



## Όταν η ερμηνεία της ακινησίας αποδεικνύεται δυσκολότερη από την ερμηνεία της ομαλής κίνησης: Αποτελέσματα από τη διδασκαλία των επιστημονικών ιδεών για τη δύναμη και κίνηση σε 11χρονους μαθητές

Νικολάου Α.

King's College London, labrini.nikolaou@kcl.ac.uk

Ορισμένοι ερευνητές αποδίδουν στις διαισθητικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τη δύναμη-κίνηση τη συγκρότηση διαισθητικής θεωρίας, ενώ άλλοι ισχυρίζονται ότι οι ιδέες των μαθητών έχουν πιο χαλαρή σύνδεση. Η συγκεκριμένη μελέτη εστιάζει στην κατανόηση του φαινομένου της ακινησίας στο οριζόντιο επίπεδο. Η έρευνα διενεργήθηκε στην Αγγλία με τη συμμετοχή 102 μαθητών. Η επίδοση των μαθητών αξιολογήθηκε με ερωτηματολόγιο (πριν, αμέσως μετά και έξι εβδομάδες μετά τη διδασκαλία). Η υπό μελέτη περίπτωση αποδείχθηκε η δυσκολότερη. Περίπου οι μισοί από τους μαθητές, έδωσαν απαντήσεις που υποδεικνύουν την αντίληψη του φαινομένου ως περίπτωση 'έλλειψης ισορροπίας'. Αυτές οι απαντήσεις δεν είναι συμβατές με την ύπαρξη διαισθητικής θεωρίας 'δύναμη συνεπάγεται κίνηση'. Ανάλυση των δεδομένων από συνεντεύξεις με ορισμένους μαθητές έδειξε ότι οι μαθητές που διόρθωσαν τις λανθασμένες απαντήσεις τους στη διάρκεια της συνέντευξης έκαναν επίκληση του νόμου 'ακινησία συνεπάγεται ισορροπία δυνάμεων', γεγονός που είναι δυνατό να υποδηλώνει την τάση συγκρότησης θεωρίας, επιστημονικής ή διαισθητικής.

### Εισαγωγή – Θεωρητικό πλαίσιο

Πολλαπλές έρευνες σχετικά με τις διαισθητικές ιδέες των μαθητών στον τομέα της δύναμης και κίνησης έχουν δείξει ότι οι μαθητές έρχονται στην τάξη έχοντας ήδη αντιλήψεις τόσο για τις δυνάμεις που δρουν στα σώματα που κινούνται ή είναι ακίνητα όσο και για τις αιτίες που αναγκάζουν τα σώματα να εκτελούν ένα είδος κίνησης (Duit, 2007). Έτσι οι μαθητές είναι δυνατό να μην αναγνωρίζουν 'μη ορατές' δυνάμεις, όπως η δύναμη της βαρύτητας, η τριβή, η τάση του νήματος και η κάθετη αντίδραση (Clement, Brown, & Zietsman, 1989; Simon, Black, Brown, & Blondel, 1994; Twigger et al., 1994). Όσον αφορά στο επίπεδο ερμηνείας της κίνησης των σωμάτων, οι περισσότεροι ερευνητές ισχυρίζονται ότι οι μαθητές θεωρούν ότι υπάρχει σχέση αιτίου-αιτιατού μεταξύ δύναμης και κίνησης, μια αντίληψη που είναι γνωστή ως η διαισθητική αντίληψη ότι 'η δύναμη προκαλεί κίνηση' (force implies motion conception). Ταυτόχρονα, οι μαθητές σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούν και μη δυναμικές ερμηνείες για την ερμηνεία της κινητικής κατάστασης ενός σώματος (για παράδειγμα, ένα σώμα ισορροπεί πάνω σε ένα τραπέζι γιατί το τραπέζι το στηρίζει ή γιατί δεν είναι έμβιο) (Bliss & Ogborn, 1993; Simon et al., 1994). Οι πλέον ενάντια στη διαίσθηση επιστημονικές ερμηνείες αφορούν στην ομαλή κίνηση (Galili & Bar, 1992; Twigger et al., 1994) και την ερμηνεία της επιβράδυνσης αντικειμένου που εκτελεί βολή (Palmer, 1997; Twigger et al., 1994). Στον τομέα της ακινησίας, περισσότερη έμφαση έχει δοθεί στην αναγνώριση δυνάμεων (της τάσης του νήματος και της κάθετης αντίδρασης) και λιγότερο στη σχέση μεταξύ των μέτρων αυτών των δυνάμεων (Clement et al., 1989). Παρ' όλα αυτά, έχει βρεθεί ότι σχετικά νεαροί μαθητές, ακόμα και στην περίπτωση που αναγνωρίζουν την ύπαρξη των δυνάμεων είναι δυνατό να αναγνωρίζουν την κατάσταση ακινησίας στο κατακόρυφο επίπεδο ως 'έλλειψη ισορροπίας' και στο βαθμό που αναγνωρίζουν δύο δυνάμεις να απαιτούν αυτές να είναι άνισες (Simon et al., 1994).

Παρά τη γενική παραδοχή ύπαρξης σχέσης μεταξύ της δύναμης και της κίνησης στις αντιλήψεις των μαθητών, διαφορετικοί ερευνητές αποδίδουν διαφορετικό είδος δομής στις ιδέες των μαθητών. Έτσι, ορισμένοι ερευνητές αποδίδουν στις ιδέες των παιδιών τη συγκρότηση μιας διαισθητικής θεωρίας, που απαιτεί την ύπαρξη δύναμης για να υπάρχει κίνηση και αντίστροφα (Dykstra Jr., Boyle, & Monarch, 1992; McCloskey, 1983). Άλλοι επιστήμονες θεωρούν ότι οι ιδέες των παιδιών έχουν τη δομή εναλλακτικών μοντέλων (alternative frameworks), που έχουν εσωτερική δομή αλλά μικρότερο εύρος φαινομένων στο οποίο εφαρμόζονται (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Duit, 1991), και τέλος μια τελευταία ομάδα ερευνητών ισχυρίζεται ότι οι ιδέες των παιδιών είναι μάλλον σκόρπιες, χωρίς εσωτερική συγκρότηση (Claxton, 1993; diSessa, 1993).

Η μελέτη αυτή αποτελεί μέρος μιας συνολικότερης μελέτης που εξετάζει την αποτελεσματικότητα μιας συγκεκριμένης ακολουθίας διδασκαλίας-μάθησης βασισμένης στη θεωρία του Vygotsky (1987) για τη διδασκαλία των επιστημονικών ιδεών. Βασικές αρχές αυτής της θεωρίας για την οργάνωση της διδασκαλίας αποτελούν η έναρξη της διδασκαλίας με τη φραστική, με τη μορφή νόμου ή ορισμού, εισαγωγή της επιστημονικής ιδέας και η 'εν δράσει' διδασκαλία, που πραγματοποιείται όταν ο δάσκαλος και ο μαθητής αλληλεπιδρούν στην προσπάθειά τους να λύσουν προβλήματα με τη χρήση της επιστημονικής ιδέας. Στη συγκεκριμένη έρευνα οι επιστημονικές ιδέες παρουσιάστηκαν με τη μορφή δύο βημάτων και τριών κανόνων.

Τα βήματα ήταν τα εξής:

Βήμα 1<sup>ο</sup>: Βρες τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.

Βήμα 2<sup>ο</sup>: Χρησιμοποιώντας μόνο τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα, πρόβλεψε ή εξήγησε το είδος κίνησης του σώματος.

Οι κανόνες ήταν οι ακόλουθοι:

α) Το σώμα μένει ακίνητο, αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι μηδέν.

β) Το σώμα επιταχύνεται ή επιβραδύνεται, αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι διαφορετική από μηδέν.

γ) Το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα, αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι μηδέν.

Η έρευνα εφαρμόστηκε σε τέσσερις τάξεις σε δύο σχολεία της ευρύτερης περιοχής του Λονδίνου και πήραν σε αυτή μέρος 102 11χρονοι μαθητές (που φοιτούσαν στην Α' Γυμνασίου). Στη συγκεκριμένη εργασία, αντικείμενο μελέτης αποτελεί η κατανόηση της επιστημονικής ερμηνείας για την περίπτωση της ισορροπίας σε οριζόντιο επίπεδο (όταν σε αυτό δρουν μία δύναμη από ένα έμβιο ον και η τριβή). Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα μελετά το βαθμό στον οποίο οι μαθητές μετά τη διδασκαλία δίνουν την επιστημονική απάντηση σχετικά με την ισορροπία στο οριζόντιο επίπεδο και, δεδομένου ότι από τα αποτελέσματα της έρευνας αναδεικνύεται ότι αυτό το φαινόμενο είναι πιο δύσκολο στην κατανόησή του από άλλα φαινόμενα κίνησης, διερευνά πιθανούς λόγους για τους οποίους οι μαθητές δυσκολεύονται να δώσουν την επιστημονικά αποδεκτή ερμηνεία για το συγκεκριμένο φαινόμενο.

### Μέθοδοι

Η αξιολόγηση της γνώσης των μαθητών έγινε κυρίως με τη βοήθεια ερωτηματολογίου που δόθηκε στους μαθητές πριν, αμέσως μετά και 6 εβδομάδες μετά το τέλος της διδασκαλίας. Το ερωτηματολόγιο συγκροτούσαν ανοιχτές ερωτήσεις σχετικές με τις δυνάμεις που ασκούνται σε διάφορα σώματα και την ερμηνεία για το είδος κίνησης που εκτελεί το σώμα (το παράδειγμα



που απασχολεί την παρούσα μελέτη φαίνεται στο Σχήμα 1). Επίσης, ένας αριθμός έξι μαθητών από κάθε τάξη, σε ζευγάρια, πήραν μέρος σε συνέντευξη σχετικά με τις απαντήσεις που έδωσαν στο ερωτηματολόγιο.

Σχήμα 1: Ερώτηση για την αξιολόγηση της γνώσης των μαθητών



**Ερ.6** Η παρακάτω εικόνα δείχνει ένα ανθρώπακι που σπρώχνει ένα κουτί.

α) Δρουν δυνάμεις πάνω στο κουτί; (Συμπλήρωσε με ✓)

Ναι	
Όχι	

Αν ναι, παρακαλώ

- Σχεδίασε βέλη πάνω στη φωτογραφία που να αναπαριστούν τις δυνάμεις που δρουν στο κουτί.
- Στη συνέχεια, ονόμασε τις δυνάμεις.

β) Το κουτί δεν κινείται δεξιά ή αριστερά. Γιατί είναι ακίνητο το κουτί;

#### Ανάλυση δεδομένων - Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια αξιολογήθηκαν με τη βοήθεια συστημάτων κωδικοποίησης που σχεδίασε η συγγραφέας και ελέγχθηκαν ως προς την αξιοπιστία τους (reliability) από δύο ερευνητές του χώρου (αξιοπιστία 98%). Στη συγκεκριμένη εργασία, αναφέρονται μόνο οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με την ερμηνεία της ακινησίας του σώματος. Οι κατηγορίες των απαντήσεων δίνονται στον Πίνακα 1, με παραδείγματα απαντήσεων για την ερώτηση που φαίνεται στο Σχήμα 1.

**Πίνακας 1:** Σύστημα κωδικών για την αξιολόγηση της ερμηνείας για το είδος κίνησης του σώματος

Κατηγορία	Επεξήγηση	Παραδείγματα
Σωστός κανόνας	Αναφορά σε μέτρα δυνάμεων-σωστή σύγκριση μέτρων	Η δύναμη από το ανθρωπάκι είναι ίση σε μέτρο με την τριβή. Η δύναμη από το ανθρωπάκι είναι ίση με το βάρος του σώματος Η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν
Εναλλακτικός κανόνας	Αναφορά σε μέτρα δυνάμεων – λαθεμένη σύγκριση μέτρων	Η τριβή είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη από το ανθρωπάκι Το βάρος είναι μεγαλύτερο από τη δύναμη από το ανθρωπάκι
Ενδιάμεση	Αναφορά σε δυνάμεις στο επίπεδο αναφοράς – όχι σύγκριση μέτρων δυνάμεων	Η δύναμη από το ανθρωπάκι δεν είναι αρκετή Η τριβή είναι πολύ μεγάλη Υπάρχει τριβή
Χαμηλού επιπέδου	Οχι αναφορά σε δύναμη στο επίπεδο αναφοράς	Επειδή το ανθρωπάκι δεν είναι αρκετά δυνατό Το κουτί έχει μεγάλο βάρος Καμία απάντηση

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν απάντηση ‘σωστού κανόνα’ στις διαφορετικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στα τρία στάδια της έρευνας.

**Πίνακας 2:** Ποσοστό μαθητών που έδωσαν απάντηση ‘σωστού κανόνα’ στις διάφορες ερωτήσεις στα τρία στάδια της έρευνας

	Πριν τη διδ/λία	Αμέσως μετά τη διδ/λία	Εξι εβδομάδες μετά τη διδ/λία
Ερ. 1: λάμπα σε κομοδίνο (ακινήσια, οριζόντιο)	10	70	68
Ερ.2: νόμισμα, κινείται προς τα πάνω (επιβράδυνση, κατακόρυφο)	21	47	44
Ερ.3: φορτηγό σε δρόμο (ομαλή κίνηση, οριζόντιο)	12	64	65
Ερ. 4: μπάλα που έχουν κλοτσήσει (επιβράδυνση, οριζόντιο)	3	42	40
Ερ. 5: γυναίκα πέφτει (ομαλή, κατακόρυφη)	18	69	67
Ερ. 6: ανθρωπάκι σπρώχνει κουτί (ακινήσια, οριζόντιο)	4	52	39
Ερ. 7: σώμα που κρέμεται από σκοινί (ακινήσια, κατακόρυφο)	29	79	71

Ο πίνακας 2 δείχνει ότι με το πέρας της έρευνας, μικρότερη επιτυχία υπήρχε στην ερμηνεία της επιβραδυνόμενης κίνησης και στην ερμηνεία της ακινήσιας στο οριζόντιο επίπεδο. Από την άλλη πλευρά, η τάξη μεγέθους των σωστών απαντήσεων ήταν ίδια για τις δύο ερωτήσεις της ομαλής κίνησης και για την περίπτωση της ακινήσιας στο κατακόρυφο επίπεδο (με την επίδραση της κάθετης αντίδρασης και της τάσης του νήματος αντίστοιχα). Αν και με βάση τη βιβλιογραφία η δυσκολία στην κατανόηση της ερμηνείας για την επιβραδυνόμενη κίνηση (και μάλιστα στην περίπτωση της βολής) είναι αναμενόμενη, το μειωμένο ποσοστό σωστών απαντήσεων για την περίπτωση της ακινήσιας στο οριζόντιο επίπεδο, αποτελεί μη αναμενόμενο



γεγονός. Επίσης, αξίζει να επισημανθεί το γεγονός ότι σε αυτή την ερώτηση παρατηρείται μεγαλύτερη μείωση του ποσοστού των μαθητών που δίνουν τη σωστή απάντηση στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της διδασκαλίας και του τέλους της έρευνας.

Για τη διερεύνηση των αιτιών που θα μπορούσαν να εξηγήσουν γιατί οι μαθητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο με την ακινησία στο οριζόντιο επίπεδο παρά με την ακινησία στο κατακόρυφο επίπεδο ή την ομαλή κίνηση, έγινε περαιτέρω ανάλυση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στις ερωτήσεις της ακινησίας. Ο πίνακας 3 παρουσιάζει τα ποσοστά των μαθητών που στις ερωτήσεις της ακινησίας έδωσαν απάντηση που περιελάμβανε τη σύγκριση ή απλή αναφορά στο μέγεθος μιας δύναμης ή άλλης ποσότητας. Για παράδειγμα, για την ερώτηση 6, ενδεικτικές απαντήσεις ήταν ότι 'η τριβή είναι πολύ μεγάλη' ή ότι το 'το κουτί είναι πολύ βαρύ ή βαρύτερο από το ανθρωπάκι'. Ο πίνακας 3 δείχνει ότι ενώ τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τέτοια απάντηση στην περίπτωση της ακινησίας στο κατακόρυφο επίπεδο ήταν πολύ μικρά (και δεν ξεπέρασαν το 7% σε καμία περίπτωση), τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν ιδιαίτερα υψηλά σε όλες τις φάσεις της έρευνας (74% πριν, 34% αμέσως μετά και 47% έξι εβδομάδες μετά το τέλος της διδασκαλίας) για την ερώτηση της ακινησίας στο οριζόντιο επίπεδο.

**Πίνακας 3:** Ποσοστό μαθητών που έδωσαν απάντηση που περιλαμβάνει την αναφορά (με ή χωρίς σύγκριση) στο μέγεθος μιας δύναμης ή άλλης ποσότητας για τις τρεις ερωτήσεις της ακινησίας

	Ερ. 1: Λάμπα σε κομοδίνο			Ερ. 6: Ανθρωπάκι σπρώχνει κουτί			Ερ.7: Σώμα κρέμεται από σκοινί		
	πριν τη διδ/λία	αμέσως μετά τη διδ/λία	έξι εβδομ. μετά τη διδ/λία	πριν τη διδ/λία	αμέσως μετά τη διδ/λία	έξι εβδομ. μετά τη διδ/λία	πριν τη διδ/λία	αμέσως μετά τη διδ/λία	έξι εβδομ. μετά τη διδ/λία
Εναλλακτικός κανόνας	0	1	0	15	24	37	2	3	7
Ενδιάμεση	4	1	1	24	5	7	2	0	0
Χαμηλού επιπέδου	0	0	0	35	5	3	1	0	0
Σύνολο	4	2	1	74	34	47	5	3	7

Η ανάλυση των συνεντεύξεων των μαθητών δίνει κάποια στοιχεία για τον τρόπο σκέψης των μαθητών όσον αφορά στο συγκεκριμένο φαινόμενο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι απαντήσεις των μαθητών που έδωσαν μετά τη διδασκαλία απάντηση 'εναλλακτικού κανόνα'. Οι μαθητές ρωτήθηκαν για ποιο λόγο το σώμα μένει ακίνητο παρά το γεγονός ότι η τριβή είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη που ασκεί το ανθρωπάκι. Ορισμένοι μαθητές έκαναν αναφορά στη δύναμη της τριβής ως δύναμης αντίστασης που μπορεί να εμποδίσει ένα σώμα να κινηθεί αλλά όχι και να το θέσει σε κίνηση. Από την άλλη πλευρά, όλοι οι μαθητές που διόρθωσαν την απάντησή τους, ώστε να απαιτήσουν ισορροπία δυνάμεων (ορισμένοι από αυτούς αυθόρμητα και χωρίς να ρωτηθούν), αιτιολόγησαν την αλλαγή της γνώμης τους στη βάση ενός κανόνα-νόμου που διατυπωνόταν ως εξής 'αν η τριβή ήταν μεγαλύτερη, το σώμα θα κινούνταν προς τα αριστερά'.

### Συμπεράσματα – Συζήτηση

Η συγκεκριμένη μελέτη ανέδειξε μία ιδιαιτερότητα όσον αφορά στην ερμηνεία που δίνουν οι μαθητές στην περίπτωση της ακινησίας στο οριζόντιο επίπεδο με την επίδραση μίας δύναμης έμβιου όντος και της τριβής. Αντίθετα με ότι θα περίμενε κανείς με βάση τη βιβλιογραφία (Driver et al., 1985; Dykstra et al., 1992), αυτό ήταν το παράδειγμα, που μαζί με τα φαινόμενα

της επιβραδυνόμενης κίνησης αποδείχτηκαν δυσκολότερα για τους μαθητές. Ταυτόχρονα, αυτή ήταν η ερώτηση στην οποία οι μαθητές μείωσαν το επίπεδο της απάντησής τους σε μεγαλύτερο ποσοστό, μετά την πάροδο έξι εβδομάδων μετά τη διδασκαλία. Την ‘επιστροφή’ σε απαντήσεις λιγότερο σωστές, θα μπορούσε να την αποδώσει κανείς στο ότι οι μαθητές ‘ξέχασαν’ μια ερμηνεία που είχαν ίσως αποδεχτεί, χωρίς όμως να την κατανοήσουν.

Περαιτέρω ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα τρία στάδια της έρευνας έδειξε ότι ένα μεγάλο μέρος των μαθητών (τα τρία τέταρτα από αυτούς στην αρχή και περίπου οι μισοί στο τέλος της έρευνας) έδωσαν απάντηση που περιελάμβανε την αναφορά σε κάποιο μέγεθος είτε δύναμης είτε άλλης ποσότητας. Αυτού του είδους οι απαντήσεις είναι δυνατό να υποδηλώνουν την αντίληψη του φαινομένου ως φαινόμενο ‘έλλειψης ισοροπίας’, όπως έχει καταγραφεί στη βιβλιογραφία για την περίπτωση της κατακόρυφης ισορροπίας. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι ορισμένοι μαθητές ερμηνεύουν την ισορροπία ενός κουτιού κρεμασμένου από λάστιχο επικεντρώνοντας την προσοχή τους στην εμφανή παραμόρφωση του λάστιχου και αποδίδουν την έλλειψη κίνησης στο ότι το ‘λάστιχο είναι πολύ γερό’ ή ‘πιο γερό από τη βαρύτητα’. Η Simon και οι συνεργάτες της (1994) ισχυρίζονται ότι οι μαθητές είναι δυνατό να έχουν αναπτύξει μία έννοια ισορροπίας περιορισμένη σε φαινόμενα όπου ‘τίποτε δεν συμβαίνει’. Οι συγγραφείς της προαναφερθείσας έρευνας εκτιμούν ότι η παρουσία ενός εμφανώς παραμορφωμένου αντικειμένου, όπως το λάστιχο, είναι δυνατό να οδηγεί τους μαθητές στο να αντιλαμβάνονται το φαινόμενο ως φαινόμενο ‘έλλειψης ισορροπίας’, που πρέπει να ερμηνευθεί με την αναφορά (με ή χωρίς σύγκριση) στο μέγεθος μιας δύναμης ή άλλης ποσότητας. Στην παρούσα μελέτη, η περίπτωση της οριζόντιας ακινησίας φαίνεται να πυροδοτεί μια ερμηνεία ‘έλλειψης ισορροπίας’ που απαιτεί την αναφορά στο μέγεθος μιας δύναμης ή άλλης ποσότητας σε σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τις περιπτώσεις κατακόρυφης ισορροπίας - κι αυτό παρά το γεγονός ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει εμφανής παραμόρφωση αντικειμένου. Όμως, όταν ένα έμβιο ον ασκεί δύναμη σε ένα αντικείμενο προσπαθώντας να το μετακινήσει, προφανώς ‘κάτι συμβαίνει’, και αυτό το αντιλαμβάνεται άμεσα το ον που ασκεί τη δύναμη, αφού καταπονείται. Αν λοιπόν, δεχτεί κανείς ότι το να ‘συμβαίνει κάτι’ είναι στοιχείο που οδηγεί τους μαθητές στο να αντιλαμβάνονται ένα φαινόμενο ως φαινόμενο ‘έλλειψης ισορροπίας’ που πρέπει να ερμηνευθεί, η εμπειρία από την καταπόνηση στην προσπάθεια μετακίνησης αντικειμένων είναι δυνατό να αποτελεί στοιχείο διαφοροποίησης του προβλήματος στη σκέψη των μαθητών σε σχέση με τις περιπτώσεις της κατακόρυφης ακινησίας.

Από την άλλη πλευρά, μια ερμηνεία ‘έλλειψης ισορροπίας’, με την αναγνώριση τουλάχιστον δύο δυνάμεων που δρουν, φαίνεται να είναι σε αντίθεση με την ύπαρξη διαισθητικής θεωρίας ‘δύναμη συνεπάγεται κίνηση’ κι αυτό γιατί, στην προκειμένη περίπτωση, η ύπαρξη μεγάλης/μικρής (συνισταμένης) δύναμης χρησιμοποιείται για να ερμηνεύσει την έλλειψη κίνησης. Από αυτή τη σκοπιά, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας συνηγορούν με εκτιμήσεις που αποδίδουν στις διαισθητικές ιδέες των παιδιών συνοχή μικρότερη από αυτή που αντιστοιχεί σε ένα επιστημονικό μοντέλο-θεωρία.

Οι απαντήσεις των μαθητών στη βάση μιας ειδικής δύναμης που μπορεί να αντιστέκεται αλλά όχι να προκαλεί κίνηση, δεν αποτελούν έκπληξη. Πράγματι, διαφοροποίηση στις απαντήσεις των μαθητών ανάλογα με τα επιφανειακά χαρακτηριστικά ενός φαινομένου και αδυναμία απόκρισης σε μία λογική πρόκληση αναφέρονται στη βιβλιογραφία και ερμηνεύονται ως ένδειξη περιορισμένης συγκρότησης των ιδεών των μαθητών και ύπαρξη πολλαπλών -ενίοτε αλληλοσυγκρουόμενων- διαισθητικών ιδεών (π.χ. Driver et al., 1985, diSessa, 1993).



Τέλος, φαίνεται να είναι σημαντικό το γεγονός ότι οι μαθητές τείνουν να διορθώσουν (δίνοντας τη σωστή απάντηση) είτε αυθόρμητα είτε μετά από διερευνητική ερώτηση-πρόκληση την απάντησή τους στη βάση ενός νόμου, που απαιτεί 'ισορροπία δυνάμεων δεδομένου ότι δεν υπάρχει κίνηση'. Αυτό είναι σημαντικό γιατί υποδηλώνει την ερμηνεία του φαινομένου με μόνο κριτήριο την έλλειψη κίνησης, και άρα χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψη άλλα, επιφανειακά στοιχεία του προβλήματος. Από αυτή τη σκοπιά, η επίκληση του νόμου της ακινησίας αποτελεί πρόοδο, στην κατεύθυνση της συγκρότησης ενιαίου τρόπου αντίληψης για την έλλειψη κίνησης. Παρ' όλα αυτά, είναι φανερό ότι η ερμηνεία της ακινησίας στη βάση ισορροπίας δυνάμεων είναι συμβατή και με τη Νευτώνεια και με τη διαισθητική θεωρία για τη δύναμη και την κίνηση. Πρόοδος, λοιπόν, προς την ενίσχυση της συγκρότησης των εννοιών στη σκέψη των μαθητών δεν είναι απαραίτητο να συνοδεύεται από πρόοδο και στο περιεχόμενο των εννοιών.

### Βιβλιογραφία

- Bliss, J., & Ogborn, J. (1993). A Common-Sense Theory of Motion. In P. J. Black & A. M. Lucas (Eds.), *Children's Informal Ideas in Science* (pp. 120-133). London: Routledge.
- Claxton, G. (1993). Minitheories: a Preliminary Model for Learning Science. In P. J. Black & A. M. Lucas (Eds.), *Children's Informal Ideas in Science* (pp. 45-61). London: Routledge.
- Clement, J. J., Brown, D. E., & Zietsman, A. (1989). Not All Preconceptions Are Misconceptions: Finding 'Anchoring Conceptions' for Grounding Instruction on Students' Intuitions. *International Journal of Science Education*, 11(Special Issue), 554-565.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2&3), 105-225.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science* (T. Kritikos & V. Spiliotopoulou & A. Stavropoulos, Trans.). London: Open University Press.
- Duit, R. (1991). Students' Conceptual Frameworks: Consequences for Learning Science. In S. M. Glynn & R. H. Yeany & B. K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 65-85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Duit, R. (2007). *Bibliography: students' alternative frameworks and science education*. Kiel: IPN.
- Dykstra Jr., D. I., Boyle, C. F., & Monarch, I. A. (1992). Studying Conceptual Change in Learning Physics. *Science Education*, 76(6), 615-652.
- Galili, I., & Bar, V. (1992). Motion Implies Force: Where to Expect Vestiges of the Misconception? *International Journal of Science Education*, 14(1), 63-81.
- McCloskey, M. (1983). Naive Theories of Motion. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 299-324). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Palmer, D. H. (1997). The Effect of Context on Students' Reasoning About Forces. *International Journal of Science Education*, 19(6), 681-696.
- Simon, S., Black, P. J., Brown, M., & Blondel, E. (1994). Progression in Understanding the Equilibrium of Forces. *Research Papers in Education*, 9(2), 249-280.

Twigger, D., Byard, M., Driver, R., Draper, S., Hartley, R., Hennessy, S., Mohamed, R., O'Malley, C., O'Shea, T., & Scanlon, E. (1994). The Conception of Force and Motion of Students Aged Between 10 and 15 years: An Interview Study Designed to Guide Instruction. *International Journal of Science Education*, 16(2), 215-229.

Vygotsky, L. S. (1987). *The collected works of L.S. Vygotsky: Problems of general psychology. Including the volume thinking and speech* (N. Minick, Trans. Vol. 1). New York: Plenum.