

Διδασκαλία της Τριβής με τη Χρήση του Εκπαιδευτικού Λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά»

Αντώνης Κουκουτσάκης
Εργαστήριο Γνωστικής Επιστήμης και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
antkoug@phs.uoa.gr

Διονύσης Μητρόπουλος
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
dmitro@di.uoa.gr

Μαρία Σαμαράκου
Τμήμα Ενεργειακής Τεχνικής, Τ.Ε.Ι. Αθήνας
marsam@otenet.gr

Μαρία Γρηγοριάδου
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
gregor@di.uoa.gr

Στέλλα Βοσνιάδου
Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
svosniad@phs.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να γίνει αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, στη διδασκαλία της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης, με τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά». Οι ερευνητικές υποθέσεις ήταν ότι α) η διδασκαλία με το λογισμικό θα βοηθήσει στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής όσον αφορά στις παρανοήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας σχετικά με τις έννοιες της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης και β) η διδασκαλία με το λογισμικό θα είναι πιο αποτελεσματική στην επίτευξη των διδακτικών στόχων που έχουν τεθεί σε κάθε ενότητα σε σύγκριση με τη διδασκαλία χωρίς τη χρήση του λογισμικού. Η διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά» φάνηκε να έχει επιφέρει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα στα παρακάτω σημεία: α) Στο να κατανοήσουν τα παιδιά της πειραματικής ομάδας ότι όταν ασκούμε μια οριζόντια δύναμη σε ένα σώμα και αυτό παραμένει ακίνητο, τότε η δύναμη που ασκούμε είναι ίση με την τιμή της στατικής τριβής εκείνη τη στιγμή και β) Η μεγάλη πλειοψηφία των παιδιών της πειραματικής ομάδας φάνηκε ότι έχει κατανοήσει από ποιους παράγοντες εξαρτάται και από ποιους όχι, η τιμή της τριβής

ολίσθησης. Αντίθετα, αρκετά παιδιά της ομάδας ελέγχου θεώρησαν ότι το μέτρο της τριβής ολίσθησης εξαρτάται από την ταχύτητα του σώματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Στατική τριβή, τριβή ολίσθησης, παρανοήσεις, εννοιολογική αλλαγή

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έργο «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά» είναι ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό περιβάλλον, υποστηριζόμενο από υπολογιστές και δίκτυο, για εισαγωγή ορισμένων διανυσματικών εννοιών της Φυσικής. Το συγκεκριμένο λογισμικό ανήκει στα διερευνητικού τύπου λογισμικά. Τα εκπαιδευτικά λογισμικά διερευνητικού τύπου δίνουν έμφαση σε εργαλεία για επεξεργασία και οπτικοποίηση πληροφοριών, για συνδυαζόμενες αναπαραστάσεις φαινομένων, για υποστήριξη συνεργατικής εργασίας, για πολλαπλούς τρόπους έκφρασης κ.ά. (Σολομωνίδου, 2001). Οι σχεδιαστές του δέχονται το επικοινωνιακό μοντέλο για να απαντήσουν στο ερώτημα: «Πώς μαθαίνει ο άνθρωπος;». Το έργο έχει σχεδιαστεί για να βοηθήσει τους μαθητές να πραγματοποιήσουν εννοιολογικές αλλαγές (βλ. Γρηγοριάδου, 2002). Η ανάδειξη εκ μέρους των μαθητών των πεποιθήσεών τους καθώς και της επεξηγηματικής ανεπάρκειας αυτών είναι απαραίτητες προϋποθέσεις που θα οδηγήσουν στην άρση των παρανοήσεων (Vosniadou, 1994).

ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να γίνει αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, στη διδασκαλία των γνωστικών αντικειμένων της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης, με τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά». Οι ερευνητικές υποθέσεις ήταν:

- Η διδασκαλία με το λογισμικό θα βοηθήσει στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής όσον αφορά στις παρανοήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας, οι οποίες ανιχνεύτηκαν από τον προέλεγχο, σχετικά με τις έννοιες της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης. (Για τις παρανοήσεις αυτές βλ. την υποενότητα «ο προέλεγχος»).
- Η διδασκαλία με το λογισμικό θα είναι πιο αποτελεσματική στην επίτευξη των διδακτικών στόχων σε σύγκριση με τη διδασκαλία χωρίς τη χρήση του λογισμικού. Οι διδακτικοί αυτοί στόχοι είναι η κατανόηση από τους μαθητές των παραγόντων που επηρεάζουν και αυτών που δεν επηρεάζουν το μέτρο της μέγιστης στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης.

ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ

Στην έρευνα αυτή έλαβαν μέρος 34 παιδιά της πρώτης λυκείου. Στην ομάδα ελέγχου, η οποία διδάχτηκε την τριβή στην τάξη χωρίς τη χρήση υπολογιστή, συμμετείχαν 16 παιδιά, ενώ στην πειραματική ομάδα, η οποία διδάχτηκε την τριβή με τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά», συμμετείχαν 18 παιδιά. Ο χωρισμός των δύο ομάδων έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εξισωμένες ως προς το φύλο, το επίπεδο των μαθητών και το ενδιαφέρον που επέδειξαν οι μαθητές για το συγκεκριμένο λογισμικό.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Πριν τη διεξαγωγή της διδασκαλίας, οι μαθητές έλαβαν μέρος σε έναν προέλεγχο, ο οποίος είχε ως στόχο, αφενός να ανιχνεύσει τις αντιλήψεις τους σχετικά με την τριβή και αφετέρου να ελέγξει αν τα παιδιά είχαν κάποιες συγκεκριμένες παρανοήσεις στους νόμους του Νεύτωνα. Οι νόμοι κίνησης του Νεύτωνα αποτελούν το θεωρητικό υπόβαθρο που είναι αναγκαίο, όχι μόνο για την κατανόηση των νόμων της τριβής, αλλά και για την εφαρμογή τους σε περιπτώσεις κίνησης ή ακινησίας ενός σώματος. Η ύπαρξη των παρανοήσεων που εντόπισε ο προέλεγχος λήφθηκε υπόψη στο σχεδιασμό της διδασκαλίας.

Λίγες ημέρες μετά από τον προέλεγχο, έγινε επίδειξη του λογισμικού σε όλα τα παιδιά. Μετά από το διαχωρισμό των παιδιών στις δύο ομάδες, θεωρήθηκε σκόπιμο η πειραματική ομάδα να χρησιμοποιήσει το λογισμικό πριν την πραγματοποίηση της διδασκαλίας, ώστε τα παιδιά να εξοικειωθούν με το interface του προγράμματος.

Η πειραματική διδασκαλία της τριβής χωρίστηκε σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος έγινε διδασκαλία της στατικής τριβής με τη χρησιμοποίηση του σεναρίου «Σώματα που ισορροπούν», το οποίο είναι ενταγμένο στη θεματική ενότητα «Δυνάμεις – Ισορροπία», ενώ στο δεύτερο έγινε διδασκαλία της τριβής ολίσθησης με τη χρησιμοποίηση του σεναρίου «Ταχυδρομείο», το οποίο είναι ενταγμένο στη θεματική ενότητα «Δυνάμεις – Κίνηση». Στην αίθουσα των υπολογιστών υπήρχαν εννέα υπολογιστές και στον καθένα από αυτούς κάθισαν δύο παιδιά διότι επιθυμούσαμε τη συνεργασία των μαθητών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Το αντικείμενο των δύο διδασκαλιών ήταν οι έννοιες της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης, πότε ασκούνται, ποια είναι η κατεύθυνσή τους, από ποιους παράγοντες εξαρτώνται και από ποιους όχι και δόθηκαν οι μαθηματικές εκφράσεις που περιγράφουν τις σχέσεις αυτές. Κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών δεν έγινε επίλυση ασκήσεων, αλλά μόνο εξομοίωση πειραμάτων (με τη χρήση του λογισμικού), μέσα από τα οποία έγινε προσπάθεια ανακάλυψης των νόμων της τριβής. Συγκεκριμένα, έγινε προσπάθεια πρόβλεψης και επιβεβαίωσης των νόμων μέσα από πειραματισμό. Στην πειραματική ομάδα δόθηκαν φύλλα εργασίας και οδηγίες για το τι μετρήσεις έπρεπε να κάνουν κάθε φορά με τη χρήση του λογισμικού.

Τέλος, λίγες μέρες μετά από την ολοκλήρωση των διδασκαλιών, κατά τη διάρκεια μίας διδακτικής ώρας, όλοι οι μαθητές έλαβαν μέρος σε ένα μεταέλεγχο.

Ο προέλεγχος

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στον προέλεγχο περιείχε εννέα ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, οι οποίες εμφάνιζαν καταστάσεις της καθημερινής ζωής στις οποίες εμπλέκεται η τριβή. Στις ερωτήσεις αυτές, οι μαθητές καλούνταν να εκθέσουν τις απόψεις τους σχετικά με τα είδη των δυνάμεων που υπεισέρχονταν στις καταστάσεις αυτές. (Κάποιες από τις ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στον προέλεγχο φαίνονται παρακάτω).

Ο κύριος στόχος του προελέγχου ήταν να ανιχνεύσει αν τα παιδιά γνωρίζουν τους δύο πρώτους νόμους του Νεύτωνα, οι οποίοι αποτελούν το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα στηριχθεί η διδασκαλία των εννοιών της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης. Ένας άλλος στόχος του ήταν να ανιχνεύσει αν τα παιδιά έχουν κάποιες συνηθισμένες παρανοήσεις, οι οποίες θα πρέπει να ξεπεραστούν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Ο σχεδιασμός της διδασκαλίας στηρίχθηκε, σε πολύ μεγάλο βαθμό, στα ευρήματα του προελέγχου αυτού.

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις απαντήσεις που έδωσαν τα παιδιά είναι τα παρακάτω:

Τα παιδιά, στην πλειοψηφία τους, εφάρμοσαν σωστά τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, στην απλή περίπτωση της ισορροπίας ενός σώματος και ενώ δεν του ασκούνται οριζόντιες δυνάμεις (βλ. ερώτηση 1). Από την άλλη μεριά, τα περισσότερα παιδιά εμφάνισαν μία δυσκολία να τον εφαρμόσουν στην περίπτωση που ασκείται οριζόντια δύναμη στο ακίνητο σώμα (βλ. ερωτήσεις 2 και 3) και είτε ανέφεραν ότι η (στατική) τριβή είναι μεγαλύτερη από την οριζόντια δύναμη ή ότι η μόνη οριζόντια δύναμη είναι η ασκούμενη από τον άνθρωπο (βλ. πίνακα 1).

1 ^{ος} Νόμος του Νεύτωνα	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου
Σωστή εφαρμογή (χωρίς οριζόντιες δυνάμεις)	13/16	13/13
Σωστή εφαρμογή (με οριζόντιες δυνάμεις)	3/16	5/13
Παρανόηση ότι $T_s > F$	6/16	3/13

Πίνακας 1: Αριθμός μαθητών της ομάδας / σύνολο μαθητών της ομάδας που έδωσαν τις παραπάνω απαντήσεις σχετικά με τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα.

Το γεγονός ότι πολλά παιδιά πίστευαν ότι η στατική τριβή είναι σταθερή δύναμη και μάλιστα μεγαλύτερη από την ασκούμενη από τον άνθρωπο είναι μία σημαντική παρανόηση και ο πρώτος στόχος της διδασκαλίας στο γνωστικό αντικείμενο της στατικής τριβής ήταν να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η στατική τριβή που ασκεί το δάπεδο σε ένα σώμα δεν έχει καθορισμένο μέτρο, αλλά μπορεί να αυξομειώνεται από μηδέν μέχρι κάποιο ανώτατο όριο.

Όσον αφορά το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, η πλειοψηφία των παιδιών φάνηκε να μπορεί να τον εφαρμόσει στην περίπτωση της επιταχυνόμενης κίνησης (βλ. ερώτηση 4), στην οποία η συνισταμένη δύναμη είναι ομόρροπη της κίνησης. Αντίθετα, τα περισσότερα παιδιά που έλαβαν μέρος στον προέλεγχο εμφάνισαν μία δυσκολία να τον εφαρμόσουν στην περίπτωση της επιβραδυνόμενης κίνησης (βλ. ερώτηση 6), κατά την οποία η συνισταμένη δύναμη είναι αντίρροπη της κίνησης του σώματος (βλ. Πίνακα 2).

2 ^{ος} Νόμος του Νεύτωνα	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου
Σωστή εφαρμογή (στην επιταχυνόμενη κίνηση)	8/16	6/13
Σωστή εφαρμογή (στην επιβραδυνόμενη κίνηση)	7/16	5/13

Πίνακας 2: Αριθμός μαθητών της ομάδας / σύνολο μαθητών της ομάδας που έδωσαν τις παραπάνω απαντήσεις σχετικά με τον 2ο Νόμο του Νεύτωνα.

Περισσότεροι από τους μισούς μαθητές που έλαβαν μέρος στον προέλεγχο εμφάνισαν την παρανόηση ότι για να μετακινήσουμε οριζόντια ένα σώμα πρέπει να του ασκήσουμε οριζόντια δύναμη μεγαλύτερη από το βάρος του (βλ. ερώτηση 8β). Αυτή η παρανόηση ελήφθη υπόψη στο σχεδιασμό της διδασκαλίας (βλ. πίνακα 3).

Σχέση οριζόντιας δύναμης F με βάρος	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου
Απάντησαν (λάθος) ότι $F > B$	8/16	9/13
Απάντησαν (σωστά) ότι $F < B$	8/16	4/13

Πίνακας 3: Αριθμός μαθητών της ομάδας / σύνολο μαθητών της ομάδας που έδωσαν τις παραπάνω απαντήσεις όσον αφορά στη σχέση της οριζόντιας δύναμης με το βάρος.

Κάποιες από τις ερωτήσεις που δόθηκαν στον προέλεγχο

- **Ερώτηση 1.** Σε ένα μαγαζί που πουλάει ηλεκτρικές συσκευές, υπάρχει ένα μεγάλο ψυγείο που βρίσκεται ακίνητο σε μια γωνιά. Σχεδιάστε τις δυνάμεις που πιστεύετε ότι ασκούνται πάνω στο ψυγείο.
- **Ερώτηση 2.** Ένας υπάλληλος, θέλοντας να μετακινήσει το ψυγείο αυτό, το σπρώχνει ασκώντας του μια δύναμη F_1 , αλλά εκείνο εξακολουθεί να είναι ακίνητο. Σχεδιάστε ξανά τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω του. Υπάρχει κάποια διαφορά από την προηγούμενη κατάσταση;
- **Ερώτηση 3.** Στη συνέχεια, ο υπάλληλος προσπαθεί να μετακινήσει το ψυγείο ασκώντας του μία μεγαλύτερη δύναμη F_2 , αλλά αυτό επιμένει να είναι ακίνητο. Αφού σχεδιάσετε και σ' αυτήν την κατάσταση τις δυνάμεις που ασκούνται στο ψυγείο, μπορείτε να αναφέρετε σε τι διαφέρουν από τις δυνάμεις που σχεδιάσατε στην προηγούμενη κατάσταση;
- **Ερώτηση 4.** Τέλος, ο υπάλληλος καταφέρνει τελικά να μετακινήσει το βαρύ ψυγείο ασκώντας του μια δύναμη F_3 . Πώς πιστεύετε ότι είναι αυτή τη φορά οι δυνάμεις που ασκούνται στο ψυγείο;

- **Ερώτηση 6.** Ο υπάλληλος πρέπει να κατεβάσει το ψυγείο αυτό από τον πρώτο όροφο στο ισόγειο. Για το λόγο αυτό, οδηγεί το ψυγείο στον κατηφορικό διάδρομο που ενώνει τους δύο ορόφους. Κάποια στιγμή, ενώ κατεβάζει το ψυγείο, αυτό του ξεφεύγει, συναντάει το οριζόντιο επίπεδο, επιβραδύνεται και μετά από λίγο σταματάει. Τι πιστεύετε είναι αυτό που έκανε το ψυγείο να επιβραδυνθεί και να σταματήσει κατά την κίνησή του στο οριζόντιο επίπεδο;
- **Ερώτηση 8.** Ο υπάλληλος αναρωτιέται μήπως θα ήταν ευκολότερο να σηκώσει το ψυγείο.
Τι δύναμη πιστεύετε πρέπει να ασκήσει στο ψυγείο για να το σηκώσει;
 1. Μεγαλύτερη από το βάρος του;
 2. Ίση με το βάρος του;
 3. Μικρότερη από το βάρος του;
 Τι δύναμη πιστεύετε πρέπει να του ασκήσει για να το μετακινήσει σπρώχνοντάς το;
 1. Μεγαλύτερη από το βάρος του;
 2. Ίση με το βάρος του;
 3. Μικρότερη από το βάρος του;
 Δικαιολογείστε τις απαντήσεις σας.

Η διδασκαλία

Αναφέρεται μια σύντομη περιγραφή ενός μέρους της διδασκαλίας στο γνωστικό αντικείμενο της στατικής τριβής.

Πριν ξεκινήσει η διδασκαλία, μοιράστηκαν στα παιδιά τα ερωτηματολόγια που είχαν συμπληρώσει στον προέλεγχο, καθώς και ένα φύλο εργασίας. (Ένα μέρος του φύλλου εργασίας που χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου της στατικής τριβής φαίνεται παρακάτω).

Η διδασκαλία άρχισε με μια εισαγωγική συζήτηση σχετική με την αιτία που μας εμποδίζει να μετακινήσουμε ένα βαρύ αντικείμενο σπρώχνοντάς το με μία οριζόντια δύναμη.

Πολλοί μαθητές απάντησαν ότι «η τριβή το εμποδίζει να κινηθεί». Μερικοί ισχυρίστηκαν ότι «είναι πολύ βαρύ». Εδώ τέθηκε η ερώτηση τι θα γινόταν αν το βαρύ αντικείμενο είχε μικρές ρόδες ή αν το δάπεδο ήταν πολύ γλιστερό (π.χ. πάγος ή αν υπήρχαν λάδια).

Στα πλαίσια του πρώτου διδακτικού στόχου (ο οποίος αναφέρθηκε λίγο πιο πάνω), ζητήθηκε από ένα μαθητή να σπρώξει ένα θρανίο που επάνω του καθόταν ένας άλλος μαθητής. Του υποδείχθηκε να σπρώχνει σιγά στην αρχή και στη συνέχεια όλο και πιο δυνατά μέχρι να το μετακινήσει. Ζητήθηκε από τους μαθητές να σκεφθούν ποια σχέση υπάρχει ανάμεσα στη δύναμη με την οποία σπρώχνει ο μαθητής το θρανίο και στην τριβή που αντιστέκεται στην κίνηση.

Στη συνέχεια, τα παιδιά εργάστηκαν στον υπολογιστή και με τη βοήθεια του λογισμικού εκτέλεσαν κάποιες δραστηριότητες (βλ. παρακάτω).

Ακολούθησε συζήτηση των αποτελεσμάτων του πειράματος, από όπου αναδείχθηκε κάποια συμπεράσματα αναφορικά με το μέτρο και την κατεύθυνση της στατικής τριβής. Στη διάρκεια της συζήτησης αυτής, ζητήθηκε από τους μαθητές να εξετάσουν αν τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων τους ήταν σε συμφωνία με όσα είχαν σημειώσει στο ερωτηματολόγιο που είχαν συμπληρώσει στον προέλεγχο.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι και ο καθηγητής του σχολείου ακολούθησε κι αυτός το εποικοδομητικό πρότυπο διδασκαλίας με την ομάδα ελέγχου. Έβαλε τους μαθητές να προβληματιστούν, να κάνουν υποθέσεις, να εκτελέσουν πειράματα (π.χ. ζήτησε κι αυτός από κάποιον μαθητή να σπρώξει ένα θρανίο πάνω στο οποίο καθόταν ένας συμμαθητής του) για να ελέγξουν τις υποθέσεις τους και να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Η κύρια διαφορά στον τρόπο διδασκαλίας μεταξύ των δύο ομάδων είναι ότι η πειραματική ομάδα εκτέλεσε τις δικές της

δραστηριότητες μέσω του λογισμικού, όπου μπορούσε να πάρει και αριθμητικά αποτελέσματα και όχι μόνο ποιοτικά, όπως η ομάδα ελέγχου με τις δικές της δραστηριότητες.

Κάποιες δραστηριότητες που εκτέλεσαν οι μαθητές με τη χρήση του λογισμικού στα πλαίσια της διδασκαλίας της στατικής τριβής όπως αναγράφονται στο φύλο εργασίας που τους δόθηκε

Στην οθόνη σας βλέπετε την εικόνα ενός δωματίου με ένα τραπέζι. Πατήστε το πλήκτρο εμφάνισης των αντικειμένων (κάτω δεξιά) για να εμφανιστούν διάφορα αντικείμενα. Μπορείτε να τα επιλέξετε και σύροντάς τα με το ποντίκι να τα συνδυάσετε σε διάφορες θέσεις και να εξετάσετε την ισορροπία τους.

Τοποθετήστε το μικρό κιβώτιο πάνω στο τραπέζι και συνδέστε το με την τροχαλία και τα σταθμά. Επιλέξτε ξύλινη επιφάνεια για το τραπέζι. Χρησιμοποιώντας τη «Λίστα ιδιοτήτων των αντικειμένων» και τις επιλογές της, σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο για σταθμά 5N.

Δοκιμάστε το αποτέλεσμα της πρόβλεψής σας.

Χρησιμοποιώντας την επιλογή «πραγματικότητα», δείτε πώς είναι πραγματικά οι δυνάμεις.

Αυξήστε το βάρος των σταθμών στα 10N (με κλικ πάνω στα σταθμά μπορείτε να τα αυξάνετε κατά 1N κάθε φορά) και σχεδιάστε ξανά τις δυνάμεις που πιστεύετε ότι ασκούνται στο σώμα.

Πειραματιστείτε αυξάνοντας σταδιακά τα σταθμά μέχρι να αρχίσει το κιβώτιο να γλιστράει. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

Δυνάμεις που ασκούνται στο μικρό κιβώτιο				
Όνομα δύναμης:	Βάρος	Κάθετη δύναμη στήριξης	Τάση νήματος	Στατική τριβή
Ποιο σώμα την ασκεί:				
Διεύθυνση – φορά:				
Μέτρο (με σταθμά 5N):				
(με σταθμά 10N):				
Μέγιστο βάρος σταθμών ώστε το κιβώτιο να μην γλιστράει:			Μέγιστη στατική τριβή:	

Επαναλάβετε τα ίδια για το μεγάλο κιβώτιο (που είναι κατασκευασμένο από το ίδιο υλικό) και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

Δυνάμεις που ασκούνται στο μικρό κιβώτιο				
Όνομα δύναμης:	Βάρος	Κάθετη δύναμη στήριξης	Τάση νήματος	Στατική τριβή
Ποιο σώμα την ασκεί:				
Διεύθυνση – φορά:				
Μέτρο (με σταθμά 5N):				
(με σταθμά 10N):				
Μέγιστο βάρος σταθμών ώστε το κιβώτιο να μην γλιστράει:			Μέγιστη στατική τριβή:	

Υποθέτοντας τώρα ότι το βάρος ενός άλλου κιβώτιου, από το ίδιο υλικό, είναι τριπλάσιο από αυτό του μικρού κιβωτίου που χρησιμοποιήσατε προηγουμένως, συμπληρώστε με δική σας εκτίμηση τον επόμενο πίνακα.

(ΣΕ ΞΥΛΙΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ)	Βάρος	Κάθετη δύναμη στήριξης	Μέγιστη στατική τριβή
Τρίτο κιβώτιο			

Αλλάξτε τώρα την επιφάνεια του τραπέζιου από ξύλινη σε γυάλινη και συμπληρώστε, μετά από πειραματισμό, τον πιο κάτω πίνακα με τα μέτρα των αντίστοιχων δυνάμεων.

(ΣΕ ΓΥΑΛΙΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ)	Κάθετη δύναμη στήριξης	Μέγιστο βάρος σταθμών ώστε να μην γλιστράει	Μέγιστη στατική τριβή
Κιβώτιο βάρους 20N			
Κιβώτιο βάρους 40N			

Συμπληρώστε επίσης, με εκτίμηση, τον πίνακα για το τρίτο κιβώτιο.

Κιβώτιο βάρους 60N			
--------------------	--	--	--

Συμπεράσματα από το διδασκαλία

Κάποια βασικά συμπεράσματα και παρατηρήσεις που προέκυψαν από τη χρήση του λογισμικού στη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου της στατικής τριβής είναι:

- Παρατηρήθηκε αυξημένο ενδιαφέρον και συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα, ακόμη και αυτών που είχαν σχετική δυσκολία στη χρήση του λογισμικού.
- Μερικοί από τους μαθητές που είχαν καταγράψει λανθασμένες απόψεις στον προέλεγχο, όταν τους ζητήθηκε να συγκρίνουν τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων τους με τις απόψεις αυτές, τις αναθεώρησαν.
- Όπως φάνηκε από τη σχετική ευχέρεια με την οποία έκαναν τις προβλέψεις που τους ζητήθηκε κατά την εκτέλεση των πειραμάτων, ένα μεγάλο μέρος μαθητών κατανόησε τους παράγοντες που επηρεάζουν τη στατική και την οριακή στατική τριβή.

Παρόμοια συμπεράσματα βγήκαν και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας στο γνωστικό αντικείμενο της τριβής ολίσθησης.

Ο Μεταέλεγχος

Μετά από τη διδασκαλία, σε κάποια επόμενη διδακτική ώρα, οι μαθητές έλαβαν μέρος σε ένα μεταέλεγχο. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε είχε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. (Κάποιες από τις ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στον μεταέλεγχο φαίνονται παρακάτω). Με το μεταέλεγχο θέλαμε να ελέγξουμε, αφενός την κατανόηση των μαθητών για τις έννοιες που σχετίζονται με τα δύο είδη της τριβής και αφετέρου, να δούμε αν εξακολουθούσαν να υπάρχουν οι παρανοήσεις που είχαν ανιχνευτεί από τον προέλεγχο.

Κάποιες από τις ερωτήσεις που δόθηκαν στον μεταέλεγχο

1. Για να καταφέρουμε να μετακινήσουμε ένα σώμα που βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο, πρέπει να του ασκήσουμε τέτοια οριζόντια δύναμη, ώστε να υπερνικήσουμε:
 - i. Το βάρος του σώματος.
 - ii. Τη μέγιστη στατική τριβή που ασκείται στο σώμα από το δάπεδο.
 - iii. Τη συνισταμένη των δύο παραπάνω δυνάμεων.

- iv. Την κάθετη δύναμη στήριξης (αντίδραση) που ασκείται στο σώμα από το δάπεδο.
2. Θέλοντας να μετακινήσουμε ένα βαρύ αντικείμενο, το οποίο βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο, του ασκούμε μια σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου 100 N. Το σώμα όμως παραμένει ακίνητο. Πόσο πιστεύετε ότι μπορεί να είναι το μέτρο της στατικής τριβής που ασκείται στο σώμα;
- Μηδέν γιατί η τριβή ασκείται μόνο στα σώματα που κινούνται.
 - Μικρότερη από 100 N, αφού η στατική τριβή έχει κάποιο ανώτατο όριο.
 - Ακριβώς 100 N, αφού το σώμα ισορροπεί.
 - Μεγαλύτερη από 100 N, αφού η δύναμη που ασκούμε δεν καταφέρνει να μετακινήσει το σώμα.
3. Στη συνέχεια, ασκούμε μεγαλύτερη δύναμη (150 N) στο σώμα, αλλά αυτό παραμένει ακίνητο. Πόσο πιστεύετε ότι είναι το μέτρο της στατικής τριβής αυτή τη φορά;
- Όσο και στην προηγούμενη περίπτωση, γιατί η στατική τριβή δεν εξαρτάται από τη δύναμη που ασκούμε.
 - Μικρότερη από 150 N.
 - Ακριβώς 150 N.
 - Μεγαλύτερη από 150 N.
4. Ένα σώμα σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, όταν τοποθετείται με τη μεγάλη του πλευρά πάνω σε μια κεκλιμένη επιφάνεια, παραμένει ακίνητο και όταν τοποθετείται με τη μικρή του πλευρά, γλιστράει προς τα κάτω. Μια **πιθανή** εξήγηση του φαινομένου είναι ότι:
- Η μέγιστη τιμή της στατικής τριβής είναι μικρότερη στη δεύτερη περίπτωση, γιατί το κέντρο βάρους του σώματος είναι ψηλότερα και επομένως, είναι μικρότερο το μέτρο της κάθετης αντίδρασης.
 - Η μέγιστη τιμή της στατικής τριβής είναι μικρότερη στη δεύτερη περίπτωση, γιατί το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής είναι μικρότερο.
 - Η μέγιστη τιμή της στατικής τριβής είναι μικρότερη στη δεύτερη περίπτωση, γιατί η μικρή πλευρά του σώματος είναι περισσότερο λεία από τη μεγάλη.
 - Η συνιστώσα του βάρους στη διεύθυνση του κεκλιμένου επιπέδου είναι μεγαλύτερη στη δεύτερη περίπτωση (γιατί το κέντρο βάρους είναι ψηλότερα), και επομένως, θέτει σε κίνηση το σώμα.
7. Το μέτρο της τριβής ολίσθησης, η οποία ασκείται σε ένα σώμα που κινείται, εξαρτάται από:
- Το είδος των επιφανειών και από την ταχύτητα του σώματος, αλλά όχι από το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής.
 - Την κάθετη δύναμη της αντίδρασης και από το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής, αλλά όχι από την ταχύτητα του σώματος.
 - Την οριζόντια δύναμη που ασκήσαμε στο σώμα για να το θέσουμε σε κίνηση και από το βάρος του σώματος, αλλά όχι από το είδος των επιφανειών.
 - Την κάθετη δύναμη της αντίδρασης και από το είδος των επιφανειών, αλλά όχι από ταχύτητα του σώματος.

Συμπεράσματα από το μεταέλεγχο

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από το μεταέλεγχο, είναι τα παρακάτω:

Στον προέλεγχο είχε βρεθεί ότι πολλά παιδιά πιστεύουν ότι η στατική τριβή είναι σταθερή δύναμη, μεγαλύτερη από την ασκούμενη από τον άνθρωπο. Η συντριπτική πλειοψηφία των παιδιών της πειραματικής ομάδας, που πριν από τη διδασκαλία εμφάνισαν την παρανόηση αυτή, φάνηκε να έχουν οικοδομήσει με σωστό τρόπο τη σχετική γνώση (βλ. ερωτήσεις 2 και 3). Αντίθετα, στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε ουσιαστική βελτίωση (βλ. πίνακα 4).

Παρανόηση ότι $T_s > F$	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου
Πριν από τη διδασκαλία	6	3
Μετά από τη διδασκαλία	1	2

Πίνακας 4: Αριθμός μαθητών που είχαν την παραπάνω παρανόηση.

Σχεδόν τα μισά από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας που πριν από τη διδασκαλία είχαν εμφανίσει την παρανόηση ότι η οριζόντια δύναμη που πρέπει να ασκηθεί στο σώμα, ώστε αυτό να μετακινηθεί, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το βάρος του φάνηκε να έχουν οικοδομήσει με σωστό τρόπο τη σχετική γνώση (βλ. ερώτηση 1). Τα παιδιά της ομάδας ελέγχου φάνηκε να έχουν οικοδομήσει κι αυτά σε μεγάλο ποσοστό με σωστό τρόπο τη σχετική γνώση (βλ. πίνακα 5).

Παρανόηση ότι $F > B$	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου
Πριν από τη διδασκαλία	8	9
Μετά από τη διδασκαλία	5	3

Πίνακας 5: Αριθμός μαθητών που είχαν την παραπάνω παρανόηση.

Η μεγάλη πλειοψηφία των παιδιών της πειραματικής ομάδας φάνηκε ότι έχει κατανοήσει από ποιους παράγοντες εξαρτάται και από ποιους όχι η τιμή της τριβής ολίσθησης (βλ. ερώτηση 7). Αντίθετα, αρκετά παιδιά της ομάδας ελέγχου θεώρησαν ότι η τριβή ολίσθησης εξαρτάται από την ταχύτητα του σώματος.

ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τελικά, η διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά» φάνηκε να έχει επιφέρει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε μερικά σημεία (αν και οι διαφορές που προέκυψαν δεν ήταν στατιστικά σημαντικές λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος), ενώ αντίθετα, η ομάδα ελέγχου δεν φάνηκε να υπερέχει σε κάποιον τομέα μετά από τη διδασκαλία. Τα σημεία στα οποία φάνηκε ότι η χρήση του λογισμικού επέφερε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα ήταν:

Στο να κατανοήσουν τα παιδιά (της πειραματικής ομάδας) ότι όταν ασκούμε μια οριζόντια δύναμη σε ένα σώμα και αυτό παραμένει ακίνητο, τότε η δύναμη που ασκούμε δεν είναι μικρότερη από την τιμή της στατικής τριβής εκείνη τη στιγμή, αλλά ίση με αυτήν.

Η μεγάλη πλειοψηφία των παιδιών της πειραματικής ομάδας φάνηκε ότι έχει κατανοήσει από ποιους παράγοντες εξαρτάται και από ποιους όχι, η τιμή της τριβής ολίσθησης. Αντίθετα, αρκετά παιδιά της ομάδας ελέγχου θεώρησαν ότι το μέτρο της τριβής ολίσθησης εξαρτάται από την ταχύτητα του σώματος.

Μια σημαντική παρατήρηση όσον αφορά στη χρήση του λογισμικού έχει να κάνει με τη δυνατότητα που δίνει στους μαθητές να εργάζονται σε προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων, έχοντας τη δυνατότητα να παρατηρούν και να χειρίζονται ταυτόχρονα πολλές οπτικές αναπαραστάσεις του φαινομένου. Για παράδειγμα, στο σενάριο που χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία της τριβής ολίσθησης, παράλληλα με την εξέλιξη του φαινομένου που παρουσιαζόταν στην οθόνη (μια επιβραδυνόμενη κίνηση σε οριζόντιο δάπεδο λόγω της τριβής ολίσθησης),

φαινόταν ταυτόχρονα η ένδειξη κάποιων μεγεθών (όπως π.χ., της ταχύτητας) κάθε στιγμή, καθώς και τα διαγράμματα αυτών των μεγεθών ως συνάρτηση του χρόνου. Αυτό το χαρακτηριστικό του λογισμικού εκτιμούμε ότι βοήθησε να κατανοήσουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ότι το μέτρο της τριβής ολίσθησης δεν εξαρτάται από την ταχύτητα του σώματος. Αυτό συνέβη διότι σε κάποια από τις δραστηριότητες στα πλαίσια της διδασκαλίας της τριβής ολίσθησης, ζητήθηκε από τους μαθητές να «παγώσουν» την εικόνα μερικές φορές κατά την εξέλιξη του φαινομένου και να καταγράψουν το μέτρο της τριβής ολίσθησης για διάφορες τιμές της ταχύτητας του σώματος. Αυτές οι μετρήσεις εκτιμούμε ότι συνέβαλαν στο να καταλάβουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ότι η τριβή ολίσθησης είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα του σώματος, σε αντίθεση με πολλούς μαθητές της ομάδας ελέγχου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι εκτός από τις δύο προαναφερθείσες παρανοήσεις που εντοπίστηκαν από τον προέλεγχο (δηλαδή, ότι για να μετακινήσουμε ένα σώμα πρέπει να του ασκήσουμε οριζόντια δύναμη μεγαλύτερη από το βάρος του και ότι αν ασκούμε οριζόντια δύναμη σε ένα σώμα που εξακολουθεί να είναι ακίνητο, τότε η δύναμη που ασκούμε είναι μικρότερη από την τιμή της στατικής τριβής εκείνη τη στιγμή), κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ή στον μεταέλεγχο ανιχνεύτηκαν και κάποιες άλλες, οι οποίες είναι συνεπείς με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας. Βρέθηκε για παράδειγμα, ότι μερικά παιδιά πιστεύουν ότι σε ένα σώμα που κινείται οριζόντια μετά από μια αρχική ώθηση ασκείται συνεχώς μια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης (όπως βρέθηκε, για παράδειγμα και από την Dumas – Carré, 1987 και από πολλές άλλες έρευνες), ενώ αρκετά παιδιά πίστευαν ότι για την ύπαρξη κίνησης είναι απαραίτητη μια κινούσα δύναμη (όπως, για παράδειγμα, βρέθηκε στις έρευνες των Σολομωνίδου, Σταυρίδου & Χρηστίδη, 1997, McCloskey et al., 1980 & 1991 και σε πολλές άλλες έρευνες) και μάλιστα, πολλές φορές συγχέουν τις έννοιες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Βρέθηκε τέλος, ότι πολλοί μαθητές, αν και φαίνεται να γνωρίζουν την εξάρτηση της μέγιστης τιμής της στατικής τριβής από το μέτρο της κάθετης δύναμης στήριξης, είτε αποδίδουν την εξάρτηση αυτή στο εμβαδόν της επιφάνειας επαφής ή θεωρούν ότι η τιμή της κάθετης αντίδρασης εξαρτάται από τη θέση του κέντρου βάρους του σώματος (βλ. ερώτηση 4 στο μεταέλεγχο).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Dumas – Carré A. (1987). *La Résolution de Problèmes en Physique au Lycée. Thèse d'Etat*. Université Paris 7.
- McCloskey M., Caramazza A. & Green B. (1980). Curvilinear Motion in the Absence of External Forces: Naïve Beliefs about the Motion of Objects. *Science*, 210, 1139-1141.
- McCloskey M., Caramazza A. & Green B. (1980/ ελλ. μετ.1991). Καμπυλόγραμμη Κίνηση υπό την Απουσία Εξωτερικών Δυνάμεων: Οι Ιδέες των Μαθητών για την Κίνηση των Αντικειμένων. *Επιθεώρηση Φυσικής* (ειδικό αφιέρωμα στη Διδακτική της Φυσικής), 5-10.
- Vosniadou S. (1994). Mental Models of the Day – Night Cycle. *Cognitive Science*, vol. 18.
- Γρηγοριάδου Μ. (2002). Σχεδίαση Εκπαιδευτικού Λογισμικού για τη Φυσική. Στο Ε. Δημαράκη & Χ. Κυνηγός (επιμ.): *Νοητικά Εργαλεία και Πληροφοριακά Μέσα*. Καστανιώτη, Αθήνα.
- Σολομωνίδου Χ. (2001). *Σύγχρονη Εκπαιδευτική Τεχνολογία*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας.
- Σολομωνίδου Χ., Σταυρίδου Ε. & Χρηστίδης Θ. (1997). Η Ιστορία των Ιδεών και οι Μαθησιακές Δυσκολίες σε Σχέση με τη Δύναμη και την Κίνηση ως Οδηγός για τη Διδακτική Αξιοποίηση του Λογισμικού Interactive Physics. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 26, 77-112.

