

ΚΩΝ/ΝΟΣ Θ. ΚΩΤΣΗΣ

**ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ Π.Τ.Δ.Ε.
ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ,
ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ,
ΣΕ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**

Ιωάννινα 2003

Κωνσταντίνος Θ. Κώσης*

**Διαμόρφωση των αντιλήψεων φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε.
στην έννοια της τριβής, από την εικονογράφηση της,
σε Πανεπιστημιακά συγγράμματα Φυσικής**

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται τα αποτελέσματα εμπειρικής έρευνας σε φοιτητές Π.Τ.Δ.Ε. για το πώς διαμορφώνουν την αντίληψή τους στην έννοια της τριβής, από την εικονογράφηση που συνοδεύει το κείμενο, σε διδακτικά βιβλία που απευθύνονται σε άτομα πανεπιστημιακής εκπαίδευσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας χρησιμοποιούνται για να προταθεί μια νέα εικόνα, η οποία βοηθά τους φοιτητές να αντιληφθούν την έννοια της τριβής με τη σημασία του επιστημονικού μοντέλου.

Λέξεις κλειδιά: Αντιλήψεις φοιτητών, τριβή

**The configuration of students' perceptions,
from Primary Education Department, on the force of friction,
from its illustration on Academic books of Physics**

Abstract

In this work it is presented the results of an empiric research from students of Primary Education Department, for how they shape their perception about friction, from the illustration that accompanies the text, in instructive books that are addressed for academic education. The results of research are used in order to propose a new picture, which helps the students to conceive the friction according the scientific model.

Keywords: Perceptions of students, friction

* Επίκουρος Καθηγητής στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Εισαγωγή

Η εικονογράφηση ενός βιβλίου παίζει σημαντικό ρόλο στην αλληλεπίδραση του αναγνώστη με το βιβλίο. Ειδικά στη περίπτωση του βιβλίου που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση γνώσης μιας επιστήμης σε μαθητές η εικονογράφηση αποτελεί βασικό στοιχείο για τη μεταφορά αυτής της γνώσης. Η επιστήμη της φυσικής στηρίζεται κατά το πρώτο στην παρατήρηση και εν συνεχεία στο πείραμα, για την κατασκευή των εννοιών της και των μοντέλων της, για τη μελέτη και την κατανόηση των φυσικών φαινομένων. Η αποτύπωση της παρατήρησης είναι πολλές φορές συνδεδεμένη με τη παρουσίαση μιας εικόνας του υπό εξέταση φαινομένου. Είναι επόμενο λοιπόν η απόδοση των εννοιών στη Φυσική να είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εικονική αναπαράσταση των ίδιων των εννοιών ή με στοιχεία που συνδέονται με αυτές. Σύμφωνα με τη γνωσιολογία στην αποτύπωση μιας νοητικής αναπαράστασης, όπως αυτών των νοητικών μοντέλων τα κείμενα και οι εικόνες δρουν συμπληρωματικά, όχι επειδή το ένα συμπληρώνει τα σημασιολογικά κενά του άλλου, αλλά επειδή χρησιμοποιούν για την παρουσίαση της έννοιας ποιοτικά διαφορετικούς τρόπους, οι οποίοι συμβάλλουν με διαφορετικό τρόπο στη δημιουργία του νοητικού μοντέλου. Θα πρέπει το κείμενο και η εικόνα να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, διότι υπάρχει ο κίνδυνος παραποίησης της έννοιας στη διαδικασία της μάθησης αν το ένα συστατικό υστερεί σε συνεισφορά έναντι του άλλου. Η συνδυασμένη χρήση εικόνων και κειμένων βοηθάει το άτομο να κατασκευάζει με τρόπο ευθύ και άμεσο τις προτασιακές αναπαραστάσεις και τα νοητικά μοντέλα, στα οποία καταγράφονται οι προσλαμβανόμενες πληροφορίες. Η κατανόηση των πληροφοριών που παρουσιάζονται σε εικόνες και κείμενα δεν είναι μια μηχανική διαδικασία η οποία εξαρτάται μόνο από τον τρόπο παρουσίασης και οργάνωσής τους. Είναι μια γνωστική διαδικασία η οποία επηρεάζεται από την ικανότητα, τις γνώσεις, τους στόχους του αναγνώστη, και το είδος των γνώσεων που καλείται να αποκτήσει. Αυτή η εξάρτηση της κατανόησης από τον αναγνώστη και το αντικείμενο που πρέπει να μάθει συνεπάγεται ότι ο κάθε αναγνώστης θα δώσει προσοχή σε διαφορετικά στοιχεία του κειμένου και της εικόνας και αυτά θα έχουν μεγαλύτερο βάρος στην κατασκευή του νοητικού του μοντέλου καθώς επίσης ότι και τα διαφορετικά στοιχεία του νοητικού μοντέλου θα λάβουν διαφορετική επεξεργασία. Ο τρόπος παρουσίασης όμως είναι σημαντικός και θα πρέπει να περιέχει τα στοιχεία που θα βοηθήσει τον κάθε μαθητή να τα επεξεργασθεί περαιτέρω, ανάλογα με τις γνώσεις και την ικανότητα που έχει.

Η Φυσική επιστήμη από τη μεθοδολογία της έχει την ανάγκη της εικονικής

αναπαράστασης. Από τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης της κλασικής Φυσικής υπήρχε η ανάγκη παρουσίασης σχεδίων για την κατανόηση των νέων προτάσεων από τους πρωτοπόρους της επιστήμης. Η περιγραφή της πρώτης αντλίας, ή η αποτύπωση της κίνησης των πλανητών ήταν αδιανόητη να γίνει χωρίς τη χρήση ανάλογων σχεδίων που αποτελούσαν και την πρώτη μορφή εικονογράφησης φαινομένων της Φυσικής. Η αποτύπωση μιας παρατήρησης ενός φυσικού φαινομένου που πολλές φορές περιέχει τη μεταβολή μιας φυσικής ποσότητας συναρτήσει μιας άλλης, πριν πάρει τη μαθηματική της έκφραση, έχει τη μορφή της γραφικής αναπαράστασης (εικονικής) με καμπύλες, ραβδογράμματα κ.λ.π. Κατά συνέπεια είναι φανερό ότι και για τη μετάδοση εννοιών από τη Φυσική απαιτείται η χρήση πολλών εικόνων και σχεδίων που στη περίπτωση ενός διδακτικού βιβλίου αποτελούν την εικονογράφηση του βιβλίου.

Γενικά σήμερα είναι αποδεκτό ότι η αποτελεσματική εικονογράφηση¹ λειτουργεί σε τρία επίπεδα:

- 1) Φυσικό (η μορφή), όπου η εικόνα ερμηνεύεται ως προς την αναγνώριση από τα χρώματα, τις σχέσεις των γραμμών, τις ακολουθίες των μορφών και τα ζωγραφικά μοτίβα.
- 2) Τυπικό (το θέμα), όπου η εικόνα ερμηνεύεται ως προς την ταύτιση των παραπάνω με αναπαραστάσεις ή σημασίες αναπαραστατικές.
- 3) Συμβολικό, όπου κατανοείται η γενικότερη σημασία της εικόνας, δηλαδή το περιεχόμενο ή η εγγενής σημασία της.

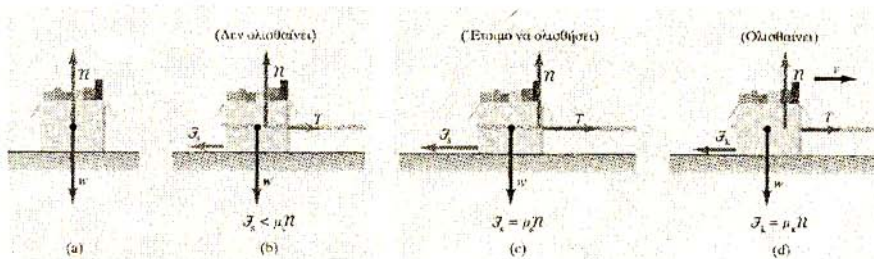
Σε διδακτικά βιβλία που απευθύνονται σε μαθητές όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης παρατηρείται το γεγονός ότι δίνεται προσοχή, μόνο στο φυσικό επίπεδο και αυτό αν το επιτρέπει το οικονομικό κόστος της έκδοσης, ενώ για τα άλλα δύο επίπεδα η επιτυχία ή η αποτυχία της κάθε εικόνας είναι καθαρά τυχαία και οφείλεται στην ικανότητα του κάθε συγγραφέα ή καλλιτέχνη που κάνει την εικονογράφηση του βιβλίου. Από τον κανόνα αυτόν δεν ξεφεύγουν ούτε τα συγγράμματα που απευθύνονται σε φοιτητές πανεπιστημίων που διδάσκονται Φυσική. Πολλές φορές ενώ η παρουσίαση μιας έννοιας της φυσικής, στηρίζεται ακριβώς στο ίδιο νοητικό μοντέλο, γεγονός που εύκολα το διακρίνει κανείς από το κείμενο, υπάρχουν μεγάλες διαφορές² στην εικονική αναπαράσταση της έννοιας.

1. Panofski Erwin, Meaning in the Visual Arts, Penguin, σ. 53-67, 1993

2. Κώσης Κ., Η σημασία της εικονογράφησης στα διδακτικά βιβλία της φυσικής. Επιστημονική Επετηρίδα Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Νο 13, σ. 89-104, 2000

Έρευνα

Για να καταγραφεί το πως επιδρά στην αντίληψη των φοιτητών οι διάφορες εικονογραφήσεις μιας έννοιας έγινε έρευνα, χρησιμοποιώντας εικόνες από διάφορα πανεπιστημιακά συγγράμματα και ερωτήθηκαν 91 φοιτητές του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Οι φοιτητές επιλέχθηκαν έτσι ώστε να προέρχονται από τη Τρίτη δέσμη μαθημάτων του Λυκείου, για να μην έχουν μεγάλο υπόβαθρο σε έννοιες της Φυσικής. Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκε η έννοια της τριβής, μιας έννοιας που ο φοιτητής τη διδάσκει από το Δημοτικό, στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο τη συναντά όταν αναφέρονται οι τρεις νόμοι της κίνησης του Νεύτωνα και επί πλέον η έννοια της τριβής υπάρχει σε πολλές στιγμές της καθημερινής ζωής του ανθρώπου. Χρησιμοποιήθηκαν οι εικόνες τεσσάρων πανεπιστημιακών συγγραμμάτων που απευθύνονται σε φοιτητές των Θετικών Σχολών και των Σχολών Αγωγής.



Σχήμα 1. Εικονική αναπαράσταση της έννοιας της τριβής από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα της αναφοράς [2]

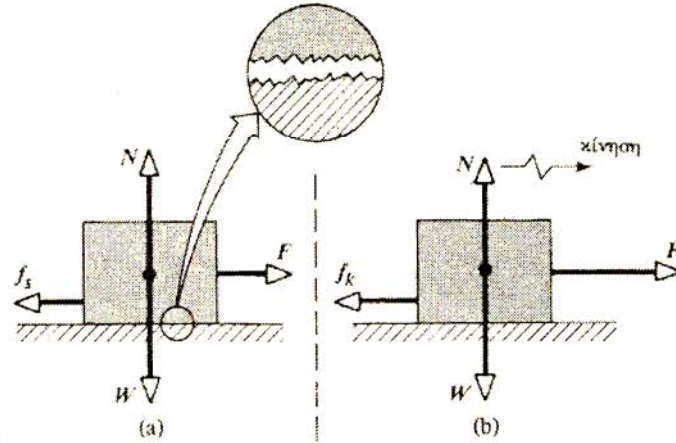
Το σχήμα 1 είναι η εικονική αναπαράσταση της τριβής από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα του Young³. Η εικονογράφηση είναι έγχρωμη και αποτυπώνονται με διαφορετικά χρώματα η κάθε δύναμη, όπως και τα διάφορα αντικείμενα.

Το σχήμα 2 είναι η αντίστοιχη εικονική αναπαράσταση από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα του Serway⁴. Η εικονογράφηση στο βιβλίο αυτό είναι ασπρόμαυρη, ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο αντίστοιχο βιβλίο της Αγγλικής έκδοσης η εικονογράφηση είναι έγχρωμη, προκαλώντας από την αρχή

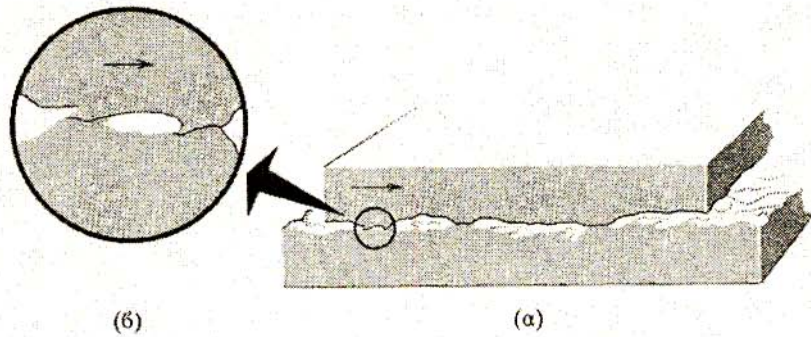
3. Young Hugh, Φυσική Τόμος Ι. Μηχανική, Θερμοδυναμική. Μετάφραση- Επιμέλεια ομάδας Πανεπιστημιακών, Εκδόσεις Παπαζήση 1994, σ. 121

4. Serway R., Physics for Scientists & Engineers, Τόμος Ι, Μηχανική. Μετάφραση Α. Ρεσβάνη, Εκδόσεις Ρεσβάνη, Αθήνα, 1990, σ.107

ένα πολύ καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα στον αναγνώστη. Η διαφοροποίηση της Ελληνικής έκδοσης με αυτήν της Αγγλικής έγινε από τον εκδότη μόνο με κριτήριο το οικονομικό κόστος της έκδοσης.



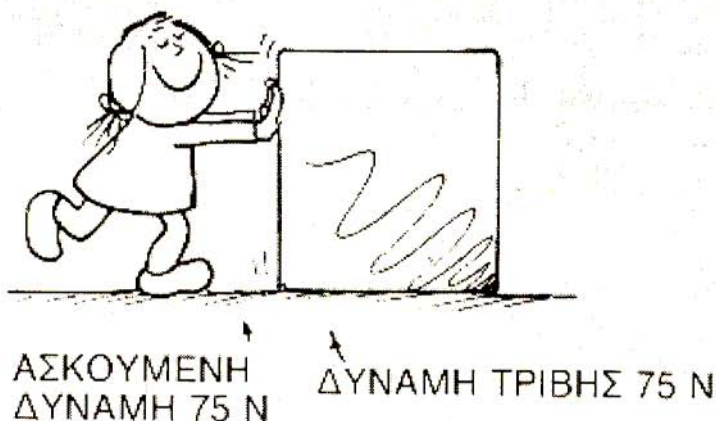
Σχήμα 2. Εικονική αναπαράσταση της έννοιας της τριβής από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα της αναφοράς [3].



Σχήμα 3. Εικονική αναπαράσταση της έννοιας της τριβής από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα της αναφοράς [4]

Το σχήμα 3 παρουσιάζει την εικονική αναπαράσταση από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα των Halliday-Resnick⁵ που απευθύνεται κυρίως σε φοιτητές Θετικών Σχολών. Η εικονογράφηση στο βιβλίο αυτό είναι ασπρόμαυρη, τόσο στην Ελληνική όσο και στην Αγγλική έκδοσή του.

Τέλος στο σχήμα 4 παρουσιάζεται η εικονική αναπαράσταση από το σύγγραμμα του Hewitt⁶ που απευθύνεται όπως αναφέρεται και στον πρόλογο στο δάσκαλο που διδάσκει Φυσική και διδάσκεται κυρίως σε φοιτητές ΠΤΔΕ. Η εικονογράφηση είναι ασπρόμαυρη και σαφώς από πρώτη ματιά διαφοροποιείται το σχέδιο από τα προηγούμενα σχέδια των τριών προηγούμενων συγγραμμάτων.



Σχήμα 4. Εικονική αναπαράσταση της έννοιας της τριβής από το πανεπιστημιακό σύγγραμμα της αναφοράς [5]

Οι τέσσερις εικόνες αυτές, με τη μορφή διαφάνειας, παρουσιάστηκαν σε φοιτητές του ΠΤΔΕ, αφού είχαν διδαχθεί τους νόμους της κίνησης του Νεύτωνα. Επιλέχθηκαν φοιτητές του ΠΤΔΕ για το λόγο ότι με το σύστημα εισαγωγής των φοιτητών στο Πανεπιστήμιο, οι εισακτέοι στο τμήμα αυτό προέρχονται από διαφορετικές δέσμες, με ένα μεγάλο ποσοστό να προέρχεται από θεωρητική κατεύθυνση με αποτέλεσμα η επιστήμη της Φυσικής να μην είναι

5. Halliday-Resnick, Φυσική. Τόμος Ι. Μετάφραση Πνευματικού-Πεπονόδη, Εκδόσεις Πνευματικού, 1976, Αθήνα, σ. 113

6. Hewitt G. Paul. Οι έννοιες της Φυσικής, Τόμος Ι. Μηχανική, Θερμότητα. Ήχος, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 3η Έκδοση, 1997, σ. 57

στα ενδιαφέροντά τους και η γνώση τους στις έννοιές της να είναι σε πολύ στοιχειώδη κατάσταση. Οι φοιτητές χωρίστηκαν σε ομάδες των δεκαέξι ατόμων όπου τους παρουσιάστηκε η μία εικόνα από τις τέσσερις και τους ζητήθηκε να απαντήσουν ελεύθερα στις εξής ερωτήσεις χωρίς προηγουμένως να αναφερθεί τίποτε για τη δύναμη της τριβής:

- 1) Αναγνωρίζεται τις δυνάμεις που υπάρχουν στο σώμα;
- 2) Πότε εμφανίζεται η δύναμη της τριβής;
- 3) Εμφανίζεται η δύναμη της τριβής, όταν δεν υπάρχει κίνηση του σώματος;
- 4) Που οφείλεται η δύναμη της τριβής;

Αποτελέσματα

Η ομάδα των φοιτητών που είδαν την εικόνα του σχήματος 1 απάντησαν ως εξής στις 4 ερωτήσεις:

- 1) Στη εικόνα αυτή χρειάστηκε να γίνει διευκρίνιση ότι η δύναμη T είναι μια δύναμη που τραβά το σώμα. Από τους φοιτητές, μόνο 2 ανεγνώρισαν όλες τις δυνάμεις, οι 12, αναγνώρισαν τις δυνάμεις του βάρους, την αντίδραση του εδάφους, τη δύναμη που θέλει να κινήσει το σώμα και θεώρησαν ως αντίδραση από τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, την τριβή, ενώ οι υπόλοιποι παραπλανήθηκαν από την ύπαρξη των μικρών σωμάτων πάνω από το κινούμενο σώμα.
- 2) 13 φοιτητές απάντησαν όταν ένα σώμα πάει να κινηθεί έναντι ενός άλλου, όταν είναι σε επαφή.
- 3) 14 φοιτητές απάντησαν ότι δεν είναι απαραίτητο το σώμα να κινείται έναντι του εδάφους, αρκεί να υπάρχει δύναμη που πάει να το κινήσει.
- 4) 2 φοιτητές δήλωσαν ότι η ύπαρξη της τριβής πρέπει να οφείλεται στις ατέλειες που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ των δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή, ενώ 12 απάντησαν ότι πρέπει να υπάρχει η τριβή αξιωματικά για να ισχύει ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα και οι υπόλοιποι απάντησαν ότι δεν ξέρουν.

Η ομάδα των φοιτητών που είδαν την εικόνα του σχήματος 2 απάντησαν ως εξής στις 4 ερωτήσεις:

- 1) Στη εικόνα αυτή χρειάστηκε να γίνει διευκρίνιση ότι η δύναμη F , είναι μια δύναμη που τραβά το σώμα. Έτσι 14 φοιτητές αναγνώρισαν τις δυνάμεις του βάρους, την αντίδραση του εδάφους, τη δύναμη που θέλει να κινήσει το σώμα και θεώρησαν ως αντίδραση που συνεπάγεται από τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, την τριβή.

- 2) 13 φοιτητές απάντησαν όταν ένα σώμα κινείται έναντι ενός άλλου, όταν είναι σε επαφή.
- 3) 13 φοιτητές απάντησαν ότι δεν είναι απαραίτητο το σώμα να κινείται έναντι του εδάφους, αρκεί να υπάρχει δύναμη που πάει να το κινήσει.
- 4) 15 φοιτητές δήλωσαν ότι η ύπαρξη της τριβής πρέπει να οφείλεται στις ατέλειες που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ των δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή, χωρίς να μπορούν όμως να το συνδέσουν με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα.

Η ομάδα των φοιτητών που είδαν την εικόνα του σχήματος 3 απάντησαν ως εξής στις 4 ερωτήσεις:

- 1) 14 φοιτητές αναγνώρισαν την ύπαρξη μόνο των δυνάμεων του βάρους και την αντίδραση του εδάφους. Κανείς δεν κατάλαβε από το σχήμα την ύπαρξη και των άλλων δύο δυνάμεων.
- 2) 4 φοιτητές απάντησαν όταν ένα σώμα κινείται έναντι ενός άλλου, όταν είναι σε επαφή. 5 απάντησαν αρκεί δύο σώματα να είναι σε επαφή όποτε υπάρχει η τριβή, ενώ οι υπόλοιποι απάντησαν ότι δεν αντιλαμβάνονται από το σχήμα την ύπαρξη της δύναμης της τριβής.
- 3) 4 φοιτητές απάντησαν ότι είναι απαραίτητο το σώμα να κινείται έναντι του εδάφους, και 1 ανέφερε ότι δεν χρειάζεται η κίνηση.
- 4) Όλοι δήλωσαν ότι πρέπει να συνδέεται με τις ατέλειες των επιφανειών, χωρίς όμως να καταλαβαίνουν πως γίνεται αυτό.

Η ομάδα των φοιτητών που είδαν την εικόνα του σχήματος 4 απάντησαν στις 4 ερωτήσεις:

- 1) 8 φοιτητές αναγνώρισαν τις δυνάμεις του βάρους και την αντίδραση του εδάφους. 10 αναγνώρισαν τις δυνάμεις του βάρους, την αντίδραση του εδάφους και τη δύναμη που θέλει να κινήσει το σώμα. 12 αναγνώρισαν τις δυνάμεις του βάρους, την αντίδραση του εδάφους, τη δύναμη που θέλει να κινήσει το σώμα και θεώρησαν ως αντίδραση που συνεπάγεται από τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα την ύπαρξη της τριβής.
- 2) 9 φοιτητές απάντησαν όταν ένα σώμα κινείται έναντι ενός άλλου, όταν είναι σε επαφή και 5 απάντησαν ότι η τριβή υπάρχει αρκεί δυο σώματα να είναι σε επαφή.
- 3) 3 φοιτητές απάντησαν ότι δεν είναι απαραίτητο το σώμα να κινείται έναντι του εδάφους, αρκεί να υπάρχει δύναμη που πάει να το κινήσει.
- 4) 3 φοιτητές δήλωσαν ότι η ύπαρξη της τριβής πρέπει να οφείλεται στις ατέλειες που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ των δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή, 6 απάντησαν ότι υπάρχει η τριβή αρκεί τα σώματα να είναι σε επαφή, 3 απάντησαν ότι η τριβή υπάρχει για να ισχύει ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα.

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τις απαντήσεις των φοιτητών καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

Αναφορικά με τις δυνάμεις που εξασκούνται στο σώμα. Στις εικόνες 1 και 2 όπου υπάρχει η σχηματική αναπαράσταση των δυνάμεων οι φοιτητές μπόρεσαν εύκολα να διακρίνουν σε μεγάλο ποσοστό τις τέσσερις δυνάμεις που εξασκούνται στο σώμα, μόνο που χρειάστηκε να δοθεί διευκρίνιση ποια είναι η δύναμη που τραβά το σώμα, γιατί δεν είναι εμφανής από την εικόνα η αιτία της δύναμης αυτής. Σε αντίθεση με την εικόνα 4 η διευκρίνιση αυτή δεν χρειάστηκε να γίνει γιατί είναι εμφανής η αιτία της δύναμης της ώθησης. Τέλος η εικόνα 3 δεν βοήθησε καθόλου για την ύπαρξη δύναμης ώθησης του σώματος. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η έγχρωμη εικόνα 1 διευκόλυνε καλύτερα τους φοιτητές, όπως αναφέρθηκε από την ομάδα που είδε την εικόνα 2, που τους παρουσιάστηκε τόσο η ασπρόμαυρη εικόνα της Ελληνικής έκδοσης, όσο και η αντίστοιχη έγχρωμη της Αγγλικής έκδοσης του ίδιου βιβλίου.

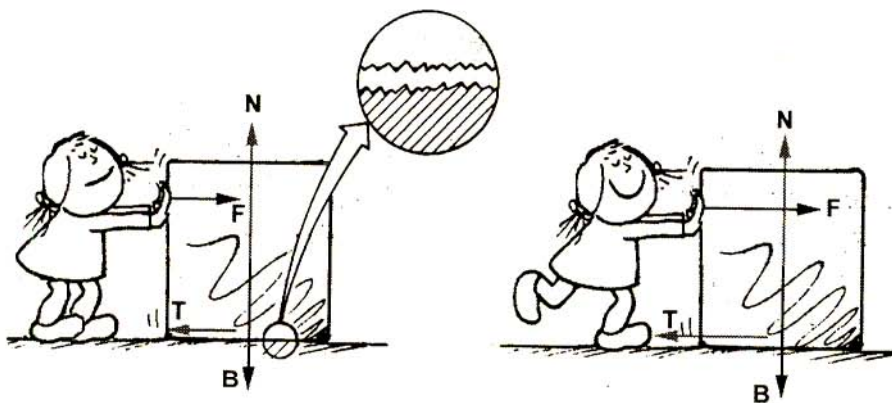
Αναφορικά με την ερώτηση πότε εμφανίζεται η δύναμη της τριβής και απαιτείται κίνηση για την ύπαρξη της τριβής, οι εικόνες 1 και 2 που χρησιμοποιούν δύο σχήματα για να περιγράψουν το σώμα, δηλαδή χωρίς κίνηση και με κίνηση (ολίσθηση) έδωσε σε μεγάλο ποσοστό, τη δυνατότητα στους φοιτητές να οδηγηθούν στο συμπέρασμα, ότι η τριβή υπάρχει όταν ένα σώμα τείνει να κινηθεί έναντι ενός άλλου χωρίς να υπάρχει η προϋπόθεση της κίνησης. Αντιθέτως οι εικόνες 3 και 4 δημιούργησαν την εντύπωση ότι απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη της τριβής είναι η κίνηση μεταξύ δύο σωμάτων, ενώ σε ένα ποσοστό δημιούργησε το λανθασμένο συμπέρασμα ότι η επαφή δύο σωμάτων είναι αρκετή για δημιουργηθεί τριβή.

Σχετικά με την ερώτηση ποια είναι η αιτία της τριβής, οι εικόνες 2 και 3 οδήγησαν τους φοιτητές στο συμπέρασμα ότι είναι οι ατέλειες των δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή και αυτό, γιατί στις εικόνες 2 και 3 υπάρχει το ένθετο σχήμα που δείχνει σε μεγέθυνση την επαφή των δύο επιφανειών. Αντιθέτως οι εικόνες 1 και 4 δεν μπόρεσαν να δημιουργήσουν αυτή τη νοητική αναπαράσταση στους φοιτητές και αυτό φαίνεται από το πολύ μικρό ποσοστό που απάντησε σωστά στην ερώτηση αυτή. Απεναντίας οδήγησε ορισμένους φοιτητές να δηλώσουν σαν συμπέρασμα ότι η τριβή πρέπει να υπάρχει για να ισχύει ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα, δημιουργώντας την εντύπωση ότι για να υφίσταται ο νόμος αυτός πρέπει να δημιουργούμε δυνάμεις και όχι ερμηνευτικά, δηλαδή οι δυνάμεις υπάρχουν και έχουν συγκεκριμένη αιτία ύπαρξης και αφού υπάρχουν υπακούουν στο νόμο του Νεύτωνα.

Από τα προηγούμενα συμπεράσματα δημιουργήθηκε μια εικονική αναπαράσταση για τη δύναμη της τριβής που περιείχε στοιχεία από όλες τις εικόνες

που βοήθησαν τους ερωτηθέντες φοιτητές να απαντήσουν σωστά επάνω στην τριβή. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή την εικόνα είναι:

- 1) Να εμφανίζεται η αιτία που δημιουργεί τη δύναμη που αναγκάζει το σώμα προς ολίσθηση
- 2) Η εικόνα να αποτελείται από δύο σχήματα, το ένα να παρουσιάζει το σώμα έτοιμο προς ολίσθηση και το άλλο όταν το σώμα ολισθαίνει
- 3) Να απεικονίζονται όλες οι δυνάμεις που εξασκούνται στο σώμα με τέτοιο τρόπο
- 4) ώστε να είναι εμφανής η ισχύς του τρίτου νόμου του Νεύτωνα (δράση-αντίδραση)
- 5) Να υπάρχει ένα ένθετο συμπληρωματικό σχήμα που να δείχνει την ύπαρξη ατελειών μεταξύ των δύο σωμάτων που έρχονται σε επαφή.



Σχήμα 5. Η εικονική αναπαράσταση της δύναμης της τριβής, όπως προτείνεται από την παρούσα εργασία

Η προτεινόμενη εικόνα παρουσιάζεται στο σχήμα 5. Στο ένα σχήμα το κορίτσι δεν βηματίζει και έχει σφιγμένο πρόσωπο για να δειχθεί η στατικότητα του σώματος, ενώ στο άλλο σχήμα είναι εμφανής ο βηματισμός και η έκφραση του προσώπου που πηγάζει από την επιτυχία της ολίσθησης του σώματος. Τέλος υπάρχει και η μεγένθυση της επαφής των δύο επιφανειών που δείχνει τη ύπαρξη των ατελειών.

Η εικόνα αυτή παρουσιάστηκε σε μια άλλη ομάδα 27 φοιτητών που δεν είχαν δει καμία από τις προηγούμενες εικόνες και τους ζητήθηκε να απαντήσουν στις ίδιες ερωτήσεις που απάντησαν οι άλλες ομάδες που είδαν κάθε μία εικόνα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη.

Στη πρώτη ερώτηση 24 φοιτητές ανεγνώρισαν όλες τις δυνάμεις, ενώ οι υπόλοιποι δήλωσαν τη τριβή ως αντίδραση της δύναμης ώθησης του σώματος.

Στη δεύτερη ερώτηση όλοι απάντησαν ότι η τριβή εμφανίζεται όταν υπάρχει κίνηση ενός σώματος έναντι ενός άλλου, ενώ και στην τρίτη ερώτηση όλοι έδωσαν την απάντηση ότι αρκεί το σώμα να πάει να κινηθεί τότε εμφανίζεται η τριβή. Σε συνέντευξη με την ομάδα αυτή των φοιτητών, οι περισσότεροι δήλωσαν ότι τους φάνηκε υπερβολική η ύπαρξη της ερώτησης αυτής.

Τέλος στην τέταρτη ερώτηση 26 φοιτητές απάντησαν ότι αιτία ύπαρξης της τριβής είναι ατέλειες που υπάρχουν στις δύο επιφάνειες που έρχονται σε επαφή.

Ο μεγάλος αριθμός των σωστών απαντήσεων της ομάδας αυτής δείχνει καθαρά ότι η εικονική αναπαράσταση μιας έννοιας, συγκεκριμένα στην παρούσα μελέτη της τριβής, έχει πολύ μεγαλύτερη σημασία από ότι της έχει δοθεί μέχρι σήμερα στη συγγραφή βιβλίων της Φυσικής, σε σημείο ώστε η νοητική αναπαράστασή της όχι μόνο να διευκολύνεται αλλά να μπορεί ο συγγραφέας με την προτασιακή αναπαράσταση του περιγραφόμενου μοντέλου στο κείμενο του να οδηγηθεί σε μεγαλύτερη παροχή γνώσης επάνω στην έννοια, όπως σύγκριση των δύο δυνάμεων της τριβής με ολίσθηση και χωρίς ολίσθηση, τι ισχύει όταν το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα και τι με επιτάχυνση κ.λ.π. Για να γίνει όμως κάτι τέτοιο θα πρέπει και να υπάρχουν τα ερευνητικά δεδομένα πάνω σε κάθε έννοια και να πάψει το η εικονογράφηση ενός διδακτικού συγγράμματος να έχει βασικό κριτήριο το οικονομικό κόστος της έκδοσης. Ειδικά για τη τριβή η εικονογράφηση της, πρέπει να έχει τα στοιχεία που αναφέρθηκαν προηγουμένως ώστε ο αναγνώστης να διαμορφώνει νοητικά και ορθά την έννοιά της και με την ανάγνωση του κειμένου να συμπληρωθεί και να αναπτυχθεί το νοητικό μοντέλο που την περιγράφει.