

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ, ΙΣΤΟΡΙΑΣ & ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ  
Π.Μ.Σ «ΒΑΣΙΚΗ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Προβλήματα Κατανόησης Επιστημονικών Κειμένων από  
Μαθητές Γυμνασίου**

Παπαθανασίου Γεώργιος  
Α.Μ. 07Μ16

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ

Στέλλα Βοσνιάδου

Πέτρος Ρούσσοσ

ΑΘΗΝΑ 2010

## ***ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ***

Η παρούσα εργασία δε θα είχε πραγματοποιηθεί χωρίς τη στήριξη κάποιων ανθρώπων, για αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να τους εκφράσω τις ευχαριστίες μου. Νομίζω ότι δικαιωματικά τη πρώτη θέση πρέπει να πάρει στην έκφραση των ευχαριστιών η πρώτη επιβλέπουσα της εργασίας μου καθηγήτρια κ. Στέλλα Βοσνιάδου. Χωρίς την έμπειρη καθοδήγησή της δε θα μπορούσα να φέρω σε πέρας την εργασία αυτή. Επιπλέον η αλληλεπίδραση μαζί της αποτελεί πλέον πηγή έμπνευσης για εμένα σε ότι αφορά τη σχέση δασκάλου μαθητή. Στη συνέχεια να αναφερθώ στο κ. Πέτρο Ρούσσο και να τον ευχαριστήσω για κάποιες συζητήσεις που είχαμε για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, αλλά και για τα μαθήματα στατιστικής που παρέδωσε κατά τα δύο έτη που αποτέλεσαν απαραίτητα και πολύτιμα εργαλεία στην έρευνά μου. Ακόμη να ευχαριστήσω τους ανθρώπους του εργαστηρίου Γνωσιακής Επιστήμης με ιδιαίτερη αναφορά στην Ειρήνη Σκοπελίτη που μου έδινε πάντα τη βοήθειά της όταν της τη ζητούσα. Να ευχαριστήσω ακόμη το συνάδελφο εκπαιδευτικό και διευθυντή του 18<sup>ου</sup> Γυμνασίου Αθηνών κ. Κουτσούκο Δημήτρη κλάδου ΠΕ04 για τη πλήρη υποστήριξή του κατά τη διάρκεια της έρευνας στο σχολείο, όπως και τους συναδέλφους καθηγητές του συγκεκριμένου σχολείου για τις ώρες που μου διέθεσαν καθώς και τα παιδιά της Γ΄ τάξης κατά τη σχολική χρονιά 2009-2010 για τη συμμετοχή τους στην έρευνα.

*Τη παρούσα εργασία αφιερώνω στη γυναίκα μου Αναστασία , στο γιό μου Σταύρο και  
στη κόρη μου Μάγδα*

<b>Περιεχόμενα</b>	<b>Σελίδα</b>
Εισαγωγή.....	5
Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	6
<i>Επιστημονικά κείμενα.....</i>	<i>6</i>
<i>Το ζήτημα της εννοιολογικής αλλαγής.....</i>	<i>7</i>
<i>Η χρήση ανατρεπτικών κειμένων στη μάθηση αντιδραστικών εννοιών.....</i>	<i>11</i>
<i>Οι αναλογίες και η χρήση τους στη μάθηση επιστημονικών εννοιών.....</i>	<i>14</i>
<i>Παρανοήσεις των μαθητών σε σχέση με το Ν3.....</i>	<i>24</i>
Η δική μας έρευνα .....	28
Μέθοδος.....	29
<i>Συμμετέχοντες.....</i>	<i>29</i>
<i>Υλικό.....</i>	<i>30</i>
<i>Διαδικασία.....</i>	<i>31</i>
Υποθέσεις.....	32
Αποτελέσματα.....	33
<i>Σύγκριση προ και μεταελέγχου.....</i>	<i>33</i>
<i>Ανάκληση.....</i>	<i>35</i>
<i>Ερωτήσεις κατανόησης.....</i>	<i>38</i>
<i>Μεταέλεγχος.....</i>	<i>43</i>
Συζήτηση.....	48
Συμπεράσματα-Προτάσεις.....	54
Βιβλιογραφία.....	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	90
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	98

## Εισαγωγή

Η χρήση κειμένων για τη παρουσίαση επιστημονικών εννοιών και θεωριών είναι πολύ εκτεταμένη στην εκπαίδευση και, παράλληλα με τη διδασκαλία, αποτελεί ένα από τα κυριότερα μέσα για τη μάθηση αυτών. Τα κείμενα αυτά ονομάζονται επιστημονικά κείμενα και η μορφή τους είναι συνήθως αυτή του επεξηγηματικού κειμένου. Στα επεξηγηματικά κείμενα τα κύρια χαρακτηριστικά μιας έννοιας ή θεωρίας παρουσιάζονται, πολλές φορές, ως γεγονότα, χωρίς να γίνεται κάποια προσπάθεια εξήγησής τους και κυρίως συσχετίσής τους με τη πρότερη γνώση του αναγνώστη.

Είναι όμως γενικά αποδεκτό ότι η πρότερη γνώση του αναγνώστη αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα, που μπορεί να επηρεάσει τη κατανόηση των νέων αυτών εννοιών και θεωριών.

Ένα είδος κειμένων που λαμβάνει υπόψη τη πρότερη γνώση του αναγνώστη που είναι ασύμβατη με την υπό παρουσίαση έννοια ή θεωρία, και έχει φανεί να βοηθάει στη κατανόηση της νέας πληροφορίας, είναι τα ανατρεπτικά κείμενα. Ένα άλλο είδος κειμένων, που έχει φανεί επίσης να βοηθάει, είναι αυτά που περιέχουν διδακτική αναλογία. Τα κείμενα με διδακτική αναλογία λαμβάνουν υπόψη τη πρότερη γνώση του αναγνώστη που είναι συμβατή με την υπό παρουσίαση έννοια ή θεωρία.

Θέλοντας να συνεισφέρουμε στην έρευνα για να γίνουν πιο κατανοητοί οι μηχανισμοί με τους οποίους βοηθάνε τα ανατρεπτικά κείμενα, καθώς και τα κείμενα που περιέχουν διδακτική αναλογία στη κατανόηση επιστημονικών εννοιών ή θεωριών, διεξήγαμε πειραματική έρευνα. Σκοπός αυτής ήταν, να διερευνηθεί η επίδραση της χρήσης ανατρεπτικού κειμένου καθώς και κειμένου που περιέχει διδακτική αναλογία στη κατανόηση του τρίτου νόμου του Νεύτωνα (N3 από εδώ και

στο εξής) από μαθητές της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου.

Έτσι στη συνέχεια ακολουθούν:

- α) Μια σχετικά σύντομη βιβλιογραφική αναφορά στη χρήση ανατρεπτικών κειμένων καθώς και διδακτικών αναλογιών στη κατανόηση επιστημονικών εννοιών. Επιπλέον γίνεται αναφορά στις παρανοήσεις των μαθητών που σχετίζονται γενικά με την έννοια της δύναμης, σε συνδυασμό με τη κίνηση, με ειδική αναφορά σε ότι αφορά τον Ν3,
- β) Παρουσίαση της εμπειρικής μελέτης, και
- γ) Συζήτηση των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης και κάποιες προτάσεις.

### Βιβλιογραφική ανασκόπηση

#### *Επιστημονικά κείμενα*

Τα κείμενα που παρουσιάζουν επιστημονικές θεωρίες ή έννοιες είναι πολλές φορές δύσκολο να γίνουν κατανοητά γιατί παρουσιάζουν γνώση που είναι αντιδιαισθητική και έρχεται σε αντίθεση με προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών. Η κατανόηση επιστημονικών κειμένων απαιτεί χειρισμό ειδικού λεξιλογίου και γνώσης για το κόσμο ενώ το περιεχόμενο αυτών των κειμένων δεν είναι αυθαίρετο ή τετριμμένο. Η μορφή τους είναι συνήθως αυτή του επεξηγηματικού κειμένου και είναι γραμμένα για να περιγράφουν στον αναγνώστη νέο περιεχόμενο το οποίο έχει τα θεμέλια του στη λογική ή και την εμπειρική μαρτυρία (Graesser , A. ; Leon , J. ; Otero , J. 2002).

Ο Kintsch (Kintsch, W. 1988) με το μοντέλο του κατασκευής – ενσωμάτωσης (construction – integration) για τη κατανόηση κειμένου ορίζει δύο επίπεδα της, αυτό της *κειμενικής βάσης* (text base) και αυτό του *μοντέλου κατάστασης* (situation model). Η κειμενική βάση περιέχει τη πληροφορία που εκφράζεται άμεσα στο κείμενο

οργανωμένη και δομημένη με το τρόπο που την έχει ο συγγραφέας. Με βάση αυτή οι αναγνώστες μπορούν να επαληθεύσουν διατυπώσεις που έχουν διαβάσει, να απαντήσουν ερωτήσεις για το κείμενο, να το ανακαλέσουν, ή να γράψουν περίληψη του. Στη περίπτωση των επιστημονικών κειμένων και για τη κατανόησή τους ο αναγνώστης πρέπει ενδεχομένως να συνεισφέρει πληροφορία που αφορά το προς εξέταση θέμα και δεν αναφέρεται στο κείμενο. Η συσχέτιση των πληροφοριών που αναφέρονται στο κείμενο με τη πρότερη γνώση του αναγνώστη, μπορεί να απαιτεί αξιολογική δυνατότητα συμπερασμού. Το αποτέλεσμα αυτής της συμπερασματικής διαδικασίας είναι το μοντέλο κατάστασης, που ενσωματώνει τη πληροφορία που προσφέρεται από το κείμενο με τη πρότερη γνώση του αναγνώστη.

Στη περίπτωση των διδακτικών κειμένων η θεωρία σημαίνει ότι αυτά θα πρέπει να βοηθούν τους σπουδαστές στη δημιουργία κατάλληλων μοντέλων κατάστασης ειδικά στη περίπτωση που ο σχηματισμός απαιτεί συμπερασμό από τον αναγνώστη και επαρκή πρότερη γνώση.

Κάποια είδη κειμένων που έχει φανεί στις έρευνες να διευκολύνουν στη κατανόηση επιστημονικών εννοιών είναι τα ανατρεπτικά κείμενα και τα κείμενα που περιέχουν διδακτική αναλογία. Αυτά τα κείμενα χρησιμοποιούν διαφορετικού είδους το καθένα, και με διαφορετικό τρόπο, πρότερη γνώση του αναγνώστη.

#### *Το ζήτημα της εννοιολογικής αλλαγής*

Η προσέγγιση της εννοιολογικής αλλαγής είναι θεωρία μάθησης που αναφέρεται σε συγκεκριμένα πεδία γνώσης και περιγράφει και εξηγεί τις αλλαγές που συμβαίνουν στο περιεχόμενο και τη δομή αυτών με την ανάπτυξη και τη μάθηση.

Ο όρος εννοιολογική αλλαγή εισήχθη από τον Thomas Kuhn (Kuhn, T. 1962) για

να δηλώσει ότι οι έννοιες είναι “εμβαπτισμένες” σε μια θεωρία και αποκτούν τη σημασία τους μέσα από αυτή. Έτσι όταν η θεωρία αλλάζει, αλλάζει και η σημασία των εννοιών.

Κάποιοι ερευνητές της εκπαίδευσης των επιστημών στράφηκαν στην ιστορία και φιλοσοφία των επιστημών για να κατανοήσουν πως αλλάζει η σημασία των εννοιών. Αυτοί βρήκαν ότι, οι μαθητές όταν φτάνουν να μάθουν τις διάφορες επιστημονικές έννοιες και θεωρίες στο σχολείο, έχουν ήδη σχηματισμένα διάφορα εναλλακτικά πλαίσια ή παρανοήσεις. Αυτά σχηματίζονται στη προσπάθειά τους να εξηγήσουν τα διάφορα φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους και είναι πολύ ανθεκτικά στη διδασκαλία. Αυτό έχει διερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό σε ότι αφορά τη Φυσική και ιδιαίτερα την έννοια της δύναμης σε συνδυασμό με τη κίνηση (Viennot, L. 1979 , McCloskey, M. 1983). Οι Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A.. (1982) παραλληλίζοντας τη διαδικασία αντικατάστασης παρανοήσεων με την αλλαγή παραδείγματος κατά Kuhn θέτουν ως προϋποθέσεις για την αντικατάσταση, α) την έλλειψη ικανοποίησης από τις υπάρχουσες αντιλήψεις (conceptions), β) η νέα αντίληψη πρέπει να γίνεται κατανοητή (να έχει νόημα), γ) πρέπει να είναι αληθοφανής, και δ) η νέα έννοια θα πρέπει να δίνει αποτελέσματα. Αυτό το θεωρητικό πλαίσιο αποτέλεσε το κυρίαρχο παράδειγμα στην έρευνα της εκπαίδευσης επιστημών για πολλά χρόνια. Με βάση αυτή τη προσέγγιση ο μαθητής είναι σαν επιστήμονα και η διαδικασία μάθησης της επιστήμης είναι μια διαδικασία αντικατάστασης θεωρίας , που συμβαίνει σε μικρό χρονικό διάστημα με μεταβολή τύπου gestalt .

Ένα θεωρητικό πλαίσιο για την εξήγηση της μάθησης μέσω της διαδικασίας της εννοιολογικής αλλαγής είναι αυτό της “θεωρίας πλαισίου” (Vosniadou & Brewer



1992 , Vosniadou, S. 2007 , Vosniadou , S ; Vamvakoussi , X. ; Skopeliti , I 2008).

Αυτό εφαρμόζεται από τη Βοσνιάδου και τους συνεργάτες της για να εξηγήσει τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής κυρίως μέσα από τη διαδικασία μάθησης μέσω της εκπαίδευσης.

Σύμφωνα με αυτή τη προσέγγιση τα παιδιά, πριν εκτεθούν στη τυπική σχολική εκπαίδευση , έχουν σχηματίσει μέσα από την εμπειρία της αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον διάφορες διαισθητικές πεποιθήσεις ή «θεωρίες του κοινού νου». Αυτές είναι παραγωγικές και μπορούν να εξηγήσουν ή και να προβλέψουν φαινόμενα.

Αυτές βέβαια οι “θεωρίες” είναι διαφορετικές από τις αντίστοιχες επιστημονικές με την έννοια ότι δεν υπάγονται σε κάποιου είδους πειραματική δοκιμασία και επιβεβαίωση , και , το κυριότερο ίσως , δεν έχουν επίγνωση αυτών τα παιδιά (Vosniadou 2007). Η εκάστοτε θεωρία αποτελεί ένα επεξηγηματικό πλαίσιο των φαινομένων που περιγράφει και ονομάζεται “θεωρία πλαισίου” . Η θεωρία πλαισίου περιορίζεται από προϋποθέσεις οντολογικές (σε ποια αντικείμενα αναφέρεται η θεωρία), και επιστημολογικές (τι είναι γνώση, πως επιτυγχάνεται, και πως επικυρώνεται;).

Μια υπόθεση της «Θεωρίας Πλαισίου» είναι ότι, οι άνθρωποι μπορούν να κατασκευάζουν νοητικά μοντέλα που αποτελούν αναλογικές νοητικές αναπαραστάσεις των φυσικών αντικειμένων, ενσωματώνουν την εσωτερική δομή των εννοιών και μπορούν να δημιουργήσουν προβλέψεις και εξηγήσεις φαινομένων. Τα μοντέλα αυτά γεννώνται και περιορίζονται από τις υποκείμενες εννοιολογικές δομές των ανθρώπων και θεωρείται ότι η κατανόησή τους μπορεί να προσφέρει πληροφορίες για το περιεχόμενο και τη δομή της υπάρχουσας γνώσης (Vosniadou & Brewer 1992).

Η άποψη ότι, η μάθηση επιτυγχάνεται με προσθετικούς μηχανισμούς, μπορεί να ισχύει στη περίπτωση που η καινούργια προς μάθηση γνώση είναι συμβατή με την προϋπάρχουσα. Αντίθετα στη περίπτωση που η προϋπάρχουσα γνώση έρχεται σε αντίθεση με τη νέα, τότε η θεωρία πλαισίου προβλέπει ότι, οι μαθητές θα σχηματίσουν συνθετικά μοντέλα στα οποία προσπαθούν να εντάξουν τη νέα πληροφορία στη προϋπάρχουσα γνώση διατηρώντας ταυτόχρονα τη μέχρι τότε γνώση τους. Αυτά τα συνθετικά μοντέλα είναι οι παρανοήσεις των μαθητών. Ξεκινώντας από την αρχική θεωρία πλαισίου και προχωρώντας ηλικιακά τα συνθετικά αυτά μοντέλα γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα μέχρι να φτάσουμε στο επιστημονικά αποδεκτό. Το πέρασμα από το ένα μοντέλο στο άλλο σημαίνει και αναδιοργάνωση των υπάρχουσών εννοιολογικών δομών και είναι χρονοβόρο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα συνθετικού μοντέλου αποτελεί το μοντέλο της διπλής γης, το οποίο βρέθηκε στην έρευνα των Vosniadou & Brewer (1992) για το σχήμα της γης. Σε αυτό τα παιδιά αναφέρονταν σε μία επίπεδη γη όπου ζουν οι άνθρωποι και μιας σφαιρικής που είναι σύμφωνη με την επιστημονική άποψη. Σε αυτό το μοντέλο γίνεται φανερή η προσπάθεια των παιδιών να συμβιβάσουν την υπάρχουσα γνώση με τη νέα, καθώς και η επιμονή τους να διατηρούν την υπάρχουσα.

Οι Βοσνιάδου & Ιωαννίδης (2002) σε έρευνά τους για την έννοια της δύναμης μπόρεσαν να κατατάξουν παιδιά ηλικίας από νηπιαγωγείο μέχρι τρίτη γυμνασίου σε μικρό αριθμό καλά ορισμένων μοντέλων. Να σημειωθεί ότι σε αυτά τα μοντέλα κυρίαρχο ήταν στους μεγαλύτερους μαθητές, αυτό της επίκτητης (acquired) δύναμης που θεωρεί τη δύναμη ως ιδιότητα του αντικειμένου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε έρευνα των Vosniadou, S., Skopeliti, I (submitted) σε παιδιά της 3<sup>ης</sup> και 5<sup>ης</sup> δημοτικού για την εναλλαγή ημέρας και νύχτας φάνηκε ότι τα

παιδιά μετά την ανάγνωση κειμένου, δε κάνουν απαραίτητα αποδεκτό το επιστημονικό μοντέλο, αλλά σχηματίζουν παρανοήσεις . Αυτές οι παρανοήσεις είναι ανάλογες με αυτές που έχουν βρεθεί σε αναπτυξιακές έρευνες.

Η “θεωρία πλαισίου” είναι μια οικοδομιστική προσέγγιση καθώς θεωρεί ότι οι παρανοήσεις των σπουδαστών προέρχονται από τη προσπάθεια τους να προσθέσουν τη νέα πληροφορία σε υπάρχουσες αλλά ασύμβατες δομές γνώσης.

#### *Η χρήση ανατρεπτικών κειμένων στη μάθηση αντιδισθητικών εννοιών*

Μια δομή κειμένου που λαμβάνει υπόψη της τη πρότερη γνώση των μαθητών είναι αυτή των ανατρεπτικών κειμένων. Ανατρεπτικό είναι το κείμενο που αντιπαράθετει κοινές εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών εξηγώντας γιατί δεν είναι επιστημονικά αποδεκτές, με τις αντίστοιχες επιστημονικά αποδεκτές για τις οποίες προσφέρει μια εξήγηση . Αναγνωρίζοντας τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και στη συνέχεια ανατρέποντάς τες κάνει πιθανή τη μη ικανοποίησή τους πλέον από αυτές. Παρουσιάζοντας ταυτόχρονα μια πιστευτή εξήγηση των φαινομένων (την επιστημονική) είναι πιο πιθανό οι μαθητές να εστιάσουν σε αυτή και να οδηγηθούν σε αναδόμηση της σκέψης τους (Dole 2000).

Οι Guzzetti et al. (1997) σε έρευνά τους με μαθητές γυμνασίου η οποία διήρκεσε περίπου ένα σχολικό έτος, βρήκαν ότι τα ανατρεπτικά κείμενα όχι μόνο διευκόλυναν τους μαθητές στη μάθηση, αλλά και ότι οι μαθητές τα προτιμούσαν από τα απλά επεξηγηματικά κείμενα, όπως αυτό φάνηκε από συνεντεύξεις που πάρθηκαν από αυτούς κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

Οι Diakidoy, I. N., Kendeou, P., & Ioannides, C. (2003) σε εμπειρική τους μελέτη εξέτασαν τη χρήση ανατρεπτικού κειμένου στη διδασκαλία της έννοιας της

ενέργειας σε μαθητές της έκτης δημοτικού σε σχολεία της Κύπρου. Οι παρανοήσεις που ανατρέπονταν στο κείμενο ήταν αυτή που συγχέει την ενέργεια με τη δύναμη και αυτή που τη συγχέει με την ύλη. Οι μαθητές απάντησαν σε ερωτηματολόγιο 16 ερωτήσεων μία μέρα μετά τη διδασκαλία και στο ίδιο ερωτηματολόγιο ένα μήνα μετά το πέρας της διδασκαλίας. Σε αυτή την έρευνα οι μαθητές που διάβασαν το ανατρεπτικό κείμενο επιπλέον της διδασκαλίας είχαν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα στο σύνολο του ερωτηματολογίου από αυτούς που διάβασαν το επεξηγηματικό κείμενο επιπλέον της διδασκαλίας ή που απλά παρακολούθησαν τη διδασκαλία.

Σε άλλη έρευνα των Βοσνιάδου & Σκοπελίτη (2008) για τη χρήση ανατρεπτικών κειμένων στη κατανόηση του σχήματος της γης από μαθητές 3<sup>ης</sup> δημοτικού φάνηκε ότι η χρήση τους ήταν πιο αποτελεσματική σε σχέση με απλό επεξηγηματικό κείμενο.

Οι Kendeou & Van Den Broek (2007) σε μελέτη τους ερεύνησαν με δύο πειράματα την επίδραση της πρότερης γνώσης και της κειμενικής δομής καθώς και της αλληλεπίδρασής τους στις γνωστικές διαδικασίες κατά τη διάρκεια ανάγνωσης και κατανόησης επιστημονικού κειμένου. Στο πρώτο πείραμα ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να εκφράζουν μεγαλόφωνα τις σκέψεις τους (think aloud), ενώ στο δεύτερο γινόταν καταγραφή του χρόνου ανάγνωσης συγκεκριμένων προτάσεων. Σε αυτή την έρευνα οι συμμετέχοντες (προπτυχιακοί φοιτητές που συμμετείχαν σε εισαγωγικά μαθήματα ψυχολογίας ή φυσικής) με βάση απαντήσεις σε ερωτηματολόγιο για τη Νευτώνεια μηχανική κατατάχτηκαν αρχικά σε δύο ομάδες, μια με παρανοήσεις και μια χωρίς παρανοήσεις. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα κείμενα για το 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα, τα δύο χωρίς και τα δύο με ανατροπή και κάθε υποκείμενο διάβασε με τυχαία σειρά ένα κείμενο χωρίς και ένα με ανατροπή. Στο

πρώτο πείραμα βρέθηκε ότι οι φοιτητές που ανήκαν στην ομάδα των παρανοήσεων ενεπλάκησαν σε περισσότερες στρατηγικές εννοιολογικής αλλαγής (π. χ. αποκρίσεις που έδειχναν ότι είχαν εμπειρία γνωστικής σύγκρουσης και απόκριση σε αυτή τη σύγκρουση) αλλά αυτό γινόταν μόνο όταν διάβαζαν ανατρεπτικά κείμενα. Σε ότι αφορά τους συμπερασμούς και την ανάκληση οι φοιτητές με παρανοήσεις είχαν χειρότερη επίδοση αλλά ανεξάρτητα κειμένου. Το δεύτερο πείραμα, της καταγραφής του χρόνου ανάγνωση, έγινε για να καταγραφούν γνωστικές διαδικασίες των οποίων οι αναγνώστες δεν έχουν επίγνωση. Οι αναγνώστες με παρανοήσεις φάνηκε ότι ξόδευαν περισσότερο χρόνο, για να διαβάσουν τις προτάσεις που διατύπωναν τους νόμους του Νεύτωνα αλλά μόνο στο κείμενο με ανατροπή. Επιπλέον οι προτάσεις που εξηγούσαν τους νόμους διαβάζονταν γρηγορότερα στο ανατρεπτικό κείμενο ανεξάρτητα πρότερης γνώσης. Σε ότι αφορά την ανάκληση βρέθηκαν αποτελέσματα παρόμοια με αυτά του πρώτου πειράματος. Τα ευρήματα αυτά μαρτυρούν ότι οι αναγνώστες προσαρμόζουν την επεξεργασία τους στο κείμενο όταν η πρότερη γνώση συγκρούεται με τη κειμενική πληροφορία κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης του ανατρεπτικού κειμένου, κάτι που δε συμβαίνει στην ανάγνωση μη ανατρεπτικού κειμένου (ανεξάρτητα της ύπαρξης ή όχι παρανοήσεων). Ένα ακόμη γεγονός το οποίο διαφαίνεται είναι ότι, κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης ανατρεπτικού κειμένου οι αναγνώστες συνδραστηριοποιούν και ενσωματώνουν τη πρότερη γνώση τους με τη κειμενική πληροφορία, το οποίο με τη σειρά του τους επιτρέπει, να σημειώσουν την ασυμβατότητα ανάμεσα στη γνώση τους και το κείμενο.

Τέλος να αναφέρουμε ένα σημείο στο οποίο απαιτείται προσοχή κατά την ανάγνωση ανατρεπτικών κειμένων. Αυτό είναι ότι ο αναγνώστης μπορεί να αποκτήσει παρανόηση μέσω ανατρεπτικού κειμένου, εφόσον εστιάσει μόνο στη

παρανόηση και δε διαβάσει τη σωστή πληροφορία ( Guzzetti et al 1997). Έτσι καλό θα είναι (εφόσον αυτό είναι δυνατό) να ακολουθεί την ανάγνωση συζήτηση στην οποία θα επιστάται η προσοχή του αναγνώστη σε τέτοιες περιπτώσεις.

Στη δική μας έρευνα χρησιμοποιήσαμε ανατροπή για να ανατρέψουμε κοινή παρανόηση των μαθητών σε σχέση με το N3 ότι *“δεν ασκούνται δυνάμεις και στα δύο σώματα που αλληλεπιδρούν”*.

Τα ανατρεπτικά κείμενα *“εκμεταλλεύονται”* τη λανθασμένη πρότερη γνώση των αναγνωστών και σκοπός τους είναι να την ανατρέψουν εξηγώντας γιατί είναι λάθος και γιατί η επιστημονικά αποδεκτή εξηγεί καλύτερα τα φαινόμενα.

Ένα άλλο είδος κειμένου το οποίο χρησιμοποιεί πρότερη γνώση των φοιτητών που είναι συμβατή και όχι σε αντίθεση με τη σωστή επιστημονικά, είναι αυτό, που κάνει χρήση διδακτικής αναλογίας.

#### *Οι αναλογίες και η χρήση τους στη μάθηση επιστημονικών εννοιών*

Σε γενικές γραμμές αναλογία είναι η σχέση μεταξύ δύο γνωστικών πεδίων ένα από τα οποία μας είναι οικείο. Αυτή παρουσιάζει τη νέα αντιδραστική πληροφορία μέσα από το οικείο σε εμάς γνωστικό πεδίο καθιστώντας τη έτσι πιο κατανοητή. Το κλασσικό ίσως παράδειγμα είναι η αναλογία ανάμεσα στο άτομο και το ηλιακό σύστημα.

Η χρήση αναλογιών έχει φανεί να βοηθάει στην ανάκληση κειμένων καθώς και στη κατανόηση αντιδραστικών εννοιών από μαθητές δημοτικού, γυμνασίου, αλλά και φοιτητές πανεπιστημίου (Vosniadou, S. ; Skopeliti , I. ; Svetlana-Lito Gerakakis 2007, Glynn, Takahashi 1998, Clement, J 1998).

Η ορολογία που χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία συνήθως είναι *βάση* για το

γνωστικό πεδίο που χρησιμοποιείται ως πηγή γνώσης, *στόχος* για το προς εξήγηση πεδίο (Gentner 1983 ; Brown, D ; Clement, J. 1989) και *αναλογία* για τη μεταξύ τους σχέση.

Οι Gentner et Gentner (1983) θέλοντας να ελέγξουν αν πράγματι οι αναλογίες έχουν εννοιολογικό περιεχόμενο, χρησιμοποίησαν σε μαθητές γυμνασίου, αλλά και φοιτητές κολεγίου, δύο διαφορετικές αναλογίες για τη διδασκαλία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, των μερών από τα οποία αποτελείται και των εννοιών που συνδέονται με αυτό (μπαταρία , καλώδια , αντιστάσεις , ηλεκτρικό ρεύμα , διαφορά δυναμικού) . Στη μια αναλογία αυτό που χρησιμοποιήθηκε ως ανάλογη περίπτωση του ηλεκτρικού κυκλώματος, ήταν αυτή του υγρού ρευστού σε ένα υδραυλικό κύκλωμα και στην άλλη αναλογία ήταν το κινούμενο πλήθος ποντικών σε μία πίστα. Φάνηκε (σε συμφωνία με τις προβλέψεις των ερευνητών) ότι αυτοί που χρησιμοποίησαν το υδραυλικό μοντέλο είχαν καλύτερη κατανόηση σε ότι αφορά τις μπαταρίες και την επίδραση της συνδεσμολογίας τους στη τάση και το ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ αυτοί που χρησιμοποίησαν το μοντέλο του κινούμενου πλήθους έδειξαν καλύτερη κατανόηση των αντιστάσεων και της επίδρασης που έχει η συνδεσμολογία τους σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Η Gentner (1983 ) μέσα από τη θεωρία της απεικόνισης δομής (ή αναλογικής απεικόνισης Gentner, D. ; Markmann, A. (1997)) προσφέρει ένα θεωρητικό πλαίσιο για να ερμηνεύσει την αναλογία. Σύμφωνα με αυτό η αναλογία απεικονίζει αντικείμενα της βάσης σε αντικείμενα του στόχου και αυτή η απεικόνιση είναι ένα προς ένα, δηλαδή ένα στοιχείο της βάσης συνδέεται με ένα μόνο στοιχείο του στόχου και αντίστροφα. Οι κανόνες της απεικόνισης είναι ότι: α) παραλείπει τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων (π.χ. Στο ηλιακό μοντέλο του ατόμου δεν υπάρχει

λόγος να μεταφερθεί το ότι ο ήλιος είναι κίτρινος σε κάποια αντίστοιχη ιδιότητα του πυρήνα του ατόμου), β) προσπαθεί να διατηρήσει σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων (αν δύο αντικείμενα συνδέονται με κάποια σχέση στη βάση, θα γίνεται το ίδιο και για τα αντίστοιχά τους στοιχεία στο στόχο), και γ) ο κυριότερος κανόνας ίσως είναι η αρχή της συστηματικότητας σύμφωνα με την οποία μια σχέση είναι πολύ πιο πιθανό να μεταφερθεί (απεικονισθεί) από τη βάση στο στόχο όταν ανήκει σε ένα σύστημα αλληλοσυνδεόμενων σχέσεων, παρά όταν είναι μεμονωμένη.

Η εμπειρική έρευνα έχει δείξει, όπως ήδη αναφέρθηκε, ότι η χρήση διδακτικών αναλογιών σε κείμενο ή διδασκαλία μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στη κατανόηση επιστημονικών εννοιών από μαθητές και φοιτητές. Οι Skopeliti, I. ; Gerakaki, S. ; Vosniadou, S. (2009) σε έρευνά τους με 40 φοιτητές χρησιμοποίησαν κείμενο με αναλογία και κείμενο χωρίς αναλογία, για να παρουσιάσουν την επιστημονική εξήγηση της αλλαγής των εποχών με βάση τη μετάπτωση του άξονα περιστροφής ( πιο συνηθισμένη παρανόηση είναι ότι το καλοκαίρι η γη είναι πιο κοντά στον ήλιο για αυτό κάνει ζέστη). Αρχικά ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες (προ-έλεγχος) να ζωγραφίσουν το πώς αλλάζουν οι εποχές, να γράψουν πως αλλάζουν οι εποχές και να απαντήσουν σε 4 ερωτήσεις. Αφού δόθηκαν τα κείμενα (μισοί το χωρίς και μισοί με το, με αναλογία) τους ζητήθηκε να ανακαλέσουν το κείμενο μετά την ανάγνωση και στη συνέχεια να επαναλάβουν την αρχική δοκιμασία (μετά-έλεγχος). Τα αποτελέσματα έδειξαν καλύτερη ανάκληση και μικρότερο αριθμό λανθασμένων συμπερασμών για το κείμενο με αναλογία. Ακόμη μεγαλύτερος αριθμός συμμετεχόντων από το κείμενο με αναλογία άλλαξε τις αρχικές τους εξηγήσεις προς καλά ορισμένες εναλλακτικές εξηγήσεις ή τη σωστή επιστημονικά εξήγηση.



Οι Glynn , S. & Takahashi , T. 1998 έδωσαν σε μαθητές δευτέρας γυμνασίου κείμενο με αναλογία και κείμενο χωρίς αναλογία για τα μέρη του κυττάρου και τη λειτουργία τους. Ως βάση της αναλογίας χρησιμοποιήθηκε αυτή του εργοστασίου όπου, για παράδειγμα, το κέντρο ελέγχου του εργοστασίου ήταν το ανάλογο του πυρήνα ή οι δυναμογεννήτριες ήταν το ανάλογο των μιτοχονδρίων. Τους ζητήθηκε να ανακαλέσουν το κείμενο αμέσως μετά αφού το διάβασαν και δύο εβδομάδες αργότερα. Υπήρξαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα υπέρ των μαθητών που διάβασαν το κείμενο με αναλογία, στην ανάκληση, και για τα δύο χρονικά διαστήματα.

Ποιες είναι οι διαδικασίες όμως που εμπλέκονται στην αναλογική σκέψη; Σε έρευνα του Clement (Clement , J 1986 , 1988) ζητήθηκε από 10 έμπειρους λύτες προβλημάτων που ήσαν προχωρημένοι διδακτορικοί φοιτητές ή καθηγητές σε τεχνικά πεδία να εκφράζουν μεγαλόφωνα τη σκέψη τους την ώρα που προσπαθούσαν να επιλύσουν ένα πρόβλημα που τους είχε δοθεί . Παρατηρήσεις και αναλύσεις των λεγομένων των συμμετεχόντων όταν εξέφραζαν τις σκέψεις τους οδήγησαν στην υπόθεση ότι τέσσερις διαδικασίες εμπλέκονται στο σχηματισμό αξιόπιστου συμπερασμού από αναλογία, α) Η *γένεση της αναλογίας* , δηλαδή να κατασκευαστεί ή ανασυρθεί από τη μνήμη μια βάση που να μπορεί να αποδειχτεί ότι είναι ανάλογη με το στόχο, β) να εξεταστεί η *εγκυρότητα της αναλογίας*, δηλαδή να πειστεί ο λύτης ότι ο στόχος συμπεριφέρεται πράγματι σαν τη βάση γ) να γίνει *κατανοητή η βάση* και δ) να γίνει *μεταφορά* ευρημάτων και μεθόδων από τη βάση στο στόχο (Clement 1986 , 1988 , 1998).

Στη περίπτωση βέβαια χρήσης των διδακτικών αναλογιών οι μαθητές δε χρειάζεται να “επινοήσουν” κάποια βάση, αυτή τους δίνεται από το διδάσκοντα. Το

πρόβλημα στη περίπτωση αυτή είναι ποια είναι η βάση που να μπορεί να λειτουργήσει σωστά. Μια τέτοια βάση είναι, η άποψη που έχουν σχηματίσει οι μαθητές για μια κατάσταση και η οποία είναι ευρέως αποδεκτή από αυτούς με βάση τη διαίσθησή τους και πριν από τη διδασκαλία, η οποία όμως να είναι σε συμφωνία με την προς διδασκαλία επιστημονική άποψη . (Μια τέτοια βάση ονομάζεται από τον Clement “άγκυρα” (anchor) (Clement , J. 1986)) . Το να βρεθούν όμως οι κατάλληλες βάσεις για κάθε περίπτωση δεν είναι καθόλου εύκολο. Αυτό γιατί το τι μπορεί να είναι ισχυρό στη διαίσθηση ή τις γνώσεις του διδάσκοντα, δεν είναι καθόλου βέβαιο ότι είναι και για το μαθητή. Έτσι η εύρεση τέτοιων βάσεων απαιτεί έρευνα σε μεγάλο πλήθος μαθητών . Οι Clement , Brown , Zietsman (1989) ορίζουν ως κατάλληλη βάση μια κατάσταση σε ένα πρόβλημα στο οποίο ο σπουδαστής μπορεί να δώσει σωστή απάντηση και επιπλέον να έχει εμπιστοσύνη στην ορθότητα της απάντησής του. Ψάχνοντας για τέτοια παραδείγματα έδωσαν 14 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής σε μαθητές τριών γυμνασίων ηλικίας από 14 έως 17 ετών. Σε μια από αυτές το 80% των μαθητών απάντησε σωστά και με υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης ότι, ένα ελατήριο ασκεί δύναμη στο χέρι ωθώντας το προς τα πάνω όταν πιέζουμε κάτω το ελατήριο και το κρατάμε ακίνητο.

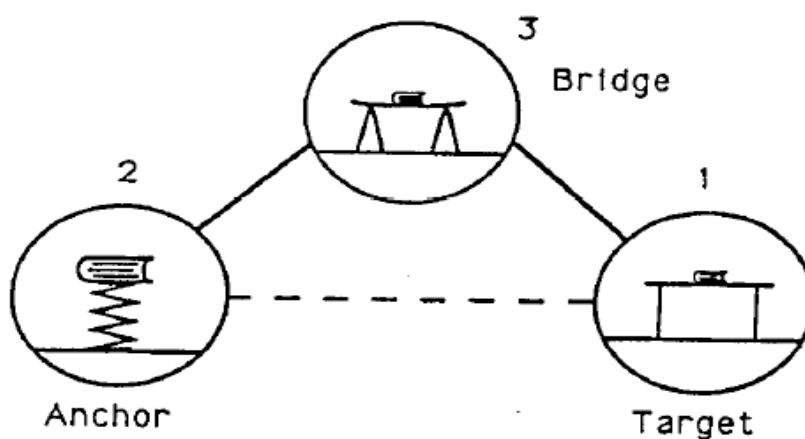
Στη περίπτωση που η αναλογία προσφέρεται στους μαθητές, για να μάθουν κάποια νέα έννοια, έχει μεγάλη σημασία να μπορούν να κατανοήσουν την εγκυρότητά της (της αναλογίας). Πολλές φορές κάτι που έχει νόημα και είναι προφανές στον ειδικό δεν είναι καθόλου προφανές στο σπουδαστή (Clement et al. 1989). Άρα αξίζει να εξεταστούν τρόποι που να βοηθούν να γίνει κατανοητή η εγκυρότητα της αναλογίας. Ένας τέτοιος τρόπος είναι η διαδικασία της *γεφύρωσης* (bridging) ή των *γεφυρωτικών αναλογιών* (bridging analogies) (Clement , J. 1986 ;

Brown , D. ; Clement , J. 1989). Έστω λοιπόν ότι έχουμε ένα πεδίο στόχο B και ένα πεδίο βάση A (το οποίο αποτελεί στην ιδανική περίπτωση “άγκυρα” ) και ακόμη η εγκυρότητα της αναλογίας δεν είναι προφανής . Ο Clement (1986) περιγράφει τη διαδικασία γεφύρωσης ως εξής : α) το υποκείμενο κατασκευάζει μια αναπαράσταση για μια ενδιάμεση (των A , B) (γεφυρωτική) κατάσταση Γ η οποία μοιράζεται σημαντικά χαρακτηριστικά και με την A και με τη B, β) το υποκείμενο εξετάζει αν η αναλογία μεταξύ A και Γ είναι έγκυρη , γ) το υποκείμενο εξετάζει αν η αναλογία μεταξύ Γ και B είναι έγκυρη , και δ) αν το υποκείμενο μπορεί να απαντήσει ναι και στις δυο προηγούμενες ερωτήσεις, τότε είναι έγκυρη και η αρχική αναλογία. Ενίοτε χρειάζονται περισσότερες από μια γεφυρωτικές καταστάσεις. Έτσι σχηματίζεται κάποιου είδους μεταβατικός αναλογικός συμπερασμός ο οποίος όμως πρέπει να τονιστεί ότι λειτουργεί απλά ως κάποιου είδους πιστευτή λογική και όχι ως τυπική απόδειξη.

Ένα από τα παραδείγματα που έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά από τον Clement και τον Brown ως βάση για τη κατανόηση άσκησης δύναμης από ακίνητα αντικείμενα, με βάση τη προηγούμενη στρατηγική της γεφύρωσης, είναι αυτό του “βιβλίου πάνω στο τραπέζι” . Οι αρχάριοι σπουδαστές όταν ερωτώνται αν σε ένα βιβλίο πάνω σε ένα τραπέζι ασκείται κάποια δύναμη άλλη από το βάρος του, συνήθως απαντούν “όχι” (σε αντίθεση από την αποδεκτή επιστημονικά ότι ασκείται η προς τα πάνω δύναμη αντίδρασης από το τραπέζι), θεωρώντας ότι απλά “το τραπέζι στέκεται εμπόδιο στο δρόμο του βιβλίου προς τα κάτω” (Minstrell 1982) .

Οι Brown , D. , Clement , J. (1989) σε μια σειρά “διδασκτικών συνεντεύξεων” με μαθητές γυμνασίου και φοιτητές χρησιμοποίησαν τη στρατηγική της γεφύρωσης για να αντιμετωπίσουν κοινές παρανοήσεις των μαθητών σε προβλήματα που έχουν να

κάνουν με δυνάμεις από ακίνητα αντικείμενα , δυνάμεις τριβής και δυνάμεις ώθησης και κρούσης. Για τη περίπτωση των δυνάμεων από ακίνητα αντικείμενα χρησιμοποιήθηκε “το βιβλίο πάνω στο τραπέζι”. Αρχικά δίνουν ένα υποθετικό παράδειγμα γεφύρωσης χρησιμοποιώντας ως βάση το βιβλίο πάνω σε ένα ελατήριο (εικόνα 1)



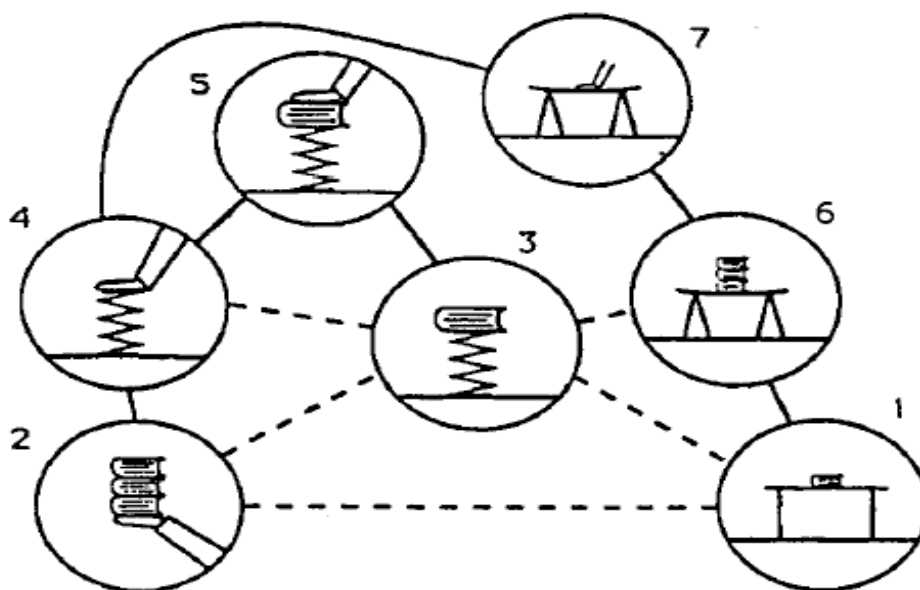
Εικόνα 1

Αρχικά ο μαθητής απαντάει ότι το βιβλίο δεν ασκεί προς τα πάνω δύναμη στο βιβλίο (κόμβος 1). Τότε ως μια εν δυνάμει αναλογία προσφέρεται το βιβλίο πάνω σε ένα ελατήριο (κόμβος 2) όπου, ο σπουδαστής αναγνωρίζει τη προς τα πάνω δύναμη από το ελατήριο στο βιβλίο, αλλά απορρίπτει την αναλογία γιατί θεωρεί ότι το τραπέζι δεν είναι ελαστικό και δε χρειάζεται να επιστρέψει στην αρχική του θέση όπως το ελατήριο. Τότε προσφέρεται η “γεφύρωση” του βιβλίου πάνω σε μια εύκαμπτη σανίδα (κόμβος 3). Τότε ο σπουδαστής αποδέχεται την αναλογία ανάμεσα στο βιβλίο σε ελατήριο με το βιβλίο πάνω σε μια εύκαμπτη σανίδα και την αναλογία

ανάμεσα στο βιβλίο πάνω σε μια εύκαμπτη σανίδα και το βιβλίο πάνω στο τραπέζι.

Τελικά δέχεται την αρχική αναλογία.

Στη πραγματική περίπτωση όμως που έγινε η “διδασκαλία συνέντευξη” με πρωτοετή φοιτητή (που δεν είχε διδαχτεί φυσική στο γυμνάσιο ή κολέγιο) και όπου το αποτέλεσμα ήταν επιτυχές, χρειάστηκαν πολύ περισσότερες γεφυρώσεις για να γίνει αποδεκτή η αρχική αναλογία (εικόνα 2).

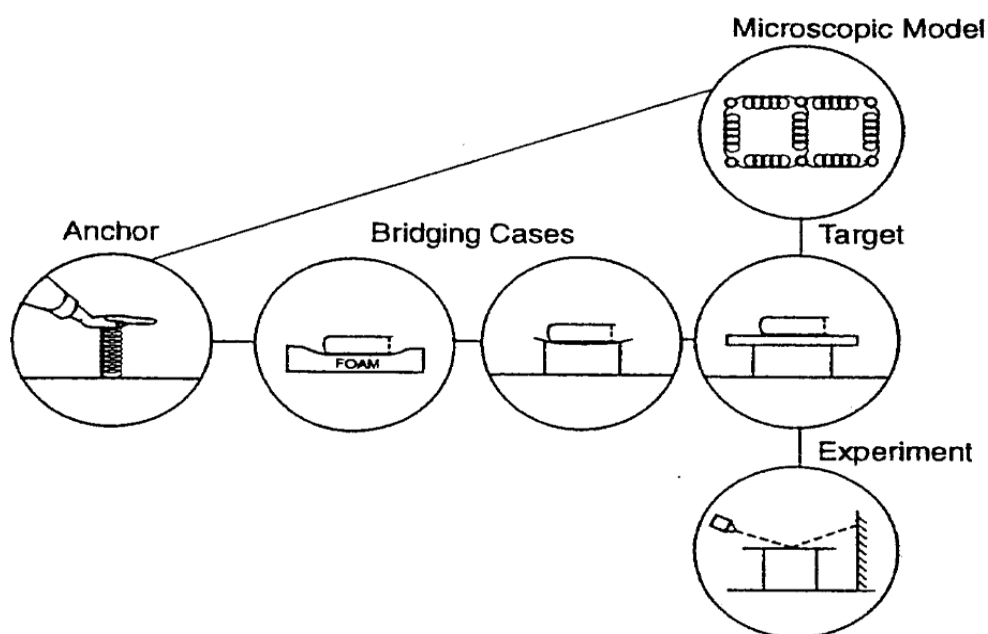


Εικόνα 2

Εδώ ως βάση χρησιμοποιήθηκε αρχικά “τα βιβλία στο χέρι” (κόμβος 2), στα οποία ο σπουδαστής αναγνώρισε την ύπαρξη προς τα πάνω δύναμης αλλά δε θεώρησε τις δυο καταστάσεις ανάλογες (γιατί το χέρι έχει μύες). Στη συνέχεια ακολούθησε η ακολουθία γεφυρώσεων που φαίνεται στην εικόνα 2 και όπου είναι εμφανές ότι κάποιες γέφυρες (π. χ η 5) δεν σχετίζεται άμεσα με τη βάση ή το στόχο. Αυτή η “διδασκαλία” περισσότερο ενέπλεξε το φοιτητή σε αναλογικό συλλογισμό παρά παρουσίασε μια αναλογία. Αυτό γιατί ο ερευνητής απλά παρουσίαζε

καταστάσεις χωρίς να αναφέρει ότι είναι ανάλογες, και στη συνέχεια τις συζητούσε με τον σπουδαστή.

Σε άλλη διδακτική παρέμβαση που αφορούσε όμως το ίδιο πρόβλημα, χρησιμοποιήθηκε πειραματική ομάδα 150 μαθητών γυμνασίου και ομάδα ελέγχου 55 μαθητών οι οποίοι διδάσκονταν για πρώτη φορά φυσική (Clement , J. 1993). Εδώ χρησιμοποίησαν την “άγκυρα” του χεριού πάνω στο ελατήριο και στα πειραματικά μαθήματα χρησιμοποιήθηκαν συχνά περισσότερες από μια γέφυρες (εικόνα 3)



Εικόνα 3

Προς το τέλος του μαθήματος ο καθηγητής εισήγαγε και μικροσκοπικό επεξηγηματικό μοντέλο στερεών αντικειμένων όπου φαίνεται να είναι φτιαγμένα από “ελατηριοειδείς” δεσμούς μεταξύ των ατόμων. Ακόμη έγινε επίδειξη όπου, μια δέσμη φωτός που ανακλάται σε καθρέφτη στο τραπέζι πάνω στο τοίχο μετακινήθηκε (το

φωτεινό σημείο στο τοίχο) όταν ο καθηγητής ανέβηκε πάνω στο τραπέζι (τεχνική που είχε εφαρμόσει ο Minstrell (1982)). Τα αποτελέσματα της πειραματικής ομάδας σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου , μετρημένα σε κέρδη προ και μετά-ελέγχου (που αποτελούνταν από ερωτηματολόγιο 15 ερωτήσεων) , ήταν στατιστικά σημαντικά καλύτερα. Βέβαια το συγκεκριμένο μάθημα εκτός από αναλογία χρησιμοποίησε και οπτικοποιημένο επεξηγηματικό μοντέλο το οποίο βασίζεται στην “άγκυρα” και μια επίδειξη η οποία έκανε φανερή την ιδέα της ελαστικής παραμόρφωσης.

Εκείνο στο οποίο πρέπει να δοθεί προσοχή είναι ότι, ενώ οι ειδικοί ξοδεύουν αρκετό χρόνο για να εκτιμήσουν την εγκυρότητα μιας αναλογίας , αντίθετα πολλές φορές στη διδασκαλία οι αναλογίες χρησιμοποιούνται ως συντόμευση που μπορεί να μεταφέρει ολόκληρο σύστημα σχέσεων από ένα πεδίο σε άλλο με σκοπό να εξοικονομηθεί χρόνος διδασκαλίας (Clement 1998). Οι προηγουμένως αναφερθείσες διδακτικές παρεμβάσεις όμως δείχνουν ότι και οι μαθητές χρειάζονται αρκετό χρόνο για να εκτιμήσουν την εγκυρότητα μιας αναλογίας.

Κλείνοντας να αναφερθούμε σε πιθανούς κινδύνους που μπορεί να κρύβει μια διδακτική αναλογία όπως αυτοί αναφέρονται από τον Duit ( Duit, R. 1991). Συγκεκριμένα ο Duit αναφέρει τους εξής κινδύνους που μπορεί να προκύψουν από μια αναλογία α) μια αναλογία δε στηρίζεται ποτέ σε ακριβή σύμπτωση μεταξύ βάσης και στόχου. Υπάρχουν χαρακτηριστικά της βάσης διαφορετικά από εκείνα του στόχου και τα οποία μπορεί να παραπλανήσουν β) αν οι σπουδαστές έχουν παρανοήσεις στη βάση μπορεί να τις μεταφέρουν στο στόχο γ) η αναλογική συλλογιστική σκέψη χρειάζεται καθοδήγηση και ενώ η πρόσβαση στις αναλογίες διευκολύνεται από επιφανειακή ομοιότητα και από τη βαθιά δομή τους είναι μόνο η τελευταία που μετράει στους συμπερασμούς.

Στη δική μας έρευνα σε ένα από τα κείμενα χρησιμοποιήθηκε η αναλογία “βιβλίο στο τραπέζι” (στόχος) και “βιβλίο σε ελατήριο” (βάση) για να γίνει κατανοητός ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα και ειδικά η ύπαρξη δυνάμεων αλληλεπίδρασης στη περίπτωση ακίνητων αντικειμένων.

#### *Παρανοήσεις των μαθητών σε σχέση με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα*

Τις τελευταίες δεκαετίες ένας μεγάλος όγκος εμπειρικών ερευνών έχει διερευνήσει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στη προσπάθειά τους να κατανοήσουν επιστημονικές έννοιες. Μία από τις γνωστικές περιοχές στην οποία έχει αφιερωθεί ο μεγαλύτερος ίσως όγκος αυτής της έρευνας, είναι αυτή της Νευτώνειας μηχανικής και ειδικά η έννοια της δύναμης σε συνδυασμό με τη κίνηση όπως αυτή περιγράφεται από τους νόμους του Νεύτωνα. Εκείνο που γίνεται φανερό μέσα από αυτές τις έρευνες είναι ότι όχι μόνο μικροί μαθητές γυμνασίου, αλλά φοιτητές πανεπιστημίων οι οποίοι έχουν παρακολουθήσει μαθήματα Νευτώνειας μηχανικής, δεν έχουν κατανοήσει σε ποιοτικό επίπεδο τις βασικές έννοιες και αρχές της.

Εκείνο που γίνεται αποδεκτό από τους διάφορους ερευνητές, είναι ότι προτού οι μαθητές διδαχθούν την επιστημονικά αποδεκτή θεωρία, έχουν ήδη σχηματίσει διάφορες εναλλακτικές αντιλήψεις στη προσπάθειά τους να εξηγήσουν τα φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους (Driver R. 1981, Gunstone R. & Michael Watts 1985 ). Αυτές στη συνέχεια εμποδίζουν τη κατανόηση της επιστημονικής.

Ειδικά σε ότι αφορά τη δύναμη και τη κίνηση φαίνεται ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις της μεγάλης πλειοψηφίας των σπουδαστών είναι παρόμοιες με την μεσαιωνική θεωρία της ώθησης (impetus) που αναπτύχθηκε κυρίως από τον γάλλο Buridan το 14ο αιώνα (McCloskey 1983 , Gunstone R. & Michael Watts 1985 ,



Clement, J. 1982) . Σύμφωνα με αυτή όταν ένα σώμα τίθεται σε κίνηση προσδίδεται σε αυτό μια δύναμη ή ώθηση (impetus) από το δράστη η οποία το κρατάει σε κίνηση . Αυτή η δύναμη σιγά - σιγά εξαλείφεται και τότε το σώμα σταματάει. Ουσιαστικά με βάση αυτό το σκεπτικό η δύναμη θεωρείται ιδιότητα του σώματος.

Κάνοντας μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας οι Βοσνιάδου & Ιωαννίδης (1994) κατατάσσουν με βάση ευρήματα ερευνών τις ιδέες των αρχαίων στη φυσική παιδιών αλλά και ενηλίκων για τη δύναμη σε τέσσερις κυρίως “διαισθητικούς κανόνες”. Αυτοί είναι οι εξής:

α) Κάθε κίνηση προϋποθέτει τη δράση μιας δύναμης στη διεύθυνσή της

β) Η δύναμη η οποία δρα σε ένα σώμα είναι ανάλογη της ταχύτητας που προσδίδει σε αυτό.

γ) Αν ένα σώμα δε κινείται , δε δρα δύναμη επάνω του

δ) Η κίνηση γίνεται στη διεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης

Αυτά σημαίνουν ουσιαστικά ότι οι μαθητές θεωρούν τη δύναμη ως ιδιότητα του σώματος.

Οι Reiner, M., Slotta, J.D., Chi, M.T.H., and Resnick, L.B. (2000) θεωρούν ότι βασικό για να κατανοήσουν οι μαθητές την έννοια της δύναμης, είναι να την επανακατηγοριοποιήσουν από ουσία (με την έννοια ότι υπάρχει μέσα και φέρεται από σώμα) σε διαδικασία.

Ο Ν3 διατυπώνεται ως εξής:

***“Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σε ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση)”*** (Από το βιβλίο Φυσικής Β΄ Γυμνασίου).

Αυτό που δηλώνει είναι ότι οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα είναι

αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής του με άλλα σώματα. Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η πλέον επικρατούσα παρανόηση μεταξύ των σπουδαστών είναι ότι η δύναμη είναι μια ιδιότητα που έχει ένα σώμα από μόνο του, κάτι που δημιουργεί πολλά προβλήματα στη ποιοτική κατανόηση εννοιών της δυναμικής. Αυτό κάνει προφανή τη σπουδαιότητα που έχει η κατανόηση του N3 από τους σπουδαστές .

Μερικές από τις ιδέες που εξάγονται από το νόμο είναι ότι, σε ένα σώμα δε μπορεί να ασκηθεί δύναμη χωρίς τη παρουσία άλλου σώματος αλλά ούτε μπορεί να ασκήσει δύναμη . Ακόμη ότι κάθε στιγμή η δύναμη που ασκεί ένα σώμα A σε ένα άλλο σώμα B είναι ακριβώς του ίδιου μεγέθους με αυτή που ασκεί το B στο A και καμία δε προηγείται της άλλης, και τέλος οι δύο δυνάμεις έχουν ακριβώς αντίθετη κατεύθυνση ( Brown , D. Clement , J. 1987).

Οι Brown , D. Clement , J. (1987) σε έρευνά τους που έγινε μεταξύ μαθητών γυμνασίου, και μετρήθηκαν τα κέρδη μεταξύ προελέγχου και μεταελέγχου σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (που στη πλειοψηφία τους μπορούσαν να απαντηθούν με βάση το N3) πριν και μετά τη διδασκαλία, ελάχιστη βελτίωση βρήκαν. Το κυριότερο χαρακτηριστικό της σκέψης των μαθητών ήταν ότι έβλεπαν τη δύναμη ως ιδιότητα του σώματος παρά ως αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων. Οι μαθητές που βλέπουν τη δύναμη ως ιδιότητα του σώματος αναμένεται να απαντούν σε ερωτήσεις που αφορούν αλληλεπίδραση σωμάτων ότι , το βαρύτερο , ή γρηγορότερο σώμα θα ασκήσει μεγαλύτερη δύναμη ενώ το άλλο μικρότερη ή και καθόλου.

Στη περίπτωση των δύο πρώτων νόμων του Νεύτωνα εκείνο το χαρακτηριστικό που έχει τη μεγαλύτερη βαρύτητα στην απόφαση των σπουδαστών είναι η ταχύτητα (π.χ σταθερή ταχύτητα απαιτεί σταθερή δύναμη στη κατεύθυνση της). Αντίθετα στη περίπτωση του N3 περισσότερα χαρακτηριστικά της κατάστασης που εκφράζεται από

το κάθε πρόβλημα επηρεάζουν τους σπουδαστές.

Ο Maloney (1984), σε έρευνά του, χρησιμοποίησε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (σε καταστάσεις όπου παρουσιάζονταν και αλληλεπιδρούσαν δύο τούβλα με ίσες ή άνισες μάζες, ακίνητα ή κινούμενα, με σταθερή ταχύτητα ή επιταχυνόμενα και όπου το ένα ήταν η αιτία και το άλλο η αντίθεση στη κίνηση) για να βρει κανόνες (στρατηγικές σκέψεις) που χρησιμοποιούν οι φοιτητές σε καταστάσεις που υπεισέρχεται ο N3, βρήκε ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις οι σπουδαστές πιστεύουν πως το κυρίαρχο σώμα ασκεί τη μεγαλύτερη δύναμη. Το κυρίαρχο σώμα μπορεί να είναι για παράδειγμα αυτό που έχει τη μεγαλύτερη μάζα ή αυτό που είναι το πιο ενεργό αρχικά κατά την αλληλεπίδραση.

Οι Bao, L., Hogg, K. and Zollman, D. (2002) στη προσπάθειά τους να καταγράψουν όσο το δυνατό πιο αναλυτικά τα μοντέλα των σπουδαστών σε σχέση με τον N3, εκτός των δύο πιο πάνω χαρακτηριστικών και επειδή οι σπουδαστές συνήθως μπερδεύουν τη ταχύτητα με την επιτάχυνση, προτείνουν άλλα δύο χαρακτηριστικά κατάστασης που αναφέρεται στο N3 και αυτά είναι η ταχύτητα και η επιτάχυνση. Επιπλέον ασκώντας κριτική στο FMCE των Thornton, R. & Sokoloff, D. (1998) προτείνουν ερωτηματολόγιο στο οποίο η κάθε ερώτηση να μπορεί να διερευνήσει την επίδραση κάθε χαρακτηριστικού στη σκέψη του σπουδαστή ξεχωριστά και όχι σε συνδυασμό με τα άλλα έτσι ώστε να καταγράφονται τα μοντέλα των σπουδαστών με πιο αναλυτικό τρόπο.

Οι Smith, T. & Wittmann, M. (2008) αναγνωρίζοντας τη πολυπλοκότητα των καταστάσεων που υπεισέρχεται ο N3 και εξετάζοντας ερωτήσεις από το FMCE (Force and Motion Conceptual Evaluation; Thornton, R. & Sokoloff, D. (1998)) προτείνουν η βαθμολόγηση των ερωτήσεων να γίνεται κατά ομάδα ερωτήσεων και

όχι μεμονωμένα έτσι ώστε να αποφεύγονται “από λάθος σωστές” απαντήσεις. Έτσι για τις ερωτήσεις 30, 31, 32 από το FMCE (που αποτελούν τις ερωτήσεις 3, 4 και 5 αντίστοιχα του δικού μας ερωτηματολογίου στον προ και μετά έλεγχο βλ. Παράρτημα Α) παρατηρούν ότι κάποιος που απαντάει σωστά στη 31 ταυτόχρονα απαντάει στη 30 λάθος ότι το φορτηγό ασκεί τη μεγαλύτερη δύναμη (αυτή η απάντηση αποδίδεται σύμφωνα με τους δύο ερευνητές προφανώς στο ότι οι ίσες ταχύτητες κάνουν τους σπουδαστές να απαντήσουν με βάση τη μάζα) και στη 32 λάθος ότι το αυτοκίνητο ασκεί τη μεγαλύτερη δύναμη ως πιο δραστήριο αφού το φορτηγό είναι ακίνητο. Συμπεραίνουν έτσι (οι ερευνητές) ότι η σωστή απάντηση στη 31 είναι συγκερασμός των δύο προηγούμενων καταστάσεων μιας και η μεγαλύτερη μάζα του φορτηγού και η μεγαλύτερη ταχύτητα του αυτοκινήτου “αλληλοαναιρούνται” οδηγώντας σε ίσες δυνάμεις δράσης αντίδρασης. Ένας που απαντάει με τον ίδιο τρόπο τις 30 και 32 αλλά έχει λίγο πιο εκλεπτυσμένη σκέψη θα επέλεγε, σύμφωνα με τους ερευνητές την επιλογή ΣΤ (Δε δίνονται αρκετές πληροφορίες για να επιλέξουμε μια από τις απαντήσεις που δίνονται προηγουμένως). Το συμπέρασμά τους είναι ότι θα πρέπει να δεχτούμε ως σωστή και να βαθμολογήσουμε ως τριάδα τις ερωτήσεις (30, 31, 32) εφόσον και οι τρεις είναι σωστές.

Τα προηγούμενα δείχνουν ότι οι καταστάσεις που υπεισέρχεται ο N3 μπορεί να είναι πολύ πιο πολύπλοκες και απαιτητικές για τους μαθητές, από ότι πολλές φορές πιστεύεται.

### Η δική μας έρευνα

Εμείς στην ερευνά μας διερευνούμε, το πως μπορεί να παρουσιαστεί μέσα από κείμενο ο N3 με τρόπο που να γίνει πιο κατανοητός από μαθητές της τρίτης

Γυμνασίου. Έτσι με βάση τη βιβλιογραφία στην οποία αναφερθήκαμε στα προηγούμενα τμήματα, διερευνούμε πως μπορεί η χρήση ανατροπής και αναλογίας ή και των δύο μαζί σε κείμενο να βοηθήσει τους μαθητές να ανακαλέσουν καλύτερα καθώς και να κατανοήσουν καλύτερα το κείμενο αυτό. Έτσι χρησιμοποιώντας ως κείμενο ελέγχου το εδάφιο του βιβλίου της δευτέρας γυμνασίου που αναφέρεται στο Ν3 το οποίο έχει τη μορφή επεξηγηματικού κειμένου και με βάση αυτό δημιουργήσαμε τρία επιπλέον κείμενα.

Στο πρώτο από αυτά κάναμε χρήση ανατροπής η οποία στοχεύει να ανατρέψει τη παρανόηση που έχουν πολλοί μαθητές οι οποίοι πιστεύουν ότι *“δεν ασκούνται δυνάμεις και στα δύο σώματα που αλληλεπιδρούν”*.

Στο δεύτερο κείμενο χρησιμοποιήσαμε την αναλογία *“βιβλίο σε ελατήριο”* (βάση) - *“βιβλίο σε τραπέζι”* (στόχος) για να γίνει κατανοητή η ύπαρξη δυνάμεων αλληλεπίδρασης μεταξύ ακίνητων σωμάτων.

Τέλος σε τρίτο κείμενο χρησιμοποιήσαμε τη προηγούμενη ανατροπή καθώς και τη προηγούμενη αναλογία μαζί για να δούμε αν θα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα σε ότι αφορά τη κατανόηση του Ν3.

## Μέθοδος

### *Συμμετέχοντες*

Στην έρευνα μας συμμετείχαν 60 μαθητές της τρίτης Γυμνασίου (20 αγόρια, 40 κορίτσια) μέσης ηλικίας 14 χρονών και 6 μηνών. Όλοι ήταν μαθητές του ίδιου γυμνασίου στο δήμο της Αθήνας σε περιοχή που μπορεί να χαρακτηριστεί ότι κατοικείται από οικογένειες μεσαίας τάξης. Οι μαθητές που συμμετείχαν, είχαν διδαχθεί τους νόμους του Νεύτωνα ακριβώς ένα χρόνο πριν, όταν φοιτούσαν στη

δευτέρα Γυμνασίου.

*Υλικό*

Στην έρευνα μας χρησιμοποιήσαμε ερωτηματολόγιο για προέλεγχο και μεταέλεγχο αποτελούμενο από 8 ερωτήσεις που αντλήσαμε από το Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) των Thornton , R. & Sokoloff , D. (1998).

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι ερωτήσεις 1 (που αφορά το 2ο νόμο του Νεύτωνα) , 2 (που αφορά το 1ο νόμο του Νεύτωνα) και 30 , 31 , 32 , 33 , 34 και 39 (που μπορούν να απαντηθούν με χρήση του N3) του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου (οι αντίστοιχοι αριθμοί ερώτησης στο δικό μας ερωτηματολόγιο είναι 1 ,2 ,3 ,4 ,5 ,6 ,7 και 8). Όλες δίνονται ως ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής στο FMCE. Στο δικό μας ερωτηματολόγιο η 39 (8) δόθηκε σε ανοικτή μορφή (Το ερωτηματολόγιο μας βρίσκεται στο παράρτημα Α).

Τα κείμενα που χρησιμοποιήσαμε ήσαν τέσσερα , το *αρχικό(ελέγχου)* ,το *με ανατροπή* , το *με αναλογία* και το *με ανατροπή και αναλογία*. Ως βάση για το αρχικό κείμενο χρησιμοποιήσαμε τη παράγραφο του βιβλίου της Β΄ γυμνασίου που αναφέρεται στο N3 και που έχει τη μορφή επεξηγηματικού κειμένου. Η αλλαγή που κάναμε είναι ότι, ενώ στο αρχικό κείμενο χρησιμοποιείται ως παράδειγμα για δυνάμεις αλληλεπίδρασης μεταξύ ακίνητων σωμάτων, αυτό ενός μαθητή που στέκεται όρθιος στο πάτωμα (δυνάμεις μεταξύ πατώματος και ποδιών μαθητή), εμείς χρησιμοποιήσαμε αυτό του βιβλίου πάνω στο τραπέζι.

Το κείμενο με ανατροπή ήταν ίδιο με το αρχικό με τη πρόσθεση τριών προτάσεων στην αρχή του όπου γινόταν η ανατροπή στην οποία ήδη αναφερθήκαμε και ανέτρεπε τη παρανόηση “*δεν ασκούνται δυνάμεις και στα δύο σώματα που αλληλεπιδρούν* ”.

Το κείμενο με αναλογία σχηματίστηκε από το αρχικό με τη προσθήκη της αναλογίας στο τέλος. Η αναλογία όπως ήδη είπαμε ήταν αυτή που χρησιμοποιούσε το “βιβλίο σε ελατήριο” ως βάση, και το “βιβλίο σε τραπέζι” ως στόχος για να γίνει κατανοητή η ύπαρξη δυνάμεων αλληλεπίδρασης μεταξύ ακίνητων σωμάτων.

Το κείμενο με ανατροπή και αναλογία σχηματίστηκε με τη προσθήκη της προηγούμενης ανατροπής στην αρχή και της προηγούμενης αναλογίας στο τέλος του αρχικού.

Το αρχικό αποτελείται από 233 λέξεις και έχει δείκτη αναγνωσιμότητας Flesch 64,32 που θεωρείται μέσος για τη Γ΄ γυμνασίου. Το κείμενο με ανατροπή αποτελείται από 252 λέξεις και έχει δείκτη αναγνωσιμότητας Flesch 64,24 που θεωρείται μέσος για τη Γ΄ γυμνασίου. Το κείμενο με αναλογία αποτελείται από 344 λέξεις και έχει δείκτη αναγνωσιμότητας Flesch 61,70 που θεωρείται μέσος για τη Γ΄ γυμνασίου. Τέλος το κείμενο με ανατροπή και αναλογία αποτελείται από 363 λέξεις και έχει δείκτη αναγνωσιμότητας Flesch 62,35 που πάλι θεωρείται μέσος για τη Γ΄ γυμνασίου (τα κείμενα βρίσκονται στο παράρτημα Α).

Οι ερωτήσεις κατανόησης είναι 7 τον αριθμό. Οι δύο πρώτες (1 και 2) είναι σωστού – λάθους και μπορούν να απαντηθούν άμεσα από το κείμενο. Οι επόμενες δύο (3Α και 3Β) είναι ανοικτού τύπου και είναι συμπερασματικές που μπορούν να απαντηθούν με βάση το κείμενο. Οι επόμενες (3Γ, 3Δ και 3Ε) είναι ανοικτού τύπου συμπερασματικές των οποίων οι απαντήσεις δε μπορούν να βρεθούν στο κείμενο (οι ερωτήσεις βρίσκονται στο παράρτημα Α). (Στο παράρτημα Α βρίσκεται και το έντυπο ανάκλησης)

#### *Διαδικασία*

Αρχικά δόθηκε στους μαθητές το ερωτηματολόγιο του προελέγχου για να

απαντήσουν στις ερωτήσεις του (για τη διαδικασία , μαζί με τις διευκρινήσεις , διατέθηκαν 20 λεπτά). Πριν από αυτό δόθηκαν στους μαθητές οι εξής διευκρινήσεις: *“Κάνουμε μια έρευνα στο πανεπιστήμιο για το πώς θα μπορούσαν να παρουσιαστούν, μέσα από κείμενο, στους μαθητές επιστημονικές έννοιες, με τρόπο που να γίνονται καλύτερα κατανοητές. Για αυτό θα σας ζητήσω να απαντήσετε αρχικά σε ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις από τη Νευτώνεια Φυσική που είχατε διδαχθεί στη Β΄ Γυμνασίου. Οι απαντήσεις θα αξιολογηθούν από εμένα μόνο, δε θα τις δει κάποιος άλλος, και δεν θα επηρεάσουν με κανένα τρόπο τη βαθμολογία σας στο σχολείο. Τα ονόματά σας ζητάω να τα γράψετε γιατί είναι απαραίτητα στην έρευνα”*.

Μετά δύο μέρες δόθηκαν στους μαθητές τα κείμενα να τα διαβάσουν. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε να ανακαλέσουν τα κείμενα μένοντας όσο πιο πιστοί μπορούσαν σε αυτά. Αφού ανακάλεσαν τα κείμενα απάντησαν στις ερωτήσεις κατανόησης. Τέλος απάντησαν στις ερωτήσεις του μεταελέγχου. Για τη διαδικασία αυτή διατέθηκαν μια διδακτική ώρα και το διάλειμμα.

### Υποθέσεις

Στηριζόμενοι στα ευρήματα προηγούμενων ερευνών κάναμε τις εξής υποθέσεις:

α) Ότι θα έχουμε σημαντική βελτίωση στις ερωτήσεις του μεταελέγχου σε σχέση με του προελέγχου και που αναφέρονται στο N3 με καλύτερη επίδοση από τους μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με την ανατροπή ,την αναλογία ή και τα δύο μαζί σε σχέση με αυτούς που διάβασαν το αρχικό.

β) Ότι οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με ανατροπή , με αναλογία ή και τα δύο μαζί θα ανακαλούσαν καλύτερα τα κείμενα κάνοντας και λιγότερες στρεβλώσεις του νοήματος σε σχέση με αυτούς που διάβασαν το αρχικό, και



γ) Ότι συνολικά στις ερωτήσεις κατανόησης θα είχαμε καλύτερη επίδοση των μαθητών που διάβασαν τα κείμενα με ανατροπή και αναλογία ή και τα δύο μαζί σε σχέση με αυτούς που διάβασαν το αρχικό. Επιπλέον σε συγκεκριμένες ερωτήσεις κατανόησης θα είχαμε διαφοροποίηση στις απαντήσεις των μαθητών ανάλογα με τα κείμενα που διάβασαν.

Πιο συγκεκριμένα περιμένουμε ότι οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με ανατροπή θα έχουν καλύτερη επίδοση στη 2η ερώτηση κατανόησης σε σχέση με τους υπόλοιπους. Αυτό γιατί, όταν φτάνουν στο σημείο του κειμένου που βρίσκεται η απάντηση, ήδη έχουν διαβάσει την ανατροπή και επομένως έχοντας ανατρέψει κοινή τους παρανόηση θα έχουν μπορέσει να ενσωματώσουν καλύτερα τη νέα πληροφορία. Αντίθετα δεν έχουν ακόμη διαβαστεί το δεύτερο παράδειγμα που χρησιμοποιείται στην αναλογία και η αναλογία. Ακόμη οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με ανατροπή θα απαντήσουν καλύτερα στην ερώτηση 3Α γιατί η κατάσταση που παρουσιάζεται σε αυτή είναι αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην ανατροπή.

Οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία υποθέσαμε ότι θα έχουν καλύτερη επίδοση στην ερώτηση 3Β γιατί χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη κατάσταση στην αναλογία. Ακόμη περιμένουμε καλύτερη επίδοση στις ερωτήσεις 3Γ , 3Δ των οποίων οι απαντήσεις απαιτούν συμπερασμό και δε βρίσκονται μέσα στα κείμενα γιατί με την αναλογία η νέα αντιδραστική πληροφορία παρουσιάζεται μέσα από έναν οικείο σε αυτούς μηχανισμό και γίνεται έτσι πιο κατανοητή.

## Αποτελέσματα

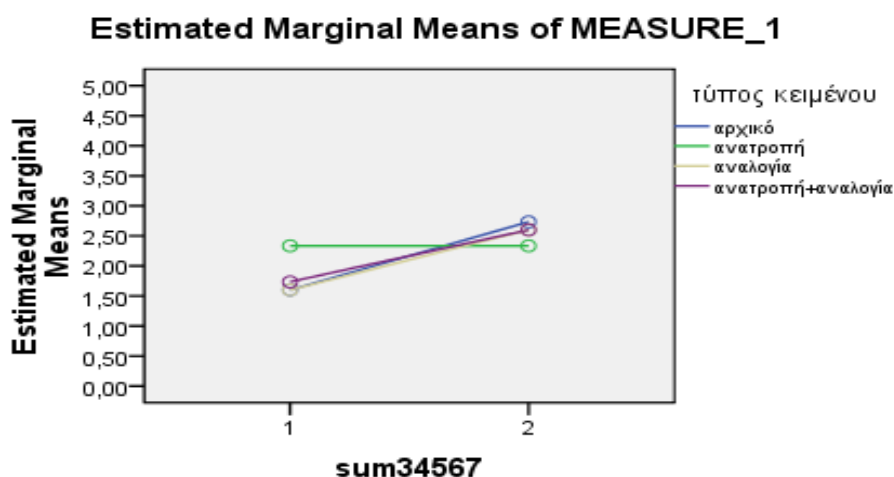
### *Σύγκριση προ και μεταελέγχου*

Υποθέσαμε ότι θα έχουμε σημαντική βελτίωση στις ερωτήσεις του μεταελέγχου

σε σχέση με το προέλεγχο , που αναφέρονται στο N3 , με καλύτερη επίδοση των μαθητών που διάβασαν τα κείμενα που περιείχαν ανατροπή , αναλογία ή και τα δύο μαζί σε σχέση με αυτούς που διάβασαν το αρχικό κείμενο.

Βαθμολογήσαμε με 1 τη σωστή απάντηση και 0 κάθε άλλη, όπως γίνεται συνήθως στις έρευνες που χρησιμοποιούν τις ερωτήσεις του FMCE (Δε συμπεριλάβαμε στη βαθμολογία την ερώτηση 8 που αναφερόταν στο N3 και δόθηκε σε ανοικτή μορφή). Αναλυτικά οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε ερώτηση του προ-μεταελέγχου βρίσκονται στο παράρτημα Β.

Κάνοντας ANOVA επαναληπτικών μετρήσεων με εντός υποκειμένων εξαρτημένη μεταβλητή τη συνολική βαθμολογία στις ερωτήσεις 3, 4, 5, 6, 7 (Sum34567) και μεταξύ υποκειμένων ανεξάρτητο παράγοντα τα τέσσερα κείμενα βρήκαμε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση των κειμένων  $F(1, 56) = 12,003$   $p = 0,001$  αλλά όχι στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση  $F(3, 56) = 1,397$   $p = .253$  (Γράφημα 1)



Σχήμα 1. Μέση βαθμολογία των μαθητών στις ερωτήσεις 3,4,5,6,7 του προελέγχου(1) και μεταελέγχου(2)

Η μέση βαθμολογία στους μαθητές που διάβασαν το κείμενο με ανατροπή έμεινε

αμετάβλητη ( $M=2,33$ ), ενώ κάνοντας t-test εξαρτημένων δειγμάτων βρήκαμε οριακά μη σημαντική μεταβολή για το κείμενο με αναλογία & ανατροπή  $t(14)=-1,653$   
 $p=0,06$ .

Στο πίνακα 1 φαίνονται οι μέσες βαθμολογίες των μαθητών ανά κείμενο στο προέλεγχο (στήλες με τίτλο pre) και στο μεταέλεγχο (στήλες με τίτλο post) στις πέντε αυτές ερωτήσεις.

Πίνακας 1

*Πίνακας με μέσες βαθμολογίες των μαθητών στο προέλεγχο(pre) και μεταέλεγχο(post)*

Τύπος κειμένου	M		SD		N
	pre	post	pre	post	
Αρχικό	1,6	2,73	1,12	2,12	15
Ανατροπή	2,33	2,33	1,59	1,8	15
Αναλογία	1,6	2,6	0,83	1,68	15
Ανατροπή+Αναλογία	1,73	2,6	1,44	2,06	15
Σύνολο	1,82	2,57	1,28	1,88	60

### *Ανάκληση*

Δύο μέρες μετά τον προέλεγχο δόθηκαν στους μαθητές να διαβάσουν τα κείμενα με τις εξής οδηγίες “Θα πάρετε ένα κείμενο το οποίο αναφέρεται στο τρίτο νόμο του Νεύτωνα και σας παρακαλώ να το διαβάσετε πολύ προσεκτικά γιατί στη συνέχεια, θα σας ζητήσω να γράψετε αυτά που θυμάστε από αυτό όσο πιο καλά μπορείτε, καθώς και να απαντήσετε σε ερωτήσεις με βάση αυτό το κείμενο. Γράψτε το όνομά σας στην αρχή”.

Αφού διάβασαν τα κείμενα οι μαθητές, και πριν τη γραπτή ανάκληση τους, δόθηκαν οι εξής οδηγίες “Γράψτε στο χαρτί που θα πάρετε ότι θυμάστε από το κείμενο προσπαθώντας να είστε όσο το δυνατό πιο πιστοί σε αυτό. Γράψτε το όνομά σας στην

*αρχή”*

Υπόθεσή μας είναι ότι, οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία, ανατροπή ή και τα δύο μαζί, θα τα ανακαλούσαν καλύτερα από αυτούς που διάβασαν το αρχικό, κάνοντας ταυτόχρονα λιγότερες στρεβλώσεις του νοήματος (που να παραπέμπουν σε κάποια παρανόηση).

Για να ποσοτικοποιήσουμε την ανάκληση των μαθητών χωρίσαμε τα κείμενα σε μονάδες πληροφορίας (idea units). Μια μονάδα πληροφορίας μπορεί να είναι μια πρόταση αποτελούμενη από ένα υποκείμενο, ρήμα, αντικείμενο, ή ένα επίθετο που διευκρινίζει κάποια συγκεκριμένη ιδιότητα. Οι μεγάλες προτάσεις χωρίστηκαν σε περισσότερες μονάδες πληροφορίας για να γίνει διάκριση μεταξύ διαφορετικού είδους πληροφορίας. Έτσι ο αριθμός τους για το αρχικό κείμενο είναι 60, για το κείμενο με ανατροπή 65, για το κείμενο με αναλογία 85 και για το κείμενο με ανατροπή και αναλογία 92.

Στο πίνακα 2 φαίνονται τα % ποσοστά των ανακληθέντων μονάδων πληροφορίας ανά κείμενο.

Πίνακας 2

*Ποσοστά ανακληθέντων μονάδων πληροφορίας ανά κείμενο*

Τύπος κειμένου	M	SD	N
Αρχικό	46,89	13,93	15
Ανατροπή	43,79	16,47	15
Αναλογία	36,63	11,22	15
Ανατροπή+Αναλογία	39,2	14,86	15

Κάνοντας ANOVA μονής κατεύθυνσης με ανεξάρτητη μεταβλητή το ποσοστό των ανακληθέντων μονάδων και ανεξάρτητο, μεταξύ υποκειμένων, παράγοντα το

είδος κειμένου, δε βρήκαμε διαφορά μεταξύ των κειμένων  $F(3, 56)=1,559$   $p=0,210$ .

Στη συνέχεια (πίνακας 3 ) παρουσιάζουμε τα αντίστοιχα ποσοστά που αναφέρονται όμως στις κοινές μονάδες των τεσσάρων κειμένων που είναι 58 συνολικά (το σύνολο περίπου των μονάδων του αρχικού κειμένου)

Πίνακας 3

*Ποσοστό κοινών ανακληθέντων μονάδων πληροφορίας ανα κείμενο*

Τύπος κειμένου	M	SD	N
Αρχικό	47,59	14,11	15
Ανατροπή	44,94	16,43	15
Αναλογία	44,71	15,08	15
Ανατροπή+Αναλογία	48,39	16,8	15
Σύνολο	46,41	15,32	60

Παρατηρούμε ότι έχουμε πάρα πολύ “κοντινά” ποσοστά κοινών ανακληθέντων μονάδων.

Κάνοντας ANOVA μονής κατεύθυνσης με ανεξάρτητη μεταβλητή τον αριθμό των κοινών ανακληθέντων μονάδων και ανεξάρτητο, μεταξύ υποκειμένων, παράγοντα τα τέσσερα κείμενα, βρήκαμε ότι δε προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις μεταξύ των κειμένων  $F(3, 56)= 0,211$   $p=0,888$ .

Σε ότι αφορά τις στρεβλώσεις, δε παρατηρήθηκαν κάποιες που να παραπέμπουν σε κάποια παρανόηση σε σχέση με το N3. Δηλαδή δεν είχαμε στρεβλώσεις του νοήματος. Είχαμε όμως αρκετές “λεκτικές” στρεβλώσεις οι οποίες είχαν να κάνουν με το “σύστημα” βάρκα–κουπιά–κωπηλάτης. Έτσι για παράδειγμα κάποια παιδιά αναφέρθηκαν στο “νερό που ασκεί δύναμη στη βάρκα” ή στο “κωπηλάτη που σπρώχνει τη βάρκα”. Αυτά δείχνουν ότι το συγκεκριμένο “σύστημα” που

χρησιμοποιήσαμε στην ανατροπή, και βρίσκεται ως παράδειγμα στο σχολικό βιβλίο, είναι αρκετά πολύπλοκο και ίσως δημιούργησε προβλήματα στα παιδιά.

Σε σχέση με τους μαθητές που διάβασαν τα δύο κείμενα που περιείχαν αναλογία αξίζει να σημειωθεί ότι 4 από αυτούς έκαναν λόγο για το ότι όταν ασκούμε με το χέρι μας δύναμη στο ελατήριο τότε και αυτό ασκεί στο χέρι μας (π.χ «*όταν βάζουμε το χέρι μας στο ελατήριο τότε αυτό προσπαθεί να το απωθήσει και να ανοίξει*»), ενώ 6 έγραψαν ότι αν τοποθετήσουμε το βιβλίο πάνω στο ελατήριο και ασκήσουμε δύναμη με το χέρι μας στο ελατήριο τότε και το ελατήριο θα ασκήσει δύναμη στο βιβλίο (π.χ «*όταν βάλουμε το βιβλίο πάνω σε ένα ελατήριο και το πιέσουμε με το χέρι μας τότε και το βιβλίο θα ασκεί δύναμη στο ελατήριο αλλά και το ελατήριο θα ασκεί στο βιβλίο δύναμη*»). Στο κείμενο δε γίνεται άμεσα λόγος για χέρι πάνω σε ελατήριο αλλά για “..κάτι ελαστικό όπως το ελατήριο”. Να θυμίσουμε ότι οι Clement , Brown , Zietsman (1989) μετά έρευνά τους βρήκαν ότι το χέρι στο ελατήριο αποτελεί “άγκυρα”. Επιπλέον και τα δύο αποτέλεσαν “γέφυρα” σε διδακτική συνέντευξη Clement , Brown (1989).

#### *Ερωτήσεις κατανόησης*

Αφού οι μαθητές ολοκλήρωσαν τη γραπτή ανάκληση , τους δόθηκαν ερωτήσεις κατανόησης του κειμένου για να τις απαντήσουν. Οι οδηγίες που δόθηκαν ήσαν οι εξής “*Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις με βάση το κείμενο που διαβάσατε. Γράψτε το όνομά σας στην αρχή*”

Υπόθεσή μας ήταν ότι, συνολικά οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία, ανατροπή ή και με τα δύο μαζί, θα είχαν καλύτερη επίδοση στις ερωτήσεις κατανόησης από ότι αυτοί που διάβασαν το αρχικό κείμενο. Επιπλέον υπόθεσή μας

είναι ότι σε συγκεκριμένες ερωτήσεις η επίδοση των μαθητών θα ήταν διαφοροποιημένη ανάλογα με το κείμενο που διάβασαν.

Για τη ποσοτική ανάλυση των απαντήσεων οι σωστές απαντήσεις βαθμολογήθηκαν με 1 και οι λάθος με μηδέν. Επειδή η ανατροπή αλλά και η αναλογία εστίαζαν στην αλληλεπίδραση και όχι στην ισότητα μέτρων ως σωστή βαθμολογήθηκε κάθε απάντηση που αναγνώριζε αλληλεπίδραση μεταξύ των σωμάτων ανεξάρτητα από οποιαδήποτε αναφορά σε μέτρα (ίσα ή όχι). Κάτι ακόμα που μας έκανε να μη δώσουμε βαρύτητα στην αναφορά σε ίσα μέτρα είναι το ότι πιστεύουμε πως πολλοί μαθητές ενώ γνωρίζουν πως τα μέτρα είναι ίσα, δε το αναφέρουν. (Στο παράρτημα Γ βρίσκονται οι πίνακες με τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις κατανόησης).

Στο πίνακα 4 που ακολουθεί παραθέτουμε τη συνολική βαθμολογία στις ερωτήσεις κατανόησης χωρίς την ερώτηση 3E. Η ερώτηση 3E είναι παρόμοια με την ερώτηση 8 του προελέγχου, μόνο που δε γίνεται αναφορά στις μάζες των πατινέρ. Και εδώ είχαμε μεγάλο αριθμό σωστών απαντήσεων (πίνακας με απαντήσεις στο παράρτημα Γ). Συγκεκριμένα 42 μαθητές αναφέρθηκαν σε αλληλεπίδραση μεταξύ άνδρα και γυναίκας είτε κάνοντας αναφορά σε ίσα μέτρα είτε χωρίς αναφορά σε ίσα μέτρα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στα κείμενα αλλά, μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι, η συγκεκριμένη κατάσταση, ειδικά όπως παρουσιάζεται στην εικόνα, δε κάνει κάποια αναφορά σε μάζες (στην εικόνα οι δύο άνθρωποι φαίνονται να έχουν τις ίδιες διαστάσεις) και επιπλέον τα παιδιά έχουν μεγαλύτερη εμπειρία από τέτοιου είδους ωθήσεις (από τα παιχνίδια τους) γεγονός που καθιστά ευκολότερη την κατανόηση της κατάστασης. Αυτό το τελευταίο είναι που μας έκανε να μη συμπεριλάβουμε τη τελευταία ερώτηση στη συνολική βαθμολογία των ερωτήσεων

κατανόησης.

#### Πίνακας 4

*Μέση βαθμολογία στις ερωτήσεις κατανόησης ανα κείμενο*

Τύπος κειμένου	M	SD	N
Αρχικό	5,13	0,99	15
Ανατροπή	4,73	1,44	15
Αναλογία	5,33	1,23	15
Ανατροπή+Αναλογία	5,2	0,94	15

Εκείνο που μπορούμε να πούμε είναι ότι η βαθμολογία είναι υψηλή και ανεξάρτητα κειμένου με μικρή υπεροχή των κειμένων με αναλογία.

Κάνοντας ANOVA μονής κατεύθυνσης, με εξαρτημένη μεταβλητή τη συνολική βαθμολογία στις ερωτήσεις κατανόησης και ανεξάρτητο παράγοντα τα τέσσερα κείμενα, δε βρήκαμε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση των ομάδων  $F(3, 56)=0,522$   $p=0,669$ .

Βέβαια, όπως ήδη είπαμε, έχουμε υποθέσεις και για απαντήσεις σε συγκεκριμένες ερωτήσεις ανάλογα με τα κείμενα που διάβασαν οι μαθητές, κάτι που έχει μεγαλύτερη σημασία για την ανάλυσή μας.

Έτσι για τη δεύτερη ερώτηση (σωστού-λάθους) που ρωτούσε αν οι δύο δυνάμεις δράση- αντίδραση εφαρμόζονται σε διαφορετικά σώματα, υποθέσαμε ότι οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με ανατροπή θα είχαν καλύτερη επίδοση. Αυτό γιατί η απάντηση βρίσκεται στο μέρος του κειμένου μετά την ανατροπή και πριν αναφερθεί το παράδειγμα με το βιβλίο πάνω στο τραπέζι που χρησιμοποιήθηκε και στην αναλογία. Στο πίνακα 5 φαίνονται οι απαντήσεις των μαθητών καθώς και τα ποσοστά τους



Πίνακας 5

*Πίνακας με τις απαντήσεις στη δεύτερη ερώτηση για κείμενα με και χωρίς ανατροπή*

Απάντηση	Ανατροπή	Χωρίς Ανατροπή	Σύνολο
ΝΑΙ	23	26	49
ΟΧΙ	7	4	11
Σύνολο	30	30	60

Κάνοντας χρήση του κριτηρίου  $\chi^2$  δε βρήκαμε εξάρτηση της επίδοσης από το κείμενο  $\chi^2(1)=1,002$   $p=.159$  (1-tailed).

Για την ερώτηση 3Α, που ζητούσε να περιγραφούν οι δυνάμεις που φαίνονται στην εικόνα με τη βάρκα, τα κουπιά, τους κωπηλάτες (υπάρχει στο κείμενο) και χρησιμοποιήθηκε για την ανατροπή, υποθέσαμε ότι οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με ανατροπή θα είχαν καλύτερη επίδοση (σε ότι αφορά την αλληλεπίδραση κουπιών – νερού που αναφέρεται στο κείμενο). Στο πίνακα 6 φαίνονται οι απαντήσεις και οι συχνότητές τους.

Πίνακας 6

*Πίνακας με απαντήσεις στην ερώτηση 3Α για κείμενα με και χωρίς ανατροπή*

Απάντηση	Ανατροπή	Όχι ανατροπή	N
Δράση-Αντίδραση (Κουπί-νερό)	17	9	26
Άλλο	13	21	34
Σύνολο	30	30	60

Το κριτήριο  $\chi^2$  μας δείχνει εξάρτηση της επίδοσης από το κείμενο  $\chi^2(1)=4,344$   $p<.05$ .

Για την ερώτηση 3Β που ζητούσε να γίνει περιγραφή των δυνάμεων μεταξύ του τραπέζιου και του βιβλίου που βρίσκεται στο κείμενο και χρησιμοποιήθηκε στην

αναλογία υποθέσαμε ότι οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία θα είχαν καλύτερη επίδοση. Στο πίνακα 7 φαίνονται οι απαντήσεις και οι συχνότητές τους.

Πίνακας 7

*Πίνακας με απαντήσεις στην ερώτηση 3B για κείμενα με και χωρίς αναλογία*

Απάντηση	Όχι Αναλογία	Αναλογία	Σύνολο
Δράση – αντίδραση (βιβλίο – τραπέζι)	28	28	56
Άλλο	2	2	3
Σύνολο	30	30	60

Προφανώς η επίδοση ήταν καλή και ανεξάρτητα κειμένου. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο σύστημα (βιβλίο-τραπέζι) είναι πολύ πιο απλό σε σχέση με εκείνο της ερώτησης με τη βάρκα και τους κωπηλάτες.

Για τις ερωτήσεις 3Γ , 3Δ των οποίων οι απαντήσεις δε βρίσκονται στο κείμενο υποθέσαμε ότι οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία θα είχαν καλύτερη επίδοση μιας και η αναλογία θα βοηθούσε στη καλύτερη κατανόηση του Ν3 και της αλληλεπίδρασης. Στο πίνακα 8 παραθέτουμε τη μέση βαθμολογία στις δύο αυτές ερωτήσεις

Πίνακας 8

*Πίνακας με μέση βαθμολογία στις ερωτήσεις 3Γ, 3Δ για κείμενα με και χωρίς αναλογία*

Τύπος Κειμένου	M	SD	N
Με Αναλογία	1,53	0,73	30
Χωρίς Αναλογία	1,77	0,57	30

Κάνοντας t-test ανεξάρτητων δειγμάτων με εξαρτημένη μεταβλητή τη βαθμολογία σε αυτές τις δύο ερωτήσεις και μεταξύ ομάδων παράγοντα την αναλογία (κείμενα με και χωρίς αναλογία) βρήκαμε μη σημαντική διαφορά στην επίδοση

$t(58)=1,381$   $p=.09$  (αν και αρκετά κοντά στη στατιστική σημαντικότητα).

Να σημειωθεί ότι ελάχιστη αναφορά άλλων δυνάμεων γίνεται εκτός αυτών της αλληλεπίδρασης. Έτσι στη 3Α μόνο δύο μαθητές αναφέρθηκαν σε βαρυτική δύναμη (ένας στη βαρυτική που ασκείται στη βάρκα και ο άλλος γενικά σε βαρυτική χωρίς να αναφέρει σε πιο σώμα). Ακόμη τρεις αναφέρθηκαν σε κινητική δύναμη.

Στην ερώτηση 3B 8 μαθητές αναφέρθηκαν σε βαρυτική δύναμη (που ασκεί το βιβλίο στο τραπέζι).

Στη 3Γ (σύγκρουση ακίνητου φορτηγού με κινούμενο αυτοκίνητο μικρότερης μάζας) μόνο 4 μαθητές αναφέρονται σε βαρυτική δύναμη (χωρίς να διευκρινίζουν σε ποιο σώμα), 3 αναφέρονται σε κινητική δύναμη αλλά μόνο ένας με συγκεκριμένο τρόπο (δύναμη από το αυτοκίνητο στο φορτηγό γιατί κινείται).

### *Μεταέλεγχος*

Αφού οι μαθητές ολοκλήρωσαν τις απαντήσεις στις ερωτήσεις κατανόησης, τους δόθηκαν οι ερωτήσεις του μεταελέγχου με τις εξής οδηγίες : *«Θέλω τώρα να απαντήσετε με προσοχή στις επόμενες ερωτήσεις. Γράψτε το όνομά σας στην αρχή».*

Οι ερωτήσεις ήταν οι ίδιες με αυτές που δόθηκαν στο προέλεγχο και βαθμολογήθηκαν με τον ίδιο τρόπο.

Στο πίνακα 9 φαίνονται οι απαντήσεις με τα ποσοστά τους στις δύο πρώτες ερωτήσεις (που όπως είπαμε αναφέρονται στους δύο πρώτους Νόμους). Οι στήλες με τίτλο pre περιέχουν τα ποσοστά στο προέλεγχο ενώ οι στήλες με τίτλο post τα αντίστοιχα ποσοστά στο μεταέλεγχο

## Πίνακας 9

*Πίνακας με απαντήσεις και ποσοστά τους στις ερωτήσεις 1 και 2 του προ-μεταελέγχου*

Ερώτηση	Σωστή		Δύναμη ανάλογη της ταχύτητας		Άλλο	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1 <sup>η</sup> (N2)	26,7	30	46,7	45	26,7	25
2 <sup>η</sup> (N1)	10	16,7	66,7	58,3	23,3	25

Στη κατηγορία «Δύναμη ανάλογη της ταχύτητας» τοποθετήθηκαν οι μαθητές που στη 1<sup>η</sup> ερώτηση απάντησαν ότι για να κινείται ένα έλκηθρο στο πάγο (χωρίς τριβή) προς τα δεξιά με σταθερά αυξανόμενη ταχύτητα, απαιτείται μια σταθερά αυξανόμενη σε μέτρο δύναμη (με φορά προς τα δεξιά) , ενώ στη 2<sup>η</sup> ερώτηση ότι χρειάζεται μια δύναμη σταθερού μέτρου (με φορά προς τα δεξιά) για να κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν και στο μεταέλεγχο , πόσο ισχυρή είναι η παρανόηση σε μαθητές αυτής της ηλικίας ότι *η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας που παραπέμπει στο «impetus»*.

Να σημειώσουμε ότι δε περιμέναμε κάποια ουσιαστική μεταβολή σε αυτές τις δύο ερωτήσεις εφόσον δε γίνεται κάποια νύξη στους δύο πρώτους νόμους στα κείμενα.

Στο πίνακα 10 που ακολουθεί φαίνονται οι απαντήσεις των μαθητών και τα ποσοστά τους στις ερωτήσεις 3,4,5,6 και 7 (που αφορούν το N3). Στις στήλες με τίτλο pre είναι τα ποσοστά που πήραμε στο προέλεγχο , ενώ στις στήλες με τίτλο post τα ποσοστά που πήραμε στο μεταέλεγχο.

Πίνακας 10

*Πίνακας με απαντήσεις και ποσοστά τους στις ερωτήσεις 3,4,5,6,7 του προ-μεταελέγχου*

Ερώτηση	Σωστή		Και τα δύο ασκούν δύναμη αλλά το ένα μεγαλύτερη		Δεν ασκείται δύναμη		Μόνο δράση		Άλλο	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Ερώτηση 3η	31,7	55	50	20	6,7	8,3	1,7	5	10	11,7
Ερώτηση 4η	26,7	50	45	33,3	6,7	5	1,7	1,7	20	10
Ερώτηση 5η	21,7	45	43,3	26,7	10	8,3	1,7	5	23,3	15
Ερώτηση 6η	73,7	71,7	8,3	5	10	5	0	10	10	8,3
Ερώτηση 7η	28,3	35	36,7	40	1,7	1,7	8,3	8,3	20	15

Στις ερωτήσεις αυτές έχουμε αύξηση του αριθμού των σωστών απαντήσεων (με εξαίρεση την 6<sup>η</sup>) σε σχέση με το προέλεγχο. Φαίνεται ακόμη ότι μειώθηκε ο αριθμός αυτών που θεωρούν ότι και τα δύο ασκούν δύναμη αλλά το ένα μεγαλύτερη. Στην ερώτηση 3 από τους 12 που θεωρούν ότι και τα δύο ασκούν αλλά το ένα μεγαλύτερη δύναμη, οι 11 πιστεύουν πως αυτό είναι το φορτηγό (στο προέλεγχο 27 από 30). Εκείνο το οποίο είναι πιθανό να συμβαίνει σε αυτή την ερώτηση, είναι το ότι επειδή οι ταχύτητες των δύο οχημάτων είναι ίσες, οι μαθητές χρησιμοποιούν το χαρακτηριστικό της μάζας για να επιλέξουν την απάντησή τους. Αυτό βέβαια δε σημαίνει ότι γενικά η μάζα έχει μεγαλύτερη βαρύτητα για την επιλογή απάντησης. Αυτό φαίνεται από τις απαντήσεις στις επόμενες δύο ερωτήσεις. Στη 4<sup>η</sup> οι 15 από τους 20 θεωρούν ότι το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη (18 από 27 στο

προέλεγχο) και στη 5<sup>η</sup> οι 8 από τους 16 πάλι πιστεύουν ότι το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη (17 από 26 στο προέλεγχο). Από τις επιλογές των μαθητών στο μεταέλεγχο φαίνεται, εκτός από τη βελτίωση σε ότι αφορά τις σωστές απαντήσεις, ότι κυρίαρχο χαρακτηριστικό για τις υπόλοιπες επιλογές τους παραμένει η ταχύτητα (όπως και στο προέλεγχο). Δηλαδή έχουμε το «impetus» πολύ ισχυρό και μετά την ανάγνωση των κειμένων

Στην ερώτηση 6 είχαμε πάλι εξίσου μεγάλο αριθμό σωστών απαντήσεων με αυτό του προελέγχου. Συγκεκριμένα 43 (έναντι 44 του προελέγχου) απάντησαν σωστά. Φαίνεται ο αριθμός αυτών που απαντούν «σωστά» σε αυτή την ερώτηση να πιάνει το «άνω όριο του» από το προέλεγχο και να μη μεταβάλλεται μετά την ανάγνωση. Στην ερώτηση 7 είχαμε βελτίωση του αριθμού των σωστών απαντήσεων σε σχέση με το προέλεγχο (22 έναντι 17) αλλά μικρή μεταβολή του αριθμού αυτών που θεωρούν ότι και τα δύο ασκούν δύναμη αλλά το ένα μεγαλύτερη (23 έναντι 22) εκ των οποίων οι περισσότεροι (21) το αυτοκίνητο. Συνολικά 18 μαθητές (30%) απάντησαν σωστά και στις 5 αυτές ερωτήσεις (έναντι 5 στο προέλεγχο). (Στο παράρτημα Β φαίνονται οι πίνακες με τις συχνότητες απαντήσεων στις ερωτήσεις 3, 4, 5, 6, και 7 (στήλες με τίτλο PRE για προέλεγχο και POST για μεταέλεγχο)).

Το μέγιστο συνολικό σκορ στις ερωτήσεις 3, 4, 5, 6 και 7 είναι το 5 και το ελάχιστο μηδέν.

Στο πίνακα 11 φαίνεται η μέση συνολική βαθμολογία  $S_{34567}$  ανά ομάδα κειμένου που πέτυχαν οι μαθητές στις ερωτήσεις αυτές στο μεταέλεγχο

## Πίνακας 11

Πίνακας με μέση συνολική βαθμολογία ανα κείμενο στις ερωτήσεις 3,4,5,6,7 του μεταελέγχου

Τύπος κειμένου	M	SD	N
Αρχικό	2,73	2,12	15
Ανατροπή	2,33	1,80	15
Αναλογία	2,6	1,68	15
Ανατροπή+Αναλογία	2,6	2,06	15
Σύνολο	2,57	1,88	60

Κάνοντας ANOVA με εξαρτημένη μεταβλητή τη βαθμολογία  $S_{34567}$  σε αυτές τις ερωτήσεις και ανεξάρτητο παράγοντα τα τέσσερα κείμενα, δε βρήκαμε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση των ομάδων  $F(3, 56)=0,114$   $p=0,952$ .

Στην ερώτηση 8 (που δε συμπεριλάβαμε στη συνολική βαθμολογία) είχαμε μεγάλη αύξηση του αριθμού των σωστών απαντήσεων (23 από 6 στο προέλεγχο). Στο προέλεγχο είχαμε κάποιες απαντήσεις σε αυτή την ερώτηση που τις τοποθετήσαμε σε κατηγορία που ονομάσαμε «Επιστρεφόμενη δύναμη στο Γιώργο». Οι μαθητές που τοποθετήθηκαν σε αυτή φάνηκε να πιστεύουν με βάση τις απαντήσεις τους ότι η δύναμη που ασκεί ο Γιώργος με τα πέλματά του στα γόνατα του Γιάννη ανακλάται κατά κάποιο τρόπο και επιστρέφει στο Γιώργο. Για παράδειγμα η Κατερίνα είπε «Τα πόδια του Γιώργου ασκούν κινητική δύναμη στα γόνατα του Γιάννη εφόσον εκείνος θα κινηθεί με τη πολυθρόνα του και η βαρύτητα του σώματος του Γιάννη αλλά και η δύναμη από τα πόδια του Γιώργου θα κάνουν να κινηθεί η πολυθρόνα (μαζί με το Γιάννη). Όμως όταν ο Γιώργος σπρώχνει με τα πόδια του προς τα δεξιά η δύναμη γυρίζει πίσω του και έτσι κινείται και η πολυθρόνα του.» Η συγκεκριμένη κατηγορία

απαντήσεων σχεδόν εξαλείφθηκε στο μεταέλεγχο (1 από 8 στο προέλεγχο).

### Συζήτηση

Με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα και σε σχέση με τις υποθέσεις μας προχωράμε στη συζήτησή τους.

Στην ερώτηση κατανόησης 3Α είχαμε, όπως υποθέσαμε, σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό σωστών απαντήσεων από τους μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με ανατροπή. Αυτό δείχνει ότι αυτοί κατανόησαν καλύτερα το παράδειγμα με τα κουπιά τη βάρκα και τους κωπηλάτες καθώς και τις δυνάμεις αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο νερό και τα κουπιά. Αυτό γίνεται ακόμα πιο αξιοσημείωτο, αν λάβουμε υπόψη μας τη πολυπλοκότητα του συγκεκριμένου συστήματος, όπως αυτή φάνηκε στην ανάκληση, μιας και τα περισσότερα «λεκτικά» λάθη των μαθητών είχαν πηγή το συγκεκριμένο παράδειγμα. Εκείνο που κάνει ακόμη πιο αξιοσημείωτο το συγκεκριμένο αποτέλεσμα είναι ότι η αλληλεπίδραση ανάμεσα στο νερό και τα κουπιά αναφερόταν ρητά και στα τέσσερα κείμενα. Παρόλα αυτά φαίνεται ότι οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με ανατροπή εστίασαν περισσότερο σε αυτή την αλληλεπίδραση. Ίσως μια πιο “τεχνική” έρευνα σαν αυτή των Kendeou & Van Den Broek (2007) όπου οι συμμετέχοντες θα εξέφραζαν μεγαλόφωνα τη σκέψη τους και θα γινόταν καταγραφή του χρόνου ανάγνωσης σε συγκεκριμένες προτάσεις, να έριχνε περισσότερο φως στο συγκεκριμένο θέμα.

Στην ερώτηση κατανόησης 3Β, που περιμέναμε καλύτερη επίδοση των μαθητών που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία, δεν επιβεβαιωθήκαμε. Φάνηκε ότι το σύνολο σχεδόν των μαθητών δέχτηκε τις δυνάμεις αλληλεπίδρασης. Το πιο πιθανό είναι ότι το σύστημα βιβλίο-τραπέζι είναι πιο απλό και έτσι έγινε πιο κατανοητή η απάντηση



(που παρουσιαζόταν σε όλα τα κείμενα) από τους μαθητές. Εξάλλου και η διδακτική παρέμβαση του Minstrell (1982), αλλά και η “διδακτική συνέντευξη” των Brown , D. , Clement , J. (1989) με το φοιτητή καθώς και η διδακτική παρέμβαση του Clement , J. (1993) φαίνεται ότι οδηγούν τους μαθητές να κατανοήσουν τις δυνάμεις αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο τραπέζι και το βιβλίο.

Στις ερωτήσεις κατανόησης 3Γ, 3Δ βρήκαμε, όπως αναμέναμε από τις υποθέσεις μας, καλύτερη επίδοση των μαθητών που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία, που δεν ήταν μεν στατιστικά σημαντική αλλά βρισκόταν κοντά στο όριο της στατιστικής σημαντικότητας. Δεδομένου ότι, οι απαντήσεις αυτών δε βρίσκονται στα κείμενα και απαιτούν συμπερασμό από το μέρος των μαθητών, δείχνει ότι οι μαθητές αυτοί κατανόησαν καλύτερα τη νέα πληροφορία και την ενσωμάτωσαν στην υπάρχουσα γνώση τους. Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με ευρήματα προηγούμενων ερευνών (Vosniadou et al. 2007 ; Vosniadou et al. 2009 ; Glynn, Takahashi 1998 ; Clement, J 1998). Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία σχημάτισαν καλύτερο μοντέλο κατάστασης όπως το ονομάζει ο Kintsch (1988).

Συνολικά στις ερωτήσεις κατανόησης είχαμε πολύ καλή επίδοση των μαθητών ανεξάρτητα κειμένου, αλλά και στις ερωτήσεις προ-μεταελέγχου είχαμε συνολικά σημαντική βελτίωση. Φαίνεται ότι και τα τέσσερα κείμενα “λειτούργησαν” αρκετά καλά στους συγκεκριμένους μαθητές. Στο κείμενο με ανατροπή δε παρατηρήθηκε κάποια μεταβολή στη βαθμολογία από το προέλεγχο στο μεταέλεγχο, αλλά ήδη οι μαθητές που διάβασαν το κείμενο αυτό είχαν αρκετά καλή βαθμολογία από το προέλεγχο. Στην έρευνα των Diakidoy et al. (2003), που πραγματοποιήθηκε σε μικρότερους βέβαια μαθητές, και βρέθηκε καλύτερη επίδοση αυτών που διάβασαν το

κείμενο με ανατροπή, η επίδοση γενικά ήταν χαμηλή και ανεξάρτητα συνθήκης.

Βέβαια , όπως φάνηκε από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στο προέλεγχο, οι περισσότεροι είχαν κάποια γνώση του N3 και ιδιαίτερα της ύπαρξης δυνάμεων αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων. Αυτό, παρόλο που οι συγκεκριμένοι μαθητές είχαν διδαχθεί ένα χρόνο πριν από την ημερομηνία διεξαγωγής της έρευνας το N3, ήταν κάτι που δε το αναμέναμε σε τέτοιο βαθμό. Δηλαδή περιμέναμε πολύ περισσότερους μαθητές που δε θα αναγνώριζαν δυνάμεις αλληλεπίδρασης. Αυτό, μαζί με το γεγονός ότι η ανατροπή αλλά και η αναλογία που χρησιμοποιήθηκαν στα κείμενα στόχευαν ακριβώς στη παρανόηση της μη ύπαρξης δυνάμεων αλληλεπίδρασης (και όχι στο ότι οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν την ισότητα των μέτρων αυτών των δυνάμεων), μας κάνει να πιστεύουμε ότι ήταν εμπόδιο στο να έχουμε καλύτερα ποσοτικά αποτελέσματα σε ότι έχει να κάνει με την επίδραση της ανατροπής και της αναλογίας. Για να γίνει πιο εμφανής η πρότερη γνώση των δικών μας μαθητών, ας τους συγκρίνουμε με τους μαθητές που συμμετείχαν σε εκείνη των Clement , Brown , Zietsman (1989) για την αναζήτηση “αγκυρών” και συγκεκριμένα στην ερώτηση αν ένας τοίχος ασκεί δύναμη στο δάκτυλό μας όταν τον σπρώχνουμε (ερώτηση κατανόησης 3Δ στη δική μας έρευνα). Μόνο το 22% των μαθητών αναγνώρισε δυνάμεις αλληλεπίδρασης με εμπιστοσύνη στην απάντησή τους στην έρευνα των ερευνητών αυτών, ενώ στη δική μας έρευνα το 83% των μαθητών αναγνώρισε τέτοιες δυνάμεις. Βέβαια στη δική μας έρευνα η απάντηση δόθηκε μετά την ανάγνωση των κειμένων. Παρόλα αυτά το ποσοστό είναι εντυπωσιακά υψηλό για να εξηγείται μόνο από την ανάγνωση των κειμένων.

Ένας ακόμη παράγοντας που σε συνδυασμό ιδιαίτερα με το προηγούμενο , μπορεί να μη βοήθησε , είναι ο μικρός αριθμός μαθητών (15 για κάθε κείμενο) που

έλαβαν μέρος στην έρευνα. Έτσι αν αντιδιαστείλουμε τη δική μας έρευνα με αυτή των Diakidou et al. (2003) όπου βρέθηκε καλύτερη επίδοση των μαθητών που διάβασαν το κείμενο με ανατροπή, έχουμε στη δική μας πολύ μικρότερο αριθμό συμμετεχόντων μαθητών με περισσότερη πρότερη γνώση.

Σε σχέση με την ανατροπή εκείνο που μπορεί επιπλέον να δημιουργήσει προβλήματα, είναι η πολυπλοκότητα του παραδείγματος που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή (κουπιά – κωπηλάτες – βάρκα) και το οποίο υπήρχε στο κείμενο του σχολικού βιβλίου που χρησιμοποιήσαμε ως βάση για τα δικά μας κείμενα. Αυτή η πολυπλοκότητα φάνηκε από τις “λεκτικές” στρεβλώσεις των μαθητών στην ανάκληση που όπως ήδη είπαμε είχαν πηγή το συγκεκριμένο παράδειγμα. Αυτό δείχνει επιπλέον, την ανάγκη σωστής επιλογής των παραδειγμάτων που χρησιμοποιούνται στα σχολικά βιβλία.

Σε ότι αφορά την αναλογία, τα αποτελέσματα συνηγορούν υπέρ της χρήσης της. Αυτό γιατί οι μαθητές που διάβασαν τα κείμενα με αναλογία (και τα δύο) είχαν γενικά καλύτερες επιδόσεις, αν και όχι σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο, από τους υπόλοιπους. Αλλά κυρίως είχαμε ένα θετικό ποιοτικό αποτέλεσμα σε σχέση με την αναλογία. Αυτό είναι οι αναφορές κάποιων μαθητών για χέρι πάνω σε ελατήριο ή σε χέρι πάνω σε βιβλίο που βρίσκεται πάνω σε ελατήριο, στις οποίες αναφερθήκαμε στο εδάφιο των αποτελεσμάτων. Αυτές δείχνουν ότι, όπως ο μαθητής στη διδακτική συνέντευξη των Brown , D. , Clement , J. (1989) στον οποίο παρουσιάστηκαν αυτές ως “γέφυρες” έτσι και οι μαθητές της έρευνάς μας ενεπλάκησαν σε αναλογική σκέψη και μάλιστα με πιο αυθεντικό τρόπο εφόσον μόνοι τους αναφέρθηκαν σε αυτές. Εκείνο που έκαναν ουσιαστικά αυτοί οι μαθητές είναι ότι προσπαθούσαν να κατανοήσουν την εγκυρότητα της αναλογίας.

Να πούμε επιπλέον ότι μεγάλη σημασία για την επιτυχία της αναλογίας την έχει η μεγάλη προηγούμενη έρευνα από μέρους των Minstrell (1982) , Brown , D. , Clement , J. (1989) αλλά και των Clement , Brown , Zietsman (1989) που τονίζει τη σημασία του να έχουμε μια καλή και βγαλμένη μέσα από έρευνα βάση για την αναλογία.

Σε σχέση με τις 5 ερωτήσεις του προ-μεταελέγχου που αναφέρονται στο N3 υπήρξε αύξηση του αριθμού των μαθητών που απάντησαν σωστά σε όλες στο μεταέλεγχο σε σχέση με το προέλεγχο (18 έναντι 5). Να υπενθυμίσουμε ότι σε αυτές τις ερωτήσεις, ακολουθώντας άλλους ερευνητές που χρησιμοποιούν το FMCE, θεωρήσαμε ως σωστές απαντήσεις, αυτές που αναγνωρίζουν την ισότητα μέτρων στις δυνάμεις αλληλεπίδρασης. Σε συνδυασμό τώρα με τη πρόταση των Smith , T . & Wittmann , M . (2008) ότι για να έχουμε βεβαιότητα ως προς το αν κατανόησαν οι μαθητές πρέπει να βλέπουμε τις απαντήσεις τους σε ομάδες ερωτήσεων (κάτι που αντιμετωπίζει, κατά κάποιο τρόπο, τη κριτική που άσκησαν οι Bao et al. 2002 στο FMCE και στην οποία αναφερθήκαμε στη βιβλιογραφική ανασκόπηση), ίσως μας οδηγήσει και εμάς να υποθέσουμε ότι οι μαθητές αυτοί κατανόησαν το N3. Εκείνο που μας προβληματίζει και μας κάνει επιφυλακτικούς στο να καταλήξουμε σε ένα τέτοιο συμπέρασμα για το δείγμα των μαθητών μας, είναι το σχεδόν αμετάβλητα υψηλό ποσοστό των απαντήσεων στις δύο πρώτες ερωτήσεις, που αναφέρονται στους δύο πρώτους νόμους, και οι οποίες απαντήσεις παραπέμπουν στη παρανόηση του «impetus» (5 μόνο μαθητές απάντησαν σωστά και στις δύο ερωτήσεις στο μεταέλεγχο). Βέβαια δε μπορούμε να περιμένουμε αύξηση των σωστών απαντήσεων μιας και στα κείμενα δε γίνεται κάποια νύξη στους δύο αυτούς νόμους αλλά θα περιμέναμε κάποια μετακίνηση προς τη κατηγορία «άλλο» στις απαντήσεις τους αν

πράγματι είχαν προβληματιστεί σε σχέση με το «impetus» κατανοώντας το N3 μετά την ανάγνωση των κειμένων. Φαίνεται να δημιουργείται μια κατάσταση όπου κάποια παιδιά, ενώ «απαλλάσσονται» από το «impetus» στις ερωτήσεις που αφορούν το N3, το διατηρούν ταυτόχρονα σε εκείνες που αφορούν τους N2 , N1. Ενδεχομένως αυτό να οφείλεται στην επίδραση των κειμένων και όχι σε κάποια πιο ουσιαστική (και σταθερότερη στο χρόνο) μεταβολή. Η έντονη βέβαια παρουσία του «impetus», στη πιο “σκληροπυρηνική” του μάλιστα μορφή, γίνεται φανερή ξεχωριστά και σε καθεμία από τις ερωτήσεις αυτές με βάση το ότι, όπως αναφέραμε στη παράγραφο των αποτελεσμάτων, εκείνο το οποίο λάμβαναν κυρίως υπόψη τους οι μαθητές στις απαντήσεις τους, ήταν η ταχύτητα των οχημάτων.

Αυτό το αποτέλεσμα έρχεται σε συμφωνία με προηγούμενη έρευνα των Ioannides, C. & Vosniadou , S (2002) σε Έλληνες μαθητές. Σε αυτή, οι μαθητές της ίδιας ηλικίας με αυτούς που έλαβαν μέρος στη δική μας έρευνα, κυρίαρχο είχαν το μοντέλο της “επίκτητης” δύναμης στο οποίο η δύναμη θεωρείται ιδιότητα του αντικειμένου.

Εκείνο βέβαια που πρέπει να μας προβληματίσει περισσότερο είναι το ότι τα περισσότερα παιδιά στις ερωτήσεις του μεταελέγχου και που αφορούν το N3 διατηρούν το «impetus» όπως φαίνεται μέσα από τις επιλογές απαντήσεών τους. Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με την έρευνα των Vosniadou, S. , Skopeliti, I (submitted) που αναφερθήκαμε στην βιβλιογραφική ανασκόπηση και σύμφωνα με την οποία η ανάγνωση του κειμένου όσο προσεκτικά και να είναι γραμμένο δεν είναι ικανή πάντα να εξαλείψει τις παρανοήσεις των μαθητών και να τους πείσει να αποδεχτούν το επιστημονικά σωστό μοντέλο.

## Συμπεράσματα – Προτάσεις

Από τη προηγούμενη συζήτηση φαίνεται ότι, ο N3 παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερα προβλήματα στη κατανόησή του από τους μαθητές από ότι συνήθως πιστεύεται, μερικές φορές, από κάποιους καθηγητές οι οποίοι τον θεωρούν πιο «εύκολο» από τους N2 και N1. Ακόμη φαίνεται ότι υπάρχει αρκετή πολυπλοκότητα στο να “διαγνωσθεί” αν οι μαθητές πράγματι έχουν κατανοήσει το N3. Αυτό κάνει πιο επιτακτικό από το μέρος των καθηγητών, να λαμβάνουν υπόψη τη πρότερη γνώση των μαθητών και τα προβλήματα που αυτή μπορεί να δημιουργεί στους μαθητές .

Ένα ακόμη σημείο που θα πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο περαιτέρω έρευνας είναι το πώς σχετίζεται η κατανόηση των N1, N2 με αυτή του N3. Όπως ήδη αναφέραμε, η κύρια σημασία του N3 είναι ότι, οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής του με άλλα σώματα και κατά συνέπεια όχι ιδιότητα του σώματος από μόνου του. Επομένως η κατανόησή του θα περιμέναμε αν όχι να απαλλάσσει τουλάχιστον να «υποψιάζει» τους μαθητές για το «impetus» και επομένως να τους βοηθάει στη καλύτερη κατανόηση των N2 , N1. Η έρευνά μας δείχνει ότι για τους μαθητές , τουλάχιστον αυτής της ηλικίας, η κατανόηση του N3 μπορεί να αποτελεί αναγκαία αλλά όχι ικανή συνθήκη από μόνη της για τη κατανόηση των N2, N1. Ακόμη θα πρέπει να διερευνηθεί η αντίστροφη πορεία (που αποτελεί συνήθως και τη σειρά που παρουσιάζονται οι τρεις νόμοι κατά τη διδασκαλία στα σχολεία), το πως δηλαδή η κατανόηση ή όχι των δύο πρώτων νόμων επιδρά στη κατανόηση του τρίτου νόμου.

Τέλος να σημειώσουμε ότι πέρα από τη χρήση κειμένου, εκείνο που χρειάζεται επιπλέον σε περιπτώσεις όπου έχουμε πολύ βασικές από τη μια και αντιδιδαισθητικές από την άλλη έννοιες, είναι ένα ελεύθερο και ανοικτό στις απόψεις των μαθητών

περιβάλλον διδασκαλίας μέσα στις τάξεις όπου θα μπορούν οι μαθητές να εκφράζουν τις απόψεις τους και να τις συζητήσουν έτσι ώστε να γίνει πιο εφικτή η αναθεώρησή τους αν χρειάζεται.

## Βιβλιογραφία

Bao, L., Hogg, K. and Zollman, D. Model analysis of fine structures of student models: An example with Newton's third law, *Am. J. Phys.* **70**, 766 2002.

Brown , D. , Clement, J. (1987). Misconceptions concerning Newton's law of action and reaction : the underestimated importance of the third law.

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

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, *50(1)*, 66-71.

Clement , J. (1986) . Methods for evaluating the validity of hypothesized analogies. *The proceedings of the annual meeting of the cognitive science society* . August 15, 1986 , 223-234 Hillsdale, NJ: Erlbaum .

Clement, J. (1988). Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. *Cognitive science* **12** , 563-586.

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, *30* (10).



pp. 1241-1257.

Clement, J. (1998) Expert novice similarities and instruction using analogies. *Int. J. Sci. Educ.* Vol. 20 , no. 10, 1271-1286.

Clement, J., Brown, D., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: Finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11(5), 554-565.

Diakidoy, I. N., Kendeou, P., & Ioannides, C. (2003). Reading about energy: The effects of text structure in science learning and conceptual change. *Contemporary Educational Psychology*, 28, 335-356.

Dole A. J. (2000). Readers, texts and conceptual change learning. *Reading & Writing Quarterly* 16: 2, 99-118

Driver , R. (1981) . Pupils' alternative frameworks in science. *International Journal of Science Education* vol. 3 , no. 1 , 93-101.

Duit, R. (1991). On the roles of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672.

Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983) . Flowing waters or teeming crowds : Mental models of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Gds .), *Mental models* (pp . 99-

129). Hillsdale, NJ: Erlbaum .

Gentner, D. (1983) . Structure-mapping : A theoretical framework for analogy .  
*Cognitive Science*, 7, 155-170 .

Gentner, D. , Markman, A. (1997) . Structure mapping in analogy and similarity.  
*American psychologist vol. 52 , no 1 , 45-56.*

Glynn, S. M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text.  
*Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1129–1149.

Graesser , A. ; Leon , J. ; Otero , J. “Introduction to the Psychology of Science Text  
Comprehension” 2002 . Mahwah, NJ: Erlbaum

Gunstone R. & Michael Watts (1985). “Δύναμη και κίνηση” . Στο “Οι ιδέες των  
παιδιών στις φυσικές επιστήμες” των Driver , R. , Guesne , E. & Tiberghien , A . Σε  
μετάφραση στα Ελληνικά από την Ένωση Ελλήνων Φυσικών: Εκδόσεις Τροχαλία.

Guzzetti, B. J., Williams, W. O., Skeels, S. A., & Wu, S. M. (1997). Influence of  
textstructure on learning counterintuitive physics concepts. *Journal of Research in  
Science Teaching*, 34(7), 701-719.

Ιωαννίδης, X. & Βοσνιάδου, Σ. (1994). «Νοητικές Αναπαραστάσεις των Μαθητών  
για την Έννοια της Δύναμης» στο Β. Κουλαϊδής *Αναπαραστάσεις του Φυσικού*

Κόσμου: Gutenberg – Σειρά Ψυχολογίας.

Ioannides, C. & Vosniadou, S (2002) Exploring the changing meanings of force : From coherence to fragmentation . *Cognitive Science Quarterly*, 2(1), 5-61.

Kendeou, P., & van den Broek, P. (2007). The effects of prior knowledge and text structure on comprehension processes during reading of scientific texts. *Memory and Cognition*, 35, 1567–1577.

Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension:A construction–integration model. *Psychological Review*, 95,163-182.

Kuhn, T. (1962) “*The structure of scientific revolutions*” Chicago: Chicago Press

Maloney, D. P. (1984) Rule-governed approaches to physics: Newton's Third Law, *Physics Education* 19, 37.

McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. In D. Gentner & A.L. Stevens (Eds.), *Mental meanings*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Minstrell, J. (1982). Explaining the “at rest” condition of an object. The *Physics Teacher*, January,10-14.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. (1982) Accommodation

of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66,211-227

Reiner, M., Slotta, J.D., Chi, M.T.H., and Resnick, L.B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18(1),1-34.

Skopeliti, I. , Vosniadou, S. Categorical Information Improves the Effectiveness of Refutational Texts. *Conceptual Change SIG Meeting 2008*

Thornton , R. ; Sokoloff , D. (1998). “ Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula” *Am. J. Phys.* 66(4) .

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-225.

Vosniadou, S. (2007). «The conceptual change approach and its re-framing» in «*Reframing the Conceptual Change Approach in Learning and Instruction*» Elsevier: Oxford Editions

Vosniadou, S. ; Skopeliti , I. ; Svetlana-Lito Gerakakis (2007). Understanding the role of analogies in restructuring processes. *Cognitive science conference proceedings 2007*

Vosniadou , S ; Skopeliti , I. ; Svetlana-Lito Gerakakis (2009).The role of analogies in college students' understanding of counterintuitive expository texts. *Analogy Conference 2009*

Vosniadou , S ; Brewer , W. F. “Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood.” *Cognitive Psychology*, 1992, 24, 535-585.

Vosniadou , S ; Vamvakoussi , X. ; Skopeliti , I (2008)“Framework theory approach to the problem of conceptual change” *International Handbook of Research on Conceptual Change* Edited by Stella Vosniadou : Routledge

Vosniadou , S ; Skopeliti , I.(Submitted) . Children's Erroneous Inferences in the Comprehension of Counter-Intuitive Science Text

Wittmann C. M. , Smith I. T. (2008) “Applying a resources framework to analysis of the Force and Motion Conceptual Evaluation” *Physical Review Special Topics-Physics Education Research: Vol. 4*

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

**Ερωτηματολόγιο Προελέγχου**

**Όνομα:** \_\_\_\_\_

**Επώνυμο:** \_\_\_\_\_

**Ημερομηνία:** \_\_\_\_\_

**Τάξη:** \_\_\_\_\_

**Σχολείο:** \_\_\_\_\_

**Φύλο:** \_\_\_\_\_

**Ημερομηνία γέννησης:** \_\_\_\_\_

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

### ΜΕΡΟΣ Α

Ένα έλκηθρο κινείται στο πάγο με τρόπους που περιγράφονται στις ερωτήσεις 1,2 παρακάτω. Η τριβή είναι τόσο μικρή που μπορούμε να την αγνοήσουμε. Ένας άνθρωπος που φοράει παπούτσια με καρφιά στο πάτο τους στέκει στο πάγο και μπορεί να εφαρμόσει μια δύναμη στο έλκηθρο και να το σπρώξει πάνω στο πάγο. Διαλέξτε μια από τις απαντήσεις Α έως Ζ που περιγράφει τη δύναμη που θα μπορούσε να κρατήσει το έλκηθρο κινούμενο όπως περιγράφεται στις ερωτήσεις 1,2 (Μπορείτε να επιλέξετε μια μόνο απάντηση). Αν πιστεύετε ότι καμία δεν είναι σωστή επιλέξτε Η.

### Ερωτήσεις 1, 2

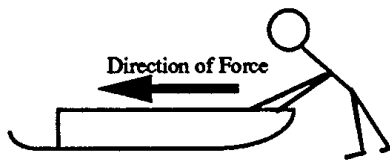
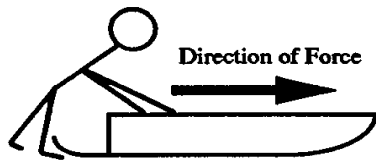
1. Ποια δύναμη θα μπορούσε να διατηρήσει τη κίνηση του έλκηθρου προς τα δεξιά καθώς και να αυξάνει τη ταχύτητά του με σταθερό ρυθμό (σταθερή επιτάχυνση);

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Ζ , Η

2. Ποια δύναμη θα κρατούσε το έλκηθρο κινούμενο προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Ζ , Η

## Απαντήσεις



- A. Η δύναμη είναι προς τα δεξιά και αυξάνεται σε μέτρο
- B. Η δύναμη είναι προς τα δεξιά και σταθερού μέτρου
- Γ. Η δύναμη είναι προς τα δεξιά και ελαττώνεται σε μέτρο

Δ. Δε χρειάζεται να ασκήσουμε κάποια δύναμη

- E. Η δύναμη είναι προς τα αριστερά και ελαττώνεται σε μέτρο
- ΣΤ. Η δύναμη είναι προς τα αριστερά και σταθερού μέτρου
- Z. Η δύναμη είναι προς τα αριστερά και αυξάνει σε μέτρο
- H. Τίποτα από τα προηγούμενα δεν είναι σωστό

## ΜΕΡΟΣ Β

Οι ερωτήσεις 3-7 αναφέρονται σε συγκρούσεις μεταξύ ενός αυτοκινήτου και ενός φορτηγού. Για κάθε περιγραφή μιας σύγκρουσης στις ερωτήσεις αυτές, διαλέξτε εκείνη την απάντηση από τις πιθανές Α έως Z παρακάτω που περιγράφει καλύτερα το μέγεθος (μέτρο) των δυνάμεων μεταξύ του αυτοκινήτου και του φορτηγού.

(Μπορείτε να επιλέξετε μόνο μια απάντηση).

### Ερωτήσεις 3, 4, 5

Στις ερωτήσεις 3, 4, 5 θεωρούμε ότι το φορτηγό είναι πολύ βαρύτερο από το αυτοκίνητο



3. Κινούνται και τα δύο με την ίδια ταχύτητα όταν συγκρούονται. Ποια



επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

4. Το αυτοκίνητο κινείται πολύ πιο γρήγορα από το φορτηγό όταν συγκρούονται. Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

5. Το βαρύτερο φορτηγό στέκει ακίνητο όταν το αυτοκίνητο το χτυπάει.

Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

### Ερωτήσεις 6,7

Στις ερωτήσεις 6,7 θεωρούμε ότι το φορτηγό είναι μικρό και του ίδιου βάρους με το αυτοκίνητο



6. Το φορτηγό και το αυτοκίνητο κινούνται με την ίδια ταχύτητα όταν συγκρούονται. Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

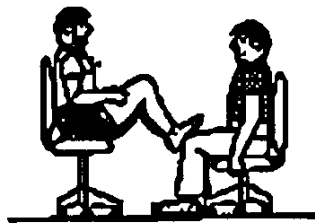
Το φορτηγό στέκει ακίνητο όταν το αυτοκίνητο το χτυπάει. Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

### Απαντήσεις

- A. Το φορτηγό ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο αυτοκίνητο από αυτή που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό.
- B. Το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο φορτηγό από αυτή που το φορτηγό ασκεί στο αυτοκίνητο.
- Γ. Κανένα δεν ασκεί δύναμη στο άλλο. Το αυτοκίνητο συντρίβεται απλά επειδή βρίσκεται στο δρόμο του φορτηγού.
- Δ. Το φορτηγό ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο αλλά το αυτοκίνητο δεν ασκεί δύναμη στο φορτηγό.
- Ε. Το φορτηγό ασκεί δύναμη ίδιου μεγέθους στο αυτοκίνητο με αυτή που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό.
- ΣΤ. Δε δίνονται αρκετές πληροφορίες για να επιλέξουμε μια από τις απαντήσεις που δίνονται προηγουμένως.
- Z. Καμία από τις προηγούμενες απαντήσεις δε περιγράφει σωστά τη κατάσταση.

**Ερώτηση 8.** Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε δύο μαθητές να κάθονται σε δυο ακριβώς ίδιες πολυθρόνες γραφείου με ρόδες στη βάση τους.



Ο Γιώργος έχει μάζα 95 kg και ο Γιάννης 77 kg. Ο Γιώργος βάζει τα πέλματά του στα γόνατα του Γιάννη όπως φαίνεται στην εικόνα. Τότε ο Γιώργος σπρώχνει ξαφνικά τα πόδια του προς τα έξω κάνοντας και τις δυο πολυθρόνες να κινηθούν. Σε αυτή τη περίπτωση και ενώ τα πόδια του Γιώργου είναι σε επαφή με τα γόνατα του Γιάννη ,

περιγράψτε τις όποιες δυνάμεις ασκούνται στους δύο μαθητές , εφόσον κατά τη γνώμη σας ασκούνται κάποιες.

(Γράψτε εδώ την απάντησή σας

)\_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

## ΚΕΙΜΕΝΑ

### Αρχικό κείμενο

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

### Ο ΤΡΙΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Όταν παρατηρούμε έναν αγώνα κωπηλασίας βλέπουμε τους κωπηλάτες να τραβούν τα κουπιά προς το μέρος τους και τη βάρκα να ωθείται προς τα εμπρός.

Εδώ έχουμε ένα παράδειγμα εφαρμογής του τρίτου νόμου του Νεύτωνα. Πριν από 300 περίπου χρόνια ο Νεύτωνας απέδειξε ότι: **Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σε ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση).**

Αυτό είναι γνωστό ως ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα.

Έτσι όταν οι κωπηλάτες ασκούν με τα κουπιά τους δύναμη στο νερό προς τα πίσω και το νερό ασκεί επίσης στα κουπιά δύναμη σπρώχνοντας τη βάρκα προς τα εμπρός (Εικόνα 1)



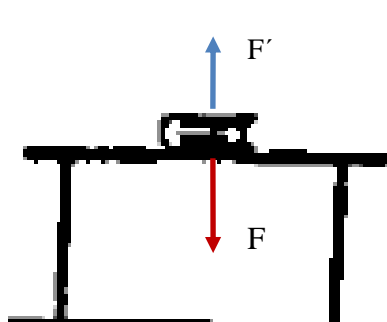
Εικόνα 1

Στη φύση ποτέ δεν εκδηλώνεται κάποια δύναμη (δράση) χωρίς την αντίστοιχη

δύναμη αντίδρασης. Δεν έχει σημασία ποια από τις δύο δυνάμεις αποκαλούμε δράση και ποια αντίδραση, αρκεί να θυμόμαστε πάντα ότι συνυπάρχουν. Κάτι ακόμη που είναι σημαντικό να θυμόμαστε είναι ότι οι δυο δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τα παραπάνω, ας δούμε πως εφαρμόζεται ο νόμος αυτός σε ένα άλλο παράδειγμα όπου τα σώματα που αλληλεπιδρούν δεν κινούνται.

Έστω ότι ένα βιβλίο βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι (Εικόνα 2)



Εικόνα 2

Τότε, σύμφωνα με το τρίτο νόμο του Νεύτωνα, το βιβλίο θα ασκεί στο τραπέζι μια δύναμη  $F$  (δράση), και το τραπέζι θα ασκεί μια ίση και αντίθετη δύναμη  $F'$  στο βιβλίο (αντίδραση). Και στη περίπτωση αυτή ισχύει ο 3<sup>ος</sup> νόμος του Νεύτωνα.

## Κείμενο με ανατροπή

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

### Ο ΤΡΙΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Όταν παρατηρούμε έναν αγώνα κωπηλασίας βλέπουμε τους κωπηλάτες να τραβούν τα κουπιά προς το μέρος τους και τη βάρκα να ωθείται προς τα εμπρός. Οι περισσότεροι άνθρωποι γνωρίζουν ότι τα κουπιά ασκούν δύναμη στο νερό. Νομίζουν όμως ότι το νερό δεν ασκεί αντίστοιχα δύναμη στα κουπιά. Αυτό όμως δεν θεωρείται επιστημονικά σωστό σήμερα. Πριν από 300 περίπου χρόνια ο Νεύτωνας απέδειξε ότι: **Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σε ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση).** Αυτό είναι γνωστό ως ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα.

Επομένως όταν οι κωπηλάτες ασκούν με τα κουπιά τους δύναμη στο νερό προς τα πίσω και το νερό ασκεί επίσης στα κουπιά δύναμη σπρώχνοντας τη βάρκα προς τα εμπρός (Εικόνα 1).



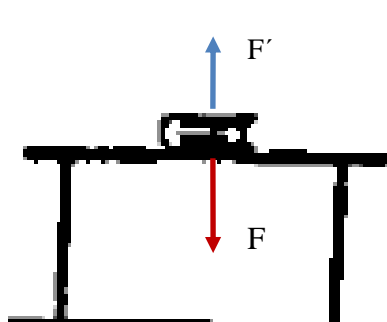
Εικόνα 1

Στη φύση ποτέ δεν εκδηλώνεται κάποια δύναμη (δράση) χωρίς την αντίστοιχη

δύναμη αντίδρασης. Δεν έχει σημασία ποια από τις δύο δυνάμεις αποκαλούμε δράση και ποια αντίδραση, αρκεί να θυμόμαστε πάντα ότι συνυπάρχουν. Κάτι ακόμη που είναι σημαντικό να θυμόμαστε είναι ότι οι δυο δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τα παραπάνω, ας δούμε πως εφαρμόζεται ο νόμος αυτός σε ένα άλλο παράδειγμα όπου τα σώματα που αλληλεπιδρούν δεν κινούνται.

Έστω ότι ένα βιβλίο βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι (Εικόνα 2)



Εικόνα 2

Τότε, σύμφωνα με το τρίτο νόμο του Νεύτωνα, το βιβλίο θα ασκεί στο τραπέζι μια δύναμη  $F$  (δράση), και το τραπέζι θα ασκεί μια ίση και αντίθετη δύναμη  $F'$  στο βιβλίο (αντίδραση). Και στη περίπτωση αυτή ισχύει ο 3<sup>ος</sup> νόμος του Νεύτωνα.

## Κείμενο με αναλογία

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

### Ο ΤΡΙΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Όταν παρατηρούμε έναν αγώνα κωπηλασίας βλέπουμε τους κωπηλάτες να τραβούν τα κουπιά προς το μέρος τους και τη βάρκα να ωθείται προς τα εμπρός. Εδώ έχουμε ένα παράδειγμα εφαρμογής του τρίτου νόμου του Νεύτωνα. Πριν από 300 περίπου χρόνια ο Νεύτωνας απέδειξε ότι: **Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σε ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση).** Αυτό είναι γνωστό ως ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα.

Έτσι όταν οι κωπηλάτες ασκούν με τα κουπιά τους δύναμη στο νερό προς τα πίσω και το νερό ασκεί επίσης στα κουπιά δύναμη σπρώχνοντας τη βάρκα προς τα εμπρός (Εικόνα 1)



Εικόνα 1

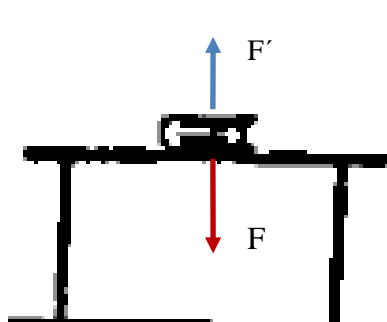
Στη φύση ποτέ δεν εκδηλώνεται κάποια δύναμη (δράση) χωρίς την αντίστοιχη δύναμη αντίδρασης. Δεν έχει σημασία ποια από τις δύο δυνάμεις αποκαλούμε



δράση και ποια αντίδραση, αρκεί να θυμόμαστε πάντα ότι συνυπάρχουν. Κάτι ακόμη που είναι σημαντικό να θυμόμαστε είναι ότι οι δυο δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τα παραπάνω, ας δούμε πως εφαρμόζεται ο νόμος αυτός σε ένα άλλο παράδειγμα όπου τα σώματα που αλληλεπιδρούν δεν κινούνται.

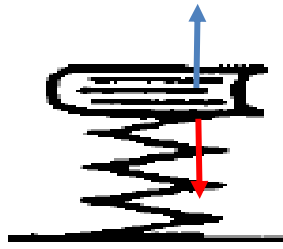
Έστω ότι ένα βιβλίο βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι (Εικόνα 2)



Εικόνα 2

Τότε, σύμφωνα με το τρίτο νόμο του Νεύτωνα, το βιβλίο θα ασκεί στο τραπέζι μια δύναμη  $F$  (δράση), και το τραπέζι θα ασκεί μια ίση και αντίθετη δύναμη  $F'$  στο βιβλίο (αντίδραση).

Για να κατανοήσουμε αυτό καλύτερα θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι το βιβλίο δε βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι αλλά πάνω σε ένα ελατήριο (Εικόνα 3). Από την εμπειρία μας ξέρουμε ότι αν πιέσουμε με το χέρι μας κάτι ελαστικό, όπως το ελατήριο, τότε αυτό ασκεί στο χέρι μας δύναμη για να επανέλθει στην αρχική του θέση.



Εικόνα 3

Τώρα μπορούμε πιο εύκολα να καταλάβουμε ότι όχι μόνο το βιβλίο ασκεί μια δύναμη (δράση) στο ελατήριο αλλά και το ελατήριο ασκεί επίσης μια δύναμη (αντίδραση) στο βιβλίο. Έτσι και στη περίπτωση του τραπέζιού, παρόλο που η επιφάνεια του δεν έχει την ελαστικότητα του ελατηρίου, εντούτοις ασκεί δύναμη (αντίδραση στο βιβλίο) όπως το ελατήριο. Και σε αυτή τη περίπτωση ισχύει ο 3<sup>ος</sup> νόμος του Νεύτωνα.

### Κείμενο με αναλογία και ανατροπή

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

### Ο ΤΡΙΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Όταν παρατηρούμε έναν αγώνα κωπηλασίας βλέπουμε τους κωπηλάτες να τραβούν τα κουπιά προς το μέρος τους και τη βάρκα να ωθείται προς τα εμπρός. Οι περισσότεροι άνθρωποι γνωρίζουν ότι τα κουπιά ασκούν δύναμη στο νερό. Νομίζουν όμως ότι το νερό δεν ασκεί αντίστοιχα δύναμη στα κουπιά. Αυτό όμως δεν θεωρείται επιστημονικά σωστό σήμερα. Πριν από 300 περίπου χρόνια ο Νεύτωνας απέδειξε ότι: **Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σε ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση)**. Αυτό είναι γνωστό ως ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα.

Έτσι όταν οι κωπηλάτες ασκούν με τα κουπιά τους δύναμη στο νερό προς τα πίσω και το νερό ασκεί επίσης στα κουπιά δύναμη σπρώχνοντας τη βάρκα προς τα εμπρός (Εικόνα 1)

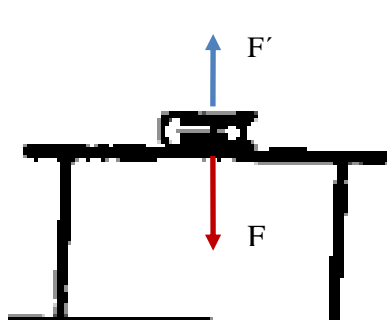


Εικόνα 1

Στη φύση ποτέ δεν εκδηλώνεται κάποια δύναμη (δράση) χωρίς την αντίστοιχη δύναμη αντίδρασης. Δεν έχει σημασία ποια από τις δύο δυνάμεις αποκαλούμε δράση και ποια αντίδραση, αρκεί να θυμόμαστε πάντα ότι συνυπάρχουν. Κάτι ακόμη που είναι σημαντικό να θυμόμαστε είναι ότι οι δυο δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τα παραπάνω, ας δούμε πως εφαρμόζεται ο νόμος αυτός σε ένα άλλο παράδειγμα όπου τα σώματα που αλληλεπιδρούν δεν κινούνται.

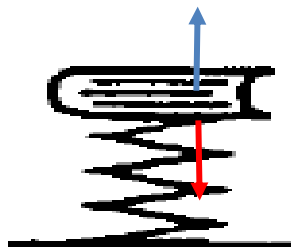
Έστω ότι ένα βιβλίο βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι (Εικόνα 2)



Εικόνα 2

Τότε, σύμφωνα με το τρίτο νόμο του Νεύτωνα, το βιβλίο θα ασκεί στο τραπέζι μια δύναμη  $F$  (δράση), και το τραπέζι θα ασκεί μια ίση και αντίθετη δύναμη  $F'$  στο βιβλίο (αντίδραση).

Για να κατανοήσουμε αυτό καλύτερα θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι το βιβλίο δε βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι αλλά πάνω σε ένα ελατήριο (Εικόνα 3). Από την εμπειρία μας ξέρουμε ότι αν πιέσουμε με το χέρι μας κάτι ελαστικό, όπως το ελατήριο, τότε αυτό ασκεί στο χέρι μας δύναμη για να επανέλθει στην αρχική του θέση.



Εικόνα 3

Τώρα μπορούμε πιο εύκολα να καταλάβουμε ότι όχι μόνο το βιβλίο ασκεί μια δύναμη (δράση) στο ελατήριο αλλά και το ελατήριο ασκεί επίσης μια δύναμη (αντίδραση) στο βιβλίο. Έτσι και στη περίπτωση του τραπεζιού, παρόλο που η επιφάνεια του δεν έχει την ελαστικότητα του ελατηρίου, εντούτοις ασκεί δύναμη (αντίδραση στο βιβλίο) όπως το ελατήριο. Και σε αυτή τη περίπτωση ισχύει ο 3<sup>ος</sup> νόμος του Νεύτωνα.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

1. Σε ένα ζεύγος δυνάμεων δράσης-αντίδρασης οι δύο δυνάμεις έχουν ίσα μέτρα ; ΝΑΙ  ΟΧΙ
2. Οι δυο δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται σε δυο διαφορετικά σώματα ; ΝΑΙ  ΟΧΙ
3. Σε κάθε μία από τις περιπτώσεις που φαίνονται στις παρακάτω εικόνες να περιγράψετε τις δυνάμεις εφόσον πιστεύετε ότι υπάρχουν τέτοιες

A) Η βάρκα βρίσκεται στο νερό και οι κωπηλάτες κωπηλατούν



(Γράψτε εδώ την απάντησή σας)

---

---

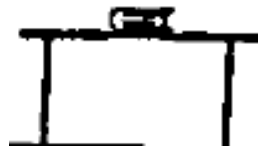
---

---

---

---

B) Ένα βιβλίο βρίσκεται επάνω στο τραπέζι



(Γράψτε εδώ την απάντησή σας)

---

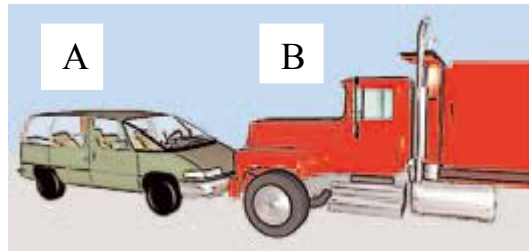
---

---

---

---

Γ) Ένα αυτοκίνητο Α κινείται με ταχύτητα 40 km/h και τρακάρει με το φορτηγό Β που είναι σταματημένο.



(Γράψτε εδώ την απάντησή σας)

---

---

---

---

---

Δ) Ένας άνθρωπος σπρώχνει το τείχος με το χέρι του



(Γράψτε εδώ την απάντησή σας)

---



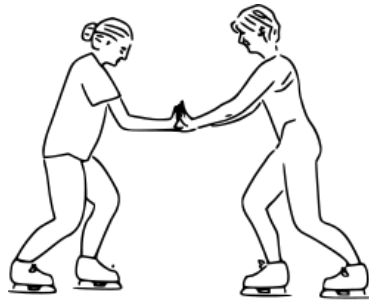
---

---

---

---

Ε) Ένα ζευγάρι κάνει πατινάζ στο πάγο και ο άνδρας σπρώχνει τη γυναίκα



(Γράψτε εδώ την απάντησή σας)

---

---

---

---

---





---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΕΛΕΓΧΟΥ

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

### ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

#### ΜΕΡΟΣ Α

Ένα έλκηθρο κινείται στο πάγο με τρόπους που περιγράφονται στις ερωτήσεις 1,2 παρακάτω. Η τριβή είναι τόσο μικρή που μπορούμε να την αγνοήσουμε. Ένας άνθρωπος που φοράει παπούτσια με καρφιά στο πάτο τους στέκει στο πάγο και μπορεί να εφαρμόσει μια δύναμη στο έλκηθρο και να το σπρώξει πάνω στο πάγο.

Διαλέξτε μια από τις απαντήσεις Α έως Ζ που περιγράφει τη δύναμη που θα μπορούσε να κρατήσει το έλκηθρο κινούμενο όπως περιγράφεται στις ερωτήσεις 1,2 (Μπορείτε να επιλέξετε μια μόνο απάντηση). Αν πιστεύετε ότι καμία δεν είναι σωστή επιλέξτε Η.

#### Ερωτήσεις 1, 2

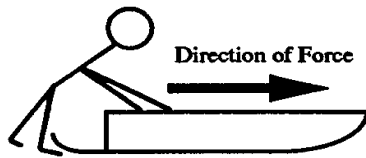
1. Ποια δύναμη θα μπορούσε να διατηρήσει τη κίνηση του έλκηθρου προς τα δεξιά καθώς και να αυξάνει τη ταχύτητά του με σταθερό ρυθμό (σταθερή επιτάχυνση);

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Ζ , Η

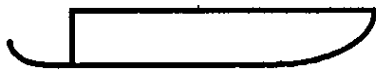
2. Ποιά δύναμη θα κρατούσε το έλκηθρο κινούμενο προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Ζ , Η

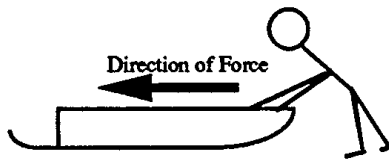
## Απαντήσεις



- A. Η δύναμη είναι προς τα δεξιά και αυξάνεται σε μέτρο
- B. Η δύναμη είναι προς τα δεξιά και σταθερού μέτρου
- Γ. Η δύναμη είναι προς τα δεξιά και ελαττώνεται σε μέτρο



Δ. Δε χρειάζεται να ασκήσουμε κάποια δύναμη



- E. Η δύναμη είναι προς τα αριστερά και ελαττώνεται σε μέτρο
- ΣΤ. Η δύναμη είναι προς τα αριστερά και σταθερού μέτρου
- Z. Η δύναμη είναι προς τα αριστερά και αυξάνει σε μέτρο
- H. Τίποτα από τα προηγούμενα δεν είναι σωστό

## ΜΕΡΟΣ Β

Οι ερωτήσεις 3-7 αναφέρονται σε συγκρο-

φορητού. Για κάθε περιγραφή μιας σύγκρουσης στις ερωτήσεις αυτές, διαλέξτε εκείνη την απάντηση από τις πιθανές Α έως Ζ παρακάτω που περιγράφει καλύτερα το μέγεθος (μέτρο) των δυνάμεων μεταξύ του αυτοκινήτου και του φορητού.

(Μπορείτε να επιλέξετε μόνο μια απάντηση).

### Ερωτήσεις 3, 4, 5

Στις ερωτήσεις 3, 4, 5 θεωρούμε ότι το φορητό είναι πολύ βαρύτερο από το αυτοκίνητο



3. Κινούνται και τα δύο με την ίδια ταχύτητα όταν συγκρούονται. Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

4. Το αυτοκίνητο κινείται πολύ πιο γρήγορα από το φορτηγό όταν συγκρούονται. Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

5. Το βαρύτερο φορτηγό στέκει ακίνητο όταν το αυτοκίνητο το χτυπάει. Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

### Ερωτήσεις 6,7

Στις ερωτήσεις 6,7 θεωρούμε ότι το φορτηγό είναι μικρό και του ίδιου βάσους με το αυτοκίνητο



6. Το φορτηγό και το αυτοκίνητο κινούνται με την ίδια ταχύτητα όταν συγκρούονται. Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

7. Το φορτηγό στέκει ακίνητο όταν το αυτοκίνητο το χτυπάει. Ποια επιλογή περιγράφει τις δυνάμεις;

A , B , Γ , Δ , E , ΣΤ , Z

### Απαντήσεις

A. Το φορτηγό ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο αυτοκίνητο από αυτή που ασκεί το

αυτοκίνητο στο φορτηγό.

Β. Το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο φορτηγό από αυτή που το φορτηγό ασκεί στο αυτοκίνητο.

Γ. Κανένα δεν ασκεί δύναμη στο άλλο. Το αυτοκίνητο συντρίβεται απλά επειδή βρίσκεται στο δρόμο του φορτηγού.

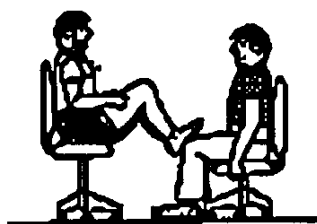
Δ. Το φορτηγό ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο αλλά το αυτοκίνητο δεν ασκεί δύναμη στο φορτηγό.

Ε. Το φορτηγό ασκεί δύναμη ίδιου μεγέθους στο αυτοκίνητο με αυτή που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό.

ΣΤ. Δε δίνονται αρκετές πληροφορίες για να επιλέξουμε μια από τις απαντήσεις που δίνονται προηγουμένως.

Ζ. Καμία από τις προηγούμενες απαντήσεις δε περιγράφει σωστά τη κατάσταση.

**Ερώτηση 8.** Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε δύο μαθητές να κάθονται σε δυο ακριβώς ίδιες πολυθρόνες γραφείου με ρόδες στη βάση τους.



Ο Γιώργος έχει μάζα 95 kg και ο Γιάννης 77 kg. Ο Γιώργος βάζει τα πέλματά του στα γόνατα του Γιάννη όπως φαίνεται στην εικόνα. Τότε ο Γιώργος σπρώχνει ξαφνικά τα πόδια του προς τα έξω κάνοντας και τις δυο πολυθρόνες να κινηθούν. Σε αυτή τη περίπτωση και ενώ τα πόδια του Γιώργου είναι σε επαφή με τα γόνατα του Γιάννη, περιγράψτε τις όποιες δυνάμεις ασκούνται στους δύο μαθητές, εφόσον κατά τη γνώμη σας ασκούνται κάποιες.

(Γράψτε εδώ την απάντησή σας)



---

---

---

---

---

---

---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β (Πίνακες με απαντήσεις σε ερωτήσεις προ-μεταελέγχου)

Πίνακας Β1.

*Απαντήσεις στην ερώτηση 1 του προ-μεταελέγχου*

Απάντηση	Αρχικό		Ανατροπή		Αναλογία		Ανατ+Αναλ		Σύνολο	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Σωστή	2 (13,3)	7 (46,7)	3 (20)	3 (13,3)	7 (46,7)	5 (33,3)	4 (26,7)	4 (26,7)	16 (26,7)	19 (30)
Δύναμη ανάλογη ταχύτητας	10 (66,7)	5 (33,3)	7 (46,7)	7 (53,3)	4 (26,7)	6 (40)	7 (46,7)	8 (53,3)	28 (46,6)	26 (45)
Άλλη παρανόηση	3 (20)	3 (20)	5 (33,3)	5 (33,3)	4 (26,7)	4 (26,7)	4 (26,7)	3 (20)	16 (26,7)	15 (25)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** Η κατηγορία “Άλλη παρανόηση” περιλαμβάνει όλες τις επιλογές απαντήσεων εκτός της σωστής (επιλογή Β) και της επιλογής Α που είναι η βασική παρανόηση.

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά (Οι στήλες με τίτλο PRE αναφέρονται στο προέλεγχο και αυτές με τίτλο POST στο μεταέλεγχο)

Πίνακας Β2.

Απαντήσεις στην ερώτηση 2 του προ-μεταελέγχου

Απάντηση	Αρχικό		Ανατροπή		Αναλογία		Ανατ+Αναλ		Σύνολο	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Σωστή	3 (20)	6 (40)	3 (20)	1 (6,7)	0 (0)	1 (6,7)	0 (0)	2 (13,3)	6 (10)	10 (16,7)
Δύναμη ανάλογη ταχύτητας	9 (60)	5 (33,3)	9 (60)	9 (60)	9 (66,7)	10 (66,7)	12 (80)	11 (73,3)	39 (66,7)	35 (53,3)
Άλλη παρανόηση	3 (20)	4 (26,7)	3 (20)	5 (33,3)	6 (33,3)	4 (26,7)	3 (20)	2 (13,3)	15 (23,3)	15 (25)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** Η κατηγορία “ Άλλη παρανόηση “ περιλαμβάνει όλες τις επιλογές απαντήσεων εκτός της σωστής (επιλογή Δ) και της επιλογής Β που είναι η βασική παρανόηση.

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά (Οι στήλες με τίτλο PRE αναφέρονται στο προέλεγχο και αυτές με τίτλο POST στο μεταέλεγχο)

Πίνακας Β3.

Απαντήσεις στην ερώτηση 3 του προ-μεταελέγχου

Απάντηση	Αρχικό		Ανατροπή		Αναλογία		Ανατ+Αναλ		Σύνολο	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Σωστή	5 (33,3)	8 (53,3)	6 (40)	8 (53,3)	4 (26,7)	8 (53,3)	4 (26,7)	9 (60)	19 (31,7)	33 (55)
Και τα δύο ασκούν δύναμη αλλά το ένα μεγαλύτερη	5 (33,3)	1 (6,7)	7 (46,7)	3 (20)	11 (73,3)	5 (33,3)	7 (46,7)	3 (20)	30 (50)	12 (20)
Δεν ασκείται δύναμη	2 (13,3)	2 (13,3)	1 (6,7)	2 (13,3)	0	0	1 (6,7)	1 (6,7)	4 (6,7)	5 (8,3)
Μόνο δράση (του φορτηγού)	0	1 (6,7)	0	1 (6,7)	0	0	1 (6,7)	1 (6,7)	1 (1,7)	3 (5)
Άλλο	3 (20)	3 (20)	1 (6,7)	1 (6,7)	0	2 (13,3)	2 (13,3)	1 (6,7)	6 (10)	7 (11,7)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** Στη κατηγορία “άλλο” περιλαμβάνονται οι επιλογές ΣΤ (δε δίνονται αρκετές πληροφορίες για να επιλέξουμε μια απο τις απαντήσεις που δίνονται προηγουμένως) και Ζ (Καμμία από τις προηγούμενες απαντήσεις δε περιγράφει σωστά τη κατάσταση)

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά (Οι στήλες με τίτλο PRE αναφέρονται στο προέλεγχο και αυτές με τίτλο POST στο μεταέλεγχο)

Πίνακας Β4.

Απαντήσεις στην ερώτηση 4 του προ-μεταελέγχου

Απάντηση	Αρχικό		Ανατροπή		Αναλογία		Ανατ+Αναλ		Σύνολο	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Σωστή	5 (33,3)	10 (66,7)	5 (33,3)	6 (40)	4 (13,3)	8 (53,3)	2 (13,3)	6 (40)	16 (26,7)	30 (50)
Και τα δύο ασκούν δύναμη αλλά το ένα μεγαλύτερη	9 (60)	3 (20)	4 (13,3)	8 (53,3)	5 (33,3)	3 (20)	9 (60)	6 (40)	27 (45)	20 (33,3)
Δεν ασκείται δύναμη	0	0	2 (13,3)	0	2 (13,3)	1 (6,7)	0	2 (13,3)	4 (6,7)	3 (5)
Μόνο δράση (του φορτηγού)	0	0	0	0	1 (6,7)	1 (6,6)	0	0	1 (1,7)	1 (1,7)
Άλλο	1 (6,7)	2 (13,3)	4 (13,3)	1 (6,7)	3 (20)	2 (13,3)	4 (13,3)	1 (6,7)	12 (20)	6 (10)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** Στη κατηγορία “άλλο” περιλαμβάνονται οι επιλογές ΣΤ (δε δίνονται

αρκετές πληροφορίες για να επιλέξουμε μια από τις απαντήσεις που δίνονται

προηγουμένως) και Ζ (Καμία από τις προηγούμενες απαντήσεις δε περιγράφει σωστά τη κατάσταση)

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά (Οι στήλες με τίτλο PRE αναφέρονται στο προέλεγχο και αυτές με τίτλο POST στο μεταέλεγχο)

Πίνακας Β5.

Απαντήσεις στην ερώτηση 5 του προ-μεταελέγχου

Απάντηση	Αρχικό		Ανατροπή		Αναλογία		Ανατ+Αναλ		Σύνολο	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Σωστή	1 (6,7)	7 (46,7)	5 (33,3)	6 (40)	2 (13,3)	7 (46,7)	5 (33,3)	7 (46,7)	13 (21,7)	27 (45)
Και τα δύο ασκούν δύναμη αλλά το ένα μεγαλύτερη	11 (73,3)	4 (26,7)	5 (33,3)	4 (26,7)	6 (40)	4 (26,7)	4 (26,7)	4 (26,7)	26 (43,3)	16 (26,7)
Δεν ασκείται δύναμη	0	1 (6,7)	1 (6,7)	1 (6,7)	2 (13,3)	1 (6,7)	3 (20)	2 (13,3)	6 (10)	5 (8,3)
Μόνο δράση (του φορτηγού)	0	2 (13,3)	0	0	1 (6,7)	1 (6,7)	0	0	1 (1,7)	3 (5)
Άλλο	3 (20)	1 (6,7)	4 (26,7)	4 (26,7)	4 (26,7)	2 (13,3)	3 (20)	2 (13,3)	14 (23,3)	9 (15)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** Στη κατηγορία “άλλο” περιλαμβάνονται οι επιλογές ΣΤ (δε δίνονται

αρκετές πληροφορίες για να επιλέξουμε μια απο τις απαντήσεις που δίνονται

προηγούμενως) και Ζ (Καμμία από τις προηγούμενες απαντήσεις δε περιγράφει

σωστά τη κατάσταση)

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα

αντίστοιχα % ποσοστά (Οι στήλες με τίτλο PRE αναφέρονται στο προέλεγχο και

αυτές με τίτλο POST στο μεταέλεγχο)

Πίνακας Β6.

Απαντήσεις στην ερώτηση 6 του προ-μεταελέγχου

Απάντηση	Αρχικό		Ανατροπή		Αναλογία		Ανατ+Αναλ		Σύνολο	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Σωστή	11 (73,3)	9 (60)	13 (86,7)	11 (73,3)	11 (73,3)	12 (80)	9 (60)	11 (73,3)	44 (73)	43 (71,7)
Και τα δύο ασκούν δύναμη αλλά το ένα μεγαλύτερη	2 (13,3)	2 (13,3)	0	0	1 (6,7)	0	2 (13,3)	1 (6,7)	5 (8,3)	3 (5)
Δεν ασκείται δύναμη	1 (6,7)	2 (13,3)	1 (6,7)	1 (6,7)	2 (13,3)	0	1 (6,7)	0	5 (10)	3 (5)
Μόνο δράση (του φορτηγού)	0	1 (6,7)	0	2 (13,3)	0	2 (13,3)	0	1 (6,7)	0	6 (10)
Άλλο	1 (6,7)	1 (6,7)	1 (6,7)	1 (6,7)	1 (6,7)	1 (6,7)	3 (20)	2 (13,3)	6 (10)	5 (8,3)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** Στη κατηγορία “άλλο” περιλαμβάνονται οι επιλογές ΣΤ (δε δίνονται αρκετές πληροφορίες για να επιλέξουμε μια από τις απαντήσεις που δίνονται προηγουμένως) και Ζ (Καμία από τις προηγούμενες απαντήσεις δε περιγράφει σωστά τη κατάσταση)

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά (Οι στήλες με τίτλο PRE αναφέρονται στο προέλεγχο και αυτές με τίτλο POST στο μεταέλεγχο)

Πίνακας Β7.

*Απαντήσεις στην ερώτηση 7 του προ-μεταελέγχου*

Απάντηση	Αρχικό		Ανατροπή		Αναλογία		Ανατ+Αναλ		Σύνολο	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Σωστή	2 (13,3)	8 (53,3)	6 (40)	4 (26,7)	3 (20)	4 (26,7)	6 (40)	6 (40)	17 (28,3)	22 (35)
Και τα δύο ασκούν δύναμη αλλά το ένα μεγαλύτερη	8 (53,3)	3 (20)	5 (33,3)	10 (66,7)	6 (40)	6 (40)	3 (20)	4 (26,7)	22 (36,7)	23 (40)
Δεν ασκείται δύναμη	0	0	0	0	1 (6,7)	0	0	1 (6,7)	1 (1,7)	1 (1,7)
Μόνο δράση (του φορτηγού)	2 (13,3)	2 (13,3)	1 (6,7)	0	2 (13,3)	3 (20)	0	0	5 (8,3)	5 (8,3)
Άλλο	3 (20)	2 (13,3)	3 (20)	1 (6,7)	3 (20)	2 (13,3)	6 (40)	4 (26,7)	15 (20)	9 (15)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** Στη κατηγορία “άλλο” περιλαμβάνονται οι επιλογές ΣΤ (δε δίνονται αρκετές πληροφορίες για να επιλέξουμε μια από τις απαντήσεις που δίνονται προηγουμένως) και Ζ (Καμμία από τις προηγούμενες απαντήσεις δε περιγράφει σωστά τη κατάσταση)

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά (Οι στήλες με τίτλο PRE αναφέρονται στο προέλεγχο και αυτές με τίτλο POST στο μεταέλεγχο)



Πίνακας Β8.

Απαντήσεις στην ερώτηση 8 του προ-μεταελέγχου

Απάντηση	Αρχικό		Ανατροπή		Αναλογία		Ανατ+Αναλ		Σύνολο	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Σωστή	1 (6,7)	10 (66,7)	3 (20)	5 (33,3)	0	4 (26,7)	2 (13,3)	4 (26,7)	6 (10)	23 (38,3)
Δράση αντίδραση χωρίς αναφορά σε ίσα μέτρα	3 (20)	2 (13,3)	1 (6,7)	2 (13,3)	4 (26,7)	6 (40)	3 (20)	4 (26,7)	11 (18,3)	14 (23,3)
Ο Γιώργος μεγαλύτερη δύναμη στο Γιάννη αλλά και ο Γιάννης στο Γιώργο	0	0	2 (13,3)	3 (20)	1 (6,7)	1 (6,7)	0	2 (13,3)	3 (5)	6 (10)
Ασαφής ή άρρητη αναφορά σε 3ο νόμο	4 (26,7)	3 (20)	1 (6,7)	0	3 (20)	2 (13,3)	2 (13,3)	1 (6,7)	10 (16,7)	6 (10)
Επιστρεφόμενη δύναμη στο Γιώργο	3 (20)	0	1 (6,7)	1 (6,7)	3 (20)	0	4 (26,7)	0	11 (18,3)	1 (1,7)
Μόνο ο Γιώργος ασκεί δύναμη στο Γιάννη	1 (6,7)	0	4 (26,7)	0	1 (6,7)	1 (6,7)	2 (13,3)	2 (13,3)	8	3 (5)
Άλλο	3 (20)	0	3 (20)	4 (26,7)	3 (20)	1 (6,7)	2 (13,3)	2 (13,3)	11 (18,3)	7 (11,7)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)	60 (100)

**Σημείωση:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά (Οι στήλες με τίτλο PRE αναφέρονται στο προέλεγχο και αυτές με τίτλο POST στο μεταέλεγχο)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ (Πίνακες με απαντήσεις σε ερωτήσεις κατανόησης)

Πίνακας Γ1.

*Απαντήσεις στην ερώτηση κατανόησης 1 (Ερώτηση τύπου σωστό – λάθος)*

Απάντηση	Αρχικό	Ανατροπή	Αναλογία	Ανατ+Αναλ	Σύνολο
ΝΑΙ	15 (100)	14 (93,3)	13 (86,7)	14 (93,3)	56 (93,3)
ΟΧΙ	0	1 (6,7)	2 (13,3)	1 (6,7)	4 (6,7)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** ΝΑΙ είναι η σωστή απάντηση ΟΧΙ η λάθος

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά

Πίνακας Γ2.

*Απαντήσεις στην ερώτηση κατανόησης 2 (Ερώτηση τύπου σωστό – λάθος)*

Απάντηση	Αρχικό	Ανατροπή	Αναλογία	Ανατ+Αναλ	Σύνολο
ΝΑΙ	12 (80)	13 (86,7)	14 (93,3)	10 (66,7)	49 (81,7)
ΟΧΙ	3 (20)	2 (13,3)	1 (6,7)	5 (33,3)	11 (18,3)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)

**Σημείωση1:** ΝΑΙ είναι η σωστή απάντηση ΟΧΙ η λάθος

**Σημείωση2:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά

Πίνακας Γ3.

*Απαντήσεις στην ερώτηση κατανόησης 3Α (ανοικτού τύπου)*

Απάντηση	Αρχικό	Ανατροπή	Αναλογία	Ανατ+Αναλ	Σύνολο
Δράση – αντίδραση (νερό – κουπί) με ίσα μέτρα	2 (13,3)	4 (26,7)	2 (13,3)	2 (13,3)	10 (16,7)
Δράση – αντίδραση (νερό – κουπί) χωρίς αναφορά σε ίσα μέτρα	2 (13,3)	5 (33,3)	3 (20)	6 (40)	16 (26,7)
Άλλου τύπου δράση – αντίδραση με ίσα μέτρα	3 (20)	1 (6,7)	0	3 (20)	7 (11,7)
Άλλου τύπου δράση – αντίδραση χωρίς αναφορά σε ίσα μέτρα	2 (13,3)	1 (6,7)	8 (53,3)	2 (13,3)	13 (21,7)
Άλλο	6 (40)	4 (26,7)	2 (13,3)	2 (13,3)	14 (23,3)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)

**Σημείωση:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα

αντίστοιχα % ποσοστά

Πίνακας Γ4.

*Απαντήσεις στην ερώτηση κατανόησης 3B (ανοικτού τύπου)*

Απάντηση	Αρχικό	Ανατροπή	Αναλογία	Ανατ+Αναλ	Σύνολο
Δράση – αντίδραση (βιβλίο – τραπέζι) με αναφορά σε ίσα μέτρα	10 (66,7)	10 (66,7)	6 (40)	6 (40)	32 (53,3)
Δράση – αντίδραση (βιβλίο – τραπέζι) χωρίς αναφορά σε ίσα μέτρα	4 (26,7)	4 (26,7)	7 (46,7)	9 (60)	24 (40)
Δεν ασκείται δύναμη	0	0	1 (6,7)	0	1 (1,7)
Άλλο	1 (6,7)	1 (6,7)	1 (6,7)	0	3 (5)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)

**Σημείωση:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά

Πίνακας Γ5.

*Απαντήσεις στην ερώτηση κατανόησης 3Γ (ανοικτού τύπου)*

Απάντηση	Αρχικό	Ανατροπή	Αναλογία	Ανατ+Αναλ	Σύνολο
Δράση – αντίδραση (φορτηγό- αυτοκίνητο) με αναφορά σε ίσα μέτρα	5 (33,3)	4 (26,7)	5 (33,3)	5 (33,3)	19 (31,7)
Δράση – αντίδραση (φορτηγό- αυτοκίνητο) χωρίς αναφορά σε ίσα μέτρα	8 (53,3)	3 (20)	8 (53,3)	7 (46,7)	26 (43,3)
Δράση – αντίδραση (φορτηγό- αυτοκίνητο) με αναφορά διαφορετικής δύναμης του ενός στο άλλο	0	1 (6,7)	1 (6,7)	2 (13,3)	4 (6,7)
Μόνο δράση (φορτηγό στο αυτοκίνητο)	0	2 (13,3)	0	0	2 (3,3)
Άλλο	2 (13,3)	5 (33,3)	1 (6,7)	1 (6,7)	9 (15)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)

**Σημείωση:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά

Πίνακας Γ6.

*Απαντήσεις στην ερώτηση κατανόησης 3Δ (ανοικτού τύπου)*

Απάντηση	Αρχικό	Ανατροπή	Αναλογία	Ανατ+Αναλ	Σύνολο
Δράση – αντίδραση (τοιχος - άνθρωπος) με αναφορά σε ίσα μέτρα	9 (60)	6 (40)	2 (13,3)	4 (26,7)	21 (35)
Δράση – αντίδραση (τοιχος - άνθρωπος) χωρίς αναφορά σε ίσα μέτρα	5 (33,3)	4 (26,7)	10 (66,7)	8 (53,3)	27 (45)
Δράση – αντίδραση (τοιχος μεγαλύτερη σε άνθρωπο)	0	1 (6,7)	1 (6,7)	0	2 (3,3)
Μόνο δράση (τοιχος στον άνθρωπο)	0	2 (13,3)	0	0	2 (3,3)
Άλλο	1 (6,7)	2 (13,3)	2 (13,3)	3 (20)	8 (13,3)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)

**Σημείωση:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά

Πίνακας Γ7.

*Απαντήσεις στην ερώτηση κατανόησης 3E (ανοικτού τύπου)*

Απάντηση	Αρχικό	Ανατροπή	Αναλογία	Ανατ+Αναλ	Σύνολο
Δράση – αντίδραση (άνδρας - γυναίκα) με αναφορά σε ίσα μέτρα	7 (46,7)	5 (33,3)	3 (20)	5 (33,3)	20 (33,3)
Δράση – αντίδραση (άνδρας - γυναίκα) χωρίς αναφορά σε ίσα μέτρα	6 (40)	4 (26,7)	7 (46,7)	5 (33,3)	22 (36,7)
Δράση – αντίδραση (άνδρας μεγαλύτερη σε γυναίκα)	0	2 (13,3)	0	1 (6,7)	3 (5)
Μόνο δράση (άνδρας σε γυναίκα)	0	2 (13,3)	0	0	2 (3,3)
Άλλο	2 (13,3)	2 (13,3)	5 (33,3)	4 (26,7)	13 (21,7)
Σύνολο	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	60 (100)

**Σημείωση:** Οι αριθμοί είναι η συχνότητα ενώ οι αριθμοί στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα % ποσοστά