(Π12-ΚΚΚΠΠ). Το 3.

E. Άναψε ξανά το 3;

A. Ναι.

E. Πότε;

A. Όταν έβαλα το 4 πάνω.

E. Τώρα τι έβαλες;

A. Το 4 και το 5.

E. Έχεις καμιά παρατήρηση;

A. Όχι.

E. Τι θα κάνουμε τώρα;

A. Το 1 μαζί με το 4 και το 5 και θα ανάψει ένα λαμπάκι. (Π13-ΠΚΚΠΠ).

Άναψε το 4.

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Το 1 και το 5 πάνω. Νομίζω θα ανάψει το 1 που δεν έχει ανάψει (Π14-ΠΚΚΚΠ). Άναψε το 8. Για να ανάψει θα πάρω πάνω το 1 και το 4. (Π15-ΠΚΚΠΚ). Άναψε το 4.

E. Πότε άναψε ξανά το 4;

A. Στο 1,4,5 πάνω και στο 1,4 πάνω (ΠΚΚΠΠ και ΠΚΚΠΚ)

E. Έχεις καμιά παρατήρηση;

A. Και στα δυο υπάρχει το 1 και το 4

E. Και ποια η διαφορά τους;

A. Το 5.

E. Θέλεις να ελέγξεις και σε άλλες φορές τι γίνεται;

A. Τα ίδια εκτός το 5.

E. Ποιο συμπέρασμα βγάζεις;

A. Ότι το 5 κάνει μια διαφορά.

E. Με το λαμπάκι 7 τι συνέβηκε.

A. Έβαλα τα όλα κάτω και βγήκε το 7 και έβαλα το 5 πάνω και άναψε το 7.

E. Μπορείς να ανάψεις ξανά το λαμπάκι 6 για παράδειγμα;

A. Να βάλω το 1,2,5 πάνω (Π16-ΠΠΚΚΠ).

E. Άναψε το 6;

A. Ναι.

E. Γιατί;

.....

Έτσι οδηγήθηκε στο συμπέρασμα σχετικά με τον “εικονικό” διακόπτη, ονομάζοντάς τον “ανύπαρκτο.” Χαρακτηριστικά σημειώνεται ότι το συγκεκριμένο παιδί ήταν ένα από τα 14 παιδιά που οδηγήθηκαν στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη με συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων, ενώ στην περίπτωση αυτή παρατηρήθηκε δυσκολία στην αξιοποίηση των δεδομένων για εξαγωγή συμπερασμάτων.

Θετικά και αρνητικά πειράματα. Θετικά πειράματα ονομάζονται τα πειράματα που οδηγούν στη φωτοβολία ενός οποιουδήποτε λαμπτήρα, ενώ αρνητικά πειράματα ονομάζονται τα πειράματα που δεν οδηγούν σε φωτοβολία λαμπτήρα. Η ικανότητα των παιδιών να χρησιμοποιούν τόσο τα πειράματα με θετικό όσο και τα πειράματα με αρνητικό αποτέλεσμα για να εξαγάγουν συμπεράσματα αποτέλεσε ένδειξη της ικανότητάς τους να συντονίζουν δεδομένα και υποθέσεις. Από τα δεδομένα, φαίνεται ότι τα παιδιά δεν αξιοποιούσαν τα πειράματα που δεν οδηγούσαν σε φωτοβολία λαμπτήρα και έδιναν μόνο σημασία στα πειράματα που οδηγούσαν σε φωτοβολία λαμπτήρα, αφού θεωρούσαν ότι τα πρώτα (αρνητικά πειράματα) δε έδιναν χρήσιμες και σχετικές πληροφορίες. Παρόλο που αρκετά πειράματα που εκτελούσαν είχαν αρνητικό αποτέλεσμα, εντούτοις όχι μόνο δεν αξιοποιούσαν τα δεδομένα αυτών των πειραμάτων για τον εντοπισμό του γενικού διακόπτη, αλλά παρέβλεπαν και την πιθανότητα ένα πείραμα να έχει αρνητικό αποτέλεσμα. Έτσι, μόνο τα 26 από τα 80 παιδιά διατύπωσαν έστω και μια υπόθεση σύμφωνα με την οποία στο πείραμα που θα εκτελούσαν δε θα φωτοβολούσε λαμπτήρας. Τα υπόλοιπα παιδιά, σε όλες τους τις πειραματικές προσπάθειες, πριν τον εντοπισμό του γενικού διακόπτη, υποστήριζαν ότι κάποιος λαμπτήρας θα φωτοβολούσε. Η συμπεριφορά αυτή των παιδιών ως προς τα

αρνητικά πειράματα αποτελεί ένδειξη ότι τα περισσότερα παιδιά χρησιμοποιούσαν το μηχανιστικό παρά το επιστημονικό μοντέλο πειραματισμού (Schauble 1996). Τα παιδιά φαίνονται να εργάζονται ως “μηχανικοί,” γιατί ενδιαφέρονταν αποκλειστικά για το αποτέλεσμα και επικεντρώνονταν στις μεταβλητές που πίστευαν ότι είχαν αιτιώδη σχέση με το αποτέλεσμα. Αντίθετα, αν εργάζονταν ως “επιστήμονες,” θα προσπαθούσαν να ελέγξουν την επίδραση κάθε πιθανής μεταβλητής στο αποτέλεσμα και θα ασχολούνταν τόσο με περιπτώσεις που πίστευαν ότι είχαν αιτιώδη σχέση με το αποτέλεσμα, αλλά και με περιπτώσεις που δεν πίστευαν ότι είχαν κατανάγκη αιτιώδη σχέση με το αποτέλεσμα. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του παιδιού 6EX145. Στο απόσπασμα που ακολουθεί εκτέλεσε μια σειρά πειραμάτων με σκοπό τη φωτοβολία των λαμπτήρων και δεν προσπάθησε να οδηγηθεί σε συμπέρασμα, ούτε να αξιοποιήσει τα δεδομένα του. Επιπλέον, σε καμιά από τις υπο-υποθέσεις του δεν υποστήριξε την πιθανότητα πειράματος με αρνητικό αποτέλεσμα (μη φωτοβολία λαμπτήρα). Το συγκεκριμένο παιδί άνηκε στην πειραματική ομάδα της ελεύθερης καταγραφής και κατά την καταγραφή των πειραματικών δεδομένων σημείωνε μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω”, και γι αυτό τις περισσότερες φορές έκανε αναφορά μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω” και αγνοούσε τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω.”

.....

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Το 1,2 κάτω

E. Και τι περιμένεις να γίνει;

A. Να ανάψει η 2. (Π6-ΚΚΠΠΠ). Δεν άναψε καμιά. Θα συνεχίσω με το 1 και 3 κάτω.

E. Η πρόβλεψή σου;

A. Θα ανάψει η 2.(Π7-ΚΠΚΠΠ). Ανάβει το 1.

E. Ωραία. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Θα βάλω το 1 με το 4.

E. Και τι περιμένεις να γίνει;

A. Να ανάψει μια λάμπα. Θα ανάψει η 4 (Π8-ΚΠΠΚΠ). Δεν άναψε. Τώρα θα βάλω το 1 με το 5 και μπορεί τώρα να ανάψει η 4 (Π9-ΚΠΠΠΚ). Πάλι δεν άναψε.

E. Γιατί νομίζεις δεν άναψε κανένα λαμπάκι;

A. Κάποιες φορές ανάβει και κάποιες δεν ανάβει

E. Πότε ανάβουν;

A. Τυχαία.

E. Πώς θα συνεχίσουμε τώρα;

A. Τώρα να βάλουμε με το 2... να βάλουμε το 2, 3 (Π10-ΠΚΚΠΠ). Ανάβει η 4. Θα βάλουμε τη 2 με την 4.

E. Και τι περιμένεις;

A. Να ανάψει ένα λαμπάκι που δεν άναψε. (Π11-ΠΚΠΚΠ).

E. Δεν άναψε πάλι. Γιατί;

A. Δεν ξέρω.

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Το 2 με το 5.

E. Και τι περιμένεις;

A. Να ανάψει μια λάμπα (Π12-ΠΚΠΠΚ). Δεν άναψε.

.....

Ασύμφωνα δεδομένα. Η συμπεριφορά των παιδιών ως προς τα ασύμφωνα δεδομένα, τα δεδομένα δηλαδή που αντικρούουν μια υπόθεση, αποτελεί μια άλλη ένδειξη της ικανότητάς τους να συντονίζουν δεδομένα και υποθέσεις. Από την ανάλυση των αρχικών υποθέσεων των παιδιών, φάνηκε ότι μόνο ένας πολύ μικρός αριθμός παιδιών (5 παιδιά) διαφοροποίησαν την αρχική τους υπόθεση από τα πρώτα πειραματικά αποτελέσματα, όταν δεν υπήρχε συμφωνία ανάμεσα στην υπόθεση και στο πείραμα. Μόνο 5 παιδιά (6ΠΥ246, 6ΠΥ308, 6ΠΥ310, 6ΕΥ309, 6ΕΥ299) διαφοροποιούσαν συστηματικά τις υποθέσεις τους μετά από δεδομένα που τις αντέκρουαν ή που έστω δεν τις υποστήριζαν. Τα υπόλοιπα παιδιά δεν ήταν συστηματικά ή δε διαφοροποιούσαν καθόλου τις υποθέσεις τους, μετά από δεδομένα

που δεν τις υποστήριζαν. Έτσι, για παράδειγμα, το παιδί 6EX214 υποστήριξε ότι “αν έχω δύο διακόπτες κάτω θα ανάβει λαμπάκι.” Στη συνέχεια, εκτέλεσε το πείραμα ΚΚΠΠΠ, το οποίο δεν οδήγησε σε φωτοβολία λαμπτήρα και στη συνέχεια εκτέλεσε το πείραμα ΠΠΠΚΚ, υποστηρίζοντας και πάλι ότι επειδή βρίσκονταν δύο διακόπτες στη θέση “κάτω” θα φωτοβολούσε λαμπτήρας. Το παιδί 6EX490 στήριζε τις υποθέσεις του σε μαθηματικές πράξεις και, παρόλο που η υπόθεσή του αυτή δεν επιβεβαιώθηκε, εξακολούθησε να την υποστηρίζει σε 5 διαδοχικά πειράματα. Το απόσπασμα που ακολουθεί δείχνει τη συμπεριφορά του παιδιού ως προς τα ασύμφωνα δεδομένα.

.....

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Το 2 και το 4 κάτω.

E. Τι περιμένεις να γίνει;

A. Να ανάψει το λαμπάκι 6.

E. Γιατί;

A. Γιατί $2+4=6$.

E. Δοκίμασε

A. (Π9-ΠΚΠΚΠ). Κανένα.

E. Γιατί δεν άναψε λαμπάκι;

A. Δεν ξέρω. Θα κάνω 2,5 κάτω

E. Και περιμένεις;

A. Να ανάψει το 7.

E. Γιατί;

A. Προσθέτω, $2+5=7$ (Π10-ΠΚΠΠΚ). Πάλι δεν άναψε λαμπάκι. Τώρα θα κάνω το 5 και το 1.

E. Η πρόβλεψή σου;

A. Να ανάψει η 6.

E. Γιατί;

A. Επειδή όπως σας είπα προσθέτω τους αριθμούς. (Π11-ΚΠΠΠΚ). Πάλι δεν άναψε λαμπάκι

E. Τι θα πρέπει να κάνεις για να ανάψει λαμπάκι

A. Το 1,4. Και θα ανάψει 5 (Π12-ΠΚΠΚΠ). Κανένα.

E. Πάλι δεν άναψε.

A. Τώρα θα κάνω το 2,3 και θα ανάψει το 5.

E. Γιατί;

A. Γιατί μπορεί να προσθέτεις (Π13-ΠΚΚΠΠ). Άναψε το 4.

.....

Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το παιδί 4EY476, το οποίο υποστήριξε ότι “όταν ένας διακόπτης είναι πάνω και ο αμέσως επόμενος κάτω και οι υπόλοιποι πάνω, τότε ανάβει λαμπάκι.” Εκτέλεσε το πείραμα ΠΚΠΠΠ, λέγοντας ότι επειδή ο 1 ήταν “πάνω,” ο 2 “κάτω” και οι υπόλοιποι “πάνω” θα φωτοβολούσε λαμπτήρας. Το αποτέλεσμα του πειράματος αυτού ήταν αρνητικό, αλλά αυτό δεν τον οδήγησε σε απόρριψη της υπόθεσης. Αντίθετα, υποστήριξε ότι και στο επόμενο πείραμα με το διακόπτη 3 “πάνω,” τον 4 “κάτω” και τους υπόλοιπους “πάνω” “θα ανάψει λαμπάκι” (ΠΠΠΚΠ). Το αποτέλεσμα, και σε αυτή την περίπτωση, ήταν αρνητικό, αλλά και πάλι δεν οδηγήθηκε σε απόρριψη της υπόθεσής του. Εκτός από τα ασύμφωνα δεδομένα, ενδιαφέρονσα, σε αυτήν την περίπτωση, είναι και η υπόθεση που διετύπωσε το συγκεκριμένο παιδί. Υποστηρίζοντας ότι όταν ένας διακόπτης είναι “πάνω” και ο αμέσως επόμενος είναι “κάτω” και οι υπόλοιποι “πάνω,” παραπέμπει στην περίπτωση όπου μόνο ένας διακόπτης είναι στη θέση “κάτω,” ενώ οι υπόλοιποι στη θέση “πάνω,” κάτι που όμως δεν το αντιλαμβάνεται, γιατί φαίνεται να δίνει περισσότερη σημασία στους δύο γειτονικούς διακόπτες και να μην λαμβάνει υπόψη τους υπόλοιπους.

Εμμονή στην αρχική υπόθεση. Εκτός από τη μη απόρριψη υποθέσεων, μετά από δεδομένα που τις αντέκρουαν, κάποια παιδιά έδειξαν εμμονή σε ορισμένες αρχικές υποθέσεις, παρόλο που κανένα πείραμα δεν τις ενίσχυε. Έτσι, αρκετά παιδιά δήλωσαν στις αρχικές τους υποθέσεις, ότι ήταν πιθανόν, σε κάποιο από τα πειράματά τους, να φωτοβολούσαν περισσότεροι του ενός λαμπτήρες. Μερικά από τα παιδιά αυτά

επέμεναν μέχρι το τέλος της διερεύνησης ότι δύο ή περισσότεροι λαμπτήρες θα φωτοβολούσαν ταυτόχρονα, παρά τα αντίθετα πειραματικά δεδομένα. Η εμμονή στην αρχική υπόθεση αποκαλύπτει τους νοητικούς περιορισμούς της σκέψης τους και την “επικέντρωσή” τους σε συγκεκριμένη πτυχή του προβλήματος και στη μη αξιοποίηση των πειραματικών τους δεδομένων και ιδιαίτερα των ασύμφωνων δεδομένων. Στο απόσπασμα που ακολουθεί, φαίνεται η εμμονή του παιδιού 4ΠΧ345, για ταυτόχρονη φωτοβολία λαμπτήρων, που αποτελούσε και την αρχική του υπόθεση.

.....

E. Και τι περιμένεις;

A. Να ανάψουν.

E. Ποια;

A. Το 1...και το 8..

E. Δοκίμασε.

A. (Π10-ΚΠΠΠΚ). Τίποτα.

E. Τώρα;

A. Να τα πάρω πάνω και θα κατεβάσω το 3,4

E. Και η πρόβλεψή σου;

A. Θα ανάψουν.

E. Πόσα και ποια λαμπάκια;

A. Δύο. Το 1 και 4.

E. Γιατί;

A. Έτσι νομίζω...επειδή δεν έχουν ανάψει

E. Δοκίμασε.

A. (Π11-ΠΠΚΚΠ). Άναψε το 6.

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Θα πάρουμε πάνω το 4, και θα κατεβάσουμε το 2 και το 5.

E. Και η πρόβλεψή;

A. Νομίζω θα ανάψουν τρία λαμπάκια

E. Γιατί;

A. Επειδή είναι τρεις διακόπτες κάτω (Π12-ΠΚΚΠΚ). Άναψε το 4.

E. Τώρα;

A. Θα αφήσουμε το 2 κάτω και να κατεβάσουμε και το 4.

E. Τι θα γίνει;

A. Θα ανάψουν τρία νομίζω.

.....

Προκατάληψη της επιβεβαίωσης (confirmation bias). Στην προσπάθειά τους να διατυπώσουν υποθέσεις και να συντονίσουν τις υποθέσεις και τα δεδομένα τους, σχεδόν όλα τα παιδιά (68 από τα 80) χαρακτηρίστηκαν από την “προκατάληψη της επιβεβαίωσης” (confirmation bias). Έτσι διατύπωναν μια υπόθεση και δεν προσπαθούσαν να εκτελέσουν πειράματα που θα οδηγούσαν σε απόρριψή της, αλλά προσπαθούσαν να την επιβεβαιώσουν εκτελώντας πειράματα που ήταν σύμφωνα με αυτή. Οι Klayman και Ha (1987, 1989) ονόμασαν την τάση των ατόμων να εκτελούν πειράματα που είναι σύμφωνα με την υποεξέταση υπόθεση “στρατηγική του θετικού ελέγχου” (positive-test strategy). Σε αντίθεση με τη “στρατηγική αρνητικού ελέγχου” (negative-test strategy), σύμφωνα με την οποία τα επιθυμητά πειράματα είναι τα πειράματα που θα μπορούσαν να απορρίψουν και όχι να επιβεβαιώσουν την υπόθεση. Για παράδειγμα, το παιδί 6ΠΥ449 υποστήριζε ότι για να φωτοβολεί λαμπτήρας θα έπρεπε τρεις διαδοχικοί διακόπτες να βρίσκονταν στη θέση “κάτω.” Για να ελέγξει την υπόθεση αυτή εκτέλεσε τα πειράματα ΚΚΚΠΠ, ΠΚΚΚΠ, ΠΠΚΚΚ που είναι όλα παραδείγματα θετικού ελέγχου, γιατί σε όλα τα πειράματα τρεις διαδοχικοί διακόπτες βρίσκονταν στη θέση “κάτω,” όπως υποστήριζε και η υπόθεσή του. Με αυτά τα πειράματα, η υπόθεσή του επιβεβαιώνεται, αν και ήταν λανθασμένη. Για να εφαρμόσει τη στρατηγική αρνητικού ελέγχου θα έπρεπε να εκτελέσει πειράματα όπως τα εξής: ΚΚΠΚΚ, ΠΚΚΠΠ κ.τ.λ., όπου στη θέση “κάτω” δε θα βρίσκονταν τρεις διαδοχικοί διακόπτες. Αν τα πειράματα αυτά οδηγούσαν σε φωτοβολία λαμπτήρα, τότε θα απέρριπτε την υπό εξέταση υπόθεση. Σε αυτή την περίπτωση, το πείραμα ΚΚΠΚΚ θα επιβεβαίωνε την υπόθεση, γιατί σε αυτή την περίπτωση δε θα φωτοβολούσε λαμπτήρα, αφού ο γενικός διακόπτης θα ήταν ανοιχτός. Αντίθετα, το

πείραμα ΠΚΚΠΠ θα απέρριπτε την υπόθεση του παιδιού, αφού θα οδηγούσε σε φωτοβολία λαμπτήρα με μόνο δύο διακόπτες στη θέση “κάτω”. Χαρακτηριστικό για τη συγκεκριμένη υπόθεση είναι το ότι όλα τα πειράματα θετικού ελέγχου θα οδηγούσαν σε επιβεβαίωση της υπόθεσης, γιατί όταν τρεις διαδοχικοί διακόπτες ήταν στη θέση “κάτω,” τότε απαραίτητα θα ήταν στη θέση “κάτω” και ο διακόπτης 3, που ήταν ο γενικός διακόπτης. Επομένως, με αυτό το παράδειγμα, φαίνεται ότι η στρατηγική θετικού ελέγχου δεν είναι αποτελεσματική, γιατί μπορεί να οδηγήσει σε επιβεβαίωση μιας λανθασμένης υπόθεσης. Ταυτόχρονα, με τη στρατηγική του θετικού ελέγχου, αποκλείεται η διερεύνηση ενός μεγάλου χώρου των πειραμάτων που σχετίζονται με τη στρατηγική αρνητικού ελέγχου.

Όσον αφορά τα πειράματα αρνητικού ελέγχου μόνο 12 παιδιά (4EX302, 4PX497, 4EY341, 6EX104, 6EX145, 6EY115, 6EY242, 6PX250, 6PY219, 6PY246, 6PY198, 6PY449) εκτέλεσαν έστω και ένα πείραμα αρνητικού ελέγχου, χωρίς να υποστηρίζεται ότι τα συγκεκριμένα παιδιά ήταν συστηματικά στη χρήση της στρατηγικής αρνητικού ελέγχου στο σύνολο των υποθέσεών τους.

Έλεγχος Μεταβλητών

Στην κύρια πειραματική συσκευή, οι πέντε διακόπτες αποτελούσαν τις ανεξάρτητες μεταβλητές που οι τιμές τους καθόριζαν την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή ποιος από τους οκτώ λαμπτήρες θα φωτοβολούσε. Στη συγκεκριμένη διερεύνηση έλεγχος μεταβλητών εφαρμόζεται, αν σε δύο διαδοχικά πειράματα ή ως προς ένα πείραμα αναφοράς, μετακινείται μόνο ένας διακόπτης. Στην περίπτωση αυτή, είναι εμφανής η επίδραση του συγκεκριμένου διακόπτη στο αποτέλεσμα. Ως πείραμα αναφοράς εννοείται ένα πείραμα που εκτελέστηκε κατά τη

διάρκεια της διερεύνησης και σε σύγκριση με το συγκεκριμένο πείραμα μετακινείται ένας και μόνο διακόπτης.

Για να υπολογισθεί ο βαθμός ανάπτυξης αυτής της δεξιότητας των παιδιών για έλεγχο μεταβλητών, υπολογίσθηκε το ποσοστό των πειραματικών προσπαθειών στο οποίο το κάθε παιδί εφάρμοσε τη δεξιότητα αυτή. Έτσι, αν ένα παιδί σε δύο διαδοχικά πειράματα μετακινούσε ένα και μόνο διακόπτη, τότε εφάρμοζε έλεγχο μεταβλητών για το συγκεκριμένο πείραμα. Επιπλέον, ένα παιδί εφάρμοζε τη δεξιότητα “έλεγχος μεταβλητών” αν, ως προς ένα συνδυασμό αναφοράς, μετακινούσε μόνο ένα διακόπτη. Έτσι, για παράδειγμα, αν ένα παιδί, για τον έλεγχο της αρχικής του υπόθεσης σύμφωνα με την οποία ο κάθε διακόπτης ήταν υπεύθυνος για ένα λαμπάκι εκτελούσε τα πειράματα ΚΠΠΠΠ, ΠΚΠΠΠ, ΠΠΚΠΠ, ΠΠΠΚΠ, ΠΠΠΠΚ, τότε, παρόλο που σε δύο διαδοχικά πειράματα μετακινούσε δύο διακόπτες θεωρείται ότι εφάρμοζε “έλεγχο μεταβλητών.” Το παιδί αυτό θεωρήθηκε ότι έλεγχε μεταβλητές, γιατί το κάθε πείραμα το εκτελούσε έχοντας ως πείραμα αναφοράς το συνδυασμό ΠΠΠΠΠ, αφού σκοπός του ήταν να δει την επίδραση κάθε διακόπτη ξεχωριστά και όχι σε συνδυασμό με το ρόλο των υπολοίπων διακοπτών. Μια άλλη περίπτωση, στην οποία γίνεται αναφορά σε άλλο πείραμα και όχι στο αμέσως προηγούμενο είναι η περίπτωση του εντοπισμού του “εικονικού” διακόπτη. Έτσι, για παράδειγμα, αν ένα παιδί διατύπωνε την υπόθεση: “Αν μετακινείς το διακόπτη 5, ανάβει το ίδιο λαμπάκι,” και επέλεγε το συνδυασμό που είχε ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία ενός συγκεκριμένου λαμπτήρα και με αναφορά σε αυτό το συνδυασμό μετακινούσε το διακόπτη 5, τότε θεωρήθηκε ότι στη συγκεκριμένη πειραματική προσπάθεια εφάρμοζε έλεγχο μεταβλητών.

Ο Πίνακας 14 παρουσιάζει τα ποσοστά εφαρμογής ελέγχου μεταβλητών κατά τη διάρκεια της διερεύνησης.

Πίνακας 14
Εφαρμογή της Δεξιότητας Ελέγχου Μεταβλητών

| Ποσοστά | Συχνότητες | | | | | | | | Σύνολο |
|---------|------------|---|---|---|---------|---|----|---|--------|
| | Δ τάξη | | | | Στ τάξη | | | | |
| | Χ | | Ψ | | Χ | | Ψ | | |
| | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π | |
| 0-25% | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 6 | 0 | 3 | 20 |
| 26-50% | 5 | 5 | 8 | 5 | 4 | 3 | 10 | 7 | 47 |
| 51-75% | 2 | 2 | 0 | 2 | 5 | 1 | 0 | 0 | 12 |
| 76-100% | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 14, μόνο 13 παιδιά εφάρμοζαν τον έλεγχο μεταβλητών σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 50% των πειραματικών τους προσπαθειών. Μόνο ένα παιδί (4ΠΥ428) εφάρμοζε τη δεξιότητα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 75% και συγκεκριμένα σε ποσοστό 82% και το αξιοσημείωτο είναι ότι ήταν παιδί Δ' τάξης. Η πλειοψηφία των παιδιών εφάρμοζε τη δεξιότητα αυτή σε ποσοστό 26-50%, που αποτελεί ένα σχετικά μικρό ποσοστό.

Τα παιδιά Δ' και Στ' τάξης φαίνεται ότι βρίσκονταν στο ίδιο επίπεδο όσον αφορά αυτή τη μεταβλητή, αφού σε όλες τις κατηγορίες οι συχνότητες από τις δύο τάξεις είναι σχεδόν οι ίδιες. Όσον αφορά τις διαφορές ανάμεσα σε παιδιά με υψηλές και χαμηλές ικανότητες φαίνεται ότι περισσότερα παιδιά χαμηλών ικανοτήτων βρίσκονται στην ομάδα 0-25%, αλλά, όσον αφορά τα παιδιά της Στ' τάξης αξιοσημείωτο είναι το ότι κανένα παιδί με υψηλές ικανότητες δεν εφάρμοσε τη δεξιότητα “έλεγχος μεταβλητών” σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 50% των πειραματικών του προσπαθειών.

Συνδυαστική Σκέψη

Χώρος των πειραμάτων. Ο θεωρητικός χώρος των πειραμάτων αποτελείται από 32 διαφορετικά πειράματα, που αντιπροσωπεύονται από το σύνολο των δυνατών συνδυασμών πέντε διακοπών (μεταβλητών), με πεδίο τιμών τις θέσεις “πάνω” και “κάτω.” Τα παιδιά εκτέλεσαν ένα αριθμό πειραμάτων ως την ολοκλήρωση της διερεύνησης που διαφέρει από παιδί σε παιδί. Τα λιγότερα πειράματα που εκτελέστηκαν ήταν 16, ενώ τα περισσότερα πειράματα ήταν 42. Όπως είναι προφανές, στην περίπτωση του παιδιού που εκτέλεσε 42 πειράματα, εκτέλεσε κάποια πειράματα σε επανάληψη, αφού ο πληθικός αριθμός του χώρου των πειραμάτων ισούται με 32.

Πειράματα σε επανάληψη. Σχεδόν όλα τα παιδιά εκτέλεσαν έστω και ένα πείραμα σε επανάληψη, παρόλο που παροτρύνονταν, κατά τη διάρκεια της διερεύνησης, να εξετάζουν τα κατεγραμμένα αποτελέσματα, πριν προχωρήσουν στην εκτέλεση ενός πειράματος. Η αδυναμία των παιδιών να αντιληφθούν ότι εκτελούσαν ένα πείραμα σε επανάληψη, δηλώνει και την αδυναμία τους να εξετάσουν προσεκτικά τα δεδομένα τους, αλλά και αδυναμία να αντιλαμβάνονται ότι εκτελούν δύο πειράματα με ίδιο συνδυασμών διακοπών. Ένας άλλος λόγος ήταν η αδυναμία μερικών παιδιών να αντιληφθούν ότι δύο πειράματα με ίδιο συνδυασμών διακοπών, οδηγούν πάντα στο ίδιο πειραματικό αποτέλεσμα.

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζεται ο αριθμός των πειραμάτων που εκτελέστηκαν σε επανάληψη και ο αριθμός των υποκειμένων που τα εκτέλεσε. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 15, μόνο 13 από τα 80 παιδιά δεν εκτέλεσαν κανένα πείραμα σε επανάληψη, ενώ αντίθετα 21 παιδιά εκτέλεσαν 4 ή περισσότερα πειράματα σε επανάληψη. Τα περισσότερα πειράματα σε επανάληψη που εκτελέστηκαν ήταν 10

(4EX125). Το παιδί αυτό εκτέλεσε συνολικά 42 πειράματα και τα 10 από αυτά ήταν σε επανάληψη.

Πίνακας 15
Αριθμός Πειραμάτων σε Επανάληψη

| Πειράματα σε Επανάληψη | Συχνότητες | | | | | | | | Σύνολο |
|------------------------|------------|---|---|---|----------|---|---|---|--------|
| | Δ' τάξη | | | | Στ' τάξη | | | | |
| | Χ | | Ψ | | Χ | | Ψ | | |
| | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 4 | 13 |
| 1-3 | 3 | 6 | 8 | 5 | 5 | 7 | 8 | 4 | 26 |
| 4< | 6 | 4 | 1 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 21 |

Η πλειοψηφία των παιδιών εκτέλεσε 1-3 πειράματα σε επανάληψη. Όσον αφορά τις διαφορές ανάμεσα στα παιδιά τετάρτης και έκτης τάξης, φαίνεται ότι περισσότερα παιδιά έκτης τάξης δεν εκτέλεσαν κανένα πείραμα σε επανάληψη και περισσότερα παιδιά τετάρτης τάξης εκτέλεσαν τέσσερα ή περισσότερα πειράματα σε επανάληψη. Συγκρίνοντας τα παιδιά της Δ' τάξης με χαμηλές και υψηλές ικανότητες φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στην τελευταία κατηγορία, όπου τα 10 παιδιά με χαμηλές ικανότητες σε αντίθεση με 4 παιδιά με υψηλές ικανότητες ανήκουν στην κατηγορία “4 ή περισσότερα πειράματα σε επανάληψη.” Αυτή η διαφοροποίηση δε φαίνεται να υπάρχει ανάμεσα στα παιδιά έκτης τάξης με χαμηλές και υψηλές ικανότητες, αφού σε όλες τις κατηγορίες βρίσκονται σχεδόν ίδιοι αριθμοί παιδιών Στ' τάξης με χαμηλές και υψηλές ικανότητες.

Αναγκαία πειράματα. Μέσα από την ανάλυση των δεδομένων υπολογίστηκε, για κάθε παιδί, ο αριθμός των αναγκαίων πειραμάτων που θα έπρεπε να εκτελέσει και η απόκλιση αναγκαίων πειραμάτων από τον πραγματικό αριθμό των πειραμάτων που εκτέλεσε. Ο όρος “αναγκαία πειράματα” ορίζεται ως το σύνολο των διαφορετικών

πειραμάτων που είναι απαραίτητο να εκτελέσει ένα υποκείμενο, για να οδηγηθεί στη λύση του προβλήματος. Αρχικά, για να υπολογιστεί ο αριθμός των αναγκαίων πειραμάτων για κάθε υποκείμενο, αφαιρείται από το σύνολο των πειραμάτων που εκτέλεσε ο αριθμός των πειραμάτων που εκτέλεσε σε επανάληψη. Αν ένα παιδί δεν οδηγήθηκε στον εντοπισμό του γενικού ή/και του “εικονικού” διακόπτη πριν την ολοκλήρωση των πειραματικών του προσπαθειών, τότε ο αριθμός των αναγκαίων πειραμάτων θα είναι, χωρίς επαναλήψεις, 32. Το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων για τα άλλα παιδιά, μπορεί να υπολογιστεί αν αφαιρεθούν από το σύνολο των 32 διαφορετικών πειραμάτων τα πειράματα που το κάθε παιδί δε θα χρειαζόταν να εκτελέσει μετά τον εντοπισμό του γενικού ή/και του “εικονικού” διακόπτη. Το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων για τα παιδιά αυτά μπορεί να υπολογιστεί με ένα συγκεκριμένο μαθηματικό τύπο, ο οποίος διαφοροποιείται ανάλογα με το αν εντόπισε κάποιο παιδί μόνο το γενικό διακόπτη ή μόνο τον “εικονικό” διακόπτη ή και τους δύο. Έτσι προκύπτουν τρεις διαφορετικοί μαθηματικοί τύποι.

Στην περίπτωση που ένα παιδί εντόπισε μόνο το γενικό διακόπτη μετά την εκτέλεση X πειραμάτων και Ψ από τα πειράματα αυτά δεν οδήγησαν στη φωτοβολία ενός λαμπτήρα, τότε το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων για το παιδί αυτό ήταν $32 - (16 - \Psi) = 16 + \Psi$. Στην περίπτωση που ένα παιδί εντόπισε μόνο τον εικονικό διακόπτη μετά την εκτέλεση X πειραμάτων και τα Ψ από τα πειράματα είχαν ως διαφορά μόνο τη μετακίνηση του “εικονικού” διακόπτη, τότε το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων για το παιδί αυτό ήταν $32 - (16 - \Psi) = 16 + \Psi$. Στην περίπτωση που ένα παιδί εντόπισε και τους δύο διακόπτες και εντόπισε το δεύτερο σε σειρά διακόπτη μετά την εκτέλεση X συνολικά πειραμάτων και Ψ από αυτά τα πειράματα δεν οδήγησαν σε φωτοβολία ενός λαμπτήρα και Z οδήγησαν σε φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα, τότε το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων για το παιδί αυτό θα είναι $32 - (16 - \Psi) - (8 - Z) = 8 + \Psi + Z$. Ο

μαθηματικός αυτός τύπος ισχύει ανεξάρτητα από τη σειρά εντοπισμού των δύο διαφορετικών διακοπών. Το σύνολο των πειραμάτων τα οποία εκτέλεσε το κάθε παιδί, σε συνδυασμό με τον αριθμό των πειραμάτων που εκτέλεσε πριν τον εντοπισμό του γενικού ή/και του “εικονικού” διακόπτη, αποτελεί σαφή ένδειξη για τις δυνατότητες συνδυαστικής σκέψης του. Ένα παιδί θεωρείται ότι έχει αναπτύξει πλήρως τη συνδυαστική του σκέψη, αν εκτελέσει το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων, χωρίς επαναλήψεις.

Στον Πίνακα 16 φαίνονται οι αποκλίσεις ανάμεσα στον αριθμό των πραγματικών πειραμάτων και των αριθμών των αναγκαίων πειραμάτων για το κάθε παιδί. Τα πραγματικά πειράματα προκύπτουν αφαιρώντας από το σύνολο των πειραμάτων που εκτέλεσε το κάθε παιδί τον αριθμό των πειραμάτων που εκτέλεσε σε επανάληψη. Στην πρώτη κατηγορία του Πίνακα 16 βρίσκονται τα παιδιά που εκτέλεσαν περισσότερα πειράματα από τα αναγκαία πειράματα. Αυτό προέκυψε λόγω του ότι τα παιδιά της ομάδας αυτής, αφού εντόπισαν το γενικό ή τον “εικονικό” διακόπτη της συσκευής εκτέλεσαν πειράματα που δεν ήταν απαραίτητο να εκτελεστούν. Έτσι, για παράδειγμα, αν ένα παιδί εντόπισε το γενικό διακόπτη της συσκευής οποιοδήποτε επιπρόσθετο πείραμα με το διακόπτη αυτό ανοιχτό θεωρείται περιττό, αφού με τον εντοπισμό του γενικού διακόπτη, τα πειράματα που δε θα οδηγούσαν σε φωτοβολία λαμπτήρα δε θα έδιναν καμιά χρήσιμη πληροφορία, και επομένως ο γενικός διακόπτης θα έπρεπε να παραμένει κλειστός.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 16, 40 παιδιά ανέπτυξαν τη συνδυαστική τους σκέψη, αφού οι αποκλίσεις από τα αναγκαία πειράματα είναι από 0-1. Τα παιδιά που ανήκουν σε αυτές τις δύο ομάδες θεωρείται ότι έχουν αναπτύξει σε μεγάλο βαθμό τη συνδυαστική τους σκέψη.

Πίνακας 16

Χώρος των Πειραμάτων- Αποκλίσεις Αναγκαίων (Α) και Πραγματικών Πειραμάτων(Π)

| Αναγκαία πειράματα- Πραγματικά πειράματα (Α-Π) | Συχνότητες | | | | | | | | Σύνολο |
|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|--------|
| | Δ τάξη | | | | Στ τάξη | | | | |
| | Χ | | Ψ | | Χ | | Ψ | | |
| | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π | |
| <0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 4 |
| 0-1 | 1 | 1 | 8 | 7 | 3 | 2 | 7 | 7 | 36 |
| 2-5 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 8 |
| >6 | 9 | 6 | 1 | 1 | 6 | 8 | 1 | 0 | 32 |

Τα 40 παιδιά που βρίσκονται στις άλλες ομάδες και εκτέλεσαν πολύ λιγότερα από τα αναγκαία πειράματα θεωρείται ότι δεν έχουν αναπτύξει τη συνδυαστική τους σκέψη. Αξιοσημείωτη είναι η διαφορά ανάμεσα στα παιδιά με υψηλές και χαμηλές ικανότητες, ανεξάρτητα από την τάξη. Η πλειοψηφία των παιδιών με υψηλές ικανότητες βρίσκονται στις πρώτες ομάδες του Πίνακα 16, ενώ η πλειοψηφία των παιδιών με χαμηλές ικανότητες βρίσκονται στις τελευταίες ομάδες του Πίνακα 16. Ο αριθμός των αναγκαίων πειραμάτων επηρεάζεται από το αν ένα παιδί εντόπισε ή όχι το γενικό και τον “εικονικό” διακόπτη. Έτσι όλα τα παιδιά που εντόπισαν και τους δύο διακόπτες βρίσκονται ανάμεσα στα παιδιά που εκτέλεσαν το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων, ή που εκτέλεσαν ένα περισσότερο ή ένα λιγότερο πείραμα. Όσον αφορά τη μέθοδο καταγραφής δεν παρουσιάζονται αξιολογικές διαφοροποιήσεις.

Ωριμη συνδυαστική σκέψη. Στοιχεία ώριμης συνδυαστικής σκέψης παρατηρήθηκαν σε 25 παιδιά, τα οποία, με συστηματικό τρόπο, διατηρούσαν σταθερό τον αριθμό των διακοπών που ήταν στη θέση “κάτω” ή στη θέση “πάνω” και προσπαθούσαν να πετύχουν όλους, ή σχεδόν όλους, τους δυνατούς συνδυασμούς, σε κάθε περίπτωση. Η αλληλουχία των πειραμάτων που ακολουθεί δείχνει, για

παράδειγμα, ότι το παιδί 6EY242 ανέπτυξε σε κάποιο βαθμό τη συστηματική συνδυαστική του σκέψη, αφού προσπάθησε να πετύχει διάφορους συνδυασμούς διατηρώντας δύο διακόπτες στη θέση “κάτω”: ΚΚΠΠΠ, ΚΠΠΚΠ, ΠΚΚΠΠ, ΠΠΚΚΠ, ΠΚΠΠΚ, ΚΠΠΠΚ, ΚΠΚΠΠ.

Σε ακόμα πιο εξελιγμένο στάδιο συνδυαστικής σκέψης ήταν το παιδί 6EX214, το οποίο διατηρούσε, στο απόσπασμα που ακολουθεί, δύο διακόπτες στη θέση “κάτω” και η μετακίνηση έγινε με πιο συστηματικό τρόπο, αφού επιχειρήθηκε αρχικά ο συνδυασμός όλων των διακοπών με το διακόπτη 1 στη συνέχεια με το διακόπτη 2 κ.ό.κ: ΚΚΠΠΠ, ΚΠΚΠΠ, ΚΠΠΚΠ, ΚΠΠΠΚ, ΠΚΚΠΠ, ΠΚΠΚΠ, ΠΚΠΠΚ, ΠΠΚΚΠ, ΠΠΚΠΚ, ΠΠΠΚΚ. Στη συνέχεια το παιδί αυτό εκτέλεσε μια άλλη αλληλουχία διατηρώντας στη θέση “κάτω” τρεις διακόπτες και μετακινώντας με τον ίδιο συστηματικό τρόπο τους διακόπτες. Η τάση αυτή του συγκεκριμένου παιδιού, εφαρμόστηκε σε όλα τα στάδια της διερεύνησης και επομένως μπορεί να προβληθεί ο ισχυρισμός ότι το παιδί αυτό εφάρμοσε μια συστηματική στρατηγική συνδυαστικής σκέψης.

Η τάση αυτή των παιδιών παρατηρήθηκε πιο συχνά στην πειραματική ομάδα της ελεύθερης καταγραφής. Έτσι, για παράδειγμα, το παιδί 6EX214, όπως και η πλειοψηφία των παιδιών της πειραματικής ομάδας της ελεύθερης καταγραφής, όταν κατέγραφε τα δεδομένα του, σημείωνε μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω” και γι αυτό επιχειρούσε να πετύχει συνδυασμούς σε αναφορά με το πλήθος των διακοπών στη θέση “κάτω.” Έτσι, το συγκεκριμένο παιδί σημείωσε: 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 2-3, 2-4, 2-5, 3-4, 3-5, 4-5 και σε μια τέτοια αλληλουχία πειραμάτων είναι πιο εμφανή τα στοιχεία της συνδυαστικής σκέψης.

Αντίθετα, το παιδί 6ΠΧ240 δε σημείωσε κανένα δείγμα ώριμης συνδυαστικής σκέψης. Στην αλληλουχία των πειραμάτων που ακολουθεί φαίνεται ότι η μετακίνηση

των διακοπών που επιχειρούσε, δε γινόταν με κάποιο σύστημα, αλλά γινόταν με τυχαίο τρόπο. ΠΠΠΚΚ, ΠΠΠΚΠ, ΚΚΚΚΠ, ΚΠΚΠΚ, ΠΚΠΚΠ, ΚΚΠΠΠ, ΚΠΠΠΚ, ΠΠΚΠΚ, κ.ό.κ. Συνολικά 26 παιδιά δεν έδειξαν κανένα δείγμα ώριμης συνδυαστικής σκέψης, αφού σε κανένα στάδιο της διερεύνησης δε μετακινούσαν τους διακόπτες συστηματικά.

Στρατηγικές Διερεύνησης

Μέσα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, εντοπίστηκαν πέντε διαφορετικές στρατηγικές διερεύνησης που χρησιμοποιήθηκαν από τα παιδιά για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Οι στρατηγικές αυτές παρουσιάζουν μια σειρά αυξανόμενης πολυπλοκότητας και ορθότητας, καθώς προχωρούμε από την 1 στην 5. Ο Πίνακας 17 παρουσιάζει τους αριθμούς των παιδιών που ακολούθησαν την κάθε στρατηγική, κατά τάξη, ικανότητα και μέθοδο καταγραφής.

Πίνακας 17
Στρατηγικές Διερεύνησης

| Στρατηγικές | Συχνότητες | | | | | | | | Σύνολο |
|-------------|------------|---|---|---|---------|---|---|---|--------|
| | Δ τάξη | | | | Στ τάξη | | | | |
| | Χ | | Ψ | | Χ | | Ψ | | |
| | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π | Ε | Π | |
| 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 13 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 6 | 0 | 0 | 16 |
| 3 | 5 | 2 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 14 |
| 4 | 0 | 2 | 6 | 4 | 1 | 1 | 5 | 4 | 23 |
| 5 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 5 | 4 | 14 |

Οι πέντε στρατηγικές παρουσιάζονται ξεχωριστά και συνοδεύονται με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα για την κάθε στρατηγική.

Στρατηγική 1. Τυχαία Περιπλάνηση στο Χώρο των Πειραμάτων-Δοκιμή και Πλάνη. Τα παιδιά που ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή εκτέλεσαν μια σειρά πειραμάτων με τυχαίο τρόπο. Δε διατύπωναν υποθέσεις και δεν ήταν σε θέση να εξαγάγουν συμπεράσματα από τα πειραματικά αποτελέσματα. Περιπλανήθηκαν τυχαία στο χώρο των πειραμάτων και μετακινούσαν τους διακόπτες με τυχαίο τρόπο κάθε φορά. Ένας μεγάλος αριθμός παιδιών που ακολούθησε αυτή τη στρατηγική δεν κατόρθωσε να οδηγηθεί στους σωστούς συνδυασμούς για τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων. Επιπλέον, τα παιδιά της ομάδας αυτής παρουσίασαν και προβλήματα στην καταγραφή των αποτελεσμάτων. Περισσότερο εμφανή ήταν τα προβλήματα καταγραφής στην πειραματική ομάδα της ελεύθερης καταγραφής, όπου 3 από αυτά παιδιά σημείωσαν μόνο τους διακόπτες που μετακίνησαν κατά την τελευταία τους πειραματική προσπάθεια.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 17, η στρατηγική αυτή χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά από παιδιά χαμηλών ικανοτήτων. Περισσότερα παιδιά τετάρτης, παρά έκτης τάξης, ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή, αλλά η διαφορά δεν ήταν τόσο μεγάλη. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ανάμεσα στα παιδιά της ομάδας της ελεύθερης καταγραφής και της προσδιορισμένης καταγραφής.

Το παιδί 4EX171 αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα παιδιού που ακολούθησε αυτή τη στρατηγική. Στον Πίνακα 18, παρουσιάζεται η πορεία πειραματισμού του συγκεκριμένου παιδιού.

Στην αρχή της διερεύνησης με την κύρια πειραματική συσκευή, ζητήθηκε από το παιδί αυτό να διατυπώσει την αρχική του υπόθεση. Σύμφωνα με την αρχική του υπόθεση “θα άναβαν όσα λαμπάκια δεν ήταν καμένα.” Με την αρχική του υπόθεση,

δεν προσδιόρισε τον αριθμό των λαμπτήρων που ανέμενε να φωτοβολήσουν ούτε τον τρόπο μετακίνησης των διακοπών.

Πίνακας 18

Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 4EX171

| Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα |
|------------|-------------|-------------|
| Π1-ΠΠΚΠΠ=2 | Π7-ΠΚΚΚΠ=8 | Π13-ΠΚΠΚΚ=Χ |
| Π2-ΚΠΚΠΠ=1 | Π8-ΠΠΚΚΠ=6 | Π14-ΚΠΚΚΚ=5 |
| Π3-ΚΠΚΠΚ=1 | Π9-ΠΠΠΚΠ=Χ | Π15-ΠΚΚΚΠ=8 |
| Π4-ΠΠΚΠΚ=2 | Π10-ΚΠΠΠΠ=Χ | Π16-ΚΚΚΠΚ=3 |
| Π5-ΠΚΚΠΚ=4 | Π11-ΚΠΠΠΚ=Χ | |
| Π6-ΠΚΚΠΠ=4 | Π12-ΚΚΚΚΚ=7 | |

Για να ελέγξει την αρχική του υπόθεση, μετακίνησε, πρώτα, μόνο το διακόπτη 3 (Π1) και στη συνέχεια ακολούθησε μια σειρά 10 (Π2-Π11) πειραμάτων στα οποία μετακινούσε ένα ή περισσότερους διακόπτες κάθε φορά, ενώ δε διετύπωσε καμιά άλλη κύρια υπόθεση εκτός από την αρχική. Επιπλέον, οι υπο-υποθέσεις του αναφέρονταν στον αριθμό του λαμπτήρα που ανέμενε να φωτοβολήσει, χωρίς όμως να δοθεί καμιά δικαιολογία. Αξιοσημείωτο είναι το ότι, στα 10 από τα 11 πειράματα, το παιδί αυτό ελέγχει μεταβλητές. Αξιοποιώντας τον έλεγχο μεταβλητών, θα μπορούσε να αντλήσει πληροφορίες για την επίδραση του γενικού και του “εικονικού” διακόπτη, κάτι που όμως δεν έκανε (π.χ., Π8-Π9 για το γενικό διακόπτη και Π2-Π3 για τον “εικονικό” διακόπτη).

Αφού εκτέλεσε τα πρώτα 11 πειράματα τα οποία οδήγησαν στη φωτοβολία πέντε από τους οχτώ λαμπτήρες, διαφοροποίησε την αρχική υπόθεση και υποστήριξε ότι υπήρχε τρόπος να φωτοβολήσουν και οι υπόλοιποι λαμπτήρες. Εκτέλεσε άλλα 5 πειράματα (Π12-Π16) στα οποία μετακινούσε ένα ή περισσότερους διακόπτες πετυχαίνοντας τη φωτοβολία και των άλλων τριών λαμπτήρων. Αφού πέτυχε τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων θεώρησε ότι η διερεύνηση ολοκληρώθηκε. Δεν προβληματίστηκε καθόλου από το γεγονός ότι κάποιοι λαμπτήρες φωτοβόλησαν σε

δύο περιπτώσεις, ούτε και γιατί κάποια πειράματα οδήγησαν σε αρνητικό αποτέλεσμα. Εξάλλου, ο τρόπος καταγραφής των δεδομένων της δεν του επέτρεπε να εξαγάγει κανένα από τα συμπεράσματα αυτά.

Συγκεκριμένα, για την καταγραφή των αποτελεσμάτων σημείωνε τους διακόπτες που μετακινούσε κατά την τελευταία πειραματική του προσπάθεια. Στα 10 πρώτα πειράματα σημείωνε και τη θέση των διακοπών, ενώ στα υπόλοιπα μόνο τους αριθμούς των διακοπών και όχι τη θέση στην οποία μετακινήθηκαν. Έτσι, για παράδειγμα, αρχικά εκτέλεσε τα πειράματα ΠΠΚΠΠ, ΚΠΚΠΠ, ΚΠΚΠΚ, ΠΠΚΠΚ, ΠΚΚΠΚ κ.τ.λ. και για τα πέντε αυτά πειράματα σημείωσε τα ακόλουθα: 3 κάτω, 1 κάτω, 5 κάτω, 1 πάνω, 2 κάτω, και δίπλα από κάθε καταγραφή το πειραματικό αποτέλεσμα. Με τον τρόπο αυτό καταγραφής δεν μπορούσε να οδηγηθεί σε κανένα συμπέρασμα γιατί, για παράδειγμα, όταν σημείωνε “2 κάτω” δεν υπήρχε τρόπος να προσδιορίσει σε ποιο πείραμα αναφερόταν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, έκανε αναφορά στο πείραμα ΠΚΚΠΚ. Αν όμως εκτελούσε το πείραμα ΠΠΠΠΚ και στη συνέχεια μετακινούσε το διακόπτη 2 στη θέση “κάτω” και εκτελούσε το πείραμα ΠΚΠΠΚ θα σημείωνε πάλι “2 κάτω.” Επομένως, ήταν αδύνατο να οδηγηθεί σε συμπέρασμα χρησιμοποιώντας αυτό τον τρόπο καταγραφής.

Στο απόσπασμα που ακολουθεί περιλαμβάνονται οι πέντε τελευταίες πειραματικές του προσπάθειες, μετά τη διατύπωση της δεύτερης κύριας υπόθεσής του. Εμφανή είναι και τα προβλήματα που του προκάλεσε ο τρόπος καταγραφής των δεδομένων του.

.....

Ε. Ποια λαμπάκια δεν έχουν ανάψει;

Α. Το μπλε.... το καφέ και το πορτοκαλί.

Ε. Θα ανάψουν κι αυτά νομίζεις;

Α. Ναι.

E. Στην αρχή μου είπες ότι κάποια από αυτά ίσως να είναι καμένα. Τώρα τι πιστεύεις;

A. Νομίζω θα ανάψουν όλα;

E. Τι σε έκανε να αλλάζεις ιδέα;

A. Επειδή άναψαν πολλά ως τώρα, νομίζω θα υπάρχει τρόπος και για τα άλλα.

E. Πώς θα συνεχίσουμε;

A. Να τα κάνω όλα κάτω.

E. Κάνε το. Τι περιμένεις;

A. Να ανάψει ένα που δεν άναψε. (Π12-ΚΚΚΚΚ). Πορτοκαλί. Να γράψω 2,3,4

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Θέλω να ανάψει το καφέ.

E. Και;

A. Θα ανεβάσω το 1,3 (Π13-ΠΚΠΚΚ). Δεν άναψε.

E. Δε σε βοήθησε αυτό που έκανες;

A. Να τα πάρω κάτω.

E. Τι θα πάρεις κάτω;

A. Όλα εκτός το 2. Τώρα θα καταφέρω το καφέ. (Π14-ΚΠΚΚΚ). Α! Το καφέ!!

E. Τι να κάνουμε τώρα;

A. Να πάρουμε άλλο πάνω. Γίνεται;

E. Εσύ τι νομίζεις;

A. Γίνεται. Να βάλω το 1 και το 5 πάνω. Θα ανάψει το μπλε. (Π15-ΠΚΚΚΠ).

Το λιλά.

E. Γράψε αυτό που έκανες. Τώρα;

A. Εδώ έκανα 1 και 5 και δεν άναψε. (αναφορά σε προηγούμενο διαφορετικό πείραμα που είχε σημειώσει και πάλι "1, 5")

E. Ίσως να μην τα γράψαμε πολύ σωστά. Εσύ τι νομίζεις;

A. Μπορεί να ήταν κάτω εκεί και εδώ πάνω. Δε θυμάμαι.

E. Καλύτερα να γράφουμε αν είναι πάνω ή κάτω, ε;

A. Ναι.

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Μόνο το 4 πάνω. Θα ανάψει η μπλε. (Π16-ΚΚΚΠΚ). Η μπλε! Τώρα τα ανάψαμε όλα.

E. Τι άλλο μας έμεινε;

A. Τίποτα. Τα καταφέραμε όλα.

Στρατηγική 2: Συστηματική Διερεύνηση στο Χώρο των Πειραμάτων. Τα παιδιά που ακολούθησαν αυτή τη στρατηγική δεν περιπλανήθηκαν τυχαία στο χώρο των πειραμάτων, αλλά ακολούθησαν μια συστηματική μετακίνηση των διακοπών από πείραμα σε πείραμα, φανερώνοντας ότι είχαν αναπτύξει σε κάποιο βαθμό τη συνδυαστική τους σκέψη. Παρόλη, όμως, τη μη τυχαία περιπλάνηση στο χώρο των πειραμάτων, τα παιδιά που ακολούθησαν αυτή τη στρατηγική δεν ήταν σε θέση να διατυπώσουν ένα ικανοποιητικό αριθμό υποθέσεων και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα με βάση τα πειραματικά τους αποτελέσματα. Διετύπωσαν μόνο μέχρι τρεις κύριες υποθέσεις και ένα αρκετά μεγάλο αριθμό υπο-υποθέσεων. Αντίθετα, όλα τα παιδιά της ομάδας αυτής κατόρθωσαν να ανακαλύψουν τους συνδυασμούς που οδηγούν στη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων. Χρησιμοποιώντας τους όρους πειραματιστές και θεωρητικοί (Klahr, 2000), τα παιδιά της ομάδας αυτής θεωρούνται πειραματιστές, αφού στηρίζονται αποκλειστικά στα πειραματικά τους δεδομένα και όχι στις υποθέσεις τους κατά τη διάρκεια της διερεύνησης. Σύμφωνα με τον Πίνακα 17, σχεδόν όλα τα παιδιά που ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή ήταν παιδιά χαμηλών ικανοτήτων (13 στα 16) και τα περισσότερα παιδιά ήταν μαθητές της Στ' τάξης. Επιπλέον κανένα παιδί Στ' τάξης υψηλών ικανοτήτων δεν ακολούθησε τη συγκεκριμένη στρατηγική. Όσον αφορά τη μέθοδο καταγραφής, περισσότερα παιδιά της ομάδας “προσδιορισμένη καταγραφή,” παρά της ομάδας “ελεύθερη καταγραφή,” ακολούθησαν αυτή τη στρατηγική.

Το παιδί 4ΠΧ222 είναι μια αντιπροσωπευτική περίπτωση που ακολούθησε αυτή τη στρατηγική. Ο Πίνακας 19 παρουσιάζει την πορεία πειραματισμού του συγκεκριμένου παιδιού. Αρχικά του ζητήθηκε να διατυπώσει την αρχική του υπόθεση σχετικά με τη λειτουργία της συσκευής και υποστήριξε ότι ο κάθε διακόπτης ήταν

υπεύθυνος για το λαμπτήρα που έφερε τον ίδιο αριθμό με αυτόν. Οι λαμπτήρες 6, 7, 8 θα φωτοβολούσαν με κάποιο άλλο τρόπο, που δεν ήταν σε θέση να δηλώσει.

Πίνακας 19

Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 4ΠΧ222

| Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα |
|------------|-------------|-------------|-------------|
| Π1-ΚΠΠΠΠ=X | Π7-ΠΠΚΚΠ=6 | Π13-ΚΠΠΚΠ=X | Π19-ΚΚΠΚΠ=X |
| Π2-ΠΚΠΠΠ=X | Π8-ΠΠΠΚΚ=X | Π14-ΠΚΚΠΠ=4 | Π20-ΚΚΠΠΚ=X |
| Π3-ΠΠΚΠΠ=2 | Π9-ΚΠΚΠΠ=1 | Π15-ΠΠΠΚΚ=X | Π21-ΚΠΚΚΠ=5 |
| Π4-ΠΠΠΚΠ=X | Π10-ΠΠΚΠΚ=2 | Π16-ΚΚΚΠΠ=3 | Π22-ΠΚΚΚΠ=8 |
| Π5-ΠΠΠΠΚ=X | Π11-ΠΚΠΚΠ=X | Π17-ΠΚΠΚΚ=X | Π23-ΚΚΚΚΠ=7 |
| Π6-ΚΚΠΠΠ=X | Π12-ΠΚΠΠΚ=X | Π18-ΚΠΚΠΚ=1 | Π24-ΠΚΚΚΚ=8 |

Για τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής, εκτέλεσε τα πειράματα ΚΠΠΠΠ, ΠΚΠΠΠ, ΠΠΚΠΠ, ΠΠΠΚΠ, ΠΠΠΠΚ (Π1-Π5) στα οποία θεωρήθηκε ότι εφαρμόζε έλεγχο μεταβλητών, αφού ως προς το πείραμα αναφοράς, (ΠΠΠΠΠ) μετακινούσε κάθε φορά ένα μόνο διακόπτη. Από τα πέντε αυτά πειράματα θα μπορούσε να οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι ο διακόπτης 3 ήταν διαφορετικός από τους υπόλοιπους, αφού μόνο το πείραμα Π3 είχε θετικό αποτέλεσμα. Το συγκεκριμένο, όμως, παιδί δεν έκανε καμιά τέτοια παρατήρηση και δεν κατέληξε στο αντίστοιχο συμπέρασμα.

Στη συνέχεια, διετύπωσε μια διαφορετική υπόθεση (Υ2) σύμφωνα με τη οποία “όταν οι διακόπτες 1 και ο 2 είναι κάτω θα ανάψουν τα λαμπάκια 1 και 2” και εκτέλεσε τα πειράματα ΚΚΠΠΠ. Το αποτέλεσμα του πειράματος ήταν αντίθετο με την υπόθεση και έτσι οδηγήθηκε στη διατύπωση της άλλης κύριας υπόθεσής του (Υ3), σύμφωνα με την οποία “τα λαμπάκια θα ανάβουν με συνδυασμό των διακοπών.” Για να ελέγξει την υπόθεση αυτή, εκτέλεσε συνολικά 18 πειράματα χωρίς να διαφοροποιήσει την υπόθεσή αυτή και χωρίς να οδηγηθεί σε κανένα συμπέρασμα. Πέτυχε, όμως, τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων με τον ένα, ή και το δεύτερο συνδυασμό, (εικονικός διακόπτης), και εκτέλεσε μόνο ένα πείραμα σε επανάληψη.

Επιπλέον, στα 18 του πειράματα μετακινούσε τους διακόπτες με συστηματικό τρόπο, και σε συνδυασμό με το μικρό αριθμό πειραμάτων που επανέλαβε φάνηκε ότι το παιδί αυτό έδειξε στοιχεία ώριμης συνδυαστικής σκέψης.

Συγκεκριμένα, αφού διατύπωσε την υπόθεση Υ3 και ενώ είχε ήδη εκτελέσει το πείραμα ΚΚΠΠΠ, εκτέλεσε μια σειρά πειραμάτων στην οποία διατηρούσε σε όλες τις προσπάθειες δύο διακόπτες στη θέση “κάτω” και τρεις στη θέση “πάνω.” Έτσι εκτέλεσε τα πειράματα: ΠΠΚΚΠ, ΠΠΠΚΚ, ΚΠΚΠΠ, ΠΠΚΠΚ, ΠΚΠΚΠ, ΠΚΠΠΚ, ΠΚΚΠΠ, ΠΠΠΚΚ. Εκτός από τη διατήρηση ίσου αριθμού διακοπτών στην κάθε θέση, φαίνεται ότι επέλεγε με ένα συστηματικό τρόπο τη μετακίνηση, αφού άρχισε με πειράματα στα οποία διαδοχικοί διακόπτες ήταν στη θέση “κάτω” και μετά συνέχισε με περιπτώσεις στις οποίες οι δύο διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω” είχαν απόσταση ένα διακόπτη κ.ό.κ. Αφού εκτέλεσε τα 9 αυτά πειράματα (Π6-Π15), δε διαφοροποίησε καθόλου την υπόθεσή του και δε σχολίασε τα αρνητικά πειράματα. Χαρακτηριστικό ήταν το γεγονός ότι σε όλες του τις υπο-υποθέσεις υποστήριζε ότι με το επόμενο πείραμα θα φωτοβολούσε λαμπτήρας.

Αφού εκτέλεσε τα πειράματα Π6-Π15, συνέχισε τις πειραματικές του προσπάθειες έχοντας τρεις διακόπτες σε θέση “κάτω” και εκτέλεσε ακόμα 7 πειράματα (Π16-Π22): ΚΚΚΠΠ, ΠΚΠΚΚ, ΚΠΚΠΚ, ΚΚΠΚΠ, ΚΚΠΠΚ, ΚΠΚΚΠ, ΠΚΚΚΠ και ακολούθως δύο πειράματα με τέσσερις διακόπτες στη θέση κάτω (Π23-Π24), (ΚΚΚΚΠ και ΠΚΚΚΚ). Στο σημείο αυτό, θεώρησε ότι πέτυχε όλες τις πιθανές πειραματικές προσπάθειες. Χαρακτηριστικό είναι ότι δεν τερμάτισε τη διερεύνηση όταν πέτυχε τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων, αλλά όταν θεώρησε ότι συμπλήρωσε όλους τους συνδυασμούς. Το παιδί αυτό μπορεί να θεωρηθεί ότι ενεργούσε ως μηχανικός και όχι ως επιστήμονας (Klahr, 2000· Schauble κ.ά., 1991), αφού δεν

προσπάθησε να διερευνήσει τις σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές, αλλά τελικός του σκοπός ήταν να πετύχει τους διάφορους συνδυασμούς των διακοπών.

Στο τέλος της διερεύνησης, ενθαρρύνθηκε να συγκρίνει τα πειράματα τα οποία είχαν ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα και τα πειράματα που δεν οδήγησαν σε φωτοβολία λαμπτήρα και να σημειώσει τυχόν συμπεράσματα. Το παιδί αυτό δεν οδηγήθηκε σε κανένα συμπέρασμα κι έτσι η διερεύνηση τερματίστηκε στο σημείο αυτό. Το απόσπασμα που ακολουθεί είναι από το τελευταίο τμήμα της διερεύνησης του, στο οποίο προσπάθησε να διατυπώσει ένα συμπέρασμα.

.....

A. Μου έμεινε να κάνω με τέσσερα (συνδυασμούς με τέσσερις διακόπτες στη θέση "κάτω"). Θα κάνω 2,3,4,5. (Π24-ΠΚΚΚΚ). Το 8.

E. Άναψε ξανά το 8;

A. Ναι.

E. Κάνε μια σύγκριση

A. Τρία κάτω (2, 3 και 4) κι εδώ τέσσερα κάτω (2, 3, 4 και 5)

E. Τι παρατηρείς;

A. Διαφέρουν στο ένα κάτω.

E. Δηλαδή;

A. Διαφέρουν στον αριθμό 1 (λανθασμένο συμπέρασμα από τη σύγκριση των δύο συνδυασμών).

E. Θες να συγκρίνεις τις δύο φορές που άναψε το 2 (ΠΠΚΠΠ και ΠΠΚΠΚ);

Έχουν καμιά σχέση;

A. Έχει πάνω και κάτω.

E. Πιο συγκεκριμένα

A. Διαφέρουν δύο.

E. Ποια δύο;

A. Δεν ξέρω.

.....

Στρατηγική 3: Αξιοποίηση του χώρου των υποθέσεων. Τα παιδιά που ακολούθησαν αυτή τη στρατηγική διαφοροποίησαν, σε κάποιο βαθμό, τις υποθέσεις

τους με βάση τα δεδομένα και προσπάθησαν να δικαιολογήσουν τις υπο-υποθέσεις τους με τη χρήση, για παράδειγμα, των μαθηματικών ή της φυσικής θέσης των διακοπών στη συσκευή. Αντίθετα, δεν ήταν συστηματικά στη μετακίνηση των διακοπών, αν και κάποια από τα παιδιά της ομάδας αυτής έδειξαν, σε ορισμένα σημεία της διερεύνησης, την τάση να μετακινούν τους διακόπτες με κάποιο συστηματικό τρόπο. Η τάση, όμως, αυτή δεν ήταν εμφανής σε όλη τη διάρκεια της διερεύνησης. Επιπλέον, μέσα από τη διατύπωση των υποθέσεων προσπάθησαν να λύσουν το πρόβλημα, αλλά δεν ήταν σε θέση να συντονίσουν τα δεδομένα με τις υποθέσεις τους και να εντοπίσουν τους δύο διαφορετικούς διακόπτες. Έτσι, κανένα παιδί της ομάδας αυτής δεν εντόπισε το γενικό διακόπτη, ενώ τα 7 από τα 14 παιδιά της ομάδας αυτής εντόπισαν τον “εικονικό” διακόπτη στηριζόμενα αποκλειστικά στα πειραματικά τους δεδομένα. Από τον Πίνακα 17, φαίνεται ότι περισσότερα παιδιά τετάρτης παρά έκτης τάξης, ακολούθησαν αυτή τη στρατηγική. Επιπλέον, μόνο 4 από τα 14 παιδιά ήταν παιδιά με υψηλές ικανότητες και αξιοσημείωτο είναι το ότι στη στρατηγική αυτή εμφανίζονται και παιδιά έκτης τάξης με υψηλές ικανότητες, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στις δύο προηγούμενες στρατηγικές.

Το παιδί 6ΠΥ113 αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της στρατηγικής. Ο Πίνακας 20 παρουσιάζει τις πειραματικές προσπάθειες του συγκεκριμένου παιδιού συνοδευόμενες από το αποτέλεσμα του πειράματος. Το παιδί αυτό, κατά την ενασχόλησή του με την κύρια πειραματική συσκευή, διατύπωσε αρχικά την υπόθεση: “Όταν όλοι οι διακόπτες είναι κάτω θα ανάψουν όλα τα λαμπάκια” και έλεγξε την αρχική του υπόθεση με το πείραμα (Π1) ΚΚΚΚΚ. Στηριζόμενος στο πειραματικό αποτέλεσμα του πρώτου πειράματος στο οποίο μόνο ένας λαμπτήρας φωτοβόλησε, υποστήριξε ότι ίσως “δε δουλεύουν οι άλλες λάμπες,” αλλά, ύστερα από προτροπή, προσπάθησε να ελέγξει την υπόθεση αυτή εκτελώντας το

πείραμα ΚΠΠΠΠ (Π2) το οποίο επιβεβαίωσε την υπόθεσή του, αφού είχε αρνητικό αποτέλεσμα, δηλαδή δεν οδήγησε σε φωτοβολία λαμπτήρα.

Πίνακας 20

Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 6ΕΥ113

| Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα |
|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| Π1=ΚΚΚΚΚ=7 | Π7-ΚΠΚΠΠ=1 | Π13-ΚΠΠΚΚ=Χ | Π19-ΠΚΚΚΠ=8 (Ε) |
| Π2-ΚΠΠΠΠ=Χ | Π8-ΚΚΠΚΠ=Χ | Π14-ΠΚΚΠΠ=4 | Π20-ΠΠΚΚΠ=6 |
| Π3-ΠΚΚΚΠ=8 | Π9-ΚΚΚΚΠ=7 | Π15-ΚΠΠΠΚ=Χ | Π21-ΚΚΠΚΚ=Χ |
| Π4-ΠΚΚΠΚ=4 | Π10-ΚΚΠΚΚ=Χ | Π16-ΚΠΚΠΚ=1 | Π22-ΚΚΚΠΚ=3 |
| Π5-ΚΠΠΚΚ=Χ | Π11-ΠΠΚΠΠ=2 | Π17-ΠΚΚΠΚ=4 | Π23-ΚΠΚΚΠ=5 |
| Π6-ΚΠΠΚΠ=Χ | Π12-ΠΚΠΠΠ=Χ | Π18-ΚΠΚΠΚ=1 | Π24-ΚΠΚΚΚ=5 |
| | | | Π25-ΠΚΚΚΚ=8 |

Στην ερώτηση, αν κατά τη γνώμη του θα έπρεπε να τερματιστεί η διερεύνηση στο δεδομένο σημείο, υποστήριξε ότι “ίσως υπάρχουν κάποια κυκλώματα για να ανάβουν μερικά λαμπάκια” (Υ3) και εκτέλεσε τα πειράματα ΠΚΚΚΠ, και ΠΚΚΠΚ (Π3, Π4) τα οποία οδήγησαν σε φωτοβολία των λαμπτήρων 8 και 4, αντίστοιχα. Τα δύο αυτά πειράματα τον οδήγησαν στην επαναδιατύπωση της προηγούμενης υπόθεσης και υποστήριξε ότι “υπάρχουν κυκλώματα για να ανάβουν όλα τα λαμπάκια...ένα κάθε φορά.” Προσπαθώντας να πετύχει τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων, εκτέλεσε ακόμα 12 πειράματα διατυπώνοντας και αντίστοιχες υπο-υποθέσεις (Π5-Π16).

Με την πρώτη του υπο-υπόθεση, μετά την επαναδιατύπωση της Υ3, υποστήριξε ότι με το πείραμα ΚΠΠΚΚ (Π5) θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας 3, χωρίς, όμως, να την αιτιολογήσει. Το πείραμα αυτό είχε αρνητικό αποτέλεσμα (δεν άναψε λαμπτήρας) κι έτσι υποστήριξε ότι, ίσως, μετακινώντας μόνο το διακόπτη 5 να κλείνει το κύκλωμα. Εκτέλεσε το πείραμα ΚΠΠΚΠ (Π6), στο οποίο εφάρμοσε έλεγχο μεταβλητών, αφού μετακίνησε μόνο ένα διακόπτη. Στη συνέχεια, υποστήριξε ότι ίσως έκλεινε το κύκλωμα, αν οι διακόπτες 1, 3 ήταν στη θέση “κάτω” και εκτέλεσε το

πείραμα ΚΠΚΠΠ (Π7), το οποίο οδήγησε στη φωτοβολία του λαμπτήρα 1. Ακολούθησε, το πείραμα ΚΚΠΚΠ (Π8) υποθέτοντας ότι θα φωτοβολούσε ένας άλλος λαμπτήρας. Μετά το αρνητικό αποτέλεσμα αυτού του πειράματος, υποστήριξε ότι αν έκλεινε το διακόπτη 3 στο προηγούμενο πείραμα, ίσως έκλεινε και το κύκλωμα και εκτέλεσε το πείραμα ΚΚΚΚΠ (Π9), το οποίο οδήγησε στη φωτοβολία του λαμπτήρα 7. Και σε αυτό το πείραμα έλεγξε μεταβλητές, αφού μετακίνησε μόνο το διακόπτη 3 (γενικό διακόπτη) κλείνοντας έτσι το κύκλωμα. Παρόλο, όμως, που διατύπωσε και σωστή υπόθεση, η οποία επιβεβαιώθηκε με το πειραματικό αποτέλεσμα, δεν ήταν σε θέση να οδηγηθεί σε κανένα συμπέρασμα κι έτσι άφησε τις πληροφορίες αυτές ανεκμετάλλευτες. Από τις προηγούμενες προσπάθειες είχε δεδομένα με αρνητικά και θετικά πειράματα. Αν εκμεταλλευόταν τα δεδομένα των θετικών και αρνητικών πειραμάτων σε σχέση με το πειραματικό αποτέλεσμα του Π9, το οποίο οδήγησε σε φωτοβολία λαμπτήρα μετά από μετακίνηση του γενικού διακόπτη, θα έπρεπε να οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι ο διακόπτης 3 ήταν ο γενικός διακόπτης, ή έστω ότι είχε ένα ξεχωριστό ρόλο στο κύκλωμα της συσκευής.

Παρόλα αυτά, με το πείραμα Π9, οδηγήθηκε στην υπόθεση ότι “υπάρχουν δύο τρόποι για να φωτοβολεί ένας λαμπτήρας” (Υ4), αφού είχε πετύχει τη φωτοβολία του λαμπτήρα 7 και σε προηγούμενη πειραματική προσπάθεια (Π1). Με βάση την υπόθεση αυτή, εκτέλεσε το πείραμα ΚΚΠΚΚ (Π10) επιδιώκοντας να πετύχει τη φωτοβολία του λαμπτήρα 8 με δεύτερο συνδυασμό, χωρίς να προηγηθεί οποιαδήποτε σύγκριση των συνδυασμών που οδήγησαν στη φωτοβολία του λαμπτήρα 7. Αφού δεν τον πέτυχε, εγκατέλειψε την υπόθεση αυτή και επέστρεψε στις προσπάθειές του, για να πετύχει φωτοβολία όλων των λαμπτήρων (Υ3). Αφού, το Π10 είχε αρνητικό αποτέλεσμα υποστήριξε ότι “αν κάνεις αντίθετα τους διακόπτες ίσως ανάψει λαμπάκι” και άλλαξε τη θέση όλων των διακοπών του προηγούμενου πειράματος, εκτελώντας

το πείραμα ΠΠΚΠΠ (Π11) το οποίο είχε θετικό αποτέλεσμα. Το πείραμα αυτό αποτέλεσε ακόμα μια ένδειξη ότι ο διακόπτης 3 ήταν γενικός διακόπτης, αφού στο πείραμα που ο μόνος διακόπτης στη θέση “πάνω” ήταν ο 3, δε φωτοβόλησε λαμπτήρας, ενώ όταν ήταν ο μόνος διακόπτης στη θέση “κάτω” φωτοβόλησε λαμπτήρας, πληροφορία που όμως δεν αξιοποίησε. Αντίθετα, συνέχισε τον πειραματισμό εκτελώντας το πείραμα ΠΚΠΠΠ (Π12) και υποστηρίζοντας ότι θα φωτοβολούσε ένας λαμπτήρας. Αφού δεν το πέτυχε, υποστήριξε ότι, αν κάποιος άλλοι διακόπτες βρίσκονταν στη θέση “κάτω,” ίσως φωτοβολούσε ένας λαμπτήρας και εκτέλεσε το πείραμα ΚΠΠΚΚ (Π13), το οποίο είχε και πάλι αρνητικό αποτέλεσμα. Αξιοποιώντας το πείραμα (Π11) στο οποίο, αλλάζοντας τη θέση όλων των διακοπών, πέτυχε θετικό αποτέλεσμα, υποστήριξε ότι αν άλλαζε και πάλι τη θέση όλων των διακοπών θα είχε θετικό αποτέλεσμα. Πράγματι, το πείραμα ΠΚΚΠΠ (Π14) είχε θετικό αποτέλεσμα, αφού αλλάζοντας τη θέση όλων των διακοπών ενός πειράματος με αρνητικό αποτέλεσμα κλείνει ο γενικός διακόπτης που ήταν ανοιχτός. Στη συνέχεια, εκτέλεσε τα πειράματα ΚΠΠΠΠ και ΚΠΚΠΚ (Π15, Π16) αναμένοντας ότι θα είχαν θετικό αποτέλεσμα.

Με το Π16 πέτυχε τη φωτοβολία του λαμπτήρα 1 με δεύτερο συνδυασμό και, αφού το παρατήρησε, οδηγήθηκε στη σύγκριση των συνδυασμών που οδήγησαν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα. Μέσα από αυτή τη σύγκριση, οδηγήθηκε στο συμπέρασμα “όταν μόνο ο διακόπτης 5 διαφέρει, ανάβει το ίδιο λαμπάκι.” Για να το ελέγξει αυτό εκτέλεσε το πείραμα ΠΚΚΠΚ (Π17) προσπαθώντας να πετύχει τη φωτοβολία του λαμπτήρα 4 για δεύτερη φορά και μετακινώντας μόνο το διακόπτη 5, σε σχέση με το Π14, που είχε οδηγήσει στη φωτοβολία του λαμπτήρα 4. Παρόλο που φαίνεται ότι στο σημείο αυτό αντιλήφθηκε τη διαφορετικότητα του διακόπτη 5 στη συνέχεια, προσπάθησε να πετύχει τη φωτοβολία του λαμπτήρα 8 με δεύτερο

συνδυασμό, χωρίς όμως να μετακινήσει αποκλειστικά το διακόπτη 5. Από το σημείο αυτό της διερεύνησης είναι το απόσπασμα που ακολουθεί.

.....

Ε. Μπορείς να ανάψεις και πάλι το 8;

Π. Να δοκιμάσω. (Π18-ΚΚΠΚΠ). Δεν άναψε.

Ε. Τι έκανες δηλαδή;

Π. Αλλάξα δύο διακόπτες (1,3)

Ε. Μπορείς να ξαναδείς πότε άναψε το 8. Αυτός ο πίνακας μπορεί να σε βοηθήσει. Τι θα κάνεις τώρα; Έβαλες τα τρία μεσαία κάτω.

Π. (Π19-ΠΚΚΚΠ). Άναψε το 8 πάλι. Είναι το ίδιο με την άλλη φορά;

Ε. Έλεγξε το.

Π. Είναι το ίδιο. Δε θα το γράψω.

Ε. Τι μπορείς να διαφοροποιήσεις;

Π. Να φύγω το 2.

Ε. Και τι θα γίνει;

Π. Θα ανάψει πάλι το 8. (Π20-ΠΠΚΚΠ). Άναψε και το 6. Δεν άναψε ξανά. Το καταφέραμε να ανάψει και το 6. Μας έμεινε μόνο το 3.

Ε. Έλεγξε ό,τι έκανες. Ποια λαμπάκια έχουν ανάψει;

Α. Μας έμεινε και το 5. Το 3 και το 5.

.....

Αφού δεν πέτυχε τη φωτοβολία του λαμπτήρα 8 για δεύτερη φορά, εγκατέλειψε τις προσπάθειες για εξαγωγή συμπεράσματος όσον αφορά το διακόπτη 5 και επιδίωξε να βρει τους συνδυασμούς για τους λαμπτήρες που δεν είχαν φωτοβολήσει μέχρι τη δεδομένη στιγμή. Εκτέλεσε τα πειράματα ΚΚΠΚΚ, ΚΚΚΠΚ και ΚΠΚΚΠ (Π21-Π23) και το πέτυχε, αφού όμως, μετά το Π21 που είχε αρνητικό αποτέλεσμα υποστήριξε ότι ο λαμπτήρας 3 δε θα φωτοβολούσε. Στο σημείο αυτό δήλωσε ότι δεν είχε τίποτε άλλο να κάνει, αφού πέτυχε τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων. Μετά από παρακίνηση, έλεγξε τα πειραματικά του δεδομένα και πέτυχε τη φωτοβολία των λαμπτήρων 5 και 8 με διαφορετικό συνδυασμό, μετακινώντας μόνο το διακόπτη 5 (Π24, Π25). Αφού το πέτυχε αυτό οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι ο διακόπτης 5 είναι διαφορετικός και ο ρόλος του είναι “να ανάβει τις λάμπες.” Επομένως προσέδωσε στο διακόπτη 5

(“εικονικό” διακόπτη) το ρόλο του γενικού διακόπτη, αφού υποστήριξε ότι “ανάβει τις λάμπες” γενικά. Στο σημείο αυτό τερματίστηκε η διερεύνηση, αφού δεν αξιοποίησε τα δεδομένα του, για να οδηγηθεί επαγωγικά σε άλλα συμπεράσματα.

Στρατηγική 4: Συστηματική μετακίνηση διακοπών με ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων. Η στρατηγική αυτή ταυτίζεται με στρατηγική “Συστηματική διερεύνηση στο χώρο των πειραμάτων” ως προς τη συστηματική μετακίνηση των διακοπών, αλλά διαφέρει από αυτή ως προς την ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων. Τα παιδιά που ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή, εκτός από τη συστηματική μετακίνηση των διακοπών, διετύπωσαν ένα μεγαλύτερο βαθμό υποθέσεων από τα παιδιά της στρατηγικής 2 (περισσότερες από τρεις υποθέσεις). Όμως και αυτά τα παιδιά διετύπωσαν ένα μεγάλο αριθμό υπο-υποθέσεων για συγκεκριμένες υποθέσεις, κάτι που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι δεν ήταν σε θέση να διαφοροποιούν τις υποθέσεις τους με βάση τα πειραματικά τους δεδομένα. Η ειδοποιός διαφορά της στρατηγικής αυτής με τη στρατηγική “Συστηματική διερεύνηση στο χώρο των πειραμάτων” οφείλεται στην ικανότητα που επέδειξαν τα παιδιά για εξαγωγή συμπερασμάτων και για λύση του προβλήματος (είτε εντοπισμός του γενικού διακόπτη, είτε εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη, είτε εντοπισμός και των δύο διακοπών). Όσοι ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή έλυσαν έστω και ένα μέρος του προβλήματος, αλλά για τη λύση του προβλήματος στηρίχτηκαν αποκλειστικά στα δεδομένα τους και όχι στο συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων. Από τον Πίνακα 17, φαίνεται ότι η στρατηγική αυτή χρησιμοποιήθηκε κυρίως από παιδιά με υψηλές ικανότητες, τόσο της Δ΄ όσο και της Στ΄ τάξης. Επίσης ήταν η πιο δημοφιλής από τις πέντε στρατηγικές που ακολούθησαν τα παιδιά στη διερεύνηση

αυτή. Όσον αφορά τη μέθοδο καταγραφής, δεν παρουσιάζεται καμιά σχεδόν διαφοροποίηση.

Το παιδί 4ΕΥ336 αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα παιδιού που ακολούθησε αυτή τη στρατηγική. Στον Πίνακα 21 παρουσιάζεται η πορεία πειραματισμού του συγκεκριμένου μαθητή.

Πίνακας 21
Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 4ΕΥ336

| Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα |
|------------|-------------|-------------|-------------|
| Π1-ΚΠΠΠΠ=Χ | Π7-ΠΠΠΚΚ=Χ | Π13-ΠΚΚΠΠ=4 | Π19-ΚΚΠΠΚ=Χ |
| Π2-ΚΚΠΠΠ=Χ | Π8-ΚΠΚΠΠ=1 | Π14-ΚΠΠΚΠ=Χ | Π20-ΚΠΚΚΠ=5 |
| Π3-ΚΚΚΠΠ=3 | Π9-ΠΚΠΠΚ=Χ | Π15-ΚΚΚΠΠ=3 | Π21-ΠΚΚΠΚ=4 |
| Π4-ΚΚΚΚΠ=7 | Π10-ΠΚΠΚΠ=Χ | Π16-ΠΠΚΚΚ=6 | Π22-ΠΚΚΚΚ=8 |
| Π5-ΚΚΚΚΚ=7 | Π11-ΠΠΚΠΚ=2 | Π17-ΠΚΚΚΠ=8 | |
| Π6-ΠΠΚΚΠ=6 | Π12-ΚΚΠΠΠ=Χ | Π18-ΚΠΚΠΚ=1 | |

Στην αρχή της διερεύνησης με την κύρια πειραματική συσκευή, διετύπωσε την αρχική του υπόθεση, σύμφωνα με την οποία ένας διακόπτης είναι υπεύθυνος για ένα ή περισσότερα λαμπάκια τα οποία θα φωτοβολούν ταυτόχρονα. Για να ελέγξει την υπόθεση αυτή, εκτέλεσε τα πειράματα (Π1-Π5) ΚΠΠΠΠ, ΚΚΠΠΠ, ΚΚΚΠΠ, ΚΚΚΚΠ, ΚΚΚΚΚ αναμένοντας ότι υπήρχε περίπτωση ταυτόχρονης φωτοβολίας λαμπτήρων. Η εκτέλεση αυτών των πειραμάτων είχε ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία δύο μόνο λαμπτήρων.

Για να εξηγήσει πώς οι υπόλοιποι λαμπτήρες θα μπορούσαν να φωτοβολήσουν υποστήριξε ότι “θα πρέπει κάποιος (διακόπτες) να βρίσκονται “κάτω” και κάποιος “πάνω,” για να ανάβουν τα λαμπάκια,” υπονοώντας ότι οι λαμπτήρες θα φωτοβολούσαν με συνδυασμούς διακοπών. Επίσης υποστήριξε ότι υπήρχε περίπτωση να φωτοβολήσουν δύο ή και περισσότεροι λαμπτήρες ταυτόχρονα. Την υπόθεση αυτή την απέρριψε με το πείραμα Π6. Συγκεκριμένα εκτέλεσε το πείραμα ΠΠΚΚΠ (Π6)

και στη συνέχεια διατύπωσε την υπόθεση “Ένα μόνο λαμπάκι ανάβει κάθε φορά. Θα ανάψουν όλα τα λαμπάκια.” Για τον έλεγχο της νέας υπόθεσης του, διατύπωσε 14 υπο-υποθέσεις και εκτέλεσε αντίστοιχα 14 πειράματα (Π7-Π20) τα οποία οδήγησαν στη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων. Στην πλειοψηφία των υπο-υποθέσεών του, ανέφερε τον αριθμό του λαμπτήρα που ανέμενε να φωτοβολήσει και στήριζε την υπο-υπόθεσή του ανάλογα με το ποιοι λαμπτήρες δεν είχαν φωτοβολήσει μέχρι τη δεδομένη στιγμή. Έτσι, για παράδειγμα, στην υπο-υπόθεση για το Π12 (ΚΚΠΠΠ), υποστήριξε ότι με το επόμενο πείραμα θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας 4 που δεν είχε φωτοβολήσει μέχρι τη δεδομένη στιγμή. Αξιοσημείωτο είναι το ότι σε καμιά από τις υπο-υποθέσεις του δεν υποστήριξε ότι υπήρχε πιθανότητα στο επόμενο πείραμα να μην φωτοβολούσε λαμπτήρας. Αυτό παραπέμπει στη στρατηγική θετικού ελέγχου, όπου όλα τα πειράματα και οι υποθέσεις σκοπό έχουν την επιβεβαίωση, και όχι την απόρριψη της υπόθεσης, και επιπλέον φαίνεται ότι το συγκεκριμένο παιδί δεν αντλούσε πληροφορίες τόσο από τα θετικά όσο και από τα αρνητικά πειράματα. Η αδυναμία του να αντλήσει πληροφορίες από τα θετικά και τα αρνητικά πειράματα φαίνεται, επίσης, από τη μη διαφοροποίηση της κύριας υπόθεσης κατά την εκτέλεση 14 διαδοχικών πειραμάτων.

Στα πειράματα Π6-Π20 είναι, επίσης, φανερό η προσπάθεια συστηματικής μετακίνησης των διακοπών, αφού στα πρώτα 8 πειράματα διατηρούσε στη θέση “κάτω” δύο διακόπτες και στα υπόλοιπα 6 διατηρούσε στη θέση “κάτω” τρεις διακόπτες, κάτι που εξάλλου είχε δηλώσει και στη συνέντευξη. Επιπλέον στην ελεύθερη καταγραφή των αποτελεσμάτων, κατέγραφε μόνο τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω.” Έτσι εκτέλεσε τα πειράματα ΠΠΚΚΠ, ΠΠΠΚΚ, ΚΠΚΠΠ, ΠΚΠΠΚ, ΠΚΠΚΠ, ΠΠΚΠΚ, ΚΚΠΠΠ, ΠΚΚΠΠ, ΚΠΠΚΠ (Π6-Π15), τα οποία κατέγραφε ως εξής: 3, 4 κάτω ανάβει το 6, 4, 5 κάτω δεν ανάβει λαμπάκι, 1, 3 κάτω ανάβει το 1 κ.ό.κ. Αφού εκτέλεσε τα πειράματα Π6-Π15, υποστήριξε ότι “δεν

έχει άλλες δυνάδες να δοκιμάσω,” δηλώνοντας ότι εκτέλεσε το σύνολο των πειραμάτων στα οποία δύο διακόπτες βρίσκονταν στη θέση “κάτω.” Παρατηρώντας τα κατεγραμμένα του αποτελέσματα φαίνεται ότι, μέχρι τη δεδομένη στιγμή, το μόνο πείραμα που δεν είχε εκτελέσει έχοντας δύο διακόπτες στη θέση “κάτω” ήταν το πείραμα ΚΠΠΠΚ, κάτι που όμως δεν αντιλήφθηκε. Συνέχισε τη διερεύνηση με τα πειράματα Π15-Π20 στα οποία τρεις διακόπτες βρίσκονταν στη θέση “κάτω.” Μετά την εκτέλεση του πειράματος Π20 πέτυχε τη φωτοβολία του λαμπτήρα 5 που ήταν τελευταίος λαμπτήρας, που δεν είχε φωτοβολήσει ως το σημείο εκείνο της διερεύνησης, και έτσι θεώρησε ότι η διερεύνηση ολοκληρώθηκε. Αυτό υποστηρίζει ότι το συγκεκριμένο παιδί εργάστηκε ως μηχανικός, αφού δεν προσπάθησε διερευνήσει όλες τις πιθανές σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές, αλλά προσανατολίστηκε προς ένα επιθυμητό αποτέλεσμα.

Μετά από προτροπή για εξέταση των καταγραμμένων αποτελεσμάτων, παρατήρησε ότι κάποιοι λαμπτήρες φωτοβόλησαν σε δύο περιπτώσεις και οδηγήθηκε σε σύγκριση των συνδυασμών που οδηγούσαν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα. Από τη σύγκριση αυτή, διατυπώθηκε η υπόθεση “Ο 5 δεν είναι τίποτα και γι αυτό άναψε το ίδιο λαμπάκι.” Στην προσπάθειά του να ελέγξει την υπόθεση αυτή, παρατήρησε το συνδυασμό του Π17, ο οποίος οδήγησε στη φωτοβολία του λαμπτήρα 8 (ΠΚΚΚΠ, ή σύμφωνα με την καταγραφή του: 2,3,4 κάτω) και υποστήριξε ότι για να φωτοβολήσει ο λαμπτήρας 8 με διαφορετικό συνδυασμό θα έπρεπε να “προσθέσει” το διακόπτη 5, αλλά ταυτόχρονα να “αφαιρέσει” το διακόπτη 4 από το συνδυασμό. Έτσι, εκτέλεσε το πείραμα ΠΚΚΠΚ (Π20) το οποίο οδήγησε στη φωτοβολία του λαμπτήρα 4. Συγκρίνοντας τις δύο περιπτώσεις που είχαν ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία του λαμπτήρα 4: ΠΚΚΠΠ, ΠΚΚΠΚ οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι για να φωτοβολήσει ο ίδιος λαμπτήρας με δεύτερο συνδυασμό πρέπει να “προσθέσουμε” στο συνδυασμό

το διακόπτη 5 και έτσι εκτέλεσε το πείραμα ΠΚΚΚΚ (Π20) υποθέτοντας ότι θα φωτοβολούσε ο λαμπτήρας 8, όπως ακριβώς και έγινε. Στη συνέχεια, ολοκλήρωσε την υπόθεσή του, υποστηρίζοντας ότι “όταν σε ένα συνδυασμό υπάρχει ο διακόπτης 5, τότε για να ανάψει το ίδιο λαμπάκι τον φεύγουμε. Ο 5 δεν κάνει τίποτα,” εννοώντας ότι αν σε ένα συνδυασμό ο διακόπτης 5 είναι στη θέση “κάτω,” τότε για να φωτοβολήσει ο ίδιος λαμπτήρας, θα έπρεπε ο διακόπτης 5 να μετακινηθεί στη θέση “πάνω” και αντίθετα.

Αφού το παιδί αυτό εντόπισε τον “εικονικό” διακόπτη, ενθαρρύνθηκε να μελετήσει προσεκτικά τα αποτελέσματά του και να εξηγήσει, γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις φωτοβολούσε λαμπτήρας και σε άλλες όχι. Ακολουθεί το σχετικό απόσπασμα της συνέντευξης:

.....

A. Ένα λεπτό. Το 3.

E. Δηλαδή;

A. Χρειάζεται να βάλω και το 3 για να ανάβει.

E. Δηλαδή;

A. Όπου έβαλα και το 3 άναψε. Το χρειάζονται.

E. Όταν δεν έχω το 3;

A. Δεν ανάβουν. Χρειάζεται το 3.

E. Πού πρέπει να είναι το 3;

A. Κάτω.

E. Τι είναι ο 3 δηλαδή;

A. Αυτός που τα ανάβει όλα. Ο πιο σημαντικός.

E. Έχει κάποιο όνομα;

A. Δεν ξέρω. Είναι ο σημαντικός διακόπτης

.....

Έτσι το παιδί αυτό οδηγήθηκε στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη, μετά από προτροπή για επανεξέταση των δεδομένων του στο τέλος της διερεύνησης, στηριζόμενος αποκλειστικά στην καταγραφή των δεδομένων του και όχι στο συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων.

Στρατηγική 5: Διατύπωση Υποθέσεων με Συντονισμό Υποθέσεων και Πειραμάτων. Τα παιδιά που χρησιμοποίησαν τη συγκεκριμένη στρατηγική είχαν αναπτύξει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα για διατύπωση υποθέσεων και τη διαφοροποίηση των υποθέσεων με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα. Τα παιδιά αυτά διατύπωσαν ένα μεγάλο αριθμό υποθέσεων και για κάθε υπόθεση διατύπωναν σχετικά μικρό αριθμό υπο-υποθέσεων, αφού διαφοροποιούσαν τις υποθέσεις τους ανάλογα με τα δεδομένα. Τα παιδιά αυτά οδηγήθηκαν στη λύση του προβλήματος και πιο συγκεκριμένα στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη με συντονισμό των υποθέσεων και των δεδομένων κατά τη διάρκεια της διερεύνησης. Επιπλέον, κάποια παιδιά έδειξαν στοιχεία ώριμης συνδυαστικής σκέψης με συστηματική μετακίνηση των διακοπών, αλλά δεν αποτέλεσε κύρια επιδίωξή τους, αφού, ανάλογα με τις υποθέσεις, εκτελούσαν και το αντίστοιχο πείραμα, που δεν αποτελούσε συνέχεια με το προηγούμενο ως προς τη μετακίνηση των διακοπών. Αντίθετα, σχεδόν όλα τα παιδιά που ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή κατάφεραν να πετύχουν την εκτέλεση όλων των αναγκαίων πειραμάτων. Σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 17 η στρατηγική αυτή ακολουθήθηκε αποκλειστικά από παιδιά με υψηλές ικανότητες. Επιπλέον, είναι εμφανής η διαφορά ανάμεσα στα παιδιά Δ' και Στ' τάξης, αφού η πλειοψηφία των παιδιών που ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή ήταν παιδιά έκτης τάξης.

Το παιδί 6ΠΥ246 αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που χρησιμοποίησε τη στρατηγική αυτή. Ο Πίνακας 22 παρουσιάζει τη σειρά των πειραμάτων που εκτέλεσε το συγκεκριμένο παιδί κατά τη διάρκεια της συνέντευξης. Η αρχική υπόθεση που διατύπωσε κατά την ενασχόλησή του με την κύρια πειραματική συσκευή υποστήριξε ότι ο κάθε διακόπτης είναι υπεύθυνος για ένα ή δύο λαμπάκια, τα οποία θα φωτοβολούν ταυτόχρονα. Αυτή η υπόθεση στηρίχτηκε στο ότι οι διακόπτες

της συσκευής είναι λιγότεροι από τους λαμπτήρες και η υπόθεση θα έπρεπε να λύνει το πρόβλημα της φωτοβολίας και των 8 λαμπτήρων.

Πίνακας 22

Πορεία Πειραματισμού του Υποκειμένου 6ΠΥ246

| Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα | Πείραμα |
|------------|-------------|-------------|-------------|
| Π1-ΚΠΠΠΠ=X | Π7-ΚΚΠΠΚ=X | Π13-ΠΚΚΚΚ=8 | Π19-ΚΠΚΠΠ=1 |
| Π2-ΠΠΠΠΠ=X | Π8-ΚΠΚΚΚ=5 | Π14-ΚΚΠΚΚ=X | Π20-ΠΚΚΠΠ=4 |
| Π3-ΚΠΠΠΚ=X | Π9-ΚΚΚΠΚ=3 | Π15-ΠΠΚΠΠ=2 | Π21-ΠΠΠΚΚ=X |
| Π4-ΚΠΠΠΠ=X | Π10-ΚΚΚΚΠ=7 | Π16-ΠΠΠΚΠ=X | Π22-ΠΚΚΚΠ=8 |
| Π5-ΚΚΚΚΚ=7 | Π11-ΠΚΠΠΠ=X | Π17-ΠΠΠΠΚ=X | |
| Π6-ΠΠΚΠΠ=2 | Π12-ΠΠΠΚΚ=X | Π18-ΚΚΠΠΠ=X | |

Αφού εκτέλεσε το πείραμα ΚΠΠΠΠ (Π1), για να ελέγξει την αρχική του υπόθεση, δεν προχώρησε στην εκτέλεση των άλλων τεσσάρων πειραμάτων που αντιστοιχούν στη μετακίνηση των υπόλοιπων διακοπών, όπως προνοούσε η υπόθεση. Διαφοροποίησε την αρχική του υπόθεση, μετά από τα ασύμφωνα προς αυτήν πειραματικά δεδομένα, και υποστήριξε ότι “για να ανάβουν τα λαμπάκια, οι διακόπτες πρέπει να είναι πάνω.” Εκτέλεσε το πείραμα ΠΠΠΠΠ (Π2), το οποίο δεν επιβεβαίωσε την υπόθεσή του και έτσι οδηγήθηκε στην τρίτη υπόθεση, σύμφωνα με την οποία “για να ανάβουν τα λαμπάκια, κάποιοι διακόπτες πρέπει να είναι κάτω και κάποιοι πάνω.” Για τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής προχώρησε στα πειράματα Π3 και Π4 (ΚΠΠΠΚ και ΚΠΠΠΠ), τα οποία είχαν αρνητικό αποτέλεσμα και οδήγησαν και πάλι στην απόρριψη της υπο εξέταση υπόθεσης. Επανέλαβε επίσης το πείραμα ΚΠΠΠΠ (Π1), χωρίς όμως να το αντιληφθεί. Στη συνέχεια, υποστήριξε ότι αν μετακινήσει “όλους τους διακόπτες κάτω, θα ανάψουν όλα τα λαμπάκια,” μια υπόθεση που ήταν η αρχική υπόθεση αρκετών υποκειμένων. Αφού εκτέλεσε το πείραμα ΚΚΚΚΚ (Π5), το οποίο οδήγησε στη φωτοβολία ενός μόνο λαμπτήρα, αναδιατύπωσε μια προηγούμενη

υπόθεση και υποστήριξε ότι για να φωτοβολούν λαμπτήρες θα έπρεπε να σχηματίσει διάφορους συνδυασμούς των διακοπών.

Για τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής, εκτέλεσε δύο πειράματα (Π6-Π7), τα πειράματα ΠΠΚΠΠ, ΚΚΠΠΚ από τα οποία το ένα είχε θετικό αποτέλεσμα και το άλλο αρνητικό. Η επιλογή των δύο αυτών πειραμάτων έγινε τυχαία. Πριν την εκτέλεση του Π7, διατύπωσε την υπο-υπόθεση “επειδή οι διακόπτες 1, 2, 4 είναι στη θέση “κάτω” θα ανάψουν τα λαμπάκια 1, 2, 4.” Την περίπτωση της ταυτόχρονης φωτοβολίας πολλαπλών λαμπτήρων απέρριψε μετά την εκτέλεση του Π7 και διετύπωσε διαφορετική υπόθεση, σύμφωνα με την οποία “σε κάθε περίπτωση θα ανάβει ένα λαμπάκι.” Για τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής, εκτέλεσε τα πειράματα ΚΠΚΚΚ, ΚΚΚΠΚ, ΚΚΚΚΠ και ΠΚΠΠΠ (Π8-Π11), υποθέτοντας ότι σε κάθε περίπτωση θα φωτοβολούσε ένας λαμπτήρας. Μετά την εκτέλεση του Π11, το οποίο είχε αρνητικό αποτέλεσμα, υποστήριξε ότι “για να φωτοβολεί λαμπτήρας πρέπει περισσότεροι από ένας διακόπτες να είναι κάτω.” Από το σημείο αυτό φαίνεται ότι απέδιδε στη θέση “κάτω” ενεργητικό ρόλο και συνεπώς στη θέση “πάνω” ανασταλτικό ρόλο και για αυτό υποστήριξε ότι περισσότεροι διακόπτες στη θέση “κάτω” θα οδηγούσαν σε φωτοβολία λαμπτήρα.

Για να ελέγξει την υπόθεση “για να φωτοβολεί λαμπτήρας πρέπει περισσότεροι του ενός διακόπτες να είναι κάτω”, εκτέλεσε το πείραμα ΠΠΠΚΚ (Π12), το οποίο είχε και πάλι αρνητικό αποτέλεσμα, και χωρίς να αλλάξει την υπόθεσή του συνέχισε με τα πειράματα ΠΚΚΚΚ και ΚΚΠΚΚ (Π13, Π14), υποθέτοντας ότι θα φωτοβολούσε λαμπτήρας, αφού στη θέση “κάτω” βρίσκονταν τέσσερις διακόπτες. Όταν εκτέλεσε το Π14 (ΚΚΠΚΚ) παρατήρησε ότι μόνο ο διακόπτης 3 βρισκόταν στη θέση “πάνω” και το πείραμα αυτό δεν είχε θετικό αποτέλεσμα. Η παρατήρηση αυτή τον οδήγησε στην υπόθεση, “Μπορεί ο διακόπτης 3 να μην αντιστοιχεί σε κάποιο λαμπτήρα.” Με την

υπόθεση αυτή θεώρησε ότι ο διακόπτης 3 δεν ήταν χρήσιμος στο κύκλωμα, γιατί δεν ήταν υπεύθυνος για τη φωτοβολία ενός λαμπτήρα. Παρόλη τη μη ορθότητα της υπόθεσης αυτής, η προσοχή του παιδιού, από το σημείο αυτό της διερεύνησης, στράφηκε στη διαφορετικότητα του διακόπτη 3. Για να ελέγξει την υπόθεσή του, εκτέλεσε το πείραμα ΠΠΚΠΠ (Π15) αναμένοντας ότι κανένας λαμπτήρας δε θα φωτοβολούσε, αφού μόνο ο διακόπτης 3 ήταν στη θέση “κάτω” και θεωρούσε ότι ο διακόπτης 3 δεν ήταν χρήσιμος στο κύκλωμα. Με τη διατύπωση της υπο-υπόθεσης αυτής φαίνεται ότι δεν αντιλήφθηκε ότι στα πειράματα Π14 και Π15 ο διακόπτης 3 βρισκόταν σε διαφορετική θέση, οπότεν λογικό θα ήταν να “συμπεριφερθεί” διαφορετικά. Το θετικό αποτέλεσμα του Π15 οδήγησε στη διατύπωση της νέας υπόθεσης “Όταν είναι μόνο ένας διακόπτης είναι κάτω ανάβει λαμπάκι,” εγκαταλείποντας για δεύτερη φορά χρήσιμα δεδομένα που θα οδηγούσαν, με κατάλληλη επεξεργασία, στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη. Στο απόσπασμα που ακολουθεί, φαίνεται ο έλεγχος της υπόθεσης αυτής και ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη της συσκευής.

.....

A. Όταν είναι κάτω μόνο ένας διακόπτης, τότε ανάβει λαμπάκι.

E. Πώς θα το ελέγξεις;

A. Να βάζω κάτω ένα διακόπτη κάθε φορά. Αλλά μερικά τα έχω δοκιμάσει. Με το 1 μόνο κάτω το έκανα και δεν άναψε (Π1), ούτε με το 2 άναψε (Π11), με το 3 κάτω άναψε (Π15). Μόνο με τον 4 και το 5 δεν το κάναμε. Να το κάνω.

E. Τι περιμένεις να γίνει;

A. Θα ανάψει νομίζω (Π16-ΠΠΠΚΠ) (Π17-ΠΠΠΠΚ). Δεν άναψε.

E. Πες μου το συμπέρασμά σου.

A. Το 3 όταν είναι κάτω μπορεί να ανάψει ένα φωτάκι, άμα είναι τα άλλα κάτω δεν ανάβουν.

E. Τι πρέπει να κάνεις για να ανάβουν τα λαμπάκια

A. Μπορεί να θέλει να είναι δύο αριθμοί κάτω για να ανάβει.

E. Ποιους θα δοκιμάσεις;

A. Το 1, 2 **(Π18-ΚΚΠΠΠ)**. Δεν άναψε.

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. 1, 3

E. Και τι περιμένεις να γίνει;

A. Να ανάψει γιατί είναι και το 3 κάτω και πριν όταν ήταν το 3 κάτω άναβε **(Π19-ΚΠΚΠΠ)**. Άναψε το 1. Σημαίνει ότι όταν είναι το 3 και με κάποιον άλλο αριθμό ανάβει. Να δοκιμάσουμε με κάποιον άλλο αριθμό το 3 για να το ελέγξουμε **(Π20-ΠΚΚΠΠ)**. Ανάβει πάλι. Σημαίνει ότι όταν είναι το 3 κάτω και με κάποιον άλλο διακόπτη ανάβει. Δηλαδή το 3 δεν ενοχλεί αν είναι και κάποιος άλλος αριθμός κάτω. Να δοκιμάσουμε να μην είναι το 3 κάτω.

E. Τι θα συμβεί νομίζεις;

A. Δεν ανάβει νομίζω

E. Δοκίμασε

A. **(Π21-ΠΠΠΚΚ)**. Δεν άναψε.

E. Ποιο είναι το συμπέρασμά σου;

A. Όταν δύο είναι κάτω και το 3 πάνω δεν ανάβει. Ενώ όταν είναι το 3 κάτω και με κάποιον άλλο αριθμό ανάβει. Να δοκιμάσουμε όταν είναι τρεις διακόπτες κάτω. Όταν θα είναι και ο 3 κάτω νομίζω θα ανάβει

E. Τι θα κάνεις;

A. 2, 3, 4 κάτω **(Π22-ΠΚΚΚΠ)**. Άναψε το 8. Σημαίνει ότι και με τρεις αριθμούς ανάβει...φτάνει να είναι το 3 κάτω και ανάβουν τα λαμπάκια

.....

Έτσι το παιδί αυτό οδηγήθηκε στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα πειράματα Π20 και Π21, τα οποία σκοπό είχαν να ελέγξουν την υπόθεση “Για να ανάβει λαμπάκι πρέπει ο 3 και κάποιος άλλος διακόπτης να είναι κάτω.” Το πείραμα Π20 αποτελεί θετικό έλεγχο της υπόθεσης, ενώ το Π21 αποτελεί αρνητικό έλεγχο της υπόθεσης. Μετά την εξαγωγή του συμπεράσματος σχετικά με το γενικό διακόπτη της συσκευής, συνέχισε τη διερεύνηση με σκοπό τη φωτοβολία των λαμπτήρων που δεν είχαν φωτοβολήσει. Έτσι, εκτέλεσε το πείραμα ΠΚΚΚΚ. Με τη σύγκριση των δύο διαδοχικών πειραμάτων ΠΚΚΚΠ και ΠΚΚΚΚ, τα οποία είχαν ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα, συμπέρανε ότι, όταν διέφερε μόνο η θέση του διακόπτη 5, δεν άλλαζε το αποτέλεσμα.

Με βάση αυτή την παρατήρηση, εκτέλεσε τα πειράματα ΠΠΚΚΚ και ΠΚΚΠΚ αναμένοντας ότι θα φωτοβολούσαν οι λαμπτήρες που φωτοβόλησαν με τους συνδυασμούς ΠΠΚΚΠ και ΠΚΚΠΠ αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων επιβεβαίωσαν την υπόθεσή του και έτσι διατύπωσε το συμπέρασμα ότι ο διακόπτης 5 δεν ήταν σημαντικός, γιατί δεν επηρέαζε τα πειραματικά αποτελέσματα. Στο σημείο αυτό ολοκληρώθηκε η διερεύνηση.

Συμπερασματικά, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 17, δημοφιλέστερη στρατηγική ήταν η στρατηγική 4, οι υπόλοιπες τέσσερις στρατηγικές χρησιμοποιήθηκαν περίπου από τον ίδιο αριθμό παιδιών. Μια άλλη αξιολογη παρατήρηση είναι η κατανομή των παιδιών στις πέντε στρατηγικές. Η στρατηγική 1 χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά από παιδιά που σημείωσαν χαμηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο, ενώ η στρατηγική 5 αποκλειστικά από παιδιά που σημείωσαν υψηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο. Όσον αφορά τη στρατηγική 5, παρατηρείται αξιολογη διαφορά ανάμεσα στα παιδιά έκτης και τετάρτης τάξης με περισσότερα παιδιά έκτης παρά τετάρτης να χρησιμοποιούν τη στρατηγική αυτή, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τη στρατηγική 1, όσον αφορά τα παιδιά τετάρτης και έκτης τάξης.

Ποσοτική Ανάλυση

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων ποσοτικοποιήθηκαν, με σκοπό τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η ποσοτικοποίηση αξιοποίησε τη μέθοδο της σταθερής συγκριτικής ανάλυσης. Η μεταβλητή Διερευνητική Ικανότητα (ΔΙ) είναι σύνθετη μεταβλητή και αποτελείται από τις ακόλουθες επιμέρους μεταβλητές: 1) εντοπισμός του γενικού διακόπτη της συσκευής, 2) εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη της συσκευής, 3) φωτοβολία λαμπτήρων, 4) ικανότητα συντονισμού υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων για

την εξαγωγή συμπερασμάτων, 5) ικανότητα για έλεγχο μεταβλητών και 6) βαθμός ανάπτυξης της συνδυαστικής σκέψης. Η κάθε μεταβλητή κωδικοποιήθηκε και βαθμολογήθηκε ξεχωριστά. Το άθροισμα των αριθμητικών τιμών των έξι εξαρτημένων μεταβλητών, όπως αποτιμήθηκαν από την ανάλυση έδωσαν, την τιμή της μεταβλητής ΔΙ. Συνεπώς προκύπτει ότι $\Delta I = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$, όπου $X_1 - X_6$ οι έξι επιμέρους μεταβλητές.

Κωδικοποίηση Συνεντεύξεων

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή της ρήτρας κωδικοποίησης της κάθε εξαρτημένης μεταβλητής. Κάθε μεταβλητή αναλύθηκε σε τόσα διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με τις ποιοτικές διαφορές των απαντήσεων. Κάθε ποιοτικά αναβαθμισμένο επίπεδο διέφερε από το προηγούμενο, επειδή περιείχε στοιχεία βελτιωμένης προσπάθειας ή απάντησης. Στο πρώτο επίπεδο δόθηκαν 0 βαθμοί και σε κάθε επιπρόσθετο επίπεδο δόθηκε ένας επιπλέον βαθμός. Έτσι, για παράδειγμα, αν μια μεταβλητή αναλύθηκε σε τρία επίπεδα, στο πρώτο επίπεδο δόθηκαν 0 βαθμοί, στο δεύτερο 1 βαθμός και στο τρίτο 2 βαθμοί. Οι μεταβλητές “συνδυαστική σκέψη” και “ικανότητα συντονισμού υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων” αναλύθηκαν αρχικά σε 3 και 5 παραμέτρους, αντίστοιχα, και, στη συνέχεια, η κάθε παράμετρος αναλύθηκε σε όσα επίπεδα ήταν δυνατό.

Εντοπισμός του γενικού διακόπτη της συσκευής. Η μεταβλητή αυτή αναλύθηκε σε 5 επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο τοποθετήθηκαν όσα παιδιά δεν ασχολήθηκαν καθόλου με τα πειράματα που δεν οδηγούσαν σε φωτοβολία λαμπτήρα. Τα παιδιά αυτά υποστήριζαν ότι η φωτοβολία ή όχι ενός λαμπτήρα γινόταν με τυχαίο τρόπο. Στο δεύτερο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που προσπάθησαν να εξηγήσουν, γιατί, σε

κάποιες πειραματικές προσπάθειες, δε φωτοβολούσε κανένας λαμπτήρας, αλλά δεν κατάφεραν να εντοπίσουν το γενικό διακόπτη της συσκευής. Στο τρίτο επίπεδο τοποθετήθηκαν τα παιδιά που όχι μόνο προσπάθησαν να εξηγήσουν, γιατί δε φωτοβολούσε κανένας λαμπτήρας σε κάποια πειράματα, αλλά εντόπισαν και το γενικό διακόπτη της συσκευής. Στη συνέχεια, όμως, εκτέλεσαν πειράματα έχοντας το γενικό διακόπτη στη θέση “πάνω” (ανοιχτό), αναμένοντας ότι υπήρχε περίπτωση να φωτοβολήσει κάποιος λαμπτήρας. Η εκτέλεση των πειραμάτων αυτών αποτελεί ένδειξη ότι η αντιστρεψιμότητα της σκέψης των παιδιών δεν είχε αναπτυχθεί σε ικανοποιητικό βαθμό, ώστε να οδηγούνται σε αποκλεισμό των αντίστοιχων πειραμάτων. Το απόσπασμα που ακολουθεί, φαίνεται η συζήτηση με το παιδί 6EY491, το οποίο ανήκει σε αυτή την ομάδα. Το παιδί αυτό, μετά την εκτέλεση του Π21 είχε οδηγηθεί στο συμπέρασμα “Πρέπει να έχει το 3 κάτω για να ανάβουν λαμπάκια. Τα ελέγχει όλα”.

.....

E. Ποιο λαμπάκι δεν έχει ανάψει;

A. Το 5.

E. Θα ανάψει νομίζεις;

A. Σίγουρα. Θα κάνω 1, 4, 5 κάτω και νομίζω θα ανάψει το 5

E. Δηλαδή αμφιβάλλεις για το συμπέρασμά σου για το διακόπτη 3;

A. Να δοκιμάσουμε. Μπορεί σε κάποια περίπτωση να μην ισχύει αυτό που είπα. **(Π27-ΚΠΠΚΚ)**. Δεν άναψε κανένα. Άρα ήταν σωστό το συμπέρασμα μου.

.....

Στο τέταρτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη και εξήγησαν τη λειτουργία του στο τέλος της διερεύνησης, και μετά από προτροπή για επανεξέταση των πειραματικών δεδομένων που είχαν κατεγραμμένα. Τα παιδιά αυτά στηρίχτηκαν αποκλειστικά στα πειραματικά τους δεδομένα, για να λύσουν το πρόβλημα. Στις περιπτώσεις αυτές, η αντιστρεψιμότητα της σκέψης των

παιδιών αναδείχθηκε ύστερα από μελέτη συγκεκριμένων πειραμάτων που είχαν εκτελέσει. Επομένως, τα παιδιά αυτά θεωρήθηκε ότι βρίσκονταν στο στάδιο των συγκεκριμένων λειτουργιών, αφού δεν μπορούσαν, με διατύπωση υποθέσεων και συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων, να οδηγηθούν σε λύση του προβλήματος. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το παιδί 4ΠΥ219. Το απόσπασμα που ακολουθεί είναι το τελευταίο τμήμα της συνέντευξης με το παιδί αυτό.

.....

E. Τι καταφέραμε να κάνουμε μέχρι τώρα;

A. Να ανάψουμε όλα τα λαμπάκια.

E. Τι άλλο μπορούμε να κάνουμε;

A....

E. Θέλεις να κοιτάξεις λίγο αυτά που έγραψες και να μου πεις αν έχεις κάποιο συμπέρασμα;

A. Παρατήρησα ότι όταν αφήνω το 1, 2 κάτω, δεν ανάβουν.

E. Σε ποια περίπτωση άναψε;

A. Όταν είχα το 1, 2, 3 κάτω. Ίσως να επηρέασε το 3 και άναψε το λαμπάκι.

Όταν άφηνα 1, 2 κάτω μαζί δεν άναβε. Όταν βάλω και το 3 ανάβει.

E. Τι συμπέρασμα βγάζεις;

A. Υπάρχουν συγκεκριμένοι διακόπτες, που όταν είναι δύο μαζί, δεν ανάβουν και χρειάζονται βοήθεια. Όταν είχα το 1, 2 πάνω, οι υπόλοιποι διακόπτες μαζί άναψαν.

E. Τι άλλο παρατήρησες;

A. Ότι υπάρχει ένας συγκεκριμένος τρόπος για κάθε λαμπάκι.

E. Ωραία

(Ύστερα από προσεχτική εξέταση των δεδομένων του).

A. Α! Το 3 ήταν πάνω συνέχεια όταν δεν ανάβει λαμπάκι.

E. Ενώ όταν ανάβει λαμπάκι;

A. Όταν το 3 είναι κάτω, ανάβουν λαμπάκια.

E. Μπράβο. Τι είναι ο 3 δηλαδή;

A. Ο διακόπτης όλων.

E. Πώς θα τον ονομάσουμε αυτό τον 3;

A. Κεντρικό.

.....

Στο πέμπτο επίπεδο τοποθετήθηκαν τα παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη της συσκευής και εξήγησαν τη λειτουργία του κατά τη διάρκεια της διερεύνησης, χωρίς να έχουν στη διάθεσή τους όλα τα πειραματικά δεδομένα, σε αντίθεση με τα παιδιά του προηγούμενου επιπέδου. Για το λόγο αυτό, θεωρήθηκε ότι τα παιδιά αυτά είχαν αναπτύξει χαρακτηριστικά του σταδίου της τυπικής λογικής σκέψης. Όσα παιδιά του τρίτου, του τέταρτου και του πέμπτου επιπέδου κατάφεραν, εκτός από τη σωστή λειτουργία του διακόπτη να του αποδώσουν και το σωστό όνομα, είτε ονομάζοντάς τον γενικό διακόπτη είτε κεντρικό διακόπτη, βαθμολογήθηκαν με ένα επιπλέον βαθμό. Επομένως το εύρος των τιμών για τη μεταβλητή αυτή είναι 0-5.

Εντοπισμός “εικονικού” διακόπτη της συσκευής. Η μεταβλητή αυτή αναλύθηκε, επίσης, σε πέντε διαφορετικά επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο ανήκουν τα παιδιά τα οποία δεν προσπάθησαν να εξηγήσουν γιατί ο ίδιος λαμπτήρας φωτοβολεί με διαφορετικούς συνδυασμούς, παραβλέποντας το γεγονός αυτό. Στο δεύτερο επίπεδο, ανήκουν τα παιδιά που προσπάθησαν να εξηγήσουν, γιατί ο ίδιος λαμπτήρας φωτοβολεί με διαφορετικό συνδυασμό, προχώρησαν σε σύγκριση των συνδυασμών των διακοπών που οδηγούν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα, αλλά δεν κατέληξαν σε κανένα συμπέρασμα. Η αδυναμία, αυτή, των παιδιών ίσως να οφειλόταν στην αδυναμία τους να εντοπίσουν και να επεξεργαστούν τις διαφορές μεταξύ συνδυασμών, που οδηγούσαν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα. Το παιδί 4ΕΠ466 είναι παράδειγμα του επιπέδου αυτού.

.....

Ε. Τώρα που έβαλες το 2, 3, 5 κάτω τι περιμένεις;

Α. Να ανάψει ένα που άναψε.

Ε. Γιατί το λες αυτό;

Α. Επειδή σχεδόν όλα άναψαν. Μπορεί να υπάρχει και δεύτερος τρόπος να ανάψουν τα λαμπάκια. (Π23-ΠΚΚΠΚ). Άναψε πάλι το 4.

E. Πότε άναψε ζανά το 4;

A. Όταν κάναμε πάνω το 1, κάτω το 2, κάτω το 3, πάνω το 4, πάνω το 5.

(ΠΚΚΠΠ)

E. Τώρα τι είχαμε;

A. Πάνω το 1, κάτω το 2,3, πάνω το 4 και κάτω το 5.

E. Έχουν καμιά σχέση;

A. Το 5 ήταν πάνω κι εδώ κάτω.

E. Τα υπόλοιπα;

A. Ίδια.

E. Ποιο άλλο λαμπάκι άναψε δύο φορές; Το 5;

A. Ναι.

E. Υπάρχει κάποια εξήγηση;

A. Το 5 ήταν πάνω και κάτω.

E. Στο λαμπάκι 7;

A. Ήταν πάνω και τη δεύτερη φορά κάτω.

E. Τι παρατηρείς;

A. Το 5 είναι κάτω και το 5 πάνω.

E. Το λαμπάκι 8 μπορείς να το ανάψεις δεύτερη φορά; (προηγούμενος συνδυασμός που φωτοβόλησε ο λαμπτήρας 8 ήταν ΠΚΚΚΠ)

A. Να τα κάνω όλα πάνω. Μπορεί να ανάψει.

E. Γιατί;

A. Έτσι. (Π24-ΠΠΠΠΠ). Δεν άναψε κανένα.

E. Υπάρχει τρόπος να ανάψει το 8 ζανά;

A.. Το πρώτο να γίνει Κ και το τελευταίο Π.

E. Δοκίμασε.

A. (Π25-ΚΚΚΚΠ) (ανάβει το λαμπάκι 7)

E. Τι να κάνουμε τώρα;

A. Νομίζω δε θα ανάψε ζανά.

.....

Στο τρίτο επίπεδο ανήκουν τα παιδιά τα οποία, εκτός από την απλή σύγκριση των συνδυασμών που οδηγούσαν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα, προσπάθησαν να διατυπώσουν ένα σχετικό συμπέρασμα. Στην προσπάθειά τους αυτή, δεν μπόρεσαν να επικεντρωθούν στη μετακίνηση μόνο του “εικονικού” διακόπτη. Αντίθετα, οδηγήθηκαν σε υπεργενίκευση και υποστήριξαν ότι μετακινώντας οποιοδήποτε

διακόπτη από μια θέση σε άλλη θα είχαν ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα, ή ότι αλλάζοντας τη θέση περισσότερων του ενός διακόπτη θα φωτοβολούσε ο ίδιος λαμπτήρας. Στο τέταρτο επίπεδο, ανήκουν τα παιδιά, που ενώ αρχικά οδηγήθηκαν σε υπεργενίκευση, στη συνέχεια κατάφεραν να επικεντρωθούν μόνο στο διακόπτη 5 (“εικονικός” διακόπτης) και να οδηγηθούν τελικά στη λύση αυτής της πτυχής του προβλήματος. Παράδειγμα του επιπέδου αυτού είναι το παιδί 6ΕΥ115 (βλ. απόσπασμα της συνέντευξης στη σ.168). Στο πέμπτο επίπεδο, βρίσκονται τα παιδιά που, μετά από σύγκριση συνδυασμών διακοπών που οδηγούσαν στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα, επικεντρώθηκαν στο διακόπτη 5 και οδηγήθηκαν στο σωστό συμπέρασμα, χωρίς απαραίτητα να αντιλαμβάνονται τη λειτουργία του και να του αποδίδουν το σωστό όνομα. Ένας επιπλέον βαθμός δόθηκε σε όσα παιδιά του τέταρτου και του πέμπτου επιπέδου που κατάφεραν, εκτός από τον εντοπισμό του “εικονικού” διακόπτη να του αποδώσουν σχετικά ορθό όνομα και τη σωστή λειτουργία και να τον ονομάσουν είτε κενό είτε ασύνδετο. Το παιδί 4ΠΥ123, ενώ εντοπίζει, με σχετική ευκολία, τον “εικονικό” διακόπτη δεν αντιλαμβάνεται τη λειτουργία του.

.....

A. Να κάνουμε 1, 2, 3, 5.

E. Και τι θα γίνει;

A. Μπορεί να ανάψει το 3. (Π26-ΚΚΚΠΚ). Το βρήκα! Άναψε ξανά το 3.

E. Πότε;

A. Ήταν όλα κάτω μέχρι το 3(ΚΚΚΠΠ), μετά κάναμε 1,2,3 κάτω και το 4 πάνω και το 5 κάτω (ΚΚΚΠΚ).

E. Έχουν καμιά σχέση;

A. Το 5 ήταν στην μια φορά πάνω και στην άλλη κάτω.

E. Έχει και άλλα λαμπάκια που άναψαν σε δύο περιπτώσεις;

A. Το 7.

E. Κοίταξε λίγο όσα έγγραψες.

A. Στην πρώτη φορά ήταν όλα κάτω (ΚΚΚΚΚ) και στη δεύτερη όλα κάτω και το 5 πάνω (ΚΚΚΚΠ).

E. Έχουν καμιά σχέση;

A. Ναι. Ανταλλάζουμε τη θέση του 5 και ανάβει το ίδιο λαμπάκι.

E. Μπορούμε να το κάνουμε και με τα υπόλοιπα λαμπάκια αυτό; Ας πούμε το λαμπάκι 4, πώς μπορεί να ανάψει ξανά;

A. Να βάλουμε 1 πάνω, 2,3 κάτω το 4 πάνω και το 5 κάτω και μπορεί να ανάψει το 4 πάλι (είχε φωτοβολήσει με το συνδυασμό ΠΚΚΠΠ)(Π21-ΠΚΚΠΚ). Άναψε το 4 πάλι.

E. Έχεις κανένα συμπέρασμα;

A. Όταν ανταλλάζουμε το 5 βγαίνει πάντα το ίδιο λαμπάκι.

E. Τι είναι αυτό το 5;

A. Ανάβει τα λαμπάκια με δύο τρόπους. Είναι το πιο σημαντικό

.....

Φωτοβολία λαμπτήρων. Η μεταβλητή αυτή αναλύθηκε σε τρία επίπεδα με εύρος τιμών 0-2. Κανένα παιδί δεν περιορίστηκε στη φωτοβολία λιγότερων από πέντε λαμπτήρων. Επομένως, στο πρώτο επίπεδο τοποθετήθηκαν τα παιδιά που πέτυχαν τη φωτοβολία πέντε λαμπτήρων. Στο δεύτερο επίπεδο τοποθετήθηκαν τα παιδιά που πέτυχαν τη φωτοβολία 6-7 λαμπτήρων. Στο τρίτο επίπεδο τοποθετήθηκαν τα παιδιά που πέτυχαν τη φωτοβολία και των 8 λαμπτήρων, ανεξάρτητα από τον αριθμό των πειραματικών προσπαθειών που χρειάστηκαν μέχρι να το πετύχουν. Διαχωρισμός των παιδιών σε διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με τον αριθμό των πειραμάτων που εκτέλεσαν έγινε μόνο στην ανάλυση της μεταβλητής “Συνδυαστική Σκέψη,” για την αποφυγή επαναληπτικής αξιολόγησης των στοιχείων της εργασίας των παιδιών. Επομένως, δεν αξιολογήθηκε στη μεταβλητή αυτή ο αριθμός των πειραμάτων που χρειάστηκε το κάθε παιδί για να οδηγηθεί στη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων.

Ικανότητα ελέγχου μεταβλητών. Η μεταβλητή αυτή αναλύθηκε σε 5 επίπεδα σύμφωνα με τον Πίνακα 14, με εύρος τιμών 0-4 που αντιστοιχούν στα ποσοστά των πειραματικών προσπαθειών στα οποία εφαρμόστηκε η δεξιότητα “έλεγχος μεταβλητών.” Στο πρώτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που δεν εφάρμοσαν τη δεξιότητα αυτή στις πειραματικές τους προσπάθειες. Στο δεύτερο επίπεδο, τοποθετήθηκαν οι διερευνήσεις στις οποίες εφαρμόστηκε έλεγχος μεταβλητών σε εύρος ποσοστού 1-25%. Στο τρίτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που εφάρμοσαν έλεγχο μεταβλητών σε ποσοστό 26-50% των πειραματικών τους προσπαθειών. Στο τέταρτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που εφάρμοσαν έλεγχο μεταβλητών σε ποσοστό 51-75% και στο πέμπτο και τελευταίο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που εφάρμοσαν τη δεξιότητα αυτή σε ποσοστά 76-100%.

Συνδυαστική σκέψη. Για την ανάλυση της συνδυαστικής σκέψης των παιδιών χρησιμοποιήθηκαν τρεις παράμετροι. Η πρώτη παράμετρος σχετίζεται με την έννοια των αναγκαίων πειραμάτων και τις αποκλίσεις ανάμεσα στα αναγκαία και τα πραγματικά πειράματα. Η δεύτερη παράμετρος σχετίζεται με την εκτέλεση πειραμάτων σε επανάληψη και η τρίτη παράμετρος με τη συστηματική μετακίνηση των διακοπών κατά τη διάρκεια της διερεύνησης. Αυτές οι τρεις παράμετροι αναλύθηκαν ξεχωριστά και, για την εύρεση της τιμής της μεταβλητής “συνδυαστική σκέψη,” αθροίστηκαν οι αριθμητικές τιμές της κάθε παραμέτρου.

Όσον αφορά την πρώτη παράμετρο, οι διερευνήσεις αναλύθηκαν σε 4 επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν οι διερευνήσεις στις οποίες η διαφορά Αναγκαίων και Πραγματικών πειραμάτων ήταν μεγαλύτερη από το 6 ($A-Π > 6$). Στο δεύτερο επίπεδο, τοποθετήθηκαν οι διερευνήσεις στις οποίες η διαφορά $A-Π$ κυμάνθηκε από 2 μέχρι 5. Στο τρίτο επίπεδο τοποθετήθηκαν οι διερευνήσεις στις οποίες $A-Π < 0$,

δηλαδή οι μαθητές εκτέλεσαν περισσότερα πειράματα από όσα ήταν απαραίτητα. Αυτό παρατηρήθηκε στις περιπτώσεις όπου κάποιοι μαθητές εντόπισαν το γενικό διακόπτη και στη συνέχεια εκτέλεσαν ένα πείραμα στο οποίο ο γενικός διακόπτης ήταν ανοιχτός. Το επίπεδο αυτό θεωρήθηκε ανώτερο από το προηγούμενο, γιατί τα παιδιά αυτά, παρόλο που εκτέλεσαν ένα επιπλέον πείραμα, πέτυχαν τον αριθμό των αναγκαίων πειραμάτων. Στο τέταρτο επίπεδο τοποθετήθηκαν οι διερευνήσεις κατά τις οποίες Α-Π έπαιρνε τιμές 0 ή 1. Τα παιδιά αυτά, είτε πέτυχαν τον αριθμό των αναγκαίων πειραμάτων, είτε χρειάζονταν να εκτελέσουν ακόμα ένα πείραμα για να τον πετύχουν, αλλά σε καμιά περίπτωση δεν εκτέλεσαν περιττό πείραμα.

Όσον αφορά την εκτέλεση πειραμάτων σε επανάληψη οι διερευνήσεις αναλύθηκαν σε 3 επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που εκτέλεσαν 4 ή περισσότερα πειράματα σε επανάληψη. Στο δεύτερο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που εκτέλεσαν 1-3 πειράματα σε επανάληψη και στο τρίτο επίπεδο τοποθετήθηκαν τα παιδιά που δεν εκτέλεσαν πειράματα σε επανάληψη. Όσον αφορά την παράμετρο “συστηματική μετακίνηση διακοπών,” η ανάλυση έγινε σε τρία επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που δεν παρουσίασαν καμιά προσπάθεια συστηματικής μετακίνησης των διακοπών κατά τη διάρκεια της διερεύνησης. Στο δεύτερο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που παρουσίασαν, σε ορισμένα μόνο στάδια της διερεύνησης, συστηματική μετακίνηση των διακοπών, αλλά η συστηματικότητα δεν παρατηρήθηκε καθόλη τη διάρκεια της διερεύνησης. Στο τρίτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που μετακινούσαν συστηματικά τους διακόπτες καθόλη τη διάρκεια της διερεύνησης και άλλαζαν τον τρόπο μετακίνησης μόνο όταν το απαιτούσε η διατυπωθείσα υπόθεση. Από τις τρεις παραμέτρους προκύπτει ότι το εύρος των αριθμητικών τιμών της μεταβλητής αυτής είναι 0-7, αφού η συνδυαστική σκέψη αξιολογήθηκε με βάση τις τρεις αυτές παραμέτρους και η

αριθμητική της τιμή ήταν το άθροισμα των αριθμητικών τιμών των τριών παραμέτρων.

Ικανότητα συντονισμού υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων. Για την αξιολόγηση της μεταβλητής αυτής, χρησιμοποιήθηκαν πέντε παράμετροι που αφορούν την ικανότητα συντονισμού των υποθέσεων και των δεδομένων για τον εντοπισμό του γενικού διακόπτη, την ικανότητα αξιοποίησης των δεδομένων που προκύπτουν από τα αρνητικά πειράματα, τη συμπεριφορά των παιδιών ως προς τα ασύμφωνα δεδομένα την τάση τους για επιβεβαίωση ή απόρριψη των υποθέσεων τους και τέλος τον αριθμό των υποθέσεων που διατύπωσε το κάθε παιδί. Η κάθε παράμετρος αναλύθηκε σε δύο ή τρία επίπεδα.

Η πρώτη παράμετρος που εξετάστηκε ήταν ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη, με ή χωρίς συντονισμό των υποθέσεων και των πειραματικών δεδομένων. Στο πρώτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που δεν εντόπισαν το γενικό διακόπτη ή τον εντόπισαν χωρίς συντονισμό των υποθέσεων και των δεδομένων τους. Στο δεύτερο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη κατά τη διάρκεια της διερεύνησης στηριζόμενοι στις υποθέσεις και στα δεδομένα τους, αλλά δεν αξιοποίησαν όλα τα δεδομένα τους από την αρχή της διερεύνησης. Στο τρίτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν στα παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη, χωρίς να αφήσουν δεδομένα αναξιοποίητα και συνεπώς ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη έγινε από τις πρώτες πειραματικές προσπάθειες.

Η δεύτερη παράμετρος, που εξετάστηκε για την αξιολόγηση της συγκεκριμένης μεταβλητής, ήταν η αξιοποίηση των δεδομένων από τα αρνητικά πειράματα. Στο πρώτο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που αγνόησαν εντελώς τη σημασία των πειραμάτων που είχαν αρνητικό αποτέλεσμα, δηλαδή δεν οδηγούσαν σε

φωτοβολία λαμπτήρα, και δεν διετύπωσαν ούτε μια υπόθεση που να έχει αρνητικό αποτέλεσμα. Στο δεύτερο επίπεδο, τοποθετήθηκαν τα παιδιά που έστω και μια υπόθεσή τους, σχετικά με το πείραμα που θα εκτελούσαν, υποστήριζε ότι το συγκεκριμένο πείραμα δε θα οδηγούσε σε φωτοβολία λαμπτήρα. Στο τρίτο επίπεδο, βρίσκονταν τα παιδιά που έδιναν σημασία στα αρνητικά πειράματα και διετύπωσαν συστηματικά υποθέσεις, τόσο για θετικά όσο και για αρνητικά πειράματα, στηριζόμενα στα προηγούμενα πειραματικά τους δεδομένα και στηρίζοντας τις υποθέσεις τους.

Η τρίτη παράμετρος ήταν η συμπεριφορά των παιδιών ως προς τα ασύμφωνα δεδομένα. Στο πρώτο επίπεδο, βρίσκονταν τα παιδιά που δε διαφοροποίησαν καμιά υπόθεσή τους μετά από δεδομένα που την αντέκρουαν, αλλά απλά οδηγούνταν σε νέα υπόθεση όχι μετά από ασύμφωνα δεδομένα, αλλά μετά από μια σειρά δεδομένων που άλλοτε επιβεβαίωναν και άλλοτε αντέκρουαν την υπόθεση. Στο δεύτερο επίπεδο, βρίσκονταν τα παιδιά που διαφοροποίησαν έστω και μια υπόθεση μετά από δεδομένα που την αντέκρουσαν. Στο τρίτο επίπεδο, βρίσκονταν τα παιδιά που διαφοροποιούσαν συστηματικά τις υποθέσεις τους μετά από ασύμφωνα δεδομένα.

Τέταρτη παράμετρος ήταν η προσπάθεια για επιβεβαίωση ή απόρριψη μιας υπόθεσης (verification or confirmation bias). Όταν ένα παιδί, κατά τη διατύπωση μιας υπόθεσης, εκτός από πειράματα που την επιβεβαιώνουν εκτελούσαν και πειράματα που θα μπορούσαν να την απορρίψουν, τότε βαθμολογήθηκαν θετικά όσον αφορά αυτή την παράμετρο. Στο πρώτο επίπεδο βρίσκονταν τα παιδιά που δεν εκτέλεσαν κανένα πείραμα αρνητικού ελέγχου. Στο δεύτερο επίπεδο βρίσκονταν όσα παιδιά εκτέλεσαν έστω και ένα πείραμα αρνητικού ελέγχου. Ένα παράδειγμα αυτού του επιπέδου είναι το παιδί 6ΠΥ246 το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως χαρακτηριστικό παράδειγμα της στρατηγικής 5 και εκτέλεσε πείραμα αρνητικού ελέγχου (βλ. σ.218).

Πέμπτη παράμετρος είναι το πλήθος των υποθέσεων που διατύπωσε το κάθε παιδί. Στο πρώτο επίπεδο βρίσκονταν τα παιδιά που διετύπωσαν 1-3 κύριες υποθέσεις. Στο δεύτερο επίπεδο, βρίσκονταν τα παιδιά που διετύπωσαν 4-7 κύριες υποθέσεις και στο τρίτο επίπεδο βρίσκονταν τα παιδιά που διετύπωσαν 8 ή περισσότερες υποθέσεις.

Από τις πέντε αυτές παραμέτρους, που συνθέτουν τη μεταβλητή “ικανότητα συντονισμού υποθέσεων και πειραματικών δεδομένων,” προκύπτει ότι το εύρος των τιμών για τη μεταβλητή αυτή είναι 0-9. Από το άθροισμα των τιμών των έξι μεταβλητών που συναποτελούν τη ΔΙ προκύπτει ότι το εύρος τιμών για τη μεταβλητή αυτή είναι 0-33 (Πίνακας 23).

Στατιστική Ανάλυση

Η ποσοτικοποίηση των δεδομένων των συνεντεύξεων σκοπό είχε να εξετάσει κατά πόσο τα παιδιά ανέπτυξαν τη ΔΙ, όπως αυτή ορίστηκε στην παρούσα έρευνα και να εξεταστούν οι διαφορές ανάμεσα σε παιδιά τετάρτης και έκτης τάξης, παιδιά που σημείωσαν υψηλές και χαμηλές επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο και παιδιά που ακολούθησαν την ελεύθερη ή την προσδιορισμένη καταγραφή των πειραματικών τους αποτελεσμάτων. Οι ΜΟ, οι ΤΑ και το εύρος κάθε μεταβλητής, κατά τάξη και κατά μέθοδο καταγραφής, παρουσιάζονται στον Πίνακα 23.

Από τα συνολικά αποτελέσματα του Πίνακα 23, φαίνεται ότι τα παιδιά σημείωσαν αρκετά χαμηλές επιδόσεις σε όλες τις μεταβλητές, με εξαίρεση τη μεταβλητή “Φωτοβολία Λαμπτήρων,” όπου σχεδόν όλα τα παιδιά (76 από τα 80 παιδιά) κατόρθωσαν να φωτοβολήσουν όλους τους λαμπτήρες.

Πίνακας 23

Επιδόσεις των Παιδιών στις Μεταβλητές της Συνέντευξης κατά Τάξη και κατά Μέθοδο Καταγραφής

| | ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ | ΕΥΡΟΣ | Ε | | Π | | ΣΥΝΟΛΟ | | |
|-------------|---------------------------------|-----------------------|-------|------|-------|------|--------------|-------------|-------------|
| | | | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ | |
| Δ' ΤΑΞΗ | Γενικός Διακόπτης | 0-5 | 1.15 | 1.57 | 1.20 | 1.70 | 1.18 | 1.62 | |
| | “Εικονικός” Διακόπτης | 0-5 | 2.20 | 1.74 | 2.45 | 1.85 | 2.33 | 1.77 | |
| | Φωτοβολία Λαμπτήρων | 0-2 | 1.85 | 0.49 | 1.95 | 0.22 | 1.90 | 0.38 | |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 0-5 | 1.90 | 0.72 | 2.05 | 0.83 | 1.98 | 0.77 | |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 0-7 | 3.45 | 1.82 | 3.50 | 2.09 | 3.48 | 1.93 | |
| | Συντονισμός Υποθέσεων-Δεδομένων | 0-9 | 1.95 | 1.90 | 2.30 | 1.98 | 2.13 | 1.92 | |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 0-33 | 11.40 | 5.25 | 12.45 | 5.67 | 11.92 | 5.42 | |
| | Γενικός Διακόπτης | 0-5 | 2.35 | 1.90 | 1.85 | 1.73 | 2.10 | 1.81 | |
| Στ' ΤΑΞΗ | “Εικονικός” Διακόπτης | 0-5 | 2.85 | 1.79 | 2.65 | 1.93 | 2.75 | 1.84 | |
| | Φωτοβολία Λαμπτήρων | 0-2 | 2.00 | 0.01 | 1.90 | 0.45 | 1.95 | 0.32 | |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 0-5 | 2.25 | 0.55 | 1.50 | 0.76 | 1.87 | 0.76 | |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 0-7 | 4.15 | 1.95 | 3.40 | 1.79 | 3.78 | 1.89 | |
| | Συντονισμός Υποθέσεων-Δεδομένων | 0-9 | 3.35 | 1.79 | 3.15 | 2.37 | 3.25 | 2.07 | |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 0-33 | 15.90 | 6.15 | 13.65 | 7.10 | 14.48 | 6.65 | |
| | ΣΥΝΟΛΟ | Γενικός Διακόπτης | 0-5 | 1.75 | 1.82 | 1.53 | 1.72 | 1.64 | 1.77 |
| | -ΛΟ | “Εικονικός” Διακόπτης | 0-5 | 2.53 | 1.77 | 2.55 | 1.87 | 2.54 | 1.81 |
| | Φωτοβολία Λαμπτήρων | 0-2 | 1.93 | 0.35 | 1.93 | .35 | 1.93 | 0.35 | |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 0-5 | 2.07 | 0.66 | 1.78 | .83 | 1.93 | 0.76 | |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 0-7 | 3.80 | 1.90 | 3.45 | 1.92 | 3.62 | 1.91 | |
| | Συντονισμός Υποθέσεων-Δεδομένων | 0-9 | 2.65 | 1.96 | 2.72 | 2.20 | 2.69 | 2.07 | |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 0-33 | 13.65 | 6.08 | 13.05 | 6.37 | 13.35 | 6.20 | |

Όσον αφορά τις διαφορές μεταξύ παιδιών που φοιτούσαν στην έκτη τάξη και παιδιών που φοιτούσαν στην τετάρτη τάξη, φαίνεται ότι τα παιδιά της έκτης τάξης είχαν υψηλότερες επιδόσεις παρά τα παιδιά της τετάρτης τάξης σε όλες τις μεταβλητές, καθώς και στη Διερευνητική Ικανότητα, εκτός από τη μεταβλητή “Έλεγχος Μεταβλητών,” όπου τα παιδιά της τετάρτης τάξης σημείωσαν υψηλότερη επίδοση (ΜΟ=1.98) από τα παιδιά της έκτης τάξης (ΜΟ=1.87). Μεγαλύτερες αποκλίσεις σημειώθηκαν στις μεταβλητές “Γενικός Διακόπτης” και “Συντονισμός υποθέσεων-δεδομένων.

Όσον αφορά τις διαφορές ανάμεσα στο ΜΟ των μεταβλητών της πειραματικής ομάδας “ελεύθερη καταγραφή” και της πειραματικής ομάδας “προσδιορισμένη

καταγραφή” φαίνεται ότι ήταν μικρές (MO=13.65 και MO=13.05, αντίστοιχα). Στη συνέχεια έγινε ανάλυση πολλαπλών διασπορών (MANOVA) [2 (μέθοδος καταγραφής) X 2 (τάξη) με σκοπό να εξακριβωθεί κατά πόσον οι διαφορές που σημειώθηκαν στους μέσους όρους των εξαρτημένων μεταβλητών των ομάδων ελεύθερη και προσδιορισμένη καταγραφής και των παιδιών Δ΄ και Στ΄τάξης ήταν στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα της ανάλυση πολλαπλών διασπορών παρουσιάζονται στον Πίνακα 24.

Πίνακας 24

Ανάλυση Πολλαπλών Διασπορών 2 (τάξη) X 2 (μέθοδος καταγραφής)

| Ανεξάρτητη Μεταβλητή | Εξαρτημένη Μεταβλητή | F | Επίπεδο Σημαντικότητας |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------|---------------------------|
| Τάξη | Γενικός Διακόπτης | 5.733 | 0.019* |
| | Εικονικός Διακόπτης | 1.084 | 0.301 |
| | Φωτοβολία λαμπτήρων | 0.409 | 0.525 |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 0.385 | 0.537 |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 0.490 | 0.486 |
| | Συντονισμός υποθέσεων- δεδομένων | 6.201 | 0.015* |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 4.397 | 0.039* |
| Μέθοδος Καταγραφής | Γενικός Διακόπτης | 0.339 | 0.562 |
| | Εικονικός Διακόπτης | 0.004 | 0.951 |
| | Φωτοβολία λαμπτήρων | 0.001 | 1.000 |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 3.463 | 0.067 |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 0.667 | 0.417 |
| | Συντονισμός υποθέσεων- δεδομένων | 0.028 | 0.869 |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 0.195 | 0.660 |
| Τάξη X Μέθοδος Καταγραφής | Γενικός Διακόπτης | 0.507 | 0.479 |
| | Εικονικός Διακόπτης | 0.304 | 0.583 |
| | Φωτοβολία λαμπτήρων | 1.634 | 0.205 |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 3.792 | 0.057 |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 0.871 | 0.354 |
| | Συντονισμός υποθέσεων- δεδομένων | 0.371 | 0.545 |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 1.474 | 0.229 |

Σημείωση: Με αστερίσκο (*) σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής προκύπτει ότι στατιστικά σημαντική διαφορά, όσον αφορά την αλληλεπίδραση τάξης και μεθόδου καταγραφής, δε σημειώθηκε σε καμιά μεταβλητή. Στατιστικά σημαντικές διαφορές δε σημειώθηκαν

ούτε ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες “προσδιορισμένη καταγραφή” και “ελεύθερη καταγραφή.” Σχετικά με την τάξη στατιστικά σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν στις μεταβλητές “Γενικός Διακόπτης” [F (1, 80)=5.733, p .=0.019], “Συντονισμός Υποθέσεων- Δεδομένων” [F (1, 80)=6.201, p .=0.015], “ΔΙ” [F (1, 80)=4.397, p .=0.039] με μεγαλύτερους μέσους όρους να σημειώνουν τα παιδιά της έκτης τάξης, σύμφωνα με τον Πίνακα 23.

Στη συνέχεια, έγινε έλεγχος συσχέτισης ανάμεσα στη συνολική επίδοση του ερωτηματολογίου και τη ΔΙ όπως προέκυψε από τη συνέντευξη. Τα αποτελέσματα του ελέγχου αυτού έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές με $r=0.565$ και $p=0.001$. Η υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στις δύο αυτές μεταβλητές και οι μη στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες “ελεύθερη καταγραφή” και “προσδιορισμένη καταγραφή” οδήγησε στην ανάλυση των διαφορών ανάμεσα στα παιδιά με χαμηλές και υψηλές ικανότητες όσον αφορά τις μεταβλητές της συνέντευξης. Ο Πίνακας 25 παρουσιάζει τις επιδόσεις των παιδιών κατά τάξη και ικανότητα.

Πίνακας 25
Επιδόσεις των Παιδιών στις Μεταβλητές της Συνέντευξης κατά Τάξη και κατά Ικανότητα

| ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ | Δ΄ | | | | Στ΄ | | | | ΣΥΝΟΛΟ | |
|--|------|------|-------|------|------|------|-------|------|--------------|-------------|
| | Χ | | Ψ | | Χ | | Ψ | | ΜΟ | ΤΑ |
| | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ | ΜΟ | ΤΑ |
| Γενικός Διακόπτης | 0.55 | 1.23 | 1.80 | 1.74 | 0.70 | 0.92 | 3.50 | 1.32 | 14.48 | 6.65 |
| “Εικονικός” Διακόπτης | 1.30 | 1.42 | 3.35 | 1.50 | 1.45 | 1.50 | 4.05 | 1.05 | 1.64 | 1.77 |
| Φωτοβολία Λαμπτήρων | 1.85 | 0.49 | 1.95 | 0.22 | 1.90 | 0.45 | 2.00 | 0.01 | 2.54 | 1.81 |
| Έλεγχος Μεταβλητών | 1.95 | 0.83 | 2.00 | 0.73 | 1.85 | 0.99 | 1.90 | 0.45 | 1.93 | 0.35 |
| Συνδυαστική Σκέψη | 2.40 | 1.64 | 4.55 | 1.61 | 2.65 | 1.60 | 4.90 | 1.45 | 1.93 | 0.76 |
| Συντονισμός Υποθέσεων- Δεδομένων | 1.70 | 1.89 | 2.55 | 1.90 | 1.60 | 1.05 | 4.90 | 1.41 | 3.62 | 1.91 |
| Διερευνητική Ικανότητα | 8.85 | 4.52 | 15.00 | 4.46 | 9.45 | 4.32 | 20.10 | 3.52 | 2.69 | 2.07 |

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση πολλαπλών διασπορών 2 (τάξη) X2 (ικανότητες) με ανεξάρτητες μεταβλητές την τάξη και τις ικανότητες. Στον Πίνακα 26 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης πολλαπλών διασπορών [2 (τάξη) X 2 (Ικανότητες)] με εξαρτημένες μεταβλητές τη ΔΙ, καθώς και τις έξι επιμέρους μεταβλητές που την αποτελούν, για να εξεταστεί κατά πόσον οι διαφορές που σημειώθηκαν ανάμεσα στα παιδιά της τετάρτης και της έκτης τάξης και ανάμεσα στα παιδιά με χαμηλές και υψηλές ικανότητες ήταν στατιστικά σημαντικές. Σκοπός της ανάλυσης αυτής ήταν να εξετάσει τόσο τα κύρια αποτελέσματα όσο και τυχόν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές τάξη-ικανότητες.

Πίνακας 26

Ανάλυση Πολλαπλών Διασπορών 2(τάξη) X 2(ικανότητες)

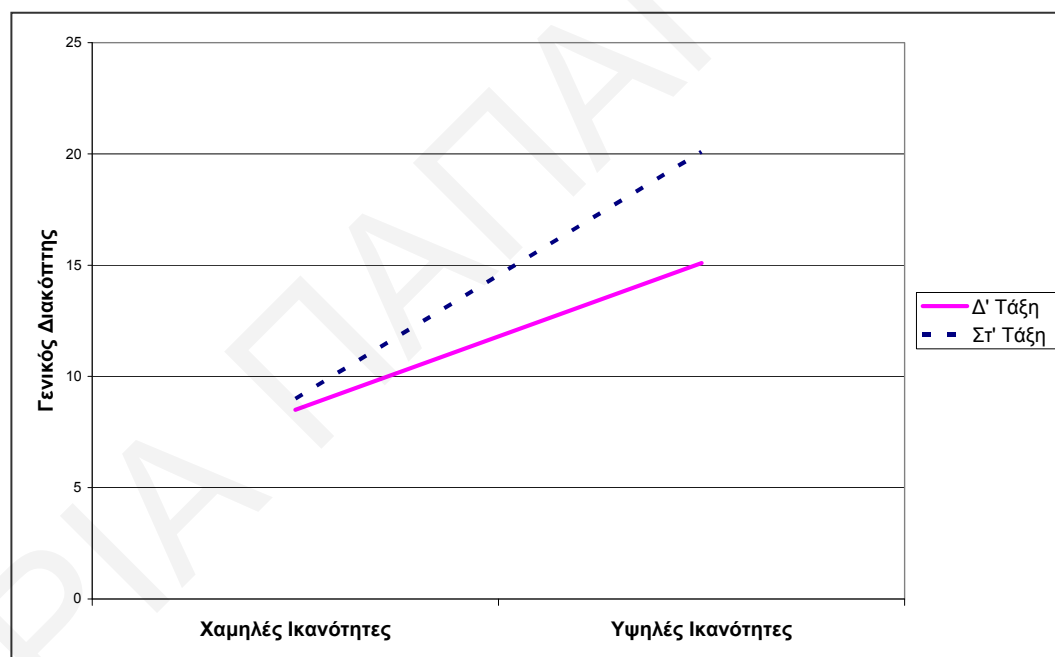
| Ανεξάρτητη Μεταβλητή | Εξαρτημένη Μεταβλητή | F | Επίπεδο Σημαντικότητας |
|----------------------|---------------------------------|---------------|------------------------|
| Τάξη | Γενικός Διακόπτης | 9.609 | 0.003* |
| | Εικονικός Διακόπτης | 1.898 | 0.172 |
| | Φωτοβολία λαμπτήρων | 0.409 | 0.525 |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 0.336 | 0.564 |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 0.727 | 0.396 |
| | Συντονισμός υποθέσεων-δεδομένων | 9.828 | 0.002* |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 9.096 | 0.003* |
| Ικανότητες | Γενικός Διακόπτης | 46.051 | 0.001* |
| | Εικονικός Διακόπτης | 56.803 | 0.001* |
| | Φωτοβολία λαμπτήρων | 1.634 | 0.205 |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 0.084 | 0.773 |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 39.111 | 0.001* |
| | Συντονισμός υποθέσεων-δεδομένων | 33.433 | 0.001* |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 79.018 | 0.001* |
| Τάξη X Ικανότητες | Γενικός Διακόπτης | 0.795 | 0.011* |
| | Εικονικός Διακόπτης | 0.001 | 0.376 |
| | Φωτοβολία λαμπτήρων | 0.001 | 1.000 |
| | Έλεγχος Μεταβλητών | 0.020 | 1.000 |
| | Συνδυαστική Σκέψη | 11.652 | 0.887 |
| | Συντονισμός υποθέσεων-δεδομένων | 5.669 | 0.001* |
| | Διερευνητική Ικανότητα | 0.795 | 0.020* |

Σημείωση: Με αστερίσκο (*) σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές

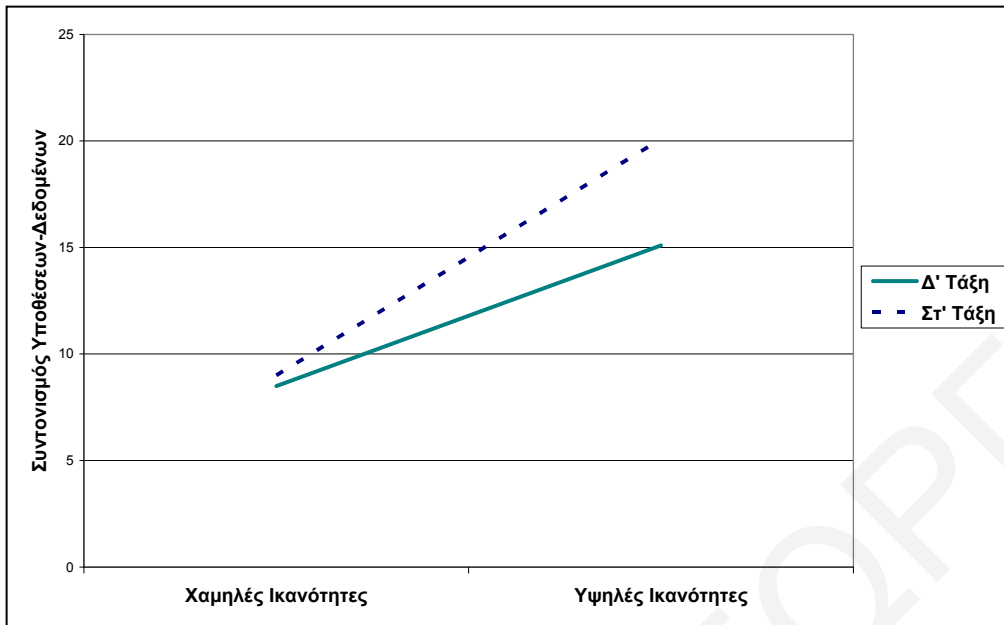
Όσον αφορά τις διαφορές ανάμεσα στα παιδιά με χαμηλές και υψηλές ικανότητες από τους Πίνακες 25 και 26 προκύπτει ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα παιδιά με χαμηλές και στα παιδιά με υψηλές ικανότητες σημειώθηκαν στις μεταβλητές “Γενικός Διακόπτης” [$F(1, 80) = 46.051, p = 0.001$], “Εικονικός Διακόπτης” [$F(1, 80) = 56.803, p = 0.001$], “Συνδυαστική Σκέψη” [$F(1, 80) = 39.111, p = 0.001$], “Συντονισμός υποθέσεων-δεδομένων” [$F(1, 80) = 33.433, p = 0.001$] και “ΔΙ” [$F(1, 80) = 79.018, p = 0.001$] με υψηλότερες επιδόσεις να σημειώνουν τα παιδιά με υψηλές ικανότητες. Τέλος, όσον αφορά τις διαφορές ανάμεσα στα μικρότερα και τα μεγαλύτερα παιδιά από τους Πίνακες 23 και 26 προκύπτει ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάλογα με την τάξη σημειώθηκαν στις μεταβλητές “Γενικός Διακόπτης” [$F(1,80) = 9.609, p = 0.003$], “Συντονισμός υποθέσεων-δεδομένων” [$F(1, 80) = 9.828, p = 0.002$], “ΔΙ” [$F(1,80) = 9.096, p = 0.003$] με μεγαλύτερους μέσους όρους να σημειώνουν τα παιδιά της έκτης τάξης.

Προχωρώντας τη διερεύνηση σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις προκύπτει ότι τα παιδιά της Στ΄ τάξης με υψηλές ικανότητες σημείωσαν υψηλότερους ΜΟ από τα παιδιά της Δ΄ τάξης με υψηλές ικανότητες και οι διαφορές αυτές ήταν στατιστικά σημαντικές και για τις τρεις μεταβλητές (Γενικός Διακόπτης: $t = -3,49, p = 0.001$, Συντονισμός υποθέσεων-δεδομένων $t = -4.43, p = 0.001$ και ΔΙ $t = -4.013$ και $p = 0.001$), για τις οποίες σημειώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις μεταβλητές τάξη-ικανότητες (Πίνακας 26). Συγκρίνοντας τους ΜΟ των παιδιών της Δ΄ και Στ΄ τάξης με χαμηλές ικανότητες φαίνεται ότι οι αποκλίσεις σμικρύνονται και προχωρώντας σε έλεγχο με t-test φαίνεται ότι οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

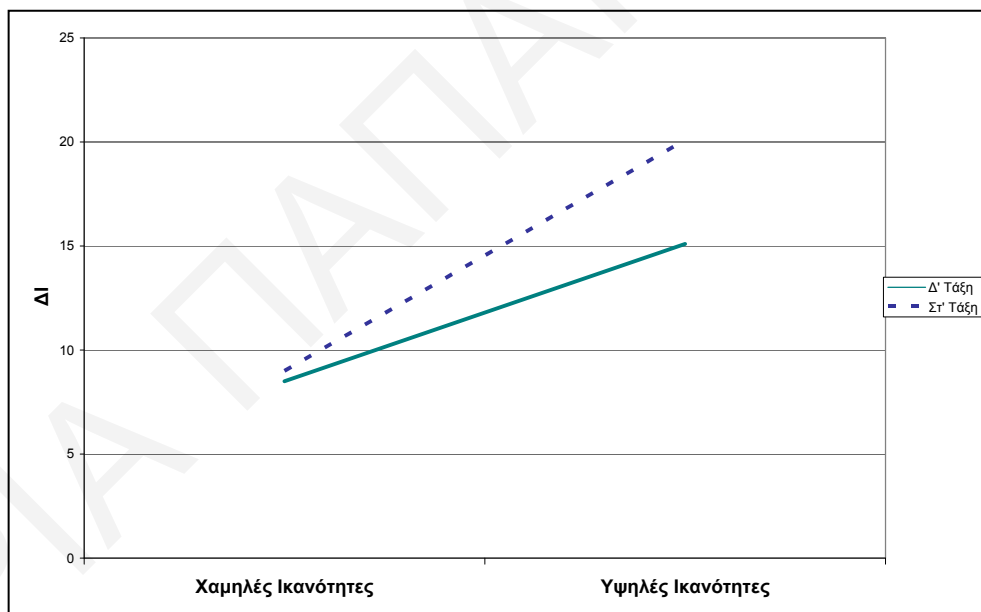
Τα Σχήματα 11, 12 και 13 παρουσιάζουν τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην τάξη και τις ικανότητες για τις εξαρτημένες μεταβλητές “Γενικός Διακόπτης,” “Συντονισμός υποθέσεων-δεδομένων” και “ΔΙ” αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα Σχήματα 11, 12 και 13, οι γραφικές παραστάσεις είναι όμοιες και στις τρεις περιπτώσεις και αυτό δηλώνει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην τάξη και στις ικανότητες. Έτσι, ενώ τα παιδιά της Δ΄ και Στ΄ τάξης με χαμηλές ικανότητες δεν παρουσιάζουν αξιόλογες διαφορές, η διαφοροποίηση συναντάται ανάμεσα στα παιδιά τετάρτης και έκτης τάξης με υψηλές ικανότητες. Από αυτό φαίνεται ότι τα παιδιά με χαμηλές ικανότητες δεν αναπτύσσουν τη διερευνητική τους ικανότητα μεγαλώνοντας, ενώ αντίθετα τα παιδιά με υψηλές ικανότητες όσο μεγαλώνουν ηλικιακά παρουσιάζουν στοιχεία πιο ώριμης διερευνητικής ικανότητας και γι αυτό παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα.



Σχήμα 11. Αλληλεπίδραση Τάξης-Ικανοτήτων με Εξαρτημένη Μεταβλητή το “Γενικό Διακόπτη”



Σχήμα 12. Αλληλεπίδραση Τάξης-Ικανοτήτων με Εξαρτημένη Μεταβλητή το “Συντονισμό Υποθέσεων-Δεδομένων”



Σχήμα 13. Αλληλεπίδραση Τάξης Ικανοτήτων με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη “ΔΙ”

Αξιοσημείωτο είναι το ότι τα παιδιά με υψηλές ικανότητες Δ' και Στ' τάξης στο ερωτηματολόγιο σημείωσαν ίδιες ικανότητες, ενώ στη συνέντευξη παρουσίασαν

διαφορές στη ΔΙ. Πιθανόν, σε ένα πιο πολύπλοκο ερωτηματολόγιο, τα παιδιά της τετάρτης και έκτης τάξης με υψηλές ικανότητες να σημείωναν διαφορετικές επιδόσεις, μια και από τα δεδομένα των συνεντεύξεων διαφάνηκαν διαφορές ανάμεσα στα παιδιά των δύο αυτών ομάδων.

Συμπερασματικά, από τους Πίνακες 25 και 26 προκύπτει ότι τα παιδιά που σημείωσαν υψηλές επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο έχουν αναπτύξει σε μεγαλύτερο βαθμό τη Διερευνητική τους Ικανότητα από τα παιδιά που σημείωσαν χαμηλές επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο. Επιπλέον, ανεξάρτητα από την επίδοση στο ερωτηματολόγιο, τα παιδιά της Στ' τάξης έχουν αναπτύξει σε μεγαλύτερο βαθμό τη Διερευνητική τους Ικανότητα από ότι τα παιδιά της Δ' τάξης, αλλά παρόλο που τα παιδιά της Στ' τάξης σημείωσαν στο σύνολό τους υψηλότερη μέση επίδοση στη ΔΙ από τα παιδιά της Δ' τάξης, τα παιδιά της Δ' τάξης με υψηλή επίδοση σημείωσαν καλύτερα αποτελέσματα από τα παιδιά της Στ' τάξης με χαμηλή επίδοση. Εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις τάξης-ικανότητας προκύπτει ότι τα παιδιά της Δ' και της Στ' τάξης με υψηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και προκύπτει ότι, παρόλο που οι αρχικές τους μετρήσεις ήταν οι ίδιες, η ηλικία επηρεάζει τη Διερευνητική Ικανότητα, ανεξάρτητα από την επίδοση στο ερωτηματολόγιο. Αντίθετα η ηλικία δε φαίνεται να επηρεάζει τα παιδιά που σημειώνουν χαμηλές ικανότητες στο ερωτηματολόγιο.

Στη συνέχεια έγινε γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης για να εξεταστεί κατά πόσον η τάξη, η μέθοδος καταγραφής, οι ικανότητες και το φύλο μπορούν να προβλέψουν τη ΔΙ των παιδιών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 27.

Πίνακας 27

Γραμμική Ανάλυση Παλινδρόμησης της ΔΙ με Ανεξάρτητες Μεταβλητές την Τάξη, τη ΣΕ του Ερωτηματολογίου, το Φύλο και τη Μέθοδο Καταγραφής

| Μεταβλητές | R | R ² | Adjusted R ² | B | β | α (alpha) |
|--------------------|-------|----------------|-------------------------|-------|-------|-----------|
| ΣΕ ερωτηματολογίου | 0.565 | 0.319 | 0.203 | 0.569 | 0.565 | 0.001 |

Από τον Πίνακα 27 φαίνεται ότι η μόνη μεταβλητή που μπορεί να προβλέψει τη ΔΙ ικανότητα των παιδιών είναι ο βαθμός που σημείωσαν στο ερωτηματολόγιο ή αλλιώς η ΣΕ. Η μεταβλητή αυτή μπορεί να προβλέψει το 31,9% της διακύμανσης. Οι υπόλοιπες μεταβλητές δεν έχουν στατιστικά προβλεπτική ικανότητα για τη μεταβλητή ΔΙ.

Συνολικά Αποτελέσματα

Από την ανάλυση τόσο των δεδομένων της πρώτης φάσης, όσο και των δεδομένων της δεύτερης φάσης προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα που φανερώνουν τις δυσκολίες, αλλά και τις δυνατότητες παιδιών Δ' και Στ' τάξης, όσον αφορά τις δεξιότητες ελέγχου μεταβλητών και συνδυαστική σκέψη, αλλά και τη διερευνητική ικανότητα γενικότερα. Τα αποτελέσματα της πρώτης και δεύτερης φάσης συγκλίνουν με θετική συσχέτιση ανάμεσα στο βαθμό που δόθηκε στο κάθε ερωτηματολόγιο και στο βαθμό που δόθηκε στην κάθε συνέντευξη. Επομένως, παρόλο που το ερωτηματολόγιο περιορίστηκε σε δύο μόνο μεταβλητές (EM και ΣΣ) εντούτοις οι επιδόσεις των παιδιών στο ερωτηματολόγιο μπορούν να προβλέψουν τη ΔΙ τους κατά τον πειραματισμό τους με την κύρια πειραματική συσκευή (Πίνακας 27). Τόσο στο ερωτηματολόγιο όσο και στη συνέντευξη φάνηκαν οι διαφορές ανάμεσα στα παιδιά της Δ' και Στ' τάξης, και όσον και αν χρησιμοποιήθηκαν στη συνέντευξη παιδιά με ίδιες ικανότητες στο ερωτηματολόγιο, φανερώθηκαν διαφορές στη συνολική

Δι κυρίως στα παιδιά με υψηλές ικανότητες. Τα αποτελέσματα αυτά οδηγούν σε σημαντικά συμπεράσματα.

ΜΑΡΙΑ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου αυτού παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας όπως προέκυψαν από την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων και τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας. Ακολουθούν εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα και εκπαιδευτικές παρεμβάσεις με βάση τα αποτελέσματα και συμπεράσματα της συγκεκριμένης έρευνας.

Συμπεράσματα

Φάση Α. Το Ερωτηματολόγιο

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου έδειξε ότι τα παιδιά τετάρτης και έκτης τάξης δημοτικών σχολείων της Κύπρου παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα στην εφαρμογή της δεξιότητας “έλεγχος μεταβλητών.” Δεν έχουν αναπτύξει τις προέννοιες αυτής της διαδικασίας, αφού δεν είναι σε θέση, στη μεγάλη πλειοψηφία τους, να αποφασίσουν πότε μπορούν να συγκρίνουν δύο ποσότητες (υγρά) και επιπλέον να στηρίζουν την άποψή τους, σύμφωνα με το έργο EM₂. Τα αποτελέσματα σχετικά με τη συνδυαστική σκέψη έδειξαν ότι τα παιδιά έχουν αναπτύξει, σε μεγαλύτερο βαθμό, τη συνδυαστική τους σκέψη, παρά τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών. Αυτό ίσως να οφείλεται στην έμφαση που δίνεται σε προβλήματα συνδυαστικής σκέψης στο μάθημα των Μαθηματικών στα δημοτικά σχολεία και στη φύση των προβλημάτων, παρόμοια των οποίων συναντιούνται στα βιβλία των Μαθηματικών για το δημοτικό σχολείο.

Εκτός από τις διαφορές που σημειώθηκαν στις δύο μορφές σκέψης, έλεγχος μεταβλητών και συνδυαστική σκέψη, ανάμεσα στα παιδιά της ίδιας ηλικίας, σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, ανάμεσα στα παιδιά τετάρτης και έκτης τάξης και ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια όσον αφορά τη συνδυαστική σκέψη και τη συνολική επίδοση στο ερωτηματολόγιο. Οι διαφορές που σημειώθηκαν ανάμεσα στις δύο μορφές σκέψης δεν συνηγορούν υπέρ της θεωρίας του Piaget, που υποστηρίζει ότι η ανάπτυξη της συνδυαστικής σκέψης και της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών γίνεται ταυτόχρονα (Piaget, 1950). Την ιδέα της μη ταυτόχρονης ανάπτυξης των μορφών σκέψης που συναποτελούν τη λογική σκέψη (συνδυαστική σκέψη, αναλογική σκέψη, προβλήματα πιθανοτήτων, έλεγχος μεταβλητών, συσχέτιση) υποστηρίζουν και προηγούμενες ερευνητικές προσπάθειες (Valanides, 1996. 1997. Zeidler, 1985. Βαλανίδης, 1995). Επιπλέον, από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι ο ρυθμός ανάπτυξης της συνδυαστικής σκέψης και της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών εξαρτάται από την τάξη και το φύλο. Οι διαφορές ανάμεσα στα μικρότερα και τα μεγαλύτερα παιδιά ανταποκρίνονται στην ανάπτυξη στη σκέψη που γίνεται στα παιδιά της ηλικίας αυτής. Οι διαφορές ανάμεσα στα κορίτσια και τα αγόρια επιβεβαιώνουν τη θεωρία των “εκτινάξεων” της ωρίμανσης του εγκεφάλου, οι οποίες συμβαίνουν σε διαφορετικές ηλικίες για το κορίτσια και τα αγόρια (Epstein, 1990). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, ο ρυθμός ωρίμανσης του εγκεφάλου δεν είναι γραμμικός, αλλά στις ηλικίες 4-6, 10-12 και 14-16 σημειώνονται απότομες “εκτινάξεις” ωρίμανσης. Η “εκτίναξη” που σημειώνεται στα 10-12 χρόνια είναι σε μέγεθος διπλάσια για τα κορίτσια σε σύγκριση με τα αγόρια, ενώ το αντίθετο συμβαίνει στην “εκτίναξη” των 14-16 χρόνων (Βαλανίδης, 1995).

Βοηθητική Πειραματική Συσκευή

Από την ενασχόληση των παιδιών με τη βοηθητική πειραματική συσκευή φάνηκε ότι όλα τα παιδιά μέσα από τον πειραματισμό κατάφεραν να πετύχουν τη φωτοβολία του λαμπτήρα, αλλά η πλειοψηφία των παιδιών δεν ήταν σε θέση να συνδύασει τους δύο διαφορετικούς διακόπτες και να πετύχει τη φωτοβολία του λαμπτήρα, στην πρώτη πειραματική προσπάθειά τους. Επιπλέον, εμφανής ήταν η επίδραση της καθημερινής εμπειρίας, τόσο στην ονομασία που έδωσαν στο διακόπτη της συσκευής όσο και στην πεποίθηση ότι ένας λαμπτήρας φωτοβολεί με τη χρήση ενός μόνο διακόπτη. Έτσι ονόμασαν το διακόπτη τηλεχειριστήριο ή χειριστήριο, επηρεαζόμενοι από τις ηλεκτρονικές συσκευές και τα ηλεκτρονικά τους παιχνίδια και προσπάθησαν να κάνουν το λαμπτήρα να φωτοβολήσει με απλή μετακίνηση του διακόπτη ή με πάτημα του διακόπτη ελέγχου, όπως συμβαίνει στην καθημερινή ζωή, όπου μια λάμπα ανάβει με τη μετακίνηση ενός διακόπτη.

Αρχικές Υποθέσεις με την Κύρια Πειραματική Συσκευή

Τα παιδιά, στην πλειοψηφία τους, μετέφεραν με επιτυχία την εμπειρία που απέκτησαν με τη βοηθητική πειραματική συσκευή και διατύπωσαν υποθέσεις σύμφωνα με τις οποίες θα φωτοβολούσαν λαμπτήρες με τη χρήση των διακοπών, αλλά και του διακόπτη ελέγχου. Οι αρχικές υποθέσεις των παιδιών διέφεραν ως προς τον τρόπο μετακίνησης των διακοπών, ως προς τη δυνατότητα φωτοβολίας πολλαπλών λαμπτήρων, ως προς τον αριθμό των λαμπτήρων που είχαν τη δυνατότητα να φωτοβολήσουν. Οι αρχικές υποθέσεις των παιδιών φανέρωσαν την αδυναμία τους για συνολική θεώρηση της συσκευής, ως ένα σύστημα με αλληλεπιδρώντα στοιχεία. Για το λόγο αυτό σχεδόν όλα τα παιδιά διατύπωσαν αρχική υπόθεση που δεν υποστήριζε το συνδυασμό των διακοπών για τη φωτοβολία των λαμπτήρων. Φάνηκε

επίσης η προσκόλλησή τους στα ορατά στοιχεία της συσκευής, αφού δεν προσπάθησαν να διατυπώσουν υποθέσεις σχετικά με τις “κρυφές” συνδέσεις των διακοπών. Αντίθετα, έδωσαν σημασία στην αρίθμηση των λαμπτήρων και των διακοπών και στο πλήθος των λαμπτήρων και των διακοπών, έτσι ώστε να φωτοβολούν τόσοι λαμπτήρες όσοι και οι διακόπτες. Ένα άλλο στοιχείο που ήταν εμφανές στις υποθέσεις τους ήταν η επίδραση της καθημερινής εμπειρίας, όπου για τη φωτοβολία ενός λαμπτήρα δε χρειάζεται η μετακίνηση συνδυασμού διακοπών, αλλά μόνο ενός διακόπτη και το σύνηθες αποτέλεσμα είναι η φωτοβολία μιας λάμπας. Τέλος, η αδυναμία των παιδιών να διατυπώσουν υποθέσεις που να αφορούν το συνδυασμό των διακοπών, φανερώνει την αδυναμία τους για λογικούς συλλογισμούς και ειδικότερα το χαμηλό επίπεδο ανάπτυξης της συνδυαστικής σκέψης στο οποίο βρίσκονται.

Χώρος των Υποθέσεων

Η διατύπωση μιας καινούριας υπόθεσης είναι αναμφισβήτητα μια δύσκολη διαδικασία (de Jong & van Joolingen, 1998). Τα παιδιά, στην προσπάθειά τους, να διερευνήσουν τη λειτουργία της πειραματικής συσκευής διετύπωσαν ένα πλήθος υποθέσεων, οι οποίες μπορούσαν να ελεγχθούν είτε με ένα μόνο πείραμα είτε με μια σειρά πειραμάτων. Τα αποτελέσματα ενισχύουν τη θεωρία του Klahr (2000), σχετικά με τις δύο φάσεις της αναζήτησης στο χώρο των υποθέσεων. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, στην πρώτη φάση γίνεται η παραγωγή του γενικού πλαισίου της υπόθεσης και στη δεύτερη φάση γίνεται ο καθορισμός της νέας υπόθεσης. Σε ένα γενικό πλαίσιο, μπορούν να διατυπωθούν περισσότερες από μια υποθέσεις και η απόρριψη μιας υπόθεσης δεν οδηγεί κατ’ ανάγκη και στην απόρριψη του πλαισίου της υπόθεσης. Το πλαίσιο μιας υπόθεσης εγκαταλείπεται όταν υπάρχουν ασύμφωνα προς αυτό

πειραματικά δεδομένα και όταν δεν είναι ικανό να οδηγήσει στη διατύπωση νέας υπόθεσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά διατύπωναν υποθέσεις, που ονομάστηκαν κύριες υποθέσεις, οι οποίες αφορούσαν γενικότερα τη λειτουργία της συσκευής. Με βάση τις κύριες αυτές υποθέσεις, τα παιδιά οδηγούνταν στη διατύπωση υπο-υποθέσεων που ελέγχονταν με ένα και μόνο πείραμα. Συνδέοντας τα αποτελέσματα με τη θεωρία του Klahr (2000), παραλληλίζονται οι κύριες υποθέσεις με τον όρο του Klahr “πλαίσιο της υπόθεσης” και οι υπο-υποθέσεις με τον όρο “νέα υπόθεση.” Επιπλέον, από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι, ιδιαίτερα τα παιδιά με χαμηλές ικανότητες, δεν εγκατέλειπαν εύκολα το πλαίσιο μιας υπόθεσης και διατύπωναν ένα πλήθος υπο-υποθέσεων χωρίς απόρριψη ή διαμόρφωση του πλαισίου της υπόθεσης. Ο μεγαλύτερος αριθμός υπο-υποθέσεων διατυπώθηκε για την κύρια υπόθεση που αφορούσε τη φωτοβολία λαμπτήρων με συνδυασμό διακοπών. Τα παιδιά θεωρούσαν ότι, στο γενικό αυτό πλαίσιο, έπρεπε να εκτελέσουν ένα πλήθος πειραμάτων με σκοπό να πετύχουν τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων. Στην προσπάθειά τους αυτή, διατύπωναν υπο-υποθέσεις σχετικές με το λαμπτήρα που θα φωτοβολούσε στο αμέσως επόμενο πείραμα και, σε αρκετές περιπτώσεις, δεν αιτιολογούσαν τις υπο-υποθέσεις τους.

Μια δεύτερη διαπίστωση είναι ότι τα παιδιά δε διατύπωναν υποθέσεις με βάση τα πειραματικά τους δεδομένα και δεν απέρριπταν τις υποθέσεις τους υπό το φως ασύμφωνων δεδομένων, αλλά επιδείκνυαν μια εμμονή στις ιδέες τους. Έτσι, για παράδειγμα, κάποια παιδιά υποστήριζαν μέχρι το τέλος της διερεύνησης την περίπτωση πολλαπλής φωτοβολίας λαμπτήρων, παρόλο που κανένα πειραματικό δεδομένο δεν ενίσχυσε την άποψή τους. Την άρνηση των ατόμων για αλλαγή της θεωρίας ή υπόθεσής τους και την εμμονή τους σε μια αρχική τους υπόθεση υποστήριζαν με έρευνές τους και άλλοι ερευνητές (Chinn & Brewer, 1993. Chinn &

Malhotra, 2002. Klahr & Dunbar, 1988. Klahr & Dunbar, 2000b). Η εμμονή αυτή είναι χαρακτηριστική της επικέντρωσής τους σε μια μόνο πτυχή της διερεύνησης και της αδυναμίας τους να θεωρήσουν την όλη συσκευή ως ένα σύστημα με στοιχεία που αλληλεπιδρούν και αλληλοεπηρεάζονται. Παρόλη την εμμονή των παιδιών προς κάποιες υποθέσεις τους, παρατηρήθηκε επίσης και το αντίθετο φαινόμενο, η αλλαγή, δηλαδή, μιας υπόθεσης χωρίς δεδομένα που να την αντικρούουν. Ένα άλλο σημείο που αξίζει να σχολιαστεί όσον αφορά την αναζήτηση στο χώρο των υποθέσεων, είναι η τάση των παιδιών να διατυπώνουν υποθέσεις που δεν μπορούν εύκολα να απορριφθούν. Η τάση αυτή ονομάζεται “φόβος της απόρριψης” (de Jong & van Joolingen, 1998).

Τα παιδιά στην προσπάθειά τους να αιτιολογήσουν τις υποθέσεις τους, χρησιμοποίησαν διάφορες λογικές και μη λογικές εξηγήσεις. Από τις εξηγήσεις αυτές, φάνηκε ότι τη σκέψη των παιδιών επηρέαζαν οι προηγούμενες γνώσεις τους τόσο από τα μαθηματικά, όσο και από τη φυσική. Χρησιμοποίησαν τις έννοιες όπως “βραχυκύκλωμα,” “ανοιχτό και κλειστό κύκλωμα” στις πλείστες περιπτώσεις λανθασμένα και αυτό υποστηρίζει τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για έννοιες της φυσικής που διατηρούνται, και ενισχύονται πολλές φορές, με την παραδοσιακή διδασκαλία. Έτσι, για παράδειγμα, κάποια παιδιά υποστήριζαν ότι οι διακόπτες είναι αυτοί που “βοηθούν” τους λαμπτήρες να φωτοβολούν, θεωρώντας τους διακόπτες ως πηγή ενέργειας ή ότι όταν δύο διακόπτες βρίσκονταν σε απόσταση ο ένας από τον άλλο δεν υπήρχε περίπτωση βραχυκυκλώματος, γιατί δεν θα έρχονταν σε επαφή τα γυμνά τους καλώδια. Έντονη ήταν η εμμονή τους στα μαθηματικά και γι αυτό χρησιμοποιούσαν την αρίθμηση των διακοπών και των λαμπτήρων για να σχηματίζουν μαθηματικές εξισώσεις και να δικαιολογήσουν ποιος λαμπτήρας θα φωτοβολούσε στο αμέσως επόμενο πείραμα. Αυτό υποστηρίζει ότι τα παιδιά θεωρούν,

ως αποκλειστική χρήση των αριθμών, τις μαθηματικές πράξεις. Τα παιδιά υποστήριξαν τις απόψεις τους χρησιμοποιώντας και άλλες, λιγότερο λογικές, εξηγήσεις, σύμφωνα με τις οποίες το πειραματικό αποτέλεσμα επηρεαζόταν είτε από τη σειρά εκτέλεσης των πειραμάτων είτε από το τελευταίο διακόπτη που μετακινούσαν είτε από τη φυσική θέση των λαμπτήρων-διακοπών στη συσκευή. Οι συγκεκριμένες ιδέες των παιδιών υποδηλώνουν την προσκόλλησή της σκέψης τους σε ορισμένα στοιχεία του συστήματος και στην ιδέα ότι ενεργό ρόλο είτε μόνο η τελευταία μετακίνηση, ενώ οι προηγούμενες μετακινήσεις αδρανοποιούνταν.

Έλεγχος Υποθέσεων- Αναζήτηση στο Χώρο των Πειραμάτων

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους κάθε επιστημονικής διερεύνησης είναι ο σχεδιασμός πειραμάτων που παρέχει πληροφορίες για την εγκυρότητα της υπό εξέταση υπόθεσης και οδηγεί στη λύση του προβλήματος. Τα παιδιά, στην έρευνα αυτή, μέσα από διαδοχικούς κύκλους πειραματισμού, κατάφεραν, στη μεγάλη πλειοψηφία τους, να πετύχουν τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων, αλλά αυτό το πέτυχαν κυρίως με τυχαία περιπλάνηση στο χώρο των πειραμάτων. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, προκύπτουν διάφορα συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά των παιδιών για τη φάση ελέγχου των υποθέσεων με τον πειραματισμό.

Πρώτο χαρακτηριστικό ήταν η τάση των παιδιών να εκτελούν πειράματα τα οποία να επιβεβαιώνουν και όχι να απορρίπτουν τις υποθέσεις τους. Η τάση αυτή των ατόμων ονομάζεται “προκατάληψη της επιβεβαίωσης”, όρος ο οποίος χρησιμοποιήθηκε αρχικά από το Wason (1960), αλλά διερευνήθηκε και από πολλούς άλλους ερευνητές (Dunbar, 1993. Klahr & Dunbar, 2000b. Koslowski, 1996. Quinn & Alessi, 1994). Τα παιδιά που εκδήλωναν αυτήν την τάση, εκτελούσαν αποκλειστικά πειράματα θετικού ελέγχου και επομένως, προστατεύονταν από την ανάγκη

διατύπωσης μιας νέας, εναλλακτικής υπόθεσης (Dunbar, 1993). Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό ήταν η τάση τους να εκτελούν πειράματα που δεν είχαν σκοπό τον έλεγχο μιας συγκεκριμένης υπόθεσης ή υπο-υπόθεσης. Αυτή η τάση χαρακτηρίζει τα άτομα που, κατά τον πειραματισμό, προσπαθούν να πετύχουν ένα επιθυμητό αποτέλεσμα, χωρίς να προσπαθούν να κατανοήσουν τις σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος ή του μοντέλου. Ως αποτέλεσμα, αυτή η τάση αποθαρρύνει τα άτομα να σχεδιάζουν πειράματα τα οποία παρέχουν καλά οργανωμένα δεδομένα που θα ήταν ικανά να οδηγήσουν στην ανακάλυψη όλων των πιθανών συνδέσεων των στοιχείων του συστήματος (Schauble κ.ά., 1991. Klahr, 2000). Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι η ανεπαρκής αναζήτηση σε όλο το χώρο των πειραμάτων με αποτέλεσμα να μη γίνεται προσπάθεια εκτέλεσης μόνο των αναγκαίων πειραμάτων που θα οδηγούσαν στη λύση του προβλήματος και επιπλέον σχεδιάζονται και εκτελούνται αρκετά πειράματα σε επανάληψη. Η συμπεριφορά αυτή των ατόμων σχετίζεται και με το βαθμό ανάπτυξης της συνδυαστικής τους σκέψης. Τέλος, ένα άλλο χαρακτηριστικό ήταν η εκτέλεση πειραμάτων που δεν είχαν σκοπό να ελέγξουν μια υπόθεση ή που εκτελούνταν στα πλαίσια μιας κύριας υπόθεσης με σκοπό τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων και όχι την εξέταση σχέσεων του συστήματος. Η συμπεριφορά αυτή σχετίζεται με τη μηχανιστικό μοντέλο πειραματισμού, στο οποίο θα γίνει εκτενής αναφορά στη συνέχεια.

Λύση Προβλήματος- Εντοπισμός Γενικού και “Εικονικού” Διακόπτη

Μέσα από διαδοχικούς κύκλους υποθέσεων και πειραματισμού, αρκετά παιδιά της έκτης τάξης με υψηλές ικανότητες κατόρθωσαν να εντοπίσουν και το γενικό και τον “εικονικό” διακόπτη. Λιγότερα παιδιά τετάρτης τάξης με υψηλές ικανότητες και ελάχιστα παιδιά χαμηλών ικανοτήτων και από τις δύο τάξεις κατάφεραν να λύσουν το

πρόβλημα και να εντοπίσουν το γενικό ή/και τον “εικονικό” διακόπτη. Παρόλο που ένα ποσοστό παιδιών κατόρθωσε να λύσει το πρόβλημα, εντούτοις αυτό δεν έγινε με αποτελεσματικό τρόπο, αφού εκτελούσαν πειράματα σε επανάληψη, δεν εφάρμοζαν συστηματικό έλεγχο των μεταβλητών και δεν κατέγραφαν, οργάνωναν ή αξιοποιούσαν τα δεδομένα τους συστηματικά. Ως αποτέλεσμα οδηγούνταν στη λύση μετά από τυχαίες, πολλές φορές, περιπλανήσεις στο χώρο των πειραμάτων. Έτσι, κανένα παιδί δεν εντόπισε τον “εικονικό” διακόπτη με συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων, ενώ μερικά μόνο παιδιά κατόρθωσαν να εντοπίσουν το γενικό διακόπτη με συντονισμό δεδομένων και υποθέσεων. Εκτός από τον εντοπισμό των δύο διακοπών, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η κατανόηση της λειτουργίας τους. Ένας πολύ μικρός αριθμός παιδιών κατόρθωσε να προσδώσει στο γενικό διακόπτη τη σωστή ονομασία, και λιγότερα από τα μισά παιδιά που εντόπισαν τον “εικονικό” διακόπτη, αντιλήφθηκαν ότι ο συγκεκριμένος διακόπτης ήταν ασύνδετος. Τα υπόλοιπα παιδιά του προσέδωσαν ιδιαίτερη σημασία και συνέδεσαν τη λειτουργία του με τα εμφανή αποτελέσματα, δηλαδή τη φωτοβολία λαμπτήρων με δύο διαφορετικούς συνδυασμούς, υποστηρίζοντας τη σημαντικότητα ενός διακόπτη που οδηγεί στη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα με διαφορετικούς συνδυασμούς.

Μέσα από την προσπάθεια των παιδιών να εντοπίσουν τον “εικονικό” διακόπτη διαφάνηκε η μη ανεπτυγμένη αντιστρεψιμότητα της σκέψης τους, αφού δεν αντιλαμβάνονταν ότι η μετακίνηση ενός διακόπτη από τη θέση “πάνω” στη θέση “κάτω” και η μετακίνηση του ίδιου διακόπτη (διακόπτης 5) από τη θέση “κάτω” στη θέση “πάνω” οδηγούσε στο ίδιο αποτέλεσμα, αν φυσικά δε συνοδευόταν από οποιαδήποτε άλλη μετακίνηση. Αντίθετα, έδιναν σημασία μόνο στη μετακίνηση από “πάνω” προς τα “κάτω”, πιστεύοντας ότι η μετακίνηση αυτή οδηγούσε σε θετικά αποτελέσματα και σε φωτοβολία λαμπτήρα. Άλλο ένα χαρακτηριστικό της σκέψης

των παιδιών, που εμφανίστηκε κατά την ανίχνευση του συγκεκριμένου διακόπτη, ήταν η υπεργενίκευση κάποιων παρατηρήσεων που αφορούσαν τον “εικονικό” διακόπτη και στους υπόλοιπους. Πιο συγκεκριμένα, η διατύπωση της υπόθεσης ότι η μετακίνηση οποιουδήποτε διακόπτη από τη μια θέση στην άλλη οδηγεί στο ίδιο πειραματικό αποτέλεσμα. Η συμπεριφορά αυτή των παιδιών δείχνει ότι δεν ήταν σε θέση να επικεντρώσουν την προσοχή τους στα χρήσιμα δεδομένα και επιπλέον δεν αντιλαμβάνονταν τη λειτουργία της συσκευής.

Όσον αφορά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων σχετικά με τον εντοπισμό των δύο διαφορετικών διακοπών φαίνεται ότι ο βαθμός δυσκολίας εντοπισμού των δύο διακοπών δεν ήταν ο ίδιος, αλλά ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη απαιτούσε μεγαλύτερο γνωστικό φορτίο από ότι ο εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη και για αυτό πολύ περισσότερα παιδιά εντόπισαν τον “εικονικό” παρά το γενικό διακόπτη. Αυτό εξηγείται εύκολα, αφού ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη απαιτούσε τη σύγκριση μιας σειράς πειραμάτων τα οποία είχαν αρνητικό και θετικό αποτέλεσμα και τη διαπίστωση ότι η θέση του διακόπτη 3 είχε ως αποτέλεσμα τη διάκριση ή συνδεόταν με τη θέση του γενικού διακόπτη. Αντίθετα, ο εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη απαιτούσε τη σύγκριση ζευγαριών συνδυασμών που είχαν ως αποτέλεσμα τη φωτοβολία του ίδιου λαμπτήρα και η μόνη διαφοροποίηση ήταν η θέση του “εικονικού” διακόπτη. Αν γίνει αποδεκτό το επιχείρημα αυτό, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι τα παιδιά που εντόπισαν μόνο τον “εικονικό” διακόπτη και όχι το γενικό διακόπτη δεν ήταν σε θέση να οργανώσουν ένα μεγάλο αριθμό δεδομένων και να επικεντρώσουν την προσοχή τους σε ένα μόνο στοιχείο. Επιπλέον, η σύγκριση των αποτελεσμάτων σχετικά με το γενικό και τον “εικονικό” διακόπτη οδηγεί στη διαπίστωση, ότι παρόλο που η ανίχνευση του “εικονικού” διακόπτη θεωρήθηκε ευκολότερη, η πλειοψηφία των παιδιών που εντόπισε και τους δύο διαφορετικούς

διακόπτες εντόπισε πρώτα το γενικό διακόπτη και έπειτα τον “εικονικό” διακόπτη. Επομένως, η σειρά ανίχνευσης των διακοπών είναι ανεξάρτητη από τους γνωστικούς μηχανισμούς που συνδέονται με το μεγαλύτερο γνωστικό φορτίο που απαιτεί ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη, αλλά εξαρτάται και από το πλαίσιο της διερεύνησης. Η διαπίστωση αυτή χρειάζεται να διερευνηθεί σε διαφορετικό πλαίσιο διερεύνησης. Τέλος, όσον αφορά τη σύγκριση ανάμεσα στους δύο διακόπτες ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σχεδόν όλα τα παιδιά που ανίχνευσαν το γενικό διακόπτη ήταν σε θέση να ανιχνεύσουν και τον “εικονικό” διακόπτη. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι γνωστικές λειτουργίες που απαιτούνται για τον εντοπισμό του γενικού διακόπτη είναι ικανές να οδηγήσουν και στον εντοπισμό του “εικονικού” διακόπτη, όχι όμως και αντίστροφα.

Συντονισμός Υποθέσεων και Δεδομένων για Εξαγωγή Συμπερασμάτων

Ο συντονισμός των υποθέσεων και των δεδομένων που οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στη διατύπωση νέων υποθέσεων αποτελεί την τρίτη φάση της διερευνητικής διαδικασίας και ομολογουμένως την πιο δύσκολη φάση. Η φάση αυτή χρησιμοποιεί ανώτερες γνωστικές λειτουργίες, αφού απαιτεί από τα άτομα να συντονίσουν τα πειραματικά τους δεδομένα με τις υποθέσεις που εξέτασαν κάθε φορά και να οδηγηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων και σε αποφάσεις σχετικά με την εγκυρότητα ή όχι των υποθέσεων. Τα παιδιά του δείγματος της έρευνας αυτής παρουσίασαν σοβαρές δυσκολίες στη δεξιότητα συντονισμού υποθέσεων και δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Οι δυσκολίες αυτές αφορούν καταρχήν την μη αξιοποίηση των δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Όλα σχεδόν τα παιδιά, ακόμα και τα παιδιά που έλυσαν και τις δύο πτυχές του προβλήματος, δεν αξιοποίησαν τα δεδομένα τους επαρκώς και

δεν έλυσαν το πρόβλημα στα αρχικά στάδια της διερεύνησης, όταν είχαν ικανοποιητικά δεδομένα για να το πράξουν. Επιπλέον, ένας πολύ μεγάλος αριθμός παιδιών δεν κατόρθωσε να αξιοποιήσει τα δεδομένα του για να οδηγηθεί στη λύση του προβλήματος και να εντοπίσει τους δύο διαφορετικούς διακόπτες του κυκλώματος. Εκτός από την αξιοποίηση των δεδομένων, όλα τα παιδιά που εντόπισαν τον “εικονικό” διακόπτη, και σχεδόν όλα τα παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη, στηρίχτηκαν αποκλειστικά στο χώρο των πειραμάτων για τη λύση του προβλήματος και όχι στο συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων. Η αδυναμία συντονισμού υποθέσεων και δεδομένων οδηγούσε σε μη αποτελεσματικό τρόπο διερεύνησης με εκτέλεση πειραμάτων σε επανάληψη, τυχαία περιπλάνηση στο χώρο των πειραμάτων και εκτέλεση ενός μεγάλου αριθμού πειραμάτων που δε θα ήταν απαραίτητη, αν εφαρμοζόταν η δεξιότητα του συντονισμού των υποθέσεων και των δεδομένων.

Μια άλλη δυσκολία συντονισμού υποθέσεων και δεδομένων που προκύπτει από τα αποτελέσματα είναι η αδυναμία αξιοποίησης των δεδομένων που προκύπτουν τόσο από τα αρνητικά όσο και από τα θετικά πειράματα. Τα παιδιά έδιναν αποκλειστική σημασία στα θετικά πειράματα με αποτέλεσμα να αφήνουν πλούσια δεδομένα αναξιοποίητα, τα οποία ήταν απαραίτητα για τον εντοπισμό του γενικού διακόπτη. Η στάση των παιδιών για τα δεδομένα των αρνητικών πειραμάτων αποτελεί ένδειξη του μηχανιστικού μοντέλου πειραματισμού που χρησιμοποιούσαν τα παιδιά κατά τη διάρκεια της διερεύνησης. Ενδείξεις μη ανεπτυγμένης ικανότητας συντονισμού των υποθέσεων και των δεδομένων αποτελεί και η συμπεριφορά των παιδιών προς τα ασύμφωνα δεδομένα. Σύμφωνα με τους Klahr και Dunbar (2000a), η σημαντική απόφαση που καλούνται να πάρουν τα παιδιά κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης είναι πώς να ερμηνεύσουν τα δεδομένα με βάση την υπο εξέταση υπόθεση. Σύμφωνα με τις κλασικές νόρμες της επιστημονικής μεθόδου, κάποιος πρέπει να

απορρίπτει τις υποθέσεις που είχαν ασύμφωνα δεδομένα και να κρατήσει τις υποθέσεις που επιβεβαιώθηκαν από τα δεδομένα (Porper, 1959). Η συμπεριφορά των παιδιών στην έρευνα αυτή δεν ακολούθησε τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, αφού δεν οδηγούνταν στην απόρριψη των υποθέσεων μετά από ασύμφωνα πειραματικά δεδομένα. Όταν κάποιο παιδί δεν οδηγείται σε απόρριψη μιας υπόθεσης, μετά από δεδομένα που την αντικρούουν, αυτό υποδηλώνει ότι δεν κάνει προσπάθεια συντονισμού των χώρων των υποθέσεων και των δεδομένων, αλλά οι δύο χώροι λειτουργούν ανεξάρτητα και δεν αλληλοεπηρεάζονται.

Καταγραφή Δεδομένων

Το σύστημα καταγραφής των πειραματικών αποτελεσμάτων, που αξιοποιήθηκε ως σύστημα “εξωτερικής μνήμης” βοήθησε αρκετά παιδιά να λύσουν το πρόβλημα, αφού συχνά στήριζαν τα συμπεράσματά τους στα πειραματικά δεδομένα. Τα παιδιά δεν ήταν αναγκασμένα να κρατούν στην εργαζόμενη μνήμη τους τα δεδομένα, αλλά είχαν την ευκαιρία να καταφεύγουν στην καταγραφή τους, είτε αυτή γινόταν με ελεύθερο τρόπο, είτε με συγκεκριμένο έντυπο, και να αντλούν πολύτιμες πληροφορίες που θα τους βοηθούσαν να λύσουν το πρόβλημα. Έτσι, όλα τα παιδιά που εντόπισαν τον “εικονικό” διακόπτη και αρκετά παιδιά που εντόπισαν το γενικό διακόπτη στηρίχτηκαν αποκλειστικά στα κατεγραμμένα δεδομένα, για να οδηγηθούν στη λύση του προβλήματος. Εντούτοις, η καταγραφή των αποτελεσμάτων δεν αξιοποιήθηκε επαρκώς, αφού τα παιδιά δεν κατόρθωσαν, στην πλειοψηφία τους, να λύσουν το πρόβλημα, και άφησαν πολύτιμες πληροφορίες, από τα κατεγραμμένα δεδομένα τους, αναξιοποίητες. Ακόμα και τα παιδιά που εντόπισαν το γενικό ή/και τον “εικονικό” διακόπτη, αν αξιοποιούσαν τα δεδομένα τους αποτελεσματικότερα θα μπορούσαν να φτάσουν στη λύση εκτελώντας μικρότερο αριθμό πειραμάτων και σε

συντομότερο χρονικό διάστημα. Προηγούμενες έρευνες έδειξαν ότι ένας αποτελεσματικός τρόπος καταγραφής βοηθά τα άτομα να οργανώσουν τα δεδομένα τους και να οδηγηθούν σε έγκυρα συμπεράσματα (Kuhn & Pearsal, 2000. Schauble, 1996. Trafton & Trickett, 2001).

Όσον αφορά την ομάδα της ελεύθερης καταγραφής, τα παιδιά επέλεξαν το δικό τους τρόπο καταγραφής. Έτσι προέκυψαν πέντε διαφορετικές στρατηγικές καταγραφής των αποτελεσμάτων. Σύμφωνα με την πρώτη στρατηγική σημειώνονταν μόνο οι διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω,” σύμφωνα με τη δεύτερη στρατηγική σημειώνονταν οι διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω” και σύμφωνα με την τρίτη στρατηγική σημειώνονταν οι θέσεις και των πέντε διακοπών. Η τέταρτη και η πέμπτη στρατηγική δεν ήταν εσωτερικά συνεπείς, αφού σύμφωνα με την τέταρτη σημειώνονταν είτε οι διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω,” είτε οι διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω,” χωρίς να υπάρχει συνέπεια ως προς ποια θέση θα σημειωνόταν κάθε φορά. Σύμφωνα με την τελευταία στρατηγική, σημειώνονταν μόνο οι διακόπτες που μετακινήθηκαν στην τελευταία πειραματική προσπάθεια, ανεξάρτητα από τη θέση των υπόλοιπων διακοπών. Οι στρατηγικές αυτές διέφεραν και ως προς τον τρόπο καταγραφής, αλλά και ως προς την αποτελεσματικότητά τους. Ως πιο αποτελεσματικές θεωρήθηκαν οι μέθοδοι που κατέγραφαν με συνέπεια τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “κάτω” ή τους διακόπτες που βρίσκονταν στη θέση “πάνω.” Αν και αυτές οι μέθοδοι δηλώνουν ότι τα παιδιά δεν αντιμετώπιζαν τη συσκευή ως σύστημα, αλλά ότι έδιναν σημασία μόνο στη μία θέση των διακοπών, εντούτοις ο μικρότερος αριθμός στοιχείων διευκόλυνε τις απαραίτητες συγκρίσεις. Τα παιδιά που δε χρησιμοποίησαν ένα συνεπή τρόπο καταγραφής δεν ήταν σε θέση να αξιοποιήσουν τις διαθέσιμες πληροφορίες και να διαπιστώσουν εύκολα τις διαφορές μεταξύ των διακοπών, αφού χρειαζόταν μεγάλη

αφαιρετική ικανότητα για τη σύγκριση δύο κατεγραμμένων αποτελεσμάτων που στο ένα σημειώνονταν οι διακόπτες που βρίσκονταν “κάτω” και στον άλλο οι διακόπτες που βρίσκονταν “πάνω.” Ως προς τη μέθοδο καταγραφής σύμφωνα με την οποία σημειώνονταν μόνο οι διακόπτες που μετακινούνταν, η εξαγωγή συμπερασμάτων ήταν αδύνατη, αφού η καταγραφή όχι μόνο δεν βοηθούσε, αλλά προκαλούσε μεγαλύτερη σύγχυση, αφού ακόμα και δύο διαφορετικά πειράματα καταγράφονταν με τον ίδιο τρόπο και επιπλέον, η καταγραφή δεν έδινε πληροφορίες για όλους τους διακόπτες. Η επιλογή αποτελεσματικού τρόπου καταγραφής των αποτελεσμάτων σχετίζεται με την ανάπτυξη των μεταγνωστικών δεξιοτήτων των παιδιών και της αναγνώρισης των περιορισμών της εργαζόμενης μνήμης κατά τη διερεύνηση ενός πολύπλοκου γνωστικού προβλήματος (Kuhn κ.ά, 1995. Kuhn, 1989).

Έλεγχος Μεταβλητών

Στη συγκεκριμένη διερεύνηση, έλεγχος μεταβλητών εφαρμόζεται όταν σε δύο διαδοχικά πειράματα ή ως προς ένα πείραμα σε αναφορά μετακινείται μόνο ένας διακόπτης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά έχουν αναπτύξει τη δεξιότητα αυτή σε πολύ μικρό βαθμό, αφού εφάρμοσαν έλεγχο μεταβλητών σε πολύ μικρά ποσοστά των πειραματικών τους προσπαθειών. Η αδυναμία των παιδιών για συστηματικό έλεγχο μεταβλητών σχετίζεται με τον μη αποτελεσματικό τρόπο διερεύνησης και της αδυναμίας τους για συστηματική αναζήτηση στο χώρο των πειραμάτων. Ο συστηματικός έλεγχος μεταβλητών θα μπορούσε να οδηγήσει συντομότερα στη λύση του προβλήματος και στην κατανόηση των σχέσεων των διακοπών στο σύστημα της συσκευής.

Συνδυαστική Σκέψη

Για να εξεταστεί η συνδυαστική σκέψη λήφθηκαν υπόψη τα πειράματα που εκτέλεσε το κάθε παιδί σε επανάληψη, η απόκλιση ανάμεσα στα αναγκαία και τα πραγματικά πειράματα και η συστηματική μετακίνηση διακοπών. Όσον αφορά την πρώτη παράμετρο σχεδόν όλα τα παιδιά εκτελούσαν πειράματα σε επανάληψη. Περισσότερα πειράματα σε επανάληψη εκτέλεσαν τα παιδιά Δ' τάξης και ειδικότερα τα παιδιά Δ' τάξης με χαμηλές ικανότητες. Η εκτέλεση πειραμάτων σε επανάληψη είναι μια αδυναμία στις δεξιότητες πειραματισμού και σχετίζεται με τη λανθασμένη αξιοποίηση και οργάνωση των πειραματικών δεδομένων. Έτσι, παιδιά τα οποία δεν κατέφευγαν συστηματικά στα έντυπα καταγραφής των αποτελεσμάτων, για να αντλήσουν πληροφορίες σχετικά με ποια πειράματα είχαν ήδη εκτελέσει και παιδιά, που και αν ακόμα κατέφευγαν στα δεδομένα τους, ο μη συνεπής τρόπος καταγραφής δεν τα βοηθούσε να αντιληφθούν ότι είχαν ήδη εκτελέσει το συγκεκριμένο πείραμα, και οδηγούνταν σε επανάληψη ίδιων πειραμάτων. Τέλος, μια άλλη εξήγηση, η οποία συνδέεται με κάποιες από τις υποθέσεις των παιδιών, ίσως να σχετίζεται με το γεγονός ότι κάποια παιδιά υποστήριζαν την περίπτωση διαφορετικού πειραματικού αποτελέσματος, μετά από εκτέλεση ίδιου πειράματος. Μια τέτοια άποψη χαρακτηρίζεται ως μη λογική και υπονοεί ότι τα παιδιά αυτά δεν αντιλαμβάνονταν ότι σε ένα διερευνητικό περιβάλλον, όπως αυτό της κύριας πειραματικής συσκευής, όπου τα στοιχεία της δε μεταβάλλονται, αλλά είναι σταθερά, δεν είναι δυνατό ίδιες κινήσεις να οδηγούν σε διαφορετικό αποτέλεσμα.

Δεύτερη παράμετρος που σχετίζεται με τη συνδυαστική σκέψη των παιδιών είναι το πλήθος των πειραμάτων που εκτέλεσαν τα παιδιά (πραγματικά πειράματα) και η απόκλιση των πραγματικών από τα αναγκαία πειράματα. Ο αριθμός των αναγκαίων πειραμάτων υπολογίστηκε για κάθε παιδί ξεχωριστά, ανάλογα με το αν εντόπισε το

γενικό ή/και τον “εικονικό” διακόπτη, κατά τη διάρκεια της διερεύνησης και με τον αριθμό των πειραμάτων που εκτέλεσε, πριν τον εντοπισμό τους. Στην περίπτωση που ένα παιδί δεν εντόπισε κανένα από τους δύο διακόπτες, τότε θεωρείται ότι τα αναγκαία πειράματα που θα έπρεπε να εκτελέσει είναι το σύνολο του χώρου των πειραμάτων με τη συγκεκριμένη συσκευή, δηλαδή 32 πειράματα. Όταν ένα παιδί έχει αναπτύξει τη συνδυαστική του σκέψη, τότε θα πρέπει να μπορεί να συνδυάσει τους διακόπτες και να πετύχει τα διαφορετικά πειράματα που μπορεί να εκτελέσει με τη συσκευή, στην προσπάθειά του για λύση του προβλήματος. Τα παιδιά που παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις ανάμεσα στα πραγματικά και τα αναγκαία πειράματα θεωρείται ότι δεν έχουν αναπτύξει ικανοποιητικά τη συνδυαστική τους σκέψη για να αντιλαμβάνονται ότι η διερεύνηση δεν μπορεί να ολοκληρωθεί, αν δεν έχουν ελεγχθεί όλες οι πιθανές σχέσεις των μεταβλητών ή αλλιώς, αν δεν έχουν εκτελεστεί όλα τα πιθανά πειράματα. Η επιτυχία εκτέλεσης όλων των αναγκαίων πειραμάτων σχετίζεται άμεσα και με τον τρόπο οργάνωσης των δεδομένων, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι επαναλήψεις και να επιβοηθείται η επιλογή των σωστών πειραμάτων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά που εντόπισαν και τους δύο διαφορετικούς διακόπτες εκτέλεσαν, χωρίς σχεδόν καμιά απόκλιση, το σύνολο των αναγκαίων πειραμάτων. Αυτό δηλώνει αφενός ότι η ανάπτυξη της συνδυαστικής σκέψης σχετίζεται με την ικανότητα λύσης προβλήματος και αφετέρου, ότι ο εντοπισμός των δύο διακοπών περιορίζει σε μεγάλο βαθμό το χώρο των αναγκαίων πειραμάτων κι έτσι τα παιδιά αυτά ήταν πιο εύκολο να πετύχουν την εκτέλεση των αναγκαίων πειραμάτων. Μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ πραγματικών και αναγκαίων πειραμάτων παρατηρήθηκαν στα παιδιά που δεν εντόπισαν το γενικό και τον “εικονικό” διακόπτη και οι προσπάθειές τους περιορίστηκαν στον εντοπισμό των συνδυασμών που οδηγούσαν στη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων. Έτσι, η

διερεύνηση ολοκληρωνόταν με την επιτυχή φωτοβολία όλων των λαμπτήρων και η περαιτέρω αναζήτηση στο χώρο των πειραμάτων δεν κρινόταν αναγκαία. Επομένως, η ανάπτυξη της συνδυαστικής σκέψης σχετίζεται και με το μοντέλο πειραματισμού που χρησιμοποιούσαν τα παιδιά.

Τρίτη παράμετρος εξέτασης της συνδυαστικής σκέψης των παιδιών ήταν και ο τρόπος μετακίνησης των διακοπών, αν δηλαδή οι διακόπτες μετακινούνταν με συστηματικό τρόπο ή αν η μετακίνησή τους γινόταν με τυχαίο τρόπο. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι αρκετά παιδιά έχουν ώριμη συνδυαστική σκέψη και μπορούν να πετύχουν συστηματική μετακίνηση των διακοπών. Η συστηματικότητα αφορούσε κυρίως την εκτέλεση πειραμάτων διατηρώντας σταθερό το πλήθος των διακοπών που βρίσκονταν στη μια από τις δύο θέσεις, π.χ., “κάτω.” Έτσι προσπαθούσαν, για παράδειγμα, να πετύχουν όλους τους πιθανούς συνδυασμούς, όταν μόνο δύο διακόπτες βρίσκονταν στη θέση κάτω. Πέρα από τη διατήρηση ίσου αριθμού διακοπών στη θέση “κάτω” ή στη θέση “πάνω,” κάποια παιδιά προχώρησαν σε πιο συστηματική μετακίνηση των διακοπών κι έτσι διατηρούσαν στη θέση κάτω τους διακόπτες 1-2, 1-3, 1-4, 1-5 κ.τ.λ. Αυτή η μετακίνηση είναι δείγμα ανώτερης συνδυαστικής σκέψης.

Συσχετίζοντας την ώριμη συνδυαστική σκέψη με τη μέθοδο καταγραφής, φάνηκε ότι τα παιδιά που ακολούθησαν την ελεύθερη καταγραφή έδειξαν μεγαλύτερη τάση προς τη συστηματική μετακίνηση των διακοπών. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί υποστηρίζοντας ότι η προσπάθεια των παιδιών να καταγράψουν τους διακόπτες και η επιλογή ενός τρόπου καταγραφής που έδινε σημασία μόνο στη μια θέση των διακοπών, και συνήθως στη θέση “κάτω,” κατεύθυνε περισσότερα παιδιά προς τη συστηματική μετακίνηση με διατήρηση ίσου αριθμού διακοπών στην ίδια θέση. Τέλος, όσον αφορά τις ικανότητες των παιδιών και τη συνδυαστική σκέψη,

φάνηκε ότι η συστηματική μετακίνηση δεν σχετιζόταν άμεσα με τις ικανότητες. Έτσι κάποια παιδιά που ακολούθησαν και τη στρατηγική της συστηματικής διερεύνησης στο χώρο των πειραμάτων, προσανατολίστηκαν προς τη συστηματική μετακίνηση διακοπών και δεν έδωσαν σημασία στα πειραματικά δεδομένα ή στη διατύπωση υποθέσεων. Θεώρησαν ως σκοπό της διερεύνησης τη συστηματική μετακίνηση διακοπών με τελικό σκοπό τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων και δεν προσπάθησαν να λύσουν το πρόβλημα της λειτουργίας της συσκευής. Τα παιδιά αυτά ήταν, κυρίως, παιδιά με χαμηλές ικανότητες.

Στρατηγικές Διερεύνησης

Μέσα από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων προέκυψαν πέντε στρατηγικές διερεύνησης τις οποίες ακολούθησε το σύνολο των παιδιών. Οι στρατηγικές διαφέρουν ως προς τον τρόπο αναζήτησης των χώρων των υποθέσεων και των πειραμάτων, ως προς τη συστηματική μετακίνηση διακοπών και ως προς το σκοπό της διερεύνησης και παρουσιάζονται σε αύξουσα σειρά πολυπλοκότητας και ορθότητας

- *Στρατηγική 1: Τυχαία περιπλάνηση στο χώρο των πειραμάτων- Δοκιμή και πλάνη.*

Η στρατηγική αυτή ακολούθηθηκε από παιδιά που δεν ήταν σε θέση να διατυπώσουν υποθέσεις και να εξαγάγουν συμπεράσματα. Κινήθηκαν τυχαία στο χώρο των πειραμάτων, εκτελώντας πειράματα και πετυχαίνοντας ή όχι τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων.

- *Στρατηγική 2: Διερεύνηση στο χώρο των πειραμάτων.* Στη στρατηγική αυτή δεν έγινε ικανοποιητική αναζήτηση στο χώρο των υποθέσεων και διαφοροποίηση υποθέσεων με βάση τα πειραματικά δεδομένα. Τα παιδιά που ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή δεν ήταν σε θέση να συντονίζουν υποθέσεις και δεδομένα, αλλά

ούτε και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα στηριζόμενοι έστω και αποκλειστικά στα πειραματικά δεδομένα. Αντίθετα, όμως, με την στρατηγική 1, η στρατηγική 2 αναφέρεται στη συστηματική μετακίνηση των διακοπών και στην οργανωμένη αναζήτηση στο χώρο των πειραμάτων, που οδηγεί στη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων. Τα παιδιά αυτά έδειξαν δείγματα ώριμης συνδυαστικής σκέψης, αλλά η προσοχή τους έμεινε προσκολλημένη στη συστηματική μετακίνηση των διακοπών και δεν προσπάθησαν να εξετάσουν σχέσεις ανάμεσα στα διάφορα μέρη του συστήματος.

-*Στρατηγική 3: Αξιοποίηση του χώρου των υποθέσεων.* Τα παιδιά που ακολούθησαν τη στρατηγική αυτή αναζήτησαν το χώρο των υποθέσεων, διατύπωσαν ένα μεγάλο αριθμού υποθέσεων και προσπάθησαν να αιτιολογήσουν τις υποθέσεις και υπο-υποθέσεις τους. Αντίθετα, η αναζήτηση στο χώρο των πειραμάτων δεν ήταν συστηματική, αν και κάποια παιδιά έδειξαν σημεία ώριμης συνδυαστικής σκέψης. Ακόμα, όμως, και αυτά τα παιδιά δεν ήταν συνεπή ως προς τη συστηματική μετακίνηση των διακοπών. Τα παιδιά αυτά προσπάθησαν να λύσουν το πρόβλημα και να εντοπίσουν τους διαφορετικούς διακόπτες, αλλά δεν είχαν την ικανότητα να συντονίσουν τα δεδομένα και τις υποθέσεις τους και να οδηγηθούν στα ανάλογα συμπεράσματα.

-*Στρατηγική 4: Συστηματική μετακίνηση διακοπών με ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων.* Με τη στρατηγική αυτή έγινε συστηματική μετακίνηση των διακοπών και οργανωμένη περιπλάνηση στο χώρο των πειραμάτων. Περιλάμβανε, επίσης, μερική αναζήτηση στο χώρο των υποθέσεων χωρίς όμως συστηματική απόρριψη και διατύπωση υποθέσεων μετά από αντίθετα πειραματικά αποτελέσματα και χωρίς την ικανότητα συντονισμού υποθέσεων και δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Εντούτοις, τα παιδιά που ακολούθησαν τη

στρατηγική αυτή ήταν σε θέση να λύσουν έστω και μια πτυχή του προβλήματος και το πέτυχαν αυτό στηριζόμενοι αποκλειστικά στα πειραματικά τους δεδομένα.

-Στρατηγική 5: Διατύπωση υποθέσεων με συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων. Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει συστηματική αναζήτηση στο χώρο των υποθέσεων και ικανότητα διαφοροποίησης των υποθέσεων, μετά από αντίθετα πειραματικά δεδομένα. Περιλαμβάνει, επίσης, την ικανότητα συντονισμού των δεδομένων και των υποθέσεων, για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα παιδιά αυτά έδειξαν, επίσης, στοιχεία ώριμης συνδυαστικής σκέψης, με συστηματική μετακίνηση διακοπών, και επιπλέον, πέτυχαν στην πλειοψηφία τους την εκτέλεση του συνόλου των αναγκαίων πειραμάτων.

Οι πέντε στρατηγικές που αναφέρθηκαν χρησιμοποιήθηκαν από το σύνολο των παιδιών με επικρατέστερη τη στρατηγική 4. Επιπλέον οι στρατηγικές παρουσίασαν μια αύξουσα σειρά δυσκολίας και ορθότητας και σχετίζονται τόσο με την τάξη που φοιτούσαν τα υποκείμενα, αλλά και τις ικανότητές τους. Έτσι η στρατηγική 1 χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά από παιδιά με χαμηλές ικανότητες, που ήταν στην πλειοψηφία τους παιδιά Δ' τάξης και η στρατηγική 2 χρησιμοποιήθηκε σχεδόν αποκλειστικά από παιδιά με χαμηλές ικανότητες, που ήταν στην πλειοψηφία τους παιδιά Στ' τάξης. Αντίθετα η στρατηγική 5 χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά από παιδιά με υψηλές ικανότητες και κυρίως παιδιά της Στ' τάξης, ενώ η πλειοψηφία των παιδιών της Δ' τάξης με υψηλές ικανότητες χρησιμοποίησε τη στρατηγική 4. Αυτό δηλώνει ότι, παρόλο που τα παιδιά Δ' και Στάξεις με υψηλές ικανότητες είχαν ίδιες επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο και τα παιδιά Δ' και Στ' τάξης με χαμηλές ικανότητες είχαν την ίδια επίδοση στο ερωτηματολόγιο, εντούτοις οι ικανότητες διερευνήσεις παρουσιάζουν αποκλίσεις, με τα μεγαλύτερα παιδιά να παρουσιάζουν πιο ανεπτυγμένες δεξιότητες διερεύνησης από τα αντίστοιχα παιδιά της τετάρτης τάξης.

Οι στρατηγικές διερεύνησης και γενικότερα η Διερευνητική Ικανότητα των παιδιών μας επιτρέπουν να κάνουμε τη διάκριση των ατόμων σε θεωρητικούς και πειραματιστές και σε μηχανικούς και επιστήμονες.

Θεωρητικοί και Πειραματιστές

Σύμφωνα με το Klahr (2000) οι στρατηγικές διερεύνησης που χρησιμοποιούν τα άτομα μπορούν να τους κατατάξουν σε δύο μεγάλες ομάδες, τους θεωρητικούς και τους πειραματιστές. Οι θεωρητικοί δίνουν πρωταρχική έμφαση στο χώρο των υποθέσεων και χρησιμοποιούν το χώρο των υποθέσεων για να διατυπώνουν θεωρίες στην απουσία μεγάλου όγκου δεδομένων, στηριζόμενοι στις προηγούμενες γνώσεις τους. Αντίθετα, οι πειραματιστές δίνουν πρωταρχική έμφαση στο χώρο των πειραμάτων και τείνουν να μένουν “προσκολλημένοι” στα δεδομένα τους, εκτελώντας τα περισσότερα πειράματα, όχι για έλεγχο υποθέσεων, αλλά με στόχο ένα όγκο αποτελεσμάτων ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε διαμόρφωση υπόθεσης και στη λύση του προβλήματος. Οι Klahr και Dunbar (2000b) διέκριναν τα άτομα σε θεωρητικούς και πειραματιστές ανάλογα με το είδος των δεδομένων που χρησιμοποίησαν για να προτείνουν τη σωστή θεωρία. Σε συνδυασμό με αυτή τη διάκριση χρησιμοποιούνταν άλλα χαρακτηριστικά, όπως ο αριθμός των πειραμάτων που εκτέλεσαν τα άτομα και η τάση να εκτελούν πείραμα, χωρίς να ελέγχουν άμεσα μια υπόθεση. Στις έρευνές τους, οι Klahr και Dunbar (2000b), συνάντησαν περισσότερους πειραματιστές παρά θεωρητικούς, ακόμα και όταν ζήτησαν από τα άτομα να διατυπώσουν ένα πλήθος πιθανών αρχικών υποθέσεων που τους έδινε την ευκαιρία εκτεταμένης αναζήτησης στο χώρο των υποθέσεων πριν τον πειραματισμό. Παρόμοια διάκριση συναντάται και σε έρευνα των Okada και Simon (1997), και των Schauble κ.ά. (1992), καθώς και σε έρευνες που στηρίζονται σε ιστορικές προσεγγίσεις (Klahr & Simon, 1999).

Στην παρούσα έρευνα, τα άτομα διαχωρίζονται σε θεωρητικούς και πειραματιστές σε σχέση με τη στρατηγική που ακολούθησαν, η οποία αναφέρεται τόσο στην έμφαση που έδιναν τα άτομα κατά τη διερεύνηση, όσο και στο αν ήταν σε θέση να οδηγηθούν σε συμπέρασμα που στήριζαν τα συμπεράσματά τους. Επομένως τα 52 άτομα που χρησιμοποίησαν τις στρατηγικές 1, 2 και 4 κατατάσσονται ξεκάθαρα στους πειραματιστές, αφού δεν έδιναν σημασία στο χώρο των υποθέσεων και εκτελούσαν τα περισσότερα, ως όλα τα πειράματά τους, χωρίς κατά κύριο λόγο να ελέγχουν μια υπόθεση. Επιπλέον, τα άτομα που ακολούθησαν τις στρατηγικές 1 και 2 δεν ήταν σε θέση να συντονίσουν τα δεδομένα τους για να λύσουν το πρόβλημα και τα άτομα που ακολούθησαν τη στρατηγική 4, ακόμα και αν έλυσαν το πρόβλημα, δεν στηρίχτηκαν στο συντονισμό υποθέσεων και δεδομένων για να οδηγηθούν στη λύση. Όσον αφορά τα άτομα που χρησιμοποίησαν τη στρατηγική 3 μπορεί να χαρακτηριστούν ως θεωρητικοί, αφού έδωσαν σημασία στις υποθέσεις παρά στα δεδομένα, αλλά ακόμα και αυτά τα άτομα δεν ήταν σε θέση να διατυπώσουν θεωρίες στην απουσία δεδομένων και να οδηγηθούν στη λύση έστω και μιας πτυχής του προβλήματος. Επομένως, τα άτομα έχουν ξεφύγει από την ομάδα των πειραματιστών, αλλά δεν έχουν πετύχει τέτοια ανάπτυξη της δεξιότητας διατύπωσης και ελέγχου υποθέσεων που να τους επιτρέπει λύση του προβλήματος. Τέλος, όσον αφορά τα άτομα που χρησιμοποίησαν τη στρατηγική 5, μπορεί να θεωρηθούν ως θεωρητικοί, αφού έκαναν συντονισμένη αναζήτηση του χώρου των υποθέσεων και στηρίχτηκαν στις υποθέσεις τους για τον εντοπισμό του γενικού διακόπτη. Παρόλα όμως αυτά ούτε αυτά τα άτομα ήταν σε θέση να διατυπώσουν θεωρίες πριν να έχουν ικανοποιητικό αριθμό δεδομένων και δεν κατόρθωσαν να εντοπίσουν τον “εικονικό” διακόπτη στηριζόμενοι στις υποθέσεις τους. Επομένως, τα άτομα που χρησιμοποίησαν τη στρατηγική αυτή τείνουν να χαρακτηριστούν ως θεωρητικοί, χωρίς να πετύχουν την

απόλυτη διάκριση. Επομένως, τα περισσότερα άτομα μπορούν να χαρακτηριστούν ως πειραματιστές, και ένας μικρός αριθμός ατόμων ως θεωρητικοί.

Επιστήμονες και Μηχανικοί

Η διάκριση ανάμεσα στο μηχανιστικό και το επιστημονικό μοντέλο πειραματισμού έγινε αρχικά από τους Schauble κ. ά. (1991), οι οποίοι κατεύθυναν τα υποκείμενα τους προς δύο διαφορετικά μοντέλα πειραματισμού, για να περιγράψουν πώς η διαφοροποίηση του σκοπού του πειραματισμού διαφοροποιεί την όλη διερευνητική συμπεριφορά των ατόμων. Έτσι, σύμφωνα με το μηχανιστικό μοντέλο πειραματισμού ή διερεύνησης, σκοπός των ατόμων που το χρησιμοποιούν είναι η επίτευξη ενός επιθυμητού αποτελέσματος και η αναζήτηση αιτιωδών σχέσεων ανάμεσα στις μεταβλητές. Η διερεύνηση τερματίζεται με την επιτυχία του επιθυμητού αποτελέσματος. Αντίθετα στο επιστημονικό μοντέλο πειραματισμού ή διερεύνησης τα άτομα προσπαθούν να κατανοήσουν τις σχέσεις ανάμεσα σε όλες τις μεταβλητές, είτε έχουν αιτιώδη είτε μη αιτιώδη σχέση και να ελέγξουν κάθε πιθανό συνδυασμό των μεταβλητών. Η διερεύνηση τερματίζεται όταν γίνει συστηματικός έλεγχος κάθε μεταβλητής. Το μηχανιστικό μοντέλο οδηγεί σε περιορισμένη αναζήτηση των χώρων των υποθέσεων και των πειραμάτων από ότι το επιστημονικό μοντέλο και στηρίζεται περισσότερο σε προσπάθειες “δοκιμής και πλάνης” και τυχαίας περιπλάνησης στο χώρο των πειραμάτων.

Σύμφωνα με την παρούσα έρευνα, τα άτομα διακρίνονται σε επιστήμονες και μηχανικούς ανάλογα με τη στρατηγική διερεύνησης που ακολούθησαν, αλλά και την όλη διερευνητική τους ικανότητα. Η πλειοψηφία των ατόμων θεωρείται ότι εργάστηκαν ως μηχανικοί, αφού προσανατολιζόνταν κυρίως στα θετικά αποτελέσματα (φωτοβολία ενός λαμπτήρα) και δεν ενδιαφέρονταν για τον εντοπισμό αιτιωδών

σχέσεων και για έλεγχο της επίδρασης όλων των μεταβλητών-διακοπών, παρά για να πετύχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι μετακινήσεις των διακοπών δεν ήταν στην πλειοψηφία τους συστηματικές και μόνο σε μικρό ποσοστό πειραμάτων χρησιμοποίησαν τη στρατηγική του ελέγχου μεταβλητών. Επιπλέον, αρκετά παιδιά, που ακολούθησαν κυρίως τις στρατηγικές 1, 2, 3 τερμάτισαν τη διερεύνηση, όταν κατόρθωσαν να πετύχουν τη φωτοβολία όλων των λαμπτήρων και δεν προσπάθησαν να διερευνήσουν άλλες σχέσεις ανάμεσα στους διακόπτες. Η φωτοβολία όλων των λαμπτήρων θεωρείται ότι ήταν ο σκοπός της διερεύνησης για τα παιδιά κι έτσι, αφού εργάστηκαν με το μηχανιστικό μοντέλο, η διερεύνηση θεωρήθηκε ότι ολοκληρώθηκε με την επίτευξη του στόχου τους. Ένας μικρός αριθμός παιδιών μπορεί να θεωρηθεί ότι χρησιμοποίησε ένα μοντέλο πειραματισμού που να πλησιάζει στο επιστημονικό. Τα παιδιά που εργάστηκαν ως επιστήμονες είναι τα παιδιά που προσπάθησαν να διερευνήσουν αιτιώδεις και μη αιτιώδεις σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές, για να λύσουν το πρόβλημα και να εντοπίσουν τους διαφορετικούς διακόπτες. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι η προσπάθεια συντονισμού θεωρίας και δεδομένων και η τάση για απόρριψη υποθέσεων, μετά από αντίθετα πειραματικά αποτελέσματα, όπως συμβαίνει σε ένα επιστημονικό μοντέλο πειραματισμού. Στην ομάδα αυτή βρίσκονται παιδιά που ακολούθησαν τη στρατηγική 5.

Ποσοτική Ανάλυση

Μέσα από την ποσοτική ανάλυση των δεδομένων οδηγούμαστε σε σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με τη διερευνητική ικανότητα των παιδιών, τις διαφορές ανάμεσα στα παιδιά της τετάρτης και έκτης τάξης, ανάμεσα στα παιδιά που ακολούθησαν δύο διαφορετικές μεθόδους καταγραφής των αποτελεσμάτων και ανάμεσα στα παιδιά που σημείωσαν χαμηλή ή υψηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο.

Όσον αφορά τα γενικά αποτελέσματα φάνηκε ότι τα παιδιά παρουσιάζουν σοβαρές ελλείψεις σε όλες τις παραμέτρους που συναποτελούν τη διερευνητική ικανότητα. Μεγαλύτερο φαίνεται να είναι το πρόβλημα στη μεταβλητή “συντονισμός υποθέσεων και δεδομένων” και “έλεγχος μεταβλητών,” ενώ τα παιδιά παρουσιάζονται καλύτερα όσον αφορά τη συνδυαστική σκέψη. Τη μεγαλύτερη δυσκολία των παιδιών για έλεγχο μεταβλητών παρά για τη συνδυαστική σκέψη επιβεβαιώνουν και τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου. Από τα συνολικά αποτελέσματα των συνεντεύξεων, μπορεί κανείς να διατυπώσει το συμπέρασμα ότι τα παιδιά δεν είναι σε θέση να εμπλακούν σε μια διερεύνηση με αυτοκατευθυνόμενο πειραματισμό και να οργανώσουν με τέτοιο τρόπο τη διερεύνησή τους, έτσι ώστε να μπορέσουν να ελέγξουν τις σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές, να διατυπώσουν υποθέσεις, να τις ελέγξουν με αντίστοιχα πειράματα και κυρίως να συνδυάσουν τις υποθέσεις με τα αποτελέσματα για να εξαγάγουν συμπεράσματα.

Όσον αφορά τις συγκρίσεις ανάμεσα στα μεγαλύτερα και τα μικρότερα παιδιά ενισχύονται τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων και επιβεβαιώνεται ότι τα μεγαλύτερα παιδιά βρίσκονται σε ανώτερο στάδιο ανάπτυξης της λογικής τους σκέψης. Εκτός, δηλαδή από τις διαφορές που σημειώνονται στη Διερευνητική Ικανότητα, που αφορά το σύνολο των ικανοτήτων παιδιών, όπως εμφανίζονται στη διερεύνηση, ιδιαίτερες δυσκολίες συνάντησαν τα μικρότερα, παρά τα μεγαλύτερα παιδιά στον εντοπισμό του γενικού διακόπτη και στην τρίτη φάση της διερεύνησης που αφορά την ικανότητα να συντονίζουν τις υποθέσεις και τα δεδομένα για διαμόρφωση των υποθέσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων. Έτσι ενισχύεται το επιχείρημα, ότι ο εντοπισμός του γενικού διακόπτη απαιτεί μεγαλύτερο γνωστικό φορτίο από ότι ο εντοπισμός του “εικονικού” διακόπτη.

Ένα άλλο συμπέρασμα στο οποίο οδηγούν τα αποτελέσματα υποστηρίζει ότι, παρόλο που τα παιδιά τετάρτης και έκτης τάξης που έλαβαν μέρος στη δεύτερη φάση της έρευνας είχαν σημειώσει τις ίδιες επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο (χαμηλές-υψηλές), και θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι βρίσκονταν στο ίδιο επίπεδο ανάπτυξης, τα αποτελέσματα των συνεντεύξεων έδειξαν τις διαφορές στη σκέψη των παιδιών τετάρτης και έκτης τάξης. Στις μεταβλητές “έλεγχος μεταβλητών” και “συνδυαστική σκέψη,” που ήταν οι μεταβλητές που εξέτασε και το ερωτηματολόγιο, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Εντούτοις, τα παιδιά της έκτης τάξης είχαν αναπτύξει περισσότερο τη διερευνητική τους ικανότητα, με όλες τις παραμέτρους που τη συναποτελούν από τα παιδιά της τετάρτης τάξης. Όσον αφορά τη σύγκριση ανάμεσα στα παιδιά με χαμηλές και υψηλές ικανότητες φαίνεται ότι ο διαχωρισμός που έγινε με βάση το ερωτηματολόγιο εμφανίζεται και στα αποτελέσματα της συνέντευξης. Έτσι τα παιδιά με υψηλές ικανότητες στο ερωτηματολόγιο, εμφανίζονται να έχουν στατιστικά μεγαλύτερη επίδοση και σε όλες σχεδόν τις μεταβλητές που συναποτελούν τη Διερευνητική Ικανότητα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάλυση της μελέτης των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στις μεταβλητές “τάξη” και “ικανότητες.” Έτσι, ενώ ανάμεσα στα παιδιά Δ΄ και Στ΄ τάξης με χαμηλές ικανότητες δε σημειώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά τη ΔΙ, η διαφορά σημειώνεται ανάμεσα στα παιδιά Δ΄ και Στ΄ τάξης με υψηλές ικανότητες. Από αυτό φαίνεται ότι η διερευνητική ικανότητα των παιδιών με χαμηλές ικανότητες δε διαφοροποιείται από την τετάρτη στην έκτη τάξη, αλλά παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Αντίθετα, τα παιδιά με υψηλές ικανότητες παρουσιάζουν στοιχεία πιο ώριμης διερευνητικής ικανότητας, καθώς μεγαλώνουν ηλικιακά και αυτό φαίνεται από τις ποιοτικές διαφορές που παρουσιάζονται ανάμεσα στα μεγαλύτερα και μικρότερα παιδιά με υψηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο.

Πιθανόν, σε ένα πιο πολύπλοκο ερωτηματολόγιο, τα παιδιά της τετάρτης και έκτης τάξης με υψηλές ικανότητες να σημείωναν διαφορετικές επιδόσεις, μια και από τα δεδομένα των συνεντεύξεων βρέθηκαν διαφορές ανάμεσα στα παιδιά των δύο αυτών ομάδων. Το συμπέρασμα αυτό οδηγεί στη διαπίστωση, ότι η εκπαίδευση δεν επιδρά, σε μεγάλο βαθμό, στη διερευνητική ικανότητα και στη λογική σκέψη των παιδιών με χαμηλές ικανότητες, αφού δε σημειώνεται πρόοδος στη διερευνητική ικανότητα από τα παιδιά της Δ΄ στα παιδιά της Στ΄ τάξης με χαμηλές ικανότητες. Αντίθετα η επίδραση της εκπαίδευσης φαίνεται στα παιδιά με υψηλές ικανότητες, αφού σημειώνεται πρόοδος ανάμεσα στα παιδιά Δ΄ και Στ΄ τάξης με υψηλές ικανότητες. Όπως φαίνεται, η εκπαίδευσή μας προσανατολίζεται στα παιδιά που βρίσκονται σε ένα υψηλό στάδιο γνωστικής ανάπτυξης, εγκαταλείποντας, σε μεγάλο βαθμό, ένα μεγάλο ποσοστό παιδιών που δεν έχουν αναπτύξει τη λογική τους σκέψη και γενικότερα βρίσκονται σε χαμηλότερο στάδιο γνωστικής ανάπτυξης από τα υπόλοιπα παιδιά. Επομένως, η διδασκαλία σε τάξεις μικτής ικανότητας και οι “ίσες ευκαιρίες” για όλα τα παιδιά, φαίνεται να ευνοούν τα παιδιά που βρίσκονται σε ανώτερο στάδιο γνωστικής ανάπτυξης.

Όσον αφορά τη μέθοδο καταγραφής των πειραματικών αποτελεσμάτων, φαίνεται ότι δεν επηρέασε την ικανότητα των παιδιών να λύσουν το πρόβλημα και γενικότερα τη συμπεριφορά τους κατά τη διερεύνηση. Επομένως, μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι δεν έχει σημασία ποια μέθοδο καταγραφής χρησιμοποιούν τα άτομα κατά τη διερεύνηση, αλλά σημασία έχει το σύστημα καταγραφής να είναι κατανοητό σε αυτά και επιπλέον, κατά την ελεύθερη καταγραφή, η καταγραφή να γίνεται με κατανοητό και συνεπή τρόπο. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η σύγκριση της ικανότητας των παιδιών να λύνουν προβλήματα στην περίπτωση που κατέγραφαν αποτελέσματα

και στην περίπτωση που δεν κατέγραφαν αποτελέσματα, κάτι που όμως δεν πραγματοποιήθηκε σε αυτή την έρευνα, λόγω περιορισμένου αριθμού του δείγματος.

Συζήτηση

Γενικά, από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι τα παιδιά τετάρτης και έκτης τάξης δεν έχουν αναπτύξει επαρκώς τις διερευνητικές τους ικανότητες, ούτως ώστε να είναι σε θέση να λύσουν το πρόβλημα αποτελεσματικά. Ο μη αποτελεσματικός τρόπος διερεύνησης σχετίζεται με τις περιορισμένες ικανότητές τους για έλεγχο μεταβλητών, με την τυχαία περιπλάνηση στο χώρο των πειραμάτων, την αδυναμία διατύπωσης και διαμόρφωσης υποθέσεων με βάση τα δεδομένα με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα παιδιά, που κατόρθωσαν να λύσουν τις κύριες πτυχές του προβλήματος που αφορούσαν τη λειτουργία της συσκευής, στηρίχτηκαν, στην πλειοψηφία τους, στο χώρο των πειραμάτων, και όχι στο χώρο των υποθέσεων. Επομένως, θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί, ότι τα παιδιά, έχουν την ικανότητα να εκτελούν πειράματα, αλλά στις πλείστες των περιπτώσεων, τα πειράματα αυτά αποτελούν παραδείγματα δοκιμής και πλάνης, χωρίς προκαθορισμένο σκοπό, που θα αποτελούσε ο πραγματικός έλεγχος υποθέσεων.

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα της Δημοτικής Εκπαίδευσης της Κύπρου στο μάθημα της Επιστήμης είναι πρωταρχικός στόχος η ανάπτυξη του ερευνητικού πνεύματος των παιδιών και της επιστημονικής προσέγγισης στην αντιμετώπιση των προβλημάτων (Υ.Π.Π., 1996). Ειδικότερα, όπως υποστηρίζεται στο Α.Π., τα παιδιά θα πρέπει να είναι ικανά διατυπώνουν υποθέσεις και προβλέψεις, να επινοούν και να εκτελούν πειράματα, να ερμηνεύουν δεδομένα, να κάνουν υποθέσεις και να τις αναθεωρούν υπό το φως των νέων δεδομένων, να εξάγουν συμπεράσματα, και γενικότερα να χρησιμοποιούν τις επιστημονικές διαδικασίες στην πορεία

ερευνητικής μελέτης των εννοιών που περιέχονται στο Α.Π. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έρχονται σε αντίθεση με τους στόχους και τις επιδιώξεις του Α.Π. Μια ανάλυση των βιβλίων της Επιστήμης του Δημοτικού Σχολείου δείχνει ότι στις πλείστες των περιπτώσεων τα παιδιά εκτελούν πειράματα που περιγράφονται στο βιβλίο, χωρίς να οργανώνουν τα ίδια τη διερεύνηση, χωρίς να διατυπώνουν υποθέσεις και χωρίς να αναγνωρίσουν τις μεταβλητές του πειράματος. Τα παιδιά δεν έχουν τη δυνατότητα να εμπλακούν σε διερευνητικά μαθησιακά περιβάλλοντα, όπου θα έχουν τα ίδια την ευθύνη οργάνωσης της διερεύνησης. Επιπλέον, όλα τα πειράματα που περιγράφονται στα “βιβλία του δασκάλου” επιβεβαιώνουν και δεν απορρίπτουν τις υπό εξέταση υποθέσεις και έτσι σε καμιά περίπτωση δεν υποχρεώνονται να συντονίσουν τις υποθέσεις τους για να τροποποιήσουν ή να απορρίψουν τις υποθέσεις τους και να οδηγηθούν σε νέο σχεδιασμό πειραμάτων για έλεγχο μιας νέας υπόθεσης. Επιπρόσθετα, σε πολύ μικρό αριθμό πειραμάτων δίνεται σημασία στην κατανόηση των μεταβλητών και τα παιδιά δεν αντιλαμβάνονται, όταν εκτελούν ένα προσχεδιασμένο πείραμα, ότι ελέγχουν μεταβλητές. Από την έρευνα, επιβεβαιώνεται ότι μεγαλύτερο πρόβλημα παρουσιάζεται στην ικανότητα ελέγχου μεταβλητών και στην ικανότητα των παιδιών να συντονίσουν τις υποθέσεις και τα δεδομένα τους για να τροποποιήσουν ή να απορρίψουν των υποθέσεών τους.

Ένα άλλο σημείο το οποίο αξίζει να συζητηθεί είναι η επίδοση των παιδιών στη συνδυαστική σκέψη, σε σύγκριση με την επίδοσή τους στη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών. Μέσα από τα αποτελέσματα, φάνηκε ότι τα παιδιά έχουν αναπτύξει σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό τη συνδυαστική σκέψη, παρά τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών. Η συνδυαστική σκέψη είναι μια μορφή σκέψης που καλλιεργείται, κυρίως, στο μάθημα των Μαθηματικών. Παρόμοια προβλήματα, με τα προβλήματα που χρησιμοποιήθηκαν στο ερωτηματολόγιο, υπάρχουν στα βιβλία των Μαθηματικών

του Δημοτικού Σχολείου. Αυτό μας κάνει να αναλογιστούμε για την αποτελεσματικότητα του μαθήματος της Επιστήμης, όπως διδάσκεται σήμερα στα Δημοτικά Σχολεία και για τις μεταρρυθμίσεις που είναι απαραίτητες να γίνουν. Μέσα από τις μεταρρυθμίσεις πρέπει να δοθούν περισσότερες ευκαιρίες στα παιδιά για εμπλοκή σε ανοιχτά διερευνητικά περιβάλλοντα στα οποία θα κατευθύνουν, με κάποια καθοδήγηση, τις ενέργειές τους με σκοπό την πολύπλευρη ανάπτυξη της διερευνητικής ικανότητας.

Εισηγήσεις για Εκπαιδευτικές Αλλαγές

Μέσα στα πλαίσια της εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης, που ετοιμάζεται για όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης της Κύπρου, θα πρέπει να δοθεί πρωταρχική έμφαση στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Στα πλαίσια του μαθήματος της Επιστήμης στο Δημοτικό Σχολείο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στις διαδικασίες της επιστήμης και στον επιστημονικό τρόπο σκέψης, παρά στην εκμάθηση εννοιών που τις πιο πολλές φορές δε συνοδεύεται από την κατανόηση των εννοιών αυτών. Τα παιδιά, για να αναπτύξουν τις διερευνητικές τους ικανότητες και τις δεξιότητες για χρήση των διαδικασιών της επιστήμης πιο αποτελεσματικά, πρέπει να εμπλακούν σε διερευνητικά μαθησιακά περιβάλλοντα αυτοκατευθυνόμενου ή μερικώς κατευθυνόμενου πειραματισμού. Στα περιβάλλοντα αυτά, τα ίδια παιδιά θα οργανώνουν τη διερεύνηση, θα διατυπώνουν υποθέσεις, θα οργανώνουν και θα εκτελούν πειράματα και θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα σχολικά εγχειρίδια της Επιστήμης δεν πρέπει να είναι βιβλία συνταγών, τις οποίες αν ακολουθήσεις θα οδηγηθείς στο επιθυμητό αποτέλεσμα, αλλά σχολικά εγχειρίδια που θα θέτουν τα προβλήματα στο μαθητή και αυτός μέσα σε ένα ελεύθερο περιβάλλον, θα έχει στη διάθεσή του τα μέσα που χρειάζεται για να οργανώσει τη διερεύνηση και να λύσει το

πρόβλημα. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη η αλλαγή του περιβάλλοντος της τάξης, και η δημιουργία ενός πιο ελεύθερου περιβάλλοντος όπου θα επιτρέπεται η ελευθερία κίνησης των παιδιών, σε μια τάξη ειδικά διαμορφωμένη για το μάθημα της Επιστήμης. Επιπλέον, η εμπλοκή των παιδιών σε αυτοκατευθυνόμενες ή μερικώς κατευθυνόμενες διερευνήσεις χρειάζεται περισσότερο χρόνο και επομένως θα πρέπει να αποφορτωθούν τα βεβαρημένα Α.Π. του μαθήματος της Επιστήμης.

Εισηγήσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Τα πορίσματα της έρευνας αυτής δίνουν πολύτιμες πληροφορίες για τους γνωστικούς μηχανισμούς των παιδιών και τις γνωστικές, αλλά και διαδικαστικές δυνατότητες, όπως αυτές φαίνονται κατά την εμπλοκή τους σε μια ολοκληρωμένη διερεύνηση. Επίσης, διανοίγονται νέοι δρόμοι για νέες έρευνες που θα μελετήσουν το πρόβλημα των διερευνητικών ικανοτήτων των ατόμων με τη χρήση διαφορετικού περιβάλλοντος διερεύνησης. Επιπλέον, πολλές ερευνητικές προσπάθειες μπορούν να γίνουν με τη χρήση της συγκεκριμένης συσκευής, ή άλλων παρόμοιων που βρίσκονται στην ίδια γραμμή σκέψης. Έτσι θα μπορούσε να εξεταστούν οι διερευνητικές ικανότητες των ατόμων εξελικτικά, από παιδιά δημοτικού μέχρι φοιτητές και ενήλικες, για να διαφανούν οι εξελικτικές διαφορές στη σκέψη των ατόμων ή ακόμα η διερεύνηση των διερευνητικών ικανοτήτων των παιδιών, όταν εργάζονται ομαδικά. Επιπλέον ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μελέτη της ικανότητας λύσης προβλήματος με τη χρήση διάφορων συσκευών στις οποίες θα διέφερε η θέση του γενικού και του “εικονικού” διακόπτη, και θα φανέρωνε την επίδραση που έχει το περιβάλλον της διερεύνησης στην ικανότητα λύσης προβλήματος.

Πέρα από εισηγήσεις για έρευνες με τη χρήση της συσκευής που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την έρευνα, γίνονται και εισηγήσεις για τη χρήση ενός

λογισμικού που έχει παραχθεί μέσα από την έρευνα αυτή. Συγκεκριμένα, το λογισμικό προσομοιάζει τη βοηθητική και την κύρια πειραματική συσκευή και έχει σχεδιαστεί για ερευνητικούς σκοπούς. Κατά την εμπλοκή των ατόμων με το συγκεκριμένο λογισμικό, θα ακολουθείται η πορεία που ακολουθήθηκε στην έρευνα αυτή και τα άτομα θα καλούνται να λύσουν το πρόβλημα που σχετίζεται με τη λειτουργία της συγκεκριμένης συσκευής. Θα έχουν την ευκαιρία να σχεδιάζουν τα πειράματα, να τα “εκτελούν” και να καταγράφουν, σε ειδικό χώρο, τα δεδομένα τους. Πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων τα άτομα θα υποχρεώνονται να καταγράφουν τις υποθέσεις και να δικαιολογούν την επιλογή του πειράματος που σχεδίασαν. Επίσης, μετά την εκτέλεση του πειράματος θα υποχρεώνονται να σημειώνουν τα συμπεράσματά τους, πριν προχωρήσουν στο σχεδιασμό νέου πειράματος. Το πρόγραμμα αυτό δίνει τη δυνατότητα αλλαγής του διερευνητικού περιβάλλοντος, κι έτσι ο γενικός και ο “εικονικός” διακόπτης δε βρίσκονται σε σταθερή θέση. Το πρόγραμμα αυτό δίνει επίσης τη δυνατότητα στους ερευνητές να συλλέξουν μεγαλύτερο αριθμό δεδομένων, αφού τα άτομα θα μπορούν να εμπλακούν στη διερεύνηση αυτή χωρίς απαραίτητα τη συνεχή παρουσία του ερευνητή. Λαμβάνοντας υπόψη το μεγαλύτερο βαθμό αφαίρεσης που απαιτεί η χρήση μιας προσομοίωσης της συσκευής, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η σύγκριση δεδομένων από άτομα που χρησιμοποίησαν την πραγματική συσκευή και άτομα που χρησιμοποίησαν το συγκεκριμένο λογισμικό.

Επίλογος

Η εποχή μας χαρακτηρίζεται από τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και την τεράστια ανάπτυξη των γνώσεων που η ισχύς τους συνέχεια μεταβάλλεται υπό το φως νέων γνώσεων και νέων πρακτικών. Σε αυτή την εποχή, τόσο η έρευνα όσο και η εκπαιδευτική πρακτική καλούνται να συμβάλουν στη διαμόρφωση ανθρώπων ικανών

να αναζητούν την επιστημονικά αποδεκτή γνώση, να οργανώνουν τις γνώσεις τους αποτελεσματικά, ώστε να είναι προσπελάσιμες, να λύνουν προβλήματα, να σκέφτονται επιστημονικά. Είναι, επίσης, επιτακτική η ανάγκη εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης και αναδόμησης των Αναλυτικών Προγραμμάτων ούτως ώστε η εκπαίδευση να μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου. Τα πορίσματα της έρευνας αυτής ευελπιστούμε να συμβάλουν προς αυτή την κατεύθυνση, στην αναδόμηση του Αναλυτικού Προγράμματος, στο οποίο θα δίνεται πρωταρχική έμφαση στον επιστημονικό τρόπο σκέψης των παιδιών, στις διερευνητικές τους ικανότητες, στην ικανότητά τους για λύση προβλήματος, και στην ικανότητά τους να σχεδιάζουν και να εκτελούν, αυτοκατευθυνόμενα, μια διερεύνηση. Οι δεξιότητες αυτές είναι απαραίτητες όχι μόνο για το μάθημα της Επιστήμης, αλλά για όλα τα θέματα του Αναλυτικού Προγράμματος, ακόμα και για την καθημερινή ζωή. Τα πορίσματα της έρευνας αυτής ευελπιστούμε, επίσης, να συμβάλουν στην παγκόσμια ερευνητική προσπάθεια μελέτης του επιστημονικού συλλογισμού και να επεκταθεί για απάντηση πολλών ερωτημάτων που μένουν αναπάντητα.

- Amsel, E., & Brook, S. (1996). The Development of Evidence Evaluation Skills. *Cognitive Development, 11*, 523-550.
- Anderson, B. (1990). *Fundamentals of Educational Research*. London: The Falmer Press.
- Anderson, J.R. (1993a). Problem Solving and Learning, *American Psychologist, 48*, 35-44.
- Anderson, J.R. (1993b). *Rules of the Mind*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Bell, J. (1993). *Doing your Research Project: A Guide for First-Time Researchers in Education and Social Science*. London: Open University Press.
- Bruner, J.S., Goodnow, J.J., & Austin, G.A. (1956). *A Study of Thinking*. New York: Wiley.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development, 70*, 1098-1120.
- 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*, 1-51.
- Chinn, C.A., & Malhorta, B.A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education, 86*, 175-218.
- Cohen, L. & Manion, L. (1996). *Research Methods in Education*. London: Routledge.
- de Jong, T. & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific Discovery Learning with

- Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- diSessa, A. A. (1988). Knowledge in Pieces. In G. Forman & P. Putall (Eds.). *Constructivism in the Computer Age (pp.49-70)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Elbraum Associates, Inc.
- diSessa, A.A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction* 10(2&3), 105-225.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών: Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Παιδιών [Μετ. Μ. Χατζή]*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Duggan, S., Johnson, P., & Gott, R. (1996). A Critical Point in Investigative Work: Defining Variables. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 461-474.
- Dunbar, K. (1993) Concept Discovery in a Scientific Domain. *Cognitive Science*, 17, 397- 434.
- Dunbar, K. (1997). How Scientists Think: Online Creativity and Conceptual Change in Science. In T.B. Ward, S.M. Smith, & S. Vaid (Eds.) *Conceptual Structures and Processes: Emergence, Discovery and Change* (pp. 461-492). Washington DC: APA Press.
- Dunbar, K. (1998). Problem Solving. In W. Bechterl & G. Graham (Eds.) *A Companion to Cognitive Science*. London: Blackwell.
- Epstein, H.T. (1990). Stages in Human Mental Growth. *Journal of Educational Psychology*, 82, 875-879.
- Galotti, K.M. (1994). *Cognitive Psychology in and out of the Laboratory*. Pacific Grove:Brooks/ Cole Publishing Company.
- Galotti, K.M., Komatsu, L.K., & Voelz, S. (1997). Children's Differential

- Performance on Deductive and Inductive Syllogisms. *Developmental Psychology*, 33, 70-78.
- German, P.J., & Aram, R.J. (1996). Student Performance on the Science Processes of Recording Data, Analyzing Data, Drawing Conclusions, and Providing Evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 773-798.
- Glaser, B.G., & Strauss, A.L. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago, IL: Aldine Publications.
- Glass, G.V., McGaw, B., & Smith, M.L. (1981). *Meta-Analysis in Social Research*. London: Sage.
- Gorman, M.E. (1986). How the Possibility of Error Affects Falsification on a Task that Models Scientific Problem-Solving. *British Journal of Psychology*, 77, 85-96.
- Gleason, M.E. & Schauble, L. (2000). Parents' Assistance of their Children Scientific Reasoning. *Cognition & Instruction*, 17, 343-378.
- Gopnik, A., Soper, D.M., Schulz, L.E., & Glymour, C. (2001). Causal Learning Mechanisms in very Young Children: Two-, Three-, and Four-Year-Olds Infer Causal Relations from Patterns of Variation and Covariation. *Developmental Psychology*, 37, 620-629.
- Gorman, M.E. (1989). Error, Falsification and Scientific Inference: An Experimental Investigation. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 385-412.
- Gorman, M.E., & Gorman, M.E. (1984). A Comparison of Disconfirmatory, Confirmatory and Control Strategies on Wason's 2-4-6 Task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 629-648.
- Gorman, M.E., Gorman, M.E., Latta, M.R., & Cunningham, G. (1984). How

- Confirmatory, Disconfirmatory and Combined Strategies Affect Group Problem Solving. *British Journal of Psychology*, 75, 65-79.
- Gorman, M.E., Stafford, A., & Gorman, M.E. (1987). Disconfirmation and Dual Hypotheses on a more Difficult Version of Wason's 2-4-6 Task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39A, 1-28.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the Purpose of this Experiment? Or Can Students Learn Something from Doing Experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 938-962.
- Hickling, A.K., & Wellman, H.M. (2001). The Emergence of Children's Causal Explanations and Theories: Evidence from Everyday Conversations. *Developmental Psychology*, 37, 668-687.
- Hitchcock, G., & Hughes, D. (1995). *Research and the Teacher*. London: Routledge.
- Hume, D. (1758/1988) *An Inquiry Concerning Human Understanding*. Buffalo, NY: Prometheus Books.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. New York: Basic Books.
- Kahney, H. (1993). *Problem Solving: Current Issues*. Buckingham, PH: Open University Press.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from Data: How Students Collect and Interpret Data in Science Investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 748-769.
- Kaplan, C.A., & Simon H.A. (1990). In Search of Insight. *Cognitive Psychology*, 22, 374-419.
- Kareev, Y., & Halberstadt, N. (1993). Evaluating Negative Tests and Refutations in a Rule Discovery Task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A,

715-727.

- Kareev, Y., Halberstradt, N., & Sharif, D. (1993). Improving Performance and Increasing the Use of Non-positive Testing in a Rule-discovery Task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 729-742.
- Keselman, A. (2003). Supporting Inquiry Learning by Promoting Normative Understanding of Multivariate Causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 898-921.
- Keys, C.W. (1995). The Development of Scientific Reasoning Skills in Conjunction with Collaborative Writing Assignments: An Interpretative Study of Six Ninth-Grade Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1003-1022.
- Klaczynski, P.A., & Narasimham, G. (1998). Representations as Mediators of Adolescent Deductive Reasoning. *Developmental Psychology*, 34, 865-881.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klahr, D., & Carver, S.M. (1995) Scientific Thinking about Scientific Thinking. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, Serial No. 245. 60(40), 137-151.
- Klahr, D. & Chen, Z. (2003). Overcoming the Positive-Capture Strategy in Young Children: Learning about Indeterminacy. *Child Development*, 74, 1256-1277.
- Klahr, D., Chen, Z., & Toth, E. (2001) Cognitive Development and Science Education: Ships Passing in the Night or the Bacons of Mutual Illumination? In Carver, S.M., & Klahr, D. (Eds.), *Cognition and Instruction: 25 Years of Progress* (pp.75-129). Erlbraum: Mahwah, NJ.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual Space search during Scientific Reasoning.

Cognitive Science, 12, 1-48.

Klahr, D., & Dunbar, K. (2000a). A Paradigm for Investigating Scientific Discovery in The Psychology Lab. In D. Klahr, *Exploring Science: The Cognition and Development Of Discovery Processes* (pp.41-59). Cambridge, MA: MIT Press.

Klahr, D., & Dunbar, K. (2000b). Coordinating Dual Search. In D. Klahr, *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes* (pp.61-82). Cambridge, MA: MIT Press.

Klahr, D., Fay, A., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for Scientific Experimentation: A Developmental study. *Cognitive Psychology*, 25, 111-146.

Klahr, D., Fay, A., & Dunbar, K. (2000). Developmental Aspects of Scientific Reasoning. In D. Klahr, *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes* (pp.83-131). Cambridge, MA: MIT Press.

Klahr, D., Fay, A., Dunbar, K., & Penner, D. (2000). Further Exploration of the BT Experiment Space. In D. Klahr, *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes* (pp.133-160). Cambridge, MA: MIT Press.

Klahr, D. & Li, J. (2005). Cognitive Research and Elementary Science Instruction: From the laboratory, to the classroom, and back. *Journal of Science Education and Technology*, 4, 217-238.

Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction: Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science*, 15, 661-667.

Klahr, D., & Simon H.A. (1999). Studies of Scientific Discovery: Complementary Approaches and Convergent Findings. *Psychological Bulletin*, 125, 524-543.

Klayman, J., & Ha, Y-W. (1987). Confirmation, Disconfirmation and Information in

- Hypothesis Testing. *Psychological Review*, 94, 211-228.
- Klayman, J., & Ha, Y-W. (1989). Hypothesis Testing in Rule Discovery: Strategy, Structure, and Content. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 15, 596-604.
- Kolodner, J.L., Camp, P.J., Crismond, D/, Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryam, N. (2003). Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the Middle School Science Classroom: Putting Learning and Design into Practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12, 495-547,
- Koslowski, B. (1996). *Theory and Evidence: The Development of Scientific Reasoning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Koslowski, B., & Maqueda, M. (1993). What is Confirmation Bias and When Do People Actually Have It? *Merrill-Palmer Quarterly*, 39, 104-130.
- Kuhn, D. (1989). Children and Adults as Intuitive Scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Kuhn, D. (1995). Microgenetic Study of Change: What Has It Told Us? *Psychological Science*, 6, 133-139.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*. Orlando, FL: Academic Press.
- Kuhn, D., Schauble, L., & Garcia-Mila, M. (1992). Cross-domain Development of Scientific Reasoning. *Cognition & Instruction*, 9, 285-327.
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Andersen, C. (1995). Strategies of Knowledge Acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, Serial No. 245. 60(40), 1-128.
- Kuhn, D. & Dean, D. (2004). Connecting Scientific Reasoning and Causal Inference. *Journal of Cognition and Development*, 5, 261-288.

- Kuhn, D. & Pearsall, S. (2000). Developmental Origins of Scientific Thinking. *Journal of Cognition and Development, 1*, 113-129.
- Kuhn, T.S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lawson, A.E. (2005). What is the Role of Induction and Deduction in Reasoning and Scientific Inquiry? *Journal of Research in Science Teaching, 42*, 716-740.
- Li, J. & Klahr, D. (2006). The Psychology of Scientific Thinking: Implications for Science Teaching and Learning. In J. Rhoton & P. Shane (Eds.) *Teaching Science in the 21st Century*. NSTA Press.
- Li, J., Klahr, D., & Jabbour, A. (2006). When the Rubber Meets the Road: Putting Research-Based Methods to Test in Urban Classrooms. *Proceedings of the seventh international conference of the learning sciences: Making a difference*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Liu, X., & Lesniak, K.M. (2005). Students' Progression of Understanding the Matter Concept from Elementary to High School. *Science Education, 89*, 433-450.
- Lovet, M.A., & Anderson, J.R. (1996). History of Success and Current Context in Problem Solving. *Cognitive Psychology, 31*, 168-217.
- Masnick, A.M., & Klahr, D. (2003). Error Matters: An Initial Exploration of Elementary School Children's Understanding of Experimental Error. *Journal of Cognition and Development, 4*, 67-98.
- Mayer, R.E. (1992). *Thinking, Problem Solving, Cognition*. New York: W.H. Freeman and Company.
- McCloskey, M. (1983). Naïve Theories of Motion. In D. Gentner & A.L. Stevens (Eds.) *Mental Models* (pp. 299-334). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Associates.

- Mill, J.S. (1967). *A System of Logic*. London: Longman.
- Millar, R., & Driver, R. (1987). Beyond Process. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Miller, J.L., & Bartsch, K. (1997). The Development of Biological Explanation: Are Children Vital. *Developmental Psychology*, 33, 156-164.
- Miwa, K. (2004). collaborative Discovery in a Simple Reasoning Task, *Cognitive Systems Research*, 5, 41-62.
- Mynatt, C.R., Doherty, M.E., & Tweney, R.D. (1977). Confirmation Bias in a Simulated Research Environment: An Experimental Study of Scientific Inference. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29A, 395-406.
- Mynatt, C.R., Doherty, M.E., & Tweney, R.D. (1978). Consequences of Confirmation and Disconfirmation in a Simulated Research Environment. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 30, 395-406.
- Nakhleh, M.B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle School Students' Beliefs about Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 581-612.
- Newell, A., & Simon, H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Okada, T. & Simon, H.A. (1997). Collaborative Discovery in a Scientific Domain. *Cognitive Science*, 21, 109-146.
- Pauen, S. (1996). Children's Reasoning about the Interaction of Forces. *Child Development*, 67, 2728-2742.
- Penner, D.E., & Klahr, D. (1996a). The Interaction of Domain-Specific Knowledge and Domain-General Discovery Strategies: A Study with Sinking Objects. *Child Development*, 67, 2709-2727.
- Penner, D.E., & Klahr, D. (1996b). When to Trust the Data: Further Investigations of

System Error in a Scientific Reasoning Task. *Memory & Cognition*, 24, 655-668.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *The Child's Construction of Quantities:*

Conservation And Atomism. London: Routledge & Kegan Paul.

Piaget, J. (1950). *The Psychology of Intelligence*. London: Routledge and Kegan Paul.

Planinic, M., Boone, W.J., Krsnik, R., & Beilfuss, M.L. (2006). Exploring Alternative Conceptions from Newtonian Dynamics and Simple DC circuits: Links between Item Difficulty and Item Confidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 150-171.

Popper, K.R. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Basic Books.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66, 211-227.

Quinn, J., & Alessi, S. (1994). The Effects of Simulation Complexity and Hypothesis Generation Strategy on Learning. *Journal of Research on Computing in Education*, 27, 75-91.

Raghavan, K., & Glaser, R. (1995). Model-Based Analysis and Reasoning in Science: The MARS Curriculum. *Science Education*, 83, 37-61.

Raghavan, K., Sartoris, M. & Glaser, R. (1998a). Why Does It Go Up? The Impact of The MARS Curriculum as Revealed through Changes in Student Explorations in a Helium Balloon. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 547-567.

Raghavan, K., Sartoris, M. & Glaser, R. (1998b). Impact of the MARS Curriculum: The Mass Unit. *Science Education*, 82, 53-91.

Roth, W-M., & Roychoudhury, A. (1993). The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 127-152.

- Ruffman, T., Perner, J., Olson, D.R., & Doherty, M. (1993). Reflecting on Scientific Thinking: Children's Understanding of the Hypothesis-Evidence Relation. *Child Development, 64*, 1617-1636.
- Schauble, L. (1990). Belief Revision in Children: The Role of Prior Knowledge and Strategies for Generating Evidence. *Journal of Experimental Child Psychology, 49*, 31-57.
- Schauble, L. (1996). The Development of Scientific Reasoning in Knowledge-Rich Contexts. *Developmental Psychology, 32*(1), 102-119.
- Schauble, L., & Glaser, R. (1990). Scientific Thinking in Children and Adults. *Contributions to Human Development, 21*, 9-27.
- Schauble, L., Klopher, L.E., & Raghavan, K. (1991). Students' Transition from an Engineering Model to a Science Model of Experimentation. *Journal of Research in Science Teaching, 28*, 859-882.
- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K., & Reiner, M. (1992). The Integration of Knowledge and Experimentation Strategies in Understanding a Physical System. *Applied Cognitive Psychology, 6*, 321-343.
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R.A., & Schulze, S. (1995). Students' Understanding of the Objectives and Procedures of Experimentation in the Science Classroom. *Journal of the Learning Sciences, 4*, 131-166.
- Schunn, C.D. & Dunbar, K. (1996). Priming, Analogy, & Awareness in Complex Reasoning. *Memory and Cognition, 24*, 271-284.
- Schunn, C.D. & Klahr, D. (2000). Multiple-Space Search in a more Complex Discovery Microworld. In D. Klahr, *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes* (pp.161-199). Cambridge, MA: MIT Press.

- Sharp, J.G., & Kuerbis, P. (2006). Children's Ideas about the Solar System and the Chaos in Learning Science. *Science Education, 90*, 124-147.
- Stern, L. & Roseman, J.E. (2004). Can Middle-School Science Textbooks Help Students Learn Important Ideas? Findings from Projects 2061's Curriculum Evaluation Study: Life Science. *Journal of Research in Science Teaching, 41*, 538-568.
- Shaklee, H., & Paszek, D. (1985). Covariation Judgment: Systematic Rule Use in Middle Childhood. *Child Development, 56*, 1229-1240.
- Shin, N., Jonassen, D.A., & McGee, S. (2003). Predictors of Well-Structured and Ill-Structured Problem Solving in an Astronomy Simulation, *Journal of Research in Science Teaching, 40*, 6-33.
- Shultz, T.R., Fisher, G.W., Pratt, C.C., & Rulf, S. (1986). Selection of Causal Rules. *Child Development, 57*, 143-152.
- Schulz, L.E. & Gopnik, A. (2004). Causal Learning Across Domain. *Developmental Psychology, 40*, 162-176.
- Siegler, R.S., & Crowley, K. (1991). The Microgenetic Method. *American Psychologist, 46*, 606-620.
- Siegler, R.S., & Chen, Z. (1998). Developmental Differences in Rule Learning: A Microgenetic Analysis. *Cognitive Psychology, 36*, 273-310.
- Smith, J.P., diSessa, A.A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions Reconceived: A Constructivism Analysis of Knowledge in Transition. *Journal of the Learning Sciences, 3*, 115-163.
- Sodian, B., Zaitchik, D., Carey, S. (1991). Young Children Differentiation of Hypothetical Beliefs from Evidence. *Child Development, 62*, 753-766.
- Strauss, A.L., & Corbin, J. (1990). *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory*

Procedures and Techniques. Newbury Park, CA: Sage.

- Taconis, R., Ferguson-Hessler, M., & Broekkamp, H. (2001). Teaching Science Problem Solving. An Overview of Experimental Work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 442-468.
- Teasley, S.D. (1995). The Role of Talk in Children's Peer Collaboration. *Developmental Psychology*, 31, 207-220.
- Toth, E.E., Klahr, D., & Chen, Z. (2000). Bridging Research and Practice: A Cognitively based Classroom Intervention for Teaching Experimentation Skills to Elementary School Children. *Cognition and Instruction*, 17, 423-460.
- Trafton, J.G., & Trickett, S.B. (2001). Note-Taking for Self-Explanation and Problem Solving. *Human-Computer Interaction*, 16, 1-38.
- Triona, L.M., & Klahr, D. (2003). Point and Click or Grab and Heft: Comparing the Influence of Physical and Virtual Instructional Materials on Elementary School Students' Ability to Design Experiments. *Cognition and Instruction*, 21, 149-173.
- Tschirgi, P. (1980). Sensible Reasoning: A Hypothesis about Hypotheses. *Child Development*, 51, 1-10.
- Tukey, D.D. (1986). A Philosophical and Empirical Analysis of Subject's Modes of Inquiry in Wason's 2-4-6 Task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 5-33.
- Tytler, R. & Peterson, S. (2004). From "Try It and See" to Strategic Exploration: Characterizing Young Children's Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 94-118.
- Valanides, N. (1997). Formal Reasoning Abilities and School Achievement. *Studies in Educational Evaluation*, 23, 169-185.

- Valanides, N. & Papageorgiou, M. (2001). How do sixth-grade students reason about science. In N.Valanides (Ed.) *Proceedings of the 1st IOSTE Symposium in Southern Europe-Science and technology education: Preparing future citizens*. Vol. II (pp. 400). (Section 1: Action research involving classroom related studies and professional development studies. Section 2:Resources supporting teaching, including locally produced equipment. Visualization ideas using new technologies.) Nicosia, Cyprus: Imprinta LTD.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992). Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Wason, P.C. (1960). On the Failure to Eliminate Hypotheses in a Conceptual Task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12A, 129-140.
- Westbrook, S.L., & Rogers, L.N. (1994). Examining the Development of Scientific Reasoning in Ninth-Grade Physical Science Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 65-76.
- Wharton, C.M., Cheng, P.W., & Wickens, T.D. (1993). Hypothesis-testing Strategies: Why Two Goals are better than One. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 743-758.
- Zachos, P., Hick, T.L., Doane, W. E.J., & Sargent, C. (2000). Setting Theoretical and Empirical Foundations for Assessing Scientific Inquiry and Discovery in Educational Programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 938-962.
- Zeidler, D.L. (1985). Hierarchical Relationships among Formal Cognitive Structures and their Relationship to Principled Moral Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 461-471.
- Zimmerman, C. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.

Zimmerman, C., Raghavan, K., & Sartoris, M. (2003). The Impact of the MARS Curriculum on Students' Ability to Coordinate Theory and Evidence. *International Journal of Science Education*, 25, 1247-1271.

Βαλανίδης, Ν. (1998). Γνωστικές Ικανότητες και Σχολικές Επιδόσεις Μαθητών Γυμνασίου: Θεωρητικές και Εκπαιδευτικές Επιπτώσεις. *Ψυχολογία*, 5, 1-19.

Παπαγεωργίου, Μ., & Βαλανίδης, Ν. (2002). Στρατηγικές "Επιστημονικής Διερεύνησης" από Μαθητές Δημοτικού Σχολείου. Στο Α. Papastylianou (Ed.) *Proceedings of the 2nd International Conference on Science Education*, (pp.217-229). Nicosia: ARLO Ltd

Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού (1998) *Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη-Βιβλίο Δασκάλου*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού.

Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού (1996). Αναλυτικά Προγράμματα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

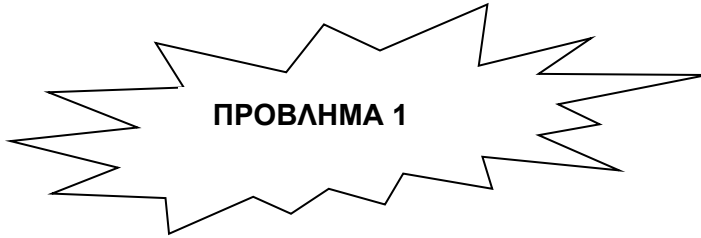
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Όνομα:.....

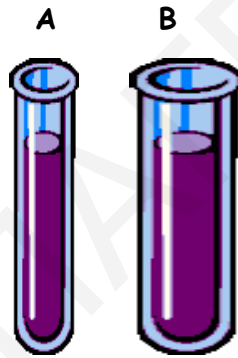
Τύπος 1

Τάξη:.....

Σχολείο:.....



Τα δοχεία A και B είναι κυλινδρικά δοχεία. Μπορείς να πεις με βεβαιότητα ποιος σωλήνας περιέχει το περισσότερο υγρό;



Κύκλωσε ό,τι ισχύει

ΝΑΙ



Τι σε κάνει να είσαι βέβαιος/η;

Ποιο περιέχει το περισσότερο;

.....
.....
.....

ΟΧΙ



Γιατί δεν μπορείς να είσαι βέβαιος/η;

.....
.....
.....

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 2

Μπορείς να πεις με βεβαιότητα ποιο δοχείο περιέχει το περισσότερο νερό;

A

B



Κύκλωσε ό,τι ισχύει

ΝΑΙ



Τι σε κάνει να είσαι βέβαιος/η;

Ποιο περιέχει το περισσότερο;

.....
.....
.....

ΟΧΙ






Γιατί δεν μπορείς να είσαι βέβαιος/η;



.....
.....
.....

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 3

Θέλεις να εξετάσεις ποιο υγρό εξατμίζεται πιο γρήγορα, το νερό ή το οινόπνευμα. Για το λόγο αυτό, θα επιλέξεις δύο δοχεία, από τα Α-Ε, τα οποία θα τοποθετήσεις δίπλα στη βεράντα του σπιτιού σου.

Ποια δύο δοχεία θα χρησιμοποιούσες για να είσαι βέβαιος/βέβαιη για τα συμπεράσματά σου;

A.  οινόπνευμα B.  νερό Γ.  οινόπνευμα

Δ.  νερό Ε.  οινόπνευμα

Εξήγησε πώς σκέφτηκες για να απαντήσεις στην ερώτηση

.....

.....

.....



ΠΡΟΒΛΗΜΑ 4

Θέλεις να φτιάξεις σάντουιτς και έχεις στη διάθεσή σου τα πιο κάτω υλικά:

| | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Φραντζολάκι (Φ) Πίττα (Π) | Χαμ (Χ) Σαλάμι (Σ) Λούντζα (Λ) |
|------------------------------|--------------------------------------|

Σημείωσε όλα τα διαφορετικά είδη σάντουιτς που μπορείς να φτιάξεις, χρησιμοποιώντας ένα είδος ψωμιού και ένα αλλαντικό, όπως το παράδειγμα.

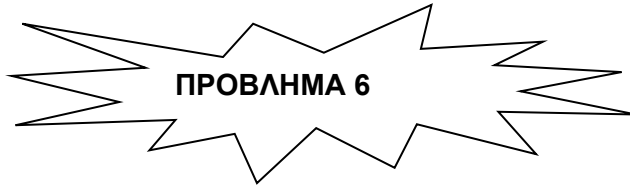
Παράδειγμα: Φραντζολάκι- Χαμ (ΦΧ)



Η Άννα επισκέφτηκε τρεις χώρες, την Αγγλία (Α), την Ολλανδία (Ο) και τη Γαλλία (Γ), και αγόρασε από την κάθε μια ένα αναμνηστικό δώρο. Ήθελε να τα βάλει πάνω στο γραφείο της σε μια σειρά, το ένα μετά το άλλο.

Σημείωσε όλους τους διαφορετικούς τρόπους, με τους οποίους μπορεί να τοποθετήσει τα αναμνηστικά δώρα, όπως φαίνεται στο παράδειγμα.

Παράδειγμα: Ολλανδία-Αγγλία-Γαλλία (ΟΑΓ)



ΠΡΟΒΛΗΜΑ 6

Στη παρέλαση της 28^{ης} Οκτωβρίου 3 παιδιά, αγόρια και κορίτσια θα στέκονται στην πρώτη σειρά. Στη σειρά αυτή μπορεί να είναι όλα κορίτσια ή όλα αγόρια ή και αγόρια και κορίτσια.

Σημείωσε όλους τους διαφορετικούς τρόπους, με τους οποίους μπορούν να παραταχθούν τα παιδιά, όπως φαίνεται στα παραδείγματα.

Παράδειγμα: ΑΚΑ (Α=αγόρι) (Κ=κορίτσι)
ή ΑΑΚ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Έντυπο Καταγραφής Αποτελεσμάτων

Αριθμός:

| Α/Α | ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ | | | | | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ | Α/Α | ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ | | | | | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ |
|-----|-----------|---|---|---|---|------------|-----|-----------|---|---|---|---|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | | | | | | | 24 | | | | | | |
| 2 | | | | | | | 25 | | | | | | |
| 3 | | | | | | | 26 | | | | | | |
| 4 | | | | | | | 27 | | | | | | |
| 5 | | | | | | | 28 | | | | | | |
| 6 | | | | | | | 29 | | | | | | |
| 7 | | | | | | | 30 | | | | | | |
| 8 | | | | | | | 31 | | | | | | |
| 9 | | | | | | | 32 | | | | | | |
| 10 | | | | | | | 33 | | | | | | |
| 11 | | | | | | | 34 | | | | | | |
| 12 | | | | | | | 35 | | | | | | |
| 13 | | | | | | | 36 | | | | | | |
| 14 | | | | | | | 37 | | | | | | |
| 15 | | | | | | | 38 | | | | | | |
| 16 | | | | | | | 39 | | | | | | |
| 17 | | | | | | | 40 | | | | | | |
| 18 | | | | | | | 41 | | | | | | |
| 19 | | | | | | | 42 | | | | | | |
| 20 | | | | | | | 43 | | | | | | |
| 21 | | | | | | | 44 | | | | | | |
| 22 | | | | | | | 45 | | | | | | |
| 23 | | | | | | | 46 | | | | | | |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Απομαγνητοφωνημένες συνεντεύξεις

(σημ. Ε= Ερώτηση, Α. Απάντηση. Στις παρενθέσεις σημειώνονται αριθμημένες οι υποθέσεις και οι υπο-υποθέσεις του κάθε παιδιού καθώς και τα πειράματα που εκτέλεσε)

6EY309

- Ε. Τι βλέπεις εδώ Αναστάσιε;
- Α. Ένα μηχανήμα με ένα διακόπτη ένα λαμπάκι και ένα κόκκινο κουμπί.
- Ε. Κατά τη γνώμη σου μπορείς να ανάψεις το λαμπάκι;
- Α. Ναι.
- Ε. Πώς;
- Α. Να μετακινήσω το διακόπτη. Δεν άναψε.
- Ε. Θα ανάψει;
- Α. Να πατήσω και το κουμπί. Άναψε!
- Ε. Τώρα τι βλέπεις μπροστά σου;
- Α. Λαμπάκια και διακόπτες και το κόκκινο κουμπί.
- Ε. Τι μπορείς να κάνεις;
- Α. Να ανάψεις το λαμπάκια.
- Ε. Πώς μπορείς να ανάψεις τα λαμπάκια;
- Α. Με τους διακόπτες.
- Ε. Δηλαδή; Εξήγησέ μου.
- Α. Τα λαμπάκια θα ανάβουν, ένα κάθε φορά.
- Ε. Θα ανάψουν και τα 8;
- Α. Ναι.
- Ε. Πώς;
- Α. Μπορεί σε ένα διακόπτη να ανάβει ένα, μπορεί δύο, μπορεί τρία λαμπάκια. Θα ανάψουν όμως όλα. **(Y1)**
- Ε. Τι θα κάνεις για να το εξακριβώσεις;
- Α. Να κάνουμε ένα διακόπτη.
- Ε. Ποιο;
- Α. Αυτόν (3)
- Ε. Ωραία. Δοκίμασε.

(Y1.1)(Π1-ΠΠΚΠΠ).

A. Άναψε ένα.

E. Τι θα κάνεις παρακάτω.

A. Άλλο διακόπτη.

E. Ποιον;

A. Τον 1.

E. Και σύμφωνα με την υπόθεσή σου τι θα γίνει;

A. Θα ανάψουν δύο άλλα (Y1.2).

E. Δοκίμασε (Π2-ΚΠΚΠΠ).

A. Άλλη. Η 1. Τώρα θα κάνουμε κάποιον άλλο και θα ανάψει άλλο λαμπάκι.

(Y1.3)(Π3-ΚΚΚΠΠ)

E. Για να μην ξεχνούμε τι κάναμε καλύτερα να τα γράφουμε. Πάρε αυτό το χαρτί και γράφε τι κάνεις όπως νομίζεις.

A. Τι να γράψω δηλαδή;

E. Τι έκανες την πρώτη φορά και ποιο ήταν το αποτέλεσμα;

A. Έκανα τον 3 κάτω...και άναψε το 2.

E. Ωραία. Γράψε το.

A. 3 κάτω άναψε το 2.

E. Ωραία. Μετά;

A. Έκανα και το 1...και άναψε το 1.

E. Γράψε και αυτό και το επόμενο.

A. 1 και 3 κάτω και άναψε το 1. 1, 2, 3 κάτω και άναψε το 3 (σημ. σημειώνει μόνο τους διακόπτες που βρίσκονται στη θέση “κάτω”).

E. Ωραία. Ας συνεχίσουμε. Θα ανάψουν όλα;

A. Να δοκιμάσουμε να τον πάρουμε πάνω και να τον ξανακατεβάσουμε και μπορεί να ανάψει άλλο λαμπάκι.

E. Ποιον;

A. Τον 3

E. Και μπορεί να ανάψει άλλο λαμπάκι;

A. Μπορεί.

E. Δηλαδή, όπως είναι τώρα, θα πάρεις τον 3 πάνω και ξανά κάτω και θα ανάψει άλλο λαμπάκι;

A. Μπορεί.

E. Δοκίμασε. **(Y2)(Π4-ΚΚΚΠΠ)**. (Επανάληψη χωρίς να το αντιλαμβάνεται)

A. Το ίδιο. Δεν θα ανάψουν μερικές μάλλον. Οι μαύρες μάλλον.

E. Ποιες μαύρες εννοείς;

A. Οι σκούρες. Η μαύρη και η καφέ.

E. Γιατί δε θα ανάψουν;

A. Είναι καμένες μπορεί.

E. Πώς έβγαλες αυτό το συμπέρασμα όμως.

A. Κάθε διακόπτης ανάβει μια.

E. Και ποιες νομίζεις θα ανάψουν;

A. Θα ανάψουν...πέντε. Τρεις που άναψαν και άλλες δύο **(Y3)**

E. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Να συνεχίσω να ανάψουν και τα άλλα δύο που είπα. **(Y3.1)(Π5-ΚΚΚΚΠ)**

(Y3.2)(Π6-ΚΚΚΚΚ). Γιατί άναψε πάλι η ίδια;

E. Ποια ιδέα έχεις τώρα;

A. Μπορεί αυτός και αυτός ο διακόπτης να είναι ενωμένοι με το ίδιο σύρμα (ο 4 και ο 5). Θα ανεβάσουμε όλα πάνω. Και να κατεβάσουμε δύο.

E. Τι νομίζεις ότι θα γίνει; Θα ανάψουν όλα τα λαμπάκια; Δύο δύο όπως είπες στην αρχή; Θα ανάψουν μόνο πέντε λαμπάκια.

A. Αν κατεβάσεις δύο διακόπτες και πατήσεις αυτό (διακόπτης ελέγχου) τότε θα ανάψει ένα λαμπάκι.

E. Συνολικά όμως; Πόσα λαμπάκια θα ανάψουν;

A. Όλα.

E. Αφού, όπως είπες προηγουμένως, έχουμε πέντε διακόπτες;

A. Μπορεί ας πούμε αν κάνεις ένα κάτω να ανάβει κάποιο λαμπάκι και μετά αν κάνεις και κάποιον άλλο μαζί του να ανάβει κάποιο άλλο. **(Y4)**.

E. Ωραία. Τι θα κάνεις τώρα;

A. Αυτούς τους δύο (2 και 5 κάτω).

E. Και τι περιμένεις;

A. Να ανάψει ένα που δεν άναψε. **(Y4.1)(Π7-ΠΚΠΠΚ)**. Τίποτε.

E. Γιατί νομίζεις;

A. Κάτι έκανα που δεν ήταν σωστό.

E. Τι δηλαδή;

A. Δεν ξέρω. Τώρα θα ανεβάσω αυτούς τους δύο πάνω (2 και 5) και θα κατεβάσω αυτούς τους δύο (3, 4).

E. Και τι περιμένεις να γίνει;

A. Μπορεί να μην ανάψει τίποτα.

E. Γιατί;

A. Επειδή δεν άναψε πριν, μπορεί να μην ανάψει ούτε τώρα. **(Y5). (Π8-ΠΠΚΚΠ)**
Αναψε η μαύρη!

E. Τώρα;

A. Τώρα με το 1, 2 θα ανάψει μια. **(Y4.2) (Π9-ΚΚΠΠΠ)**. Τίποτε πάλι.

E. Έχεις καμιά ιδέα πότε δεν ανάβουν λαμπάκια;

A. Να το διερευνήσουμε.

E. Και βέβαια. Πώς θα συνεχίσεις;

A. Ως τώρα δεν άναψε στο 2, 5 και στο 1, 2. Θα κάνω δύο δύο να δοκιμάζω (δύο διακόπτες στη θέση “κάτω”). Θα κάνω το 1, 5 και να δούμε αν θα ανάψει **(Y4.3)(Π10-ΚΠΠΠΚ)**. Πάλι τίποτα. Τώρα μου έμεινε το 1,4 να κάνω.

E. Και τι περιμένεις;

A. Να ανάψει ένα. **(Y4.4)**

E. Γιατί;

A. Γιατί δεν είναι δίπλα δίπλα.

E. **(Π11-ΚΠΠΚΠ)**.

A. Τίποτα.

E. Τώρα;

A. Τώρα θα κάνουμε δυάδες με το 2. 2, 4

E. Και περιμένεις;

A. Να ανάψει μια **(Y4.5)(Π12-ΠΚΠΚΠ)**. Δεν άναψε.

E. Τώρα;

A. Το 2, 3 που μας έμεινε.

E. Τι περιμένεις;

A. Να ανάψει μια. **(Y4.6)(Π13-ΠΚΚΠΠ)**. Η κίτρινη.

E. Έχεις μέχρι τώρα κάποιο συμπέρασμα;

A. Να τα δω.

E. Δες τι έκανες, ναι.

A. Άναψε στο 2, 3 και στο 3, 4. Όλα είχαν μέσα το 3. Νομίζω μόνο αυτό λειτουργεί.

(Y6)

E. Τι θα κάνεις για να το ελέγξεις;

A. Θα κάνω το 1 με το 3 και πρέπει να ανάψει μια. **(Y6.1)(Π14-ΚΠΚΠΠ)**. Άναψε.

E. Ωστε τι ιδέα έχεις;

A. Στις δυάδες μόνο όταν έχει 3 ανάβει.

E. Όταν δεν έχει 3;

A. Τίποτα.

E. Αυτό συμβαίνει μόνο στις δυάδες;

A. Μπορεί και στις τριάδες **(Y7)**

E. Έλεγξε το.

A. Θα κάνω 2, 3, 4 (κάτω)

E. Και τι περιμένεις;

A. Να ανάψει μια **(Y7.1) (Π15-ΠΚΚΚΠ)**. Άναψε η λιλά.

E. Τώρα;

A. 1, 3, 5 **(Y7.2)(Π16-ΚΠΚΠΚ)**. Άναψε η κόκκινη,

E. Όταν δεν είναι το 3.

A. Δεν θα ανάψει νομίζω. Να δοκιμάσουμε

A. 1, 2, 4, **(Y7.3)(Π17-ΚΚΠΚΠ)**. Δεν άναψε.

E. Πες μου το συμπέρασμά σου.

A. Μόνο με το 3 ανάβουν.

E. Πώς δηλαδή;

A. Πρέπει να είναι κάτω το 3 για να ανάβουν.

E. Πώς θα πούμε αυτό το διακόπτη;

A. Κεντρικό διακόπτη. **(Y8)**

E. Ωραία. Πώς συνεχίζουμε;

A. Με τετράδες;

E. Ποια λαμπάκια ανάψαμε;

A. Μας έμεινε η καφέ. Τώρα πρέπει να κάνουμε κινήσεις για να ανάψουμε την καφέ.

Να δούμε τι κάναμε. 3 κάτω το 4 και το 5... Το κάναμε; Όχι. Θα ανάψει η καφέ. **(Π18-ΠΠΚΚΚ) (Y8.1)**. Η μαύρη.

E. Γιατί; Άναψε ξανά;

A. Ναι. 3,4.... Όταν έχει 3 και 4 μέσα ανάβει η μαύρη.

- E. Τώρα γιατί άναψε πάλι η μαύρη;
- A. Γιατί είχε το 3 και το 4 μέσα;
- E. Μόνο;
- A. Το 5 δεν είναι τίποτα μάλλον.
- E. Τι εννοείς;
- A. Ένα λεπτό. Το 1, 3, 4 δεν το έκανα. Θα ανάψει το καφέ. **(Y8.2)(Π19-ΚΠΚΚΠ)**. Το άναψη και το καφέ.
- E. Ωστε τι κατάφερες; Τα άναψες όλα;
- A. Ναι.
- E. Και τι άλλο βρήκες;
- A. Ότι το 3 είναι το κεντρικό.
- E. Κοίταξε λίγο όσα έκανες; Έχεις κανένα άλλο συμπέρασμα;
- A. Στο πορτοκαλί το 5 δεν έκανε τίποτα. Ούτε στη μαύρη. Το 5 δεν κάνει τίποτα. Αν το κατεβάσεις δεν κάνει τίποτα. **(Y9)**
- E. Πώς θα ανάψω ξανά την καφέ;
- A. 1, 3, 4, 5. Θα ανάψει ξανά η καφέ. **(Y9.1)(Π20-ΚΠΚΚΚ)**. Άναψε.
- E. Τι είναι το 5;
- A. Στο καφέ δεν κάνει τίποτα.
- E. Μόνο στο καφέ;
- A. Να το ελέγξουμε λίγο. Στην πορτοκαλιά δεν κάνει τίποτα. Ούτε στην κόκκινη. Ούτε στη μαύρη, ούτε στην καφέ.
- E. Τι συμπεραίνεις για το διακόπτη 5;
- A. Τίποτα δεν κάνει;
- E. Τι είναι το 5;
- A. Δεν κάνει τίποτα,
- E. Τι εννοείς; Αν άνοιγα αυτό το κουτί τι θα έβλεπα;
- A. Δεν είναι συνδεδεμένος.
- E. Πολύ ωραία Αναστάσιε. Μπράβο. Σε ευχαριστώ πολύ.

4ΠΥ123

- E. Τι βλέπεις εδώ;
- A. Βλέπω ένα κουτί που έχει ένα πάνω ένα φως και ένα κουμπί κόκκινο κι ένα μοχλό.
- E. Τι μπορώ να κάνω με αυτά;

A. Μπορείς να πατήσεις το κόκκινο και να ανάψει το φως.
E. Δοκίμασε.
A. Δεν άναψε. Να μετακινήσω το μοχλό.
E. Άναψε;
A. Όχι.
E. Τι άλλο να κάνεις;
A. Δεν ξέρω.
E. Νομίζεις ότι δεν υπάρχει τρόπος να ανάψει το λαμπάκι;
A. Να πατήσω ξανά το κόκκινο.
E. Δοκίμασε
A. Άναψε.
E. Τώρα τι βλέπεις εδώ;
A. Έχει πάνω διάφορα χρώματα λαμπάκια, πέντε μοχλοί κι ένα κόκκινο.
E. Τι μπορείς να κάνεις;
A. Να μετακινήσεις τους μοχλούς και να ανάψουν.
E. Πώς;
A. Ένα ένα μοχλό.
E. Και ποια θα ανάψουν;
A. Με τον 1 το κόκκινο (1), με τον 2 το πράσινο (2), με τον 3 το μπλε (3), με τον 4 το κίτρινο (4) και με το 5 το καφέ (5)
E. Το 6;
A. Δεν θα ανάψει νομίζω
E. Τι πιστεύεις δηλαδή για τα λαμπάκια 6,7,8
A. Δε θα ανάψουν **(Y1)**
E. Ωραία. Ας αρχίσουμε.
A. Θα μετακινήσω τον 1 και θα ανάψει το 1. **(Π1-ΚΠΠΠΠ)**
E. Ότι κάνουμε θα το γράφουμε. Αυτά τα πέντε κουτάκια είναι για τους πέντε διακόπτες. Σε κάθε κουτάκι θα γράφεις αν ο διακόπτης ήταν πάνω ή κάτω. Τι έκανες;
A. Έκανα τον 1.
E. Πού ήταν οι άλλοι διακόπτες; Πάνω ή κάτω;
A. Πάνω.
E. Ωστε ο 1 ήταν κάτω και οι άλλοι πάνω. Πώς θα γράψουμε το πάνω και το κάτω με σύντομο τρόπο;

A. Να βάζουμε Κ και Π;
E. Ωραία. Γράψε το. Τι αποτέλεσμα είχαμε; Άναψε λαμπάκι;
A. Όχι.
E. Τότε, θα βάλουμε Χ. Τώρα;
Τώρα;
A. 2
E. Και τι θα γίνει;
A, Μπορεί να ανάψει η 2 ή οι 1,2 **(Y2)(Π2-ΚΚΠΠΠ)**.
E. Τι έγινε;
A. Δεν άναψε πάλι. Να τα κάνω όλα κάτω;
E. Και τι θα γίνει;
A. Θα ανάψουν 1-5 **(Y3)(Π3-ΚΚΚΚΚ)**. Άναψε το 7.
E. Πώς θα συνεχίσουμε;
A. Να σβήσουμε ένα.
E. Και τι θα συμβεί;
A. Μπορεί να ανάψει κάποια άλλη.
E. Γιατί;
A. Μπορεί επειδή κάτω δεν άναβαν να ανάβουν όταν τα πάρω πάνω **(Y4) (Π4-ΚΚΚΚΠ)**
A. Άναψε πάλι το 7.
E. Γιατί νομίζεις;
A. Δεν ξέρω.
E. Τι θα κάνεις τώρα;
A. Πάνω το 4...μπορεί να ανάψει το 8. **(Y4.2)(Π5-ΚΚΚΠΠ)**. Το 3. Τώρα θα σβήσω ακόμα ένα μοχλό και μπορεί να ανάψει το 5. **(Y4.3)(Π6-ΚΚΠΠΠ)**. Κανένα. Το άλλο το δοκιμάσαμε.
E. Τι να κάνουμε άλλο; Τι πιστεύεις για όλα τα λαμπάκια;
A. Μπορεί να ανάβουν όλα μαζί, αλλά δεν ξέρω πώς **(Y5)**
E. Ας δοκιμάσουμε.
A. Θα κάνω το 1,3 κάτω.
E. Και τι περιμένεις;
A. Μπορεί να ανάψει ένα, μπορεί όλα.
E. Δοκίμασε **(Y5.1)(Π7-ΚΠΚΠΠ)** Το 1.

Ε. Γράψε το. Τώρα;

Α. Θα πάρω κάτω και το μοχλό 5 και μπορεί να ανάψει ένα.

Ε. Μπορεί και όλα μαζί;

Α. Δε νομίζω. Νομίζω θα ανάβει ένα κάθε φορά.

Ε. Ποια λαμπάκια θα ανάψουν;

Α. Νομίζω όλα. **(Υ6)**

Ε. **(Υ6.1)(Π8-ΚΠΚΠΚ)** Άναψε πάλι το 1.

Ε. Γιατί;

Α...

Ε. Τώρα;

Α. Και το 4 κάτω.

Ε. Τι θα γίνει;

Α, Μπορεί το πράσινο. **(Υ6.2)(Π9-ΚΠΚΚΚ)**. Το 5. Όλα κάτω το έκανα.

Ε. Βάλε κάποιο άλλο πάνω.

Α. 1 πάνω μπορεί να ανάψει το 2 **(Υ6.3)(Π10-ΠΚΚΚΚ)**.

Ε. Γράψε το.

Α. Θα τα κάνω όλα κάτω και το 3 πάνω. Μπορεί να ανάψει το 7. **(Υ6.4)(Π11-ΚΚΠΚΚ)**. Δεν άναψε κανένα.

Ε. Έχεις κανένα συμπέρασμα;

Α.... Θα πάρω το 4 πάνω και τα υπόλοιπα κάτω. Μπορεί να ανάψει το 7. **(Υ6.5)(Π12-ΚΚΚΠΚ)**. Το 3. Το ξανακάναμε.

Ε. Είναι εντελώς το ίδιο;

Α. Εδώ μόνο το 4 πάνω ενώ πριν 4,5 πάνω.

Ε. Τώρα;

Α. Όλα κάτω και το 5 πάνω

Ε. Το έκανες ξανά;

Α. Ναι. Όλα πάνω.

Ε. Και τι θα γίνει;

Α. Μπορεί να μην ανάψει κανένα **(Υ7)(Π13-ΠΠΠΠΠ)**. Κανένα.

Ε. Πώς θα συνεχίσεις; Ένα ένα κάτω;

Α. Ναι. Το 2 κάτω μπορεί να ανάψει το 4. **(Υ6.6)(Π14-ΠΚΠΠΠ)**. Δεν άναψε κανένα.

Μόνο το 3 κάτω μπορεί να ανάψει το 2. **(Υ6.7)(Π15-ΠΠΚΠΠ)**. Άναψε το 2. Όλα

πάνω και το 4 κάτω μπορεί να ανάψει το 5. **(Y6.8)(Π16-ΠΠΠΚΠ)**. Κανένα. Τώρα μόνο το 5 κάτω και μπορεί να ανάψει το 8. **(Y6.9)(Π17-ΠΠΠΠΚ)**. Δεν άναψε κανένα

Ε. Έχεις κανένα συμπέρασμα;

Α.

Ε. Δες ξανά όσο γράψαμε.

Α...

Ε. Συνέχισε Μαρίνα μου.

Α. Θα κάνω το 4,5 κάτω και τα άλλα πάνω και μπορεί να ανάψει το 3 **(Y6.10)**.

Ε. Δοκίμασε

Α. **(Π18-ΠΠΠΚΚ)**. Δεν άναψε κανένα.

Ε. Γράψε το.

Α. Θα κάνω το 4 και το 3 κάτω.

Ε. Και τι θα γίνει;

Α. Μπορεί να ανάψει το 8 **(Y6.11)**.

Ε. Δοκίμασε

Α. **(Π19-ΠΠΚΚΠ)**. Άναψε το 6. Θα κάνω το 2,3 κάτω και τα άλλα πάνω.

Ε. Τι περιμένεις να συμβεί;

Α. Μπορεί να ανάψει το 5. **(Y6.12)(Π20-ΠΚΚΠΠ)**. Άναψε το 4.

Ε. Κοίταξε λίγο ότι έκανες; Ποια λαμπάκια άναψαν;

Α.....όλα.

Ε. Από μια φορά;

Α. Έχει μερικά που άναψαν δύο φορές και σε μερικούς διακόπτες δεν άναψε κανένα.

Ε. Θεξ να δεις ότι έκανες και να μου πεις πότε δεν άναψε κανένα.

Α. όταν κάναμε 1 κάτω, 2 κάτω, 1,2, κάτω και τα υπόλοιπα πάνω....1,2,4,5 κάτω και το 3 πάνω. Όταν κάναμε όλα πάνω και όταν κάναμε όλα κάτω εκτός από το 2... όταν κάναμε το 5 κάτω μόνο,.. το 4,5 κάτω.

Ε. Έχουν καμιά σχέση;

Α. Ναι.

Ε. Ποια σχέση;

Α. Ας πούμε εδώ είχαμε 4,5 κάτω και τα άλλα πάνω και δεν άναψε. Μετά είχα 4 μόνο κάτω και 5 μόνο κάτω και δεν άναψε.

Ε. Πότε δεν ανάβουν δηλαδή;

Α. Δεν ξέρω

- E. Τι άλλο μπορούμε να κάνουμε;
A. Νομίζω το κάναμε όλα.
E. Θεξ να δοκιμάσουμε και κάτι άλλο που μπορεί να μην κάναμε;
A. Μπορούμε να κάνουμε...1,2,3 κάτω και τα άλλα πάνω.
E. Έλεγξέ το να δούμε.
A. Το κάναμε. Θα κάνουμε.....να κάνουμε 1,2,3,5 κάτω.
E. Και τι θα γίνει;
A. Μπορεί να ανάψει το 3.
E. Δεν το ξανακάναμε;
A. Ναι. Και άναψε το 3. Αλλά άναψε ξανά το 3.
E. Πότε άναψε ξανά;
A. Ήταν όλα κάτω μέχρι το 3, μετά κάναμε 1,2,3 κάτω και το 4 πάνω και το 5 κάτω.
E. Έχουν καμιά σχέση;
A. Το 5 ήταν στην μια φορά πάνω και στην άλλη κάτω.
E. Έχει και άλλα λαμπάκια που άναψαν σε δύο περιπτώσεις;
A. Το 7.
E. Τι σχέση έχουν;
A. Στην πρώτη φορά ήταν όλα κάτω και στη δεύτερη όλα κάτω και το 5 πάνω.
E. Έχουν καμιά σχέση;
A. Αντί να κάνουμε πάνω κάτω το ανταλλάζουμε.
E. Ποιο;
A. Το 5.
E. Μπορούμε να το κάνουμε και με τα υπόλοιπα λαμπάκια αυτό; Ας πούμε το λαμπάκι 4 πώς μπορεί να ανάψει ξανά;
A. Να βάλουμε 1 πάνω, 2,3 κάτω το 4 πάνω και το 5 κάτω και μπορεί να ανάψει το 4 πάλι **(Y8)(Y8.1)(Π21-ΠΚΚΠΚ)**. Άναψε το 4.
E. Έχεις κανένα συμπέρασμα;
A. Ανταλλάζουμε το 5 και βγαίνει το ίδιο λαμπάκι.
E. Τι είναι αυτό το 5; Πώς θα ανάψει ξανά το 6;
A. 1,2 πάνω 3,4,5 κάτω και θα ανάψει το 6.
E. Ωραία. Να το κάνουμε να δούμε;
A. **(Y8.2)(Π22-ΠΠΚΚΚ)**. Άναψε πάλι το 6.
E. Τι είναι αυτό το 5; Είναι διαφορετικό;

- A. Ανάβει τα λαμπάκια με δύο τρόπους.
E. Ωραία Μαρίνα μου. Κοίταξε λίγο ξανά ότι κάναμε. Τι έχουμε να κάνουμε;
A. Νομίζω τα κάναμε.
E. Κοίταξε λίγο ξανά όσα κάναμε. Έχεις κάποιο άλλο συμπέρασμα;
A.
E. Εντάξει Μαρίνα μου. Ευχαριστώ πολύ.

6EX145

- E. Τι βλέπεις μπροστά σου;
A. Έχει κάτι κουμπάκια και ένα λαμπάκι.
E. Μπορείς να ανάψεις αυτό το λαμπάκι;
A. Ναι.
E. Πώς;
A. Να πατήσω αυτό;
E. Δοκίμασε (π1)
A. Δεν άναψε.
E. Κάτι άλλο.
A. Να πατήσω το μοχλό και να πατήσω μετά το κόκκινο (π2)
E. Άναψε;
A. Ναι.
E. Τώρα τι βλέπεις μπροστά σου;
A. Έχει κάτι κουμπιά που γράφουν αριθμούς, κάποια λαμπάκια και το κόκκινο κουμπί.
E. Τι μπορείς να κάνεις;
A. Μπορώ να ανάψω τα λαμπάκια
E. Πώς;
A. Είναι 8 τα λαμπάκια και 4 τα κουμπιά. Κάθε ένα από τα κουμπάκια θα ανάβει δύο λαμπάκια.
E. Είναι 4 τα κουμπιά όμως.
A. Α είναι 5; Κάποια θα ανάβουν δύο λαμπάκια και κάποια κουμπιά θα ανάψουν ένα λαμπάκι. **(Y1)**
E. Πώς δηλαδή;
A. Αν ανάψω ένα από τα κουμπιά μπορεί να ανάψει ένα ή δύο λαμπάκια για να ανάψουν όλα.

- E. Ποια θα ανάβουν ένα ποια δύο;
A. Δεν ξέρω.
- E. Πώς θα ξεκινήσουμε;
A. Να ξεκινήσουμε να ελέγχουμε ένα ένα.
- E. Ποιον θα ελέγξεις πρώτα
A. Το 1. **(Π1-ΚΠΠΠΠ)**.
- E. Συνέβηκε κάτι;
A. Όχι.
- E. Τι θα κάνουμε τώρα;
A. Θα συνεχίσουμε να δούμε. **(Π2-ΚΚΠΠΠ)**. **(Π3-ΚΚΚΠΠ)**. Κάθε φορά το πατάς και ανάβει ένα λαμπάκι.
- E. Ποιο άναψε;
A. Το μπλε.
- E. Τι θα κάνεις τώρα;
A. Κάτω και το 4. **(Π4-ΚΚΚΚΠ)**. Άναψε το πορτοκαλί. **(Π5-ΚΚΚΚΚ)**. Άναψε πάλι το πορτοκαλί.
- E. Τι έκανες μέχρι τώρα;
A. Άναψε δύο φορές η πορτοκαλιά και μια φορά το μπλε.
- E. Μέχρι τώρα τι βρήκαμε; Πώς θα συνεχίσουμε;
A. Να παίρνουμε ένα ένα πάνω και να πατούμε το κόκκινο να δούμε τι θα γίνει.
- E. Τι περιμένεις να γίνει;
A. Μπορεί επειδή δεν άναψαν όταν τα έπαιρνα κάτω, τώρα να ανάβουν.
- E. Ένα ένα ή μπορεί και δύο μαζί;
A. Μπορεί και δύο μαζί. **(Υ2)**.
- E. Από που θα αρχίσεις;
A. Από το 5.
- E. Δοκίμασε
A. **(Π6-ΚΚΚΚΠ) (Π7-ΚΚΚΠΠ) (Π8-ΚΚΠΠΠ) (Π9-ΚΠΠΠΠ) (Π10-ΠΠΠΠΠ)**.
- E. Τι έγινε;
A. Άναψε πάλι το πορτοκαλί και το μπλε.
- E. Ωραία. Για να μην ξεχνούμε τι κάνουμε θα τα γράφουμε σε αυτή την κόλλα. Τι έκανες την πρώτη φορά;
A. Πρώτα έβαλα το 1 κάτω

Ε. Ωραία. Γράψε το. Τι έγινε;

Α. Τίποτα.

Ε. Μετά;

Α. Μετά το 2 και δεν άναψε. Μετά με το 3 άναψε το μπλε, με το 4 η πορτοκαλιά, με το 5 η πορτοκαλιά. Μετά τα πήρα πάνω. Το 5 άναψε το πορτοκαλί, με το 4 το μπλε και με τα άλλα δεν άναψε. Είναι διαφορετικό από πριν.

Ε. Πώς θα συνεχίσουμε τώρα;

Α. Τώρα πιστεύω ότι θα ξεκινήσω με το 1 πάνω..το 2 κάτω.. το 3 πάνω

Ε. Θα ανάψουν τα λαμπάκια;

Α. Εξακολουθώ να πιστεύω ότι θα ανάψουν τα λαμπάκια.

Ε. Όλα;

Α. Ναι.

Ε. Ένα ένα ή μπορεί και δύο μαζί.

Α. Μπορεί και δύο μαζί. **(Y3)**

Ε. Πώς θα ανάψουν;

Α. Να παίρνω μερικά κάτω και μερικά πάνω και θα ανάβουν.

Ε. Τι θα κάνεις πρώτα;

Α. 1 κάτω και το 3 κάτω και θα ανάψει μια. **(Y3.1)**. Άναψε η κόκκινη **(Y3.1)(Π11-ΚΠΚΠΠ)**.

Ε. Τώρα;

Α. Θα πάρω και το 4 κάτω και θα ανάψει μια άλλη **(Y3.2)**. Άναψε η καφέ. Θα γράψω 4 κάτω η καφέ **(Π12-ΚΠΚΚΠ)**. Θα κάνω και το 5 κάτω..**(Y3.3)Π13-ΚΠΚΚΚ)**. Πάλι η καφέ.

Ε. Έχεις κανένα συμπέρασμα;

Α. Το 2 δεν άναψε καμιά λάμπα. Ενώ όταν βρέθηκαν το 1 και το 3 μαζί άναψε η κόκκινη λάμπα.

Ε. Άρα;

Α. Υπάρχουν τρόποι που μπορείς να ανάψεις όλα τα λαμπάκια όταν κάνεις συνδυασμούς.

Ε. Εξακολουθείς να πιστεύεις ότι θα ανάψουν δύο μαζί;

Α. Όπως κάναμε μέχρι τώρα δεν νομίζω ότι θα ανάψουν όλες μαζί. Μία μία και το πολύ δύο μαζί.

Ε. Ωστε; Να τα πάρουμε όλα πάνω;

A. Ναι.

E. Ποια θα κατεβάσουμε τώρα;

A. Να δοκιμάσω να κατεβάσω το 3. Νομίζω θα ανάψει μια.

E. Γιατί το 3;

A. Έτσι τυχαία. **(Y3.4)Π14-ΠΠΚΠΠ**. Η πράσινη. Και θα δοκιμάσω να πάρω και το 5 κάτω τώρα. Τώρα πιστεύω ότι θα ανάψει ξανά η πράσινη ή κάποια άλλη που δεν άναψε. **(Y3.5)**

E. Γιατί ξανά η πράσινη;

A. Γιατί και η πορτοκαλιά άναψε με διαφορετικούς τρόπους **(Π15-ΠΠΚΠΚ)**.

E. Άναψε πάλι η πράσινη. Γιατί νομίζεις;

A. Όταν ανάψαμε το 1 και το 3 το 2 δεν το κατεβάσαμε κάτω και άναψε η κόκκινη. Και τώρα είχαμε το 3 και το 5 και δεν κατεβάσαμε το 4. Και πιστεύω ότι όταν αφήνεις ένα μέσα στη μέση και κατεβάζεις δύο κάτω ή παίρνεις δύο πάνω τότε ανάβει το ίδιο. **(Y4)**

E. Πώς θα το ελέγξουμε αυτό που λες;

A....

E. Πώς θα συνεχίσεις;

A. Τώρα θα δοκιμάσω άλλους συνδυασμούς. Το 2 μόνο του **(Y3.6)(Π16-ΠΚΠΠΠ)** Καμιά. Τώρα να κάνω το 2 και το 4 και μπορεί να ανάψει μια. **(Y3.7)(Π17-ΠΚΠΚΠ)**. Καμιά.

E. Τι παρατηρείς;

A. Ότι μερικοί συνδυασμοί μπορούν να ανάψουν λαμπάκια και μερικοί όχι.

E. Ποιοι ανάβουν; Υπάρχει καμιά εξήγηση;

A. ...

E. Κάνε κι άλλα παραδείγματα και μπορεί να βρεις κάποια λογική.

A. Θα κάνω το 2. Μπορεί να ανάψει η 2. **(Y3.8)(Π18-ΠΚΠΠΠ)** Καμιά. Να βάλω και το 1 μπορεί να βοηθήσει. **(Y3.9)(Π19-ΚΚΠΠΠ)**.

E. Έκανες το ίδιο που έκανες με το 2 και το 4;

A. Ναι. Και θα συνεχίσω έτσι και μετά θα ξαναπάρω 1 με 3, 1 με 4, 1 με 5

E. Ωραία.

A. Τώρα να τα βάλω όλα πάνω και θα πάρω το 2 πρώτα μόνο του και μετά με το 3. **(Y3.10)(Π20-ΠΚΠΠΠ)**.

E. Όχι.

- A. Θα κατεβάσω και το 3 **(Y3.11)(Π21-ΠΚΚΠΠ)**. Η κίτρινη.
- E. Αυτός ο συνδυασμός γιατί πέτυχε;
- A. Επειδή ήταν κοντινοί οι αριθμοί.
- E. Σημείωσε και το 2 και το 3 κάτω
- A. Τώρα θα δοκιμάσω το 2 και το 5
- E. Και τι περιμένεις;
- A. Να ανάψει.
- E. Γιατί; Έχει σχέση με τους κοντινούς αριθμούς;
- A. Μπορεί και μακρινοί να ανάβουν **(Y3.12)Π22-ΠΚΠΠΚ)**. Δεν άναψε. Τώρα θα κάνω με το 3. Θα κάνω 3 και 4.
- E. Και τι περιμένεις;
- A. Επειδή το 2 και 3 που ήταν κοντινοί αριθμοί άναψε, πιστεύω πως κι εδώ που είναι κοντινοί θα ανάψει. **(Y5)(Π23-ΠΠΚΚΠ)**. Άναψε η μαύρη
- E. Πιστεύεις δηλαδή ότι επειδή είναι κοντινοί αριθμοί γι αυτό άναψε;
- A. Κάθε συνδυασμός έχει το δικό του τρόπο να ανάψει.
- E. Κάθε λαμπάκι εννοείς;
- A. Ναι.
- E. Πώς θα συνεχίσουμε;
- A. Τώρα θα δοκιμάσουμε το 3 με το 5.
- E. Και τι νομίζεις θα γίνει;
- A. Τώρα νομίζω δε θα ανάψει λαμπάκι επειδή δεν είναι κοντινοί **(Y5.1)(Π24-ΠΠΚΠΚ)**. Άναψε η πράσινη.
- E. Ισχύει η θεωρία που είπες για τα διπλανά κουμπιά;
- A. Σε μερικές λαμπίτσες ισχύει, σε μερικές όχι. Τώρα θα πάρω το 4 με το 5.
- E. Και τι περιμένεις.
- A. Δε θα ανάψει λαμπάκι νομίζω.
- E. Γιατί;
- A. Γιατί τα λαμπάκι που θα μπορούσε να ανάψει μπορεί να έχει κάποιο άλλο συνδυασμό για να ανάψει.
- E. Ωραία. Δοκίμασε **(Y3.13)(Π25-ΠΠΠΚΚ)**.
- A. Δεν άναψε.

Ε. Λοιπόν. Ας κοιτάξουμε αυτά τα τελευταία που έκανες και πες μου αν έχεις κανένα συμπέρασμα. Κοίταξε τις περιπτώσεις που άναψαν και τις περιπτώσεις που δεν άναψαν.

Α. Το 2 και το 3 ήταν κοντινοί, το 3 με το 4 ήταν κοντινοί, αλλά άναψε και το 3 και το 5 που δεν ήταν κοντινοί. Άρα δεν ισχύει αυτό.

Ε. Έχουν κάποια σχέση αυτά που ανάβουν;

Α. Νομίζω είναι τυχαία.

Ε. Ωραία. Τι θα κάνουμε τώρα; Κάναμε τις δυάδες. Μπορείς να κατεβάξεις τρία κουμπιά κάτω;

Α. Ναι. Το σκέφτηκα και αυτό. Μπορείς ας πούμε με το 1,2,3 να ανάψει μαύρη

Ε. Τι θα κάνεις δηλαδή;

Α. 1,2,3 κάτω.

Ε. Και περιμένεις να ανάψει η μαύρη;

Α. Πιστεύω.

Ε. Δοκίμασε. **(Υ3.14)(Π26-ΚΚΚΠΠ)**.

Α. Η μπλε. Θα κάνουμε ένα άλλο συνδυασμό και νομίζω το βρήκα. Θα κατεβάσω 1,3,4 και θα ανάψει η κίτρινη.

Ε. Γιατί η κίτρινη;

Α. Γιατί κάναμε $1+2+3=6$ και άναψε η μπλε (3) που είναι το μισό. Τώρα θα κάνω $1+3+4=8$ και θα ανάψει η κίτρινη που είναι ο αριθμός 4, το μισό του. **(Υ3.15) (Π27-ΚΠΚΚΠ)**. Άναψε το καφέ.

Ε. Απογοητεύτηκες;

Α. Ναι.

Ε. Δεν πειράζει. Μπορεί να βρούμε κάτι άλλο να ισχύει. Άναψε ξανά το καφέ;

Α. Ναι.

Ε. Ποια λαμπάκια δεν άναψαν μέχρι τώρα;

Α. Μας έμεινε η λιλά;

Ε. Θα ανάψει νομίζεις;

Α. Ναι. Αν δοκιμάσουμε κι άλλα θα ανάψει.

Ε. Τι θα κάνεις;

Α. 2,3,5

Ε. Και περιμένεις;

A. Θα ανάψει μια που άναψε ξανά. Όχι η λιλά. **(Y3.16)(Π28-ΠΚΚΠΚ)**. Άναψε η κίτρινη.

E. Άναψε ξανά η κίτρινη;

A. Ναι.

E. Πότε;

A. Με το 2+3. Και τώρα 2+3+5. Μπορεί το 5 να μην επηρέασε καθόλου **(Y6)**. Και να επηρέασε το 2 και το 3 που ξανάναψε.

E. Ας το ελέγξουμε αυτό. Δες το 5 να μην επηρεάζει και άλλους συνδυασμούς;

Κοίταξε για το πράσινο λαμπάκι.

A. Δεν επηρεάζει νομίζω;

E. Πώς θα ελέγξεις αν δεν επηρεάζει τη μαύρη για παράδειγμα. Άναψε στο 3+4.

A. Θα κάνω 3+4+5 να δω αν επηρεάζει **(Y6.1)(Π29-ΠΠΚΚΚ)**. Δεν επηρέασε πάλι το 5.

E. Ωστε.

A. Το 5 δεν επηρεάζει κανένα συνδυασμό. Όποιο συνδυασμό και να το βάλεις θα ανάψει το ίδιο λαμπάκι.

E. Στο μπλε λαμπάκι που είχαμε 1+2+3 πώς μπορείς να το ανάψεις ξανά;

A. 1+2+3+5

E. Αν στο συνδυασμό σου έχεις το 5; Ας πούμε η πράσινη 3+5 ανάβει η πράσινη. Πώς θα την ανάψεις ξανά;

A. Πιστεύω ότι όταν είναι δύο αριθμοί και είναι το 5 μπορεί να επηρεάζει.

E. Πώς θα το ελέγξεις;

A. Να το φύγω να δούμε. **(Y7)(Y7.1)(Π30-ΠΠΚΠΠ)**. Η πράσινη.

E. Τι συμπέρασμα βγάζεις;

A. Το 5 δεν επηρεάζει κανένα.

E. Μας έμεινε το λιλά. Τι θα κάνουμε;

A. Θα κάνω το 2,4,5

E. Και περιμένεις να ανάψει η λιλά;

A. Κάποιος συνδυασμός θα την ανάβει δεν ξέρω αν θα είναι αυτός. **(Y3.17)(Π31-ΠΚΠΚΚ)**. Δεν άναψε.

E. Γιατί;

A. Μπορεί να μην έχει συνδυασμό που να ανάβει τη λιλά.

E. Κάνε ακόμα μια τριάδα.

A. 2,3,4 έκανα; Όχι.

E. Δοκίμασε

A. **(Y3.18)(Π32-ΠΚΚΚΠ)**. Το βρήκαμε. Και αν έβαζα και το 5 πάλι δεν θα επηρέαζε.

E. Ας σε ρωτήσω κάτι τελευταίο. Κοίταξε όσα κάναμε. Πότε ανάβει λαμπάκι.

A. Επειδή είχα το 2 με το 5 και το 5 δεν επηρεάζει δεν άναψε λαμπάκι.

E. Έχεις κάποιο άλλο συμπέρασμα;

A. Όχι.

E. Ωραία Λάμπρο μου. Σε ευχαριστώ πολύ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Πρωτόκολλα Ανάλυσης Συνεντεύξεων

| 4ΠΥ425 | |
|--|---------------------------------------|
| ΥΠΟΘΕΣΗ | ΠΕΙΡΑΜΑ |
| Βοηθητική πειραματική συσκευή | π1= διακόπτης π2=διακόπτης ελέγχου |
| Κύρια πειραματική συσκευή | |
| Y1: Ένας διακόπτης ανάβει ένα ή περισσότερα λαμπάκια. Όχι τα δικά του | |
| Y1.1 | Π1-ΚΠΠΠΠΠ=X |
| Y2: Μπορεί να ανάβουν τα λαμπάκια όταν είναι πάνω | Π2-ΠΠΠΠΠΠ=X |
| Y1.2 | Π3-ΠΚΠΠΠΠ=X |
| Y1.3 | Π4-ΠΠΚΠΠΠ=2 |
| Y3: Να αφήσω και το 3 κάτω γιατί μπορεί να το χρειάζεται | Π5-ΠΠΚΚΠΠ=6 |
| Y3.1 Θα ανάψει ένα | Π6-ΠΠΚΚΚΚ=6 |
| Y4: Αντίστροφα δε θα ανάβει | |
| Y4.1 Δε θα ανάψει | Π7-ΠΚΚΚΚΚ=8 |
| Y5: Συνδυασμοί. Θα ανάψουν όλα τα λαμπάκια | |
| Y5.1 Θα ανάψει ένα | Π8-ΠΠΚΠΚΚ=2 (E) |
| Y5.2 | Π9-ΠΠΠΚΚΚ=X |
| Y6: Αντίστροφα μπορεί να ανάβει | Π10-ΚΚΚΠΠΠ=3 |
| Y5.3 Δε θα ανάψει (χωρίς αιτιολόγηση) | Π11-ΚΚΠΠΠΠ=X |
| Y5.4 Θα ανάψει ένα | Π12-ΚΠΠΠΠΠ=X (E) |
| Y5.5 Θα ανάψει ένα | Π13-ΠΠΠΠΠΠ=X (E) |
| Y5.6 | Π14-ΠΚΚΠΚΚ=4 |
| Y5.7 Επειδή άναψε στο προηγούμενο, αν κατεβάσει ακόμα ένα θα ανάψει πάλι | Π15-ΠΚΚΚΚΚ=3 |
| Y5.8 Θα ανάψει | Π16-ΚΚΚΚΚΚ=7 |
| Y5.9 | Π17-ΠΚΚΚΚΠ=8 |
| Y5.10 | Π18-ΠΚΠΚΠΠ=X |
| Y5.11 Ακόμα ένα πάνω μπορεί να ανάψει ένα | Π19-ΠΚΠΠΠΠ=X (E) |
| Y5.12 | Π20-ΚΠΚΠΠΠ=1 |
| Το 3 βοήθησε | |
| Y5.13 Θα ανάψει το 5 | Π21-ΚΠΠΚΠΠ=X |
| Y5.14 Θα ανάψει το 5 | Π22-ΠΠΚΚΚΠ=6 (E) |
| Y5.15 Το 5 | Π23-ΠΚΚΠΠΠ=4 |
| Σύγκριση 6-6, 4-4. Διαφέρει το τελευταίο | |
| Y5.16 Θα ανάψει το 5 | Π24-ΚΠΚΚΠΠ=5 |
| Y7: Όταν διαφέρει το 5 ανάβει το ίδιο λαμπάκι | |
| Y7.1 Θα ανάψει ξανά το 5 | Π25-ΚΠΚΚΚΚ=5 |
| Y7.2 Θα ανάψει το 2 ξανά | Π26-ΠΠΚΠΚΚ=2 |
| Το 5 πολύ σημαντικό. Κάνει τα λαμπάκια να ανάβουν δύο φορές | |
| Y8: Πότε ανάβουν λαμπάκια; Να βάλουμε Κ στο τελευταίο και θα ανάψει | Π27-ΠΠΠΠΠΚ=X |
| Πρέπει να έχουν και οι άλλοι διακόπτες διαφορά για να ανάβει ένα λαμπάκι (καμιά εξήγηση) | |

| 4EX490 | |
|--|-----------------------|
| ΥΠΟΘΕΣΗ | ΠΕΙΡΑΜΑ |
| Βοηθητική πειραματική συσκευή | Π1=διακόπτης |
| | Π2= διακόπτης ελέγχου |
| Κύρια πειραματική συσκευή | |
| Υ1: Αν μετακινώ ένα διακόπτη θα ανάβει το λαμπάκι του (που έχει τον ίδιο αριθμό). | |
| | Π1-ΚΠΠΠΠ=X |
| | Π2-ΠΚΠΠΠ=X |
| | Π3-ΠΠΚΠΠ=2 |
| | Π4-ΠΠΚΚΠ=6 |
| | Π5-ΠΠΠΚΠ=X |
| Υ2: Τα λαμπάκια ανάβουν με “συνδυασμό” διακοπτών. Μπορεί να ανάψουν και δύο μαζί. Θα ανάψουν όλα τα λαμπάκια | |
| Υ2.1 Θα ανάψει το 3 ή το 7 | Π6-ΚΚΠΠΠ=X |
| Υ2.2 Θα ανάψει το 4 | Π7-ΚΠΚΠΠ=1 |
| Υ2.3 Θα ανάψει το 2 ή το 3 | Π8-ΠΠΚΠΚ=2 |
| Υ 2.4 Το 6 γιατί $2+4=6$ (δίνει σημασία στους διακόπτες που βρίσκονται στη θέση “κάτω.” | Π9-ΠΚΠΚΠ=X |
| Υ2.5 Το 3 ή το 7 επειδή $2+5=7$ και $5-2=3$ | Π10-ΠΚΠΠΚ=X |
| Υ2.6 Με το 1, 5 θα ανάψει το 6 ή το 4 (πρόσθεση ή αφαίρεση) | Π11-ΚΠΠΠΚ=X |
| Υ2.7 Με το 1, 4 θα ανάψει ή το 3 ή το 5 (πρόσθεση ή αφαίρεση) | Π12-ΚΠΠΚΠ=X |
| Υ2.8 5 ή 1 (πρόσθεση, αφαίρεση) | Π13-ΠΚΚΠΠ=4 |
| Υ.2.9 Η θα ανάψει το 1 (αφαίρεση) ή το 3 επειδή είναι κοντά στο 4 | Π14-ΠΠΠΚΚ=X |
| Πότε ανάβουν λαμπάκια; | |
| Υ3: Όταν είναι μονοί | |
| Υ4: Όταν είναι κοντινοί αριθμοί | |
| Υ 2.10 Θα ανάψουν δύο | Π15-ΚΚΠΚΚ-X |
| Υ2.11 Θα ανάψει ένα | Π16-ΠΚΚΚΚ=8 |
| Υ2.12 Θα ανάψουν δύο | Π17-ΚΠΚΚΚ=5 |
| Υ2.13 Θα ανάψει μια | Π18-ΚΚΚΠΚ=3 |
| Υ2.14 Θα ανάψει το 7 που δεν άναψε | Π19-ΚΚΚΚΠ=7 |
| Υ2.15 Θα ανάψουν δύο | Π20-ΠΠΚΚΚ-6 |
| Υ2.16 Θα ανάψει μια | Π21-ΚΠΠΚΚ-X |
| Υ 5 Δεν έχει σύρμα συνδεδεμένο στο 2, 3 που ήταν πάνω και γι αυτό δεν άναψε (δίνει σημασία στη θέση πάνω) | |
| Υ.5.1 Δε θα ανάψει. 3, 1 (πάνω) δεν είναι συνδεδεμένα | Π22-ΠΚΠΚΚ=X |
| Υ2.17 Θα ανάψει μια | Π23-ΚΚΚΠΠ-3 (E) |
| Σύγκριση ποια ανάβουν δύο φορές. | |
| Υ6: Το 5 είναι εξαίρεση | |
| Υ7: Όταν “προσθέτεις” (μετακινείς από πάνω προς τα κάτω) ένα αριθμό ανάβει το ίδιο λαμπάκι. | |

| | |
|---|-----------------|
| Υ7.1 Θα ανάψει το 4 (αλλάζει τη θέση του διακόπτη 4 σε σύγκριση με το Π13 που οδήγησε σε φωτοβολία του λαμπτήρα 4) | Π24-ΠΚΚΚΠ=8 |
| Υ.7.2 Αν προσθέσω το 1 θα ανάψει το 4 | Π25-ΚΚΚΠΠ=3 (Ε) |
| Υ7.3 Αν προσθέσω το 5 θα ανάψει ξανά το 4 | Π25-ΠΚΚΠΚ=4 |
| Υ7.4 Αν προσθέσω το 4 θα ανάψει ξανά το 1 (σε σχέση με το Π7) | Π26-ΚΠΚΚΠ=5 |
| Υ6.1 Αν προσθέτεις το 5 ανάβει το 1 | Π27-ΚΠΚΠΚ=1 |
| Σύγκριση των δεδομένων για τα λαμπάκια που άναψαν με δύο συνδυασμούς. Το 5 είναι για να ανάβει τα λαμπάκια δύο φορές. Αν υπάρχει το 5 τότε το φεύγεις | |
| Σύγκριση αυτών που άναψαν και δεν άναψαν. Κανένα συμπέρασμα. | |