

Παρουσίαση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού εποικοδομητικού τύπου

Δημήτριος Κολοκοτρώνης
Σχολικός Σύμβουλος Πληροφορικής
kolokotr@sch.gr

Ασημίνα Κοντογεωργίου
Σχολικός Σύμβουλος Φυσικής
akontogeorgiou@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το άρθρο παρουσιάζει ένα εκπαιδευτικό λογισμικό σχετικό με εφαρμογές του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα και γενικότερα της Νευτώνειας Μηχανικής σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής. Η σχεδίασή του έγινε μετά από εκτεταμένη έρευνα σε μαθητές 11-16 ετών σχετικά με τις εναλλακτικές τους απόψεις και τα συνηθισμένα λάθη τους για την αλληλεπίδραση μεταξύ των σωμάτων. Το λογισμικό αξιοποιεί την τεχνολογία των πολυμέσων, είναι «ανοιχτού» τύπου με υψηλό βαθμό αλληλεπιδραστικότητας με το χρήστη και ολοκληρωμένη παιδαγωγική σχεδίαση που περιλαμβάνει δημιουργία συνθηκών γνωστικής σύγκρουσης στους μαθητές καθώς και υιοθέτηση της εποικοδομητικής αντίληψης για τη διδασκαλία και τη μάθηση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εποικοδομητική προσέγγιση, γνωστική σύγκρουση, εναλλακτικές ιδέες, εκπαιδευτικό λογισμικό.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το λογισμικό «Αλληλεπιδράσεις Σωμάτων» είναι ένα ανοιχτό εκπαιδευτικό λογισμικό που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Εκπαιδευτικών Τεχνολογιών & Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Λογισμικού του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στη βάση της εποικοδομητικής αντίληψης για τη μάθηση (Driver & Oldham 1986, Prawat & Floden 1994, Wilson 1996), μετά από εκτεταμένη έρευνα σε μαθητές 11-16 ετών (Solomonidou & Kolokotronis 2001, Κολοκοτρώνης 2004) και αφού έλαβε υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες αυτών των μαθητών/ριών για την αλληλεπίδραση μεταξύ των σωμάτων (Maloney 1984, Malone & Rieland 1995, Terry & Jones 1986, Σολομωνίδου & Σταυρίδου 1993). Στοχεύει να βοηθήσει τους/ις μαθητές/ριες να οικοδομήσουν επιστημονικά αποδεκτές ιδέες για τη Νευτώνεια δυναμική, έχοντας τα ακόλουθα γενικά χαρακτηριστικά: αλληλεπιδραστικότητα, εποικοδομητική προσέγγιση, χρήση τεχνολογίας πολυμέσων, χρήση της στρατηγικής της 'γνωστικής σύγκρουσης', χρήση της λειτουργίας 'run my model', χρήση της μεθόδου των εκτεταμένων σχημάτων για την αναπαράσταση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ σωμάτων και συνδυασμό ενός 'ανοιχτού' περιβάλλοντος συνοδευόμενου από τεχνικές 'πρακτικής και εξάσκησης' (αυτή η μορφή εκπαιδευτικού λογισμικού ονομάστηκε 'διευρυμένου τύπου').

Το λογισμικό σχεδιάστηκε έτσι ώστε να είναι απλό στη χρήση του, να έχει ενιαίο περιβάλλον διεπαφής και να έχει μικρό σχετικά αριθμό «κουμπιών» των οποίων το όνομα να προιδεάζει για την λειτουργικότητά τους (Κολοκοτρώνης 2007). Τα κουμπιά που είναι ενεργά αλλάζουν χρώμα μόλις ο δείκτης του ποντικιού εισέλθει πάνω από αυτά και έχουν σχετικά μεγάλο μέγεθος ώστε να είναι εύκολο να εντοπιστούν (Kolokotronis & Solomonidou 2003).

Το υλικό (hardware) που απαιτείται να διαθέτει ένας υπολογιστής για την ορθή λειτουργία του προγράμματος είναι στοιχειώδες (επεξεργαστής τουλάχιστον Pentium IV με 256 MB μνήμης RAM, απλή κάρτα ήχου π.χ. 16-bit και ηχεία). Σχεδόν σε κάθε οθόνη του

λογισμικού ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε «Βοήθεια» που του εξηγεί τι μπορεί να κάνει στο σημείο που βρίσκεται. Στα επόμενα περιγράφονται αναλυτικά τα περιεχόμενα του λογισμικού σύμφωνα με τις αρχές σχεδιάσής του, απ' όπου αναδεικνύεται και ο τρόπος που μπορεί κάποιος/α εκπαιδευτικός ή μαθητής/ρια να το χρησιμοποιήσει.

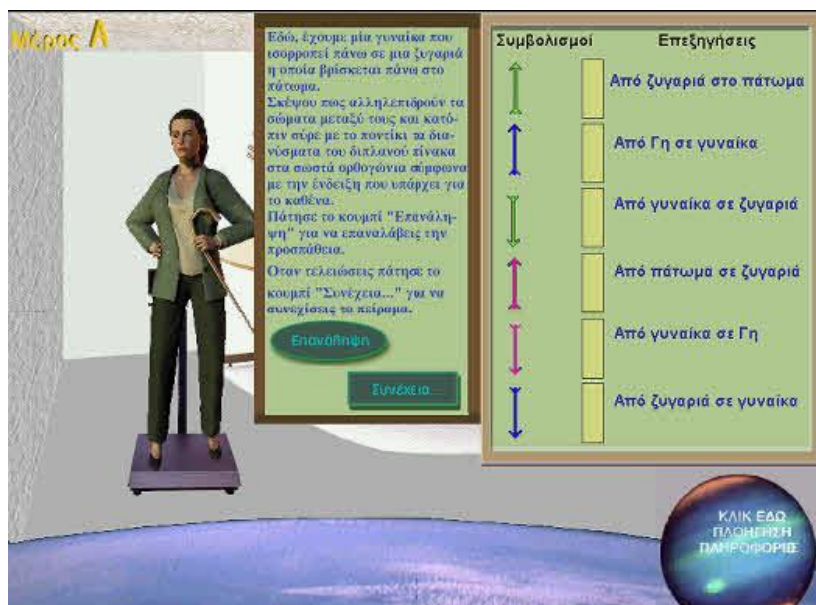
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Ο κεντρικός κατάλογος επιλογών του λογισμικού (σχήμα 1) δείχνει κομμάτια από ένα παζλ από τα οποία τα 11 είναι αριθμημένα και αντιστοιχούν σε 10 συνολικά πειράματα και ένα τμήμα αυτοαξιολόγησης (που αποτελείται από ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι και ένα τομέα «Συμπερασμάτων»). Πηγαίνοντας το δείκτη του ποντικιού πάνω από έναν αριθμό, το αντίστοιχο κομμάτι του παζλ μεγεθύνεται, δείχνοντας την κύρια οθόνη και τον τίτλο του αντίστοιχου πειράματος. Με αριστερό «κλικ» του ποντικιού ο/η μαθητής/ρια μεταβαίνει στο αντίστοιχο πείραμα.



Σχήμα 1: Αρχική οθόνη και κεντρικός κατάλογος επιλογών του λογισμικού

Οι μαθητές/ριες μπορούν να αρχίσουν το κάθε πείραμα διαβάζοντας μία θεωρητική εισαγωγή και να συνεχίσουν εκτελώντας μια σειρά από δραστηριότητες και έργα. Τα πειράματα 3 έως 10 αποτελούνται από 3-4 μέρη αλλά πάντα το πρώτο μέρος αφορά την «Αντιστοίχιση διανυσμάτων» (σχήμα 2).



Σχήμα 2: Πείραμα 5 (πρώτο μέρος): αντιστοίχιση των διανυσμάτων των δυνάμεων από αλληλεπίδραση

Η «Αντιστοίχιση διανυσμάτων» αφορά μία οθόνη όπου ο/η μαθητής/ρια πρέπει να σύρει με το ποντίκι το καθένα από τα διανύσματα που δίνονται και να το τοποθετήσει μέσα στο κατάλληλο ορθογώνιο, σύμφωνα με το λεκτικό που υπάρχει δίπλα στο καθένα από αυτά (κάθε λεκτικό περιγράφει μία μονοσήμαντη αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων). Όλα τα διανύσματα εμφανίζονται σε ζεύγη και τα δύο διανύσματα κάθε ζεύγους έχουν το ίδιο χρώμα, μήκος και σχήμα. Η διαδικασία αυτή στοχεύει στο: α) να δώσει έμφαση στο γεγονός ότι όλες οι ασκούμενες δυνάμεις είναι αποτέλεσμα μιας αμοιβαίας αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων και β) να βοηθήσει τους/ίς μαθητές/ριες να τοποθετήσουν σωστά τα διανύσματα των δυνάμεων πάνω στα σώματα όπου αυτές ασκούνται (στο μέρος Β). Η διαδικασία αυτή μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη, κυρίως στα μικρότερα παιδιά (11-13 ετών), καθώς το λογισμικό τα βοηθά να ολοκληρώσουν με επιτυχία τις δραστηριότητές του. Προκειμένου για μεγαλύτερα παιδιά, η εκτέλεση αυτής της διαδικασίας μπορεί να παραλειφθεί.

Επιπλέον, κάθε πείραμα περιλαμβάνει 1-4 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (εκτός των άλλων δραστηριοτήτων) όπου ο/η μαθητής μπορεί να συγκρίνει την απάντησή του με την αντίστοιχη του λογισμικού. Στόχος των ερωτήσεων αυτών είναι να καλύψουν τυχόν γνωστικά κενά που έχουν αφήσει οι άλλες δραστηριότητες που έχει εκτελέσει ο/η μαθητής/ρια. Οι δυνατές επιλογές που συνθέτουν την απάντηση σε κάθε ερώτηση, καθώς και οι αντίστοιχες αποκρίσεις του λογισμικού, έχουν σχεδιαστεί με βάση τις απόψεις των μαθητών/ριών, όπως αυτές εκφράστηκαν στην σχετική έρευνα.

Πείραμα 1: Αλληλεπίδραση μεταξύ σωμάτων από απόσταση

Το πρώτο πείραμα αναφέρεται στην αλληλεπίδραση από απόσταση και αποτελεί ουσιαστικά μία επίδειξη, όπου δείχνεται σταδιακά: α) ότι ένα απομονωμένο σώμα δεν ασκεί και ούτε ασκούνται σε αυτό δυνάμεις και β) πώς 3 σώματα-πλανήτες, που έχουν μεγάλη μάζα και βρίσκονται στο διάστημα σε απόσταση μεταξύ τους, αλληλεπιδρούν ανά δύο.

Οι τρεις πλανήτες «έρχονται» και καταλαμβάνουν τη θέση τους στο σκηνικό του πειράματος ένας-ένας με εφέ τρισδιάστατης κίνησης. Όταν είναι απαραίτητο τοποθετούνται επάνω στους πλανήτες τα κατάλληλα ζεύγη διανυσμάτων δυνάμεων δράσης-αντίδρασης, από την αλληλεπίδραση των σωμάτων αυτών από απόσταση, αφού η μάζα τους θεωρείται αρκετά μεγάλη (ανάλογη της μάζας της Γης). Ταυτόχρονα με όλα αυτά ακούγεται αφήγηση που περιγράφει την κατάσταση όπου ένα σώμα είναι απομονωμένο (οπότε δεν αλληλεπιδρά με άλλα σώματα) και τις καταστάσεις όπου τα σώματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ανά δύο.

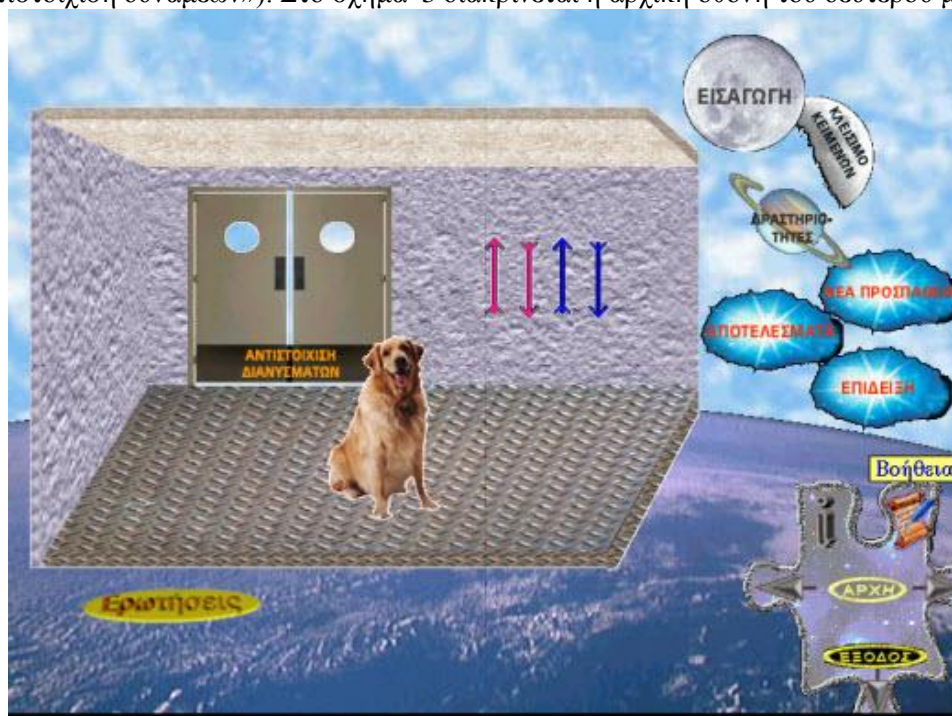
Πείραμα 2: Άνθρωπος που στέκεται στο πάτωμα

Στο δεύτερο πείραμα, υπάρχουν αλληλεπιδράσεις σωμάτων από επαφή και από απόσταση (με το σώμα της Γης) και ο/η μαθητής/ρια καλείται να αναγνωρίσει ποια σώματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους απαντώντας σε μία ερώτηση πολλαπλής επιλογής. Το λογισμικό του ανταπαντά με κατάλληλα τεκμηριωμένο τρόπο είτε η επιλογή του/ης μαθητή/ριας είναι σωστή είτε είναι λανθασμένη. Δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τη Γη, γι' αυτό και η τελευταία καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του σκηνικού του πειράματος στο εμφανίζεται με εφέ κίνησης.

Πείραμα 3: Ζεύγη δυνάμεων δύο σωμάτων

Στο τρίτο πείραμα ο χρήστης καλείται να αναγνωρίσει ποια είναι τα σώματα που αλληλεπιδρούν σε μια δεδομένη κατάσταση (ένας σκύλος κάθετα στο πάτωμα) και στη συνέχεια να τοποθετήσει ζεύγη δυνάμεων επάνω στα σώματα ώστε αυτά να ισορροπούν. Προηγουμένως, σε ένα πρώτο στάδιο (μέρος Α), όπως συμβαίνει και στα υπόλοιπα πειράματα, ο/η μαθητής/ρια καλείται να αντιστοιχίσει κάποια διανύσματα σύροντάς τα με το

ποντίκι, ανάλογα με το πώς ασκούνται οι δυνάμεις στα σώματα που αλληλεπιδρούν («Αντιστοίχιση δυνάμεων»). Στο σχήμα 3 διακρίνεται η αρχική οθόνη του δευτέρου μέρους.



Σχήμα 3: Οθόνη του 3ου πειράματος με τα δύο ζεύγη δυνάμεων από αλληλεπίδραση

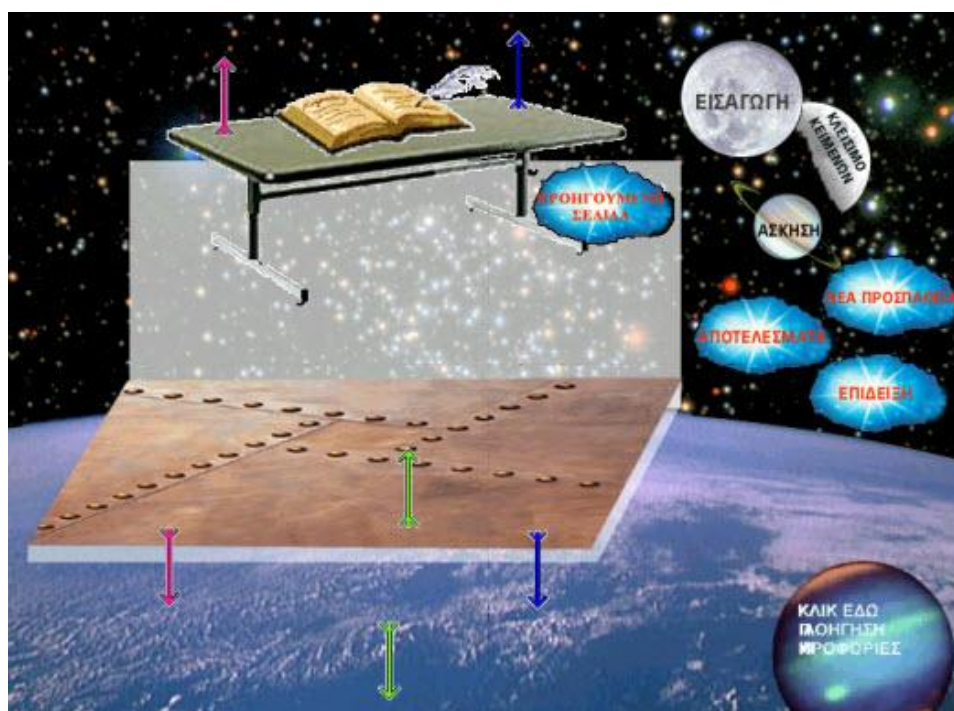
Η εφαρμογή δίνει την κατάλληλη απόκριση για κάθε απάντηση του/ης μαθητή/ριας και αφορά στην ισορροπία ή τυχόν κινήσεις των σωμάτων σύμφωνα και με τους δύο πρώτους νόμους του Νεύτωνα. Σε περίπτωση που ο/η μαθητής/ρια κάνει λανθασμένες προβλέψεις για κάποιες δυνάμεις (π.χ. θεωρήσει ότι η Γη δεν ασκεί δύναμη στο σκύλο), παρουσιάζονται οι αντίστοιχες 'αφύσικες' κινήσεις (π.χ. ο σκύλος 'πετάει' προς τα επάνω), προκαλώντας γνωστική σύγκρουση και διαψεύδοντας το αυθόρμητο ερμηνευτικό του/ης σχήμα, με στόχο την αλλαγή και αντικατάστασή του με ένα επιστημονικά ορθότερο.

Οι μαθητές/ριες εφαρμόζουν το δικό τους μοντέλο σχετικά με το πώς οι δυνάμεις από αλληλεπίδραση πρέπει να τοποθετηθούν (με «κλικ και σύρσιμο») πάνω στα σώματα (Γη, πάτωμα, σκύλος). Κατόπιν, μέσω των κουμπιών «Αποτελέσματα» και «Επίδειξη», μπορούν να διαπιστώσουν αν το μοντέλο τους λειτουργεί (σύμφωνα με τις εμπειρικές τους αντιλήψεις) ή αν θα πρέπει να το οικοδομήσουν από την αρχή (κουμπί «Νέα προσπάθεια»).

Στο κάτω δεξιό μέρος της οθόνης διακρίνεται το χειριστήριο των κουμπιών πλοήγησης μέσα σε ένα κομμάτι του παζλ. Συγκεκριμένα, φαίνονται τα κουμπιά-βέλη για προηγούμενο και επόμενο πείραμα ή έξοδο από το λογισμικό, το κουμπί «Αρχή» για μετάβαση στον κεντρικό κατάλογο επιλογών του λογισμικού, το κουμπί με τον πάπυρο που προσφέρει κάποιες οθόνες με εξηγήσεις («Βοήθεια») και το κουμπί «i» που ενεργοποιεί την οθόνη με το «εκτεταμένο σχήμα», σύμφωνα με την μέθοδο μοντελοποίησης της Viennot (1979).

Πείραμα 4: Ζεύγη δυνάμεων τριών σωμάτων

Στο τέταρτο πείραμα (βιβλίο ισορροπεί πάνω σε τραπέζι) αλληλεπιδρούν τρία σώματα (Γη, τραπέζι, βιβλίο) και υπάρχουν οι ίδιες δυνατότητες με το προηγούμενο πείραμα. Το πείραμα αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο είναι η «Αντιστοίχιση διανυσμάτων». Στο μέρος Β ο/η μαθητής/ρια καλείται να τοποθετήσει τα έξι διανύσματα των δυνάμεων από αλληλεπίδραση ώστε τα σώματα να ισορροπούν. Στο σχήμα 4 το τραπέζι (με το βιβλίο) φαίνεται να 'πετάει' προς τα επάνω (μετά το πάτημα του κουμπιού «Επίδειξη»), εφόσον δεν έγινε σωστή τοποθέτηση των δυνάμεων από αλληλεπίδραση (γνωστική σύγκρουση).



Σχήμα 4: Τραπέζι που 'πετάει' προς τα επάνω μετά από λανθασμένη τοποθέτηση δυνάμεων από αλληλεπίδραση

Πείραμα 5: Δύναμη ράβδου σε ζυγαριά

Στο πέμπτο πείραμα μία γυναίκα ισορροπεί πάνω σε μία ζυγαριά μπάνιου κρατώντας ένα μπαστούνι στο χέρι. Από το πείραμα αυτό και μετά το σκηνικό αλλάζει και μετατρέπεται σε ένα πιο γήινο περιβάλλον της καθημερινότητας (π.χ. περιβάλλον γραφείου). Ταυτόχρονα αλλάζει και η εμφάνιση των λειτουργικών κουμπιών (π.χ. «Δραστηριότητες», «Αποτελέσματα», «Επίδειξη» κλπ.), τα οποία είναι συγκεντρωμένα σε ένα χειριστήριο πάνω αριστερά στην οθόνη (βλ. Σχήμα 5).

Ο/η μαθητής/ρια καλείται να τοποθετήσει τα διανύσματα των δυνάμεων και να παρατηρήσει την αντίστοιχη ένδειξη (Σχήμα 5). Στη συνέχεια (μέρος Γ) η γυναίκα ασκεί με το μπαστούνι δύναμη πάνω στη ζυγαριά, οπότε ο/η μαθητής/ρια καλείται να προβλέψει τη νέα ένδειξη της ζυγαριάς (ποσοτική προσέγγιση), ενώ ταυτόχρονα έχει τη δυνατότητα να διαπιστώσει τι γίνεται στην πραγματικότητα μέσα από κατάλληλο βίντεο πραγματικής εκτέλεσης του πειράματος. Σε προηγούμενες μελέτες και διδασκαλίες του θέματος αυτού, το 90% των μαθητών/ριών προβλέπει ότι η νέα ένδειξη της ζυγαριάς θα είναι μεγαλύτερη από πριν (π.χ. Σολομωνίδου & Σταυρίδου, 1993), διότι υπολογίζουν μόνο τη μία δύναμη που ασκείται πάνω στη ζυγαριά και όχι την «αντίδρασή» της που είναι η δύναμη που η ζυγαριά ασκεί στη γυναίκα.



Σχήμα 5: Πείραμα 5: Γυναίκα με μαστούνη ισορροπεί πάνω σε ζυγαριά λουτρού

Πείραμα 6: Δύναμη ράβδου σε πάτωμα και οροφή

Στο έκτο πείραμα η γυναίκα ασκεί με το μαστούνη δύναμη πάνω στο έδαφος (μέρος Γ), οπότε ο/η μαθητής/ρια καλείται να προβλέψει τη νέα ένδειξη της ζυγαριάς, ενώ ταυτόχρονα έχει τη δυνατότητα να διαπιστώσει τι γίνεται στην πραγματικότητα μέσα από κατάλληλο βίντεο πραγματικής εκτέλεσης του πειράματος.

Το πείραμα επαναλαμβάνεται με άσκηση δύναμης στην οροφή (μέρος Δ), παρατήρηση των αντίστοιχων ενδείξεων της ζυγαριάς, και συμβολισμό των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των σωμάτων ώστε να ερμηνευτεί η ένδειξη της ζυγαριάς κάθε φορά.

Πείραμα 7: Δύναμη ανθρώπου σε τοίχο

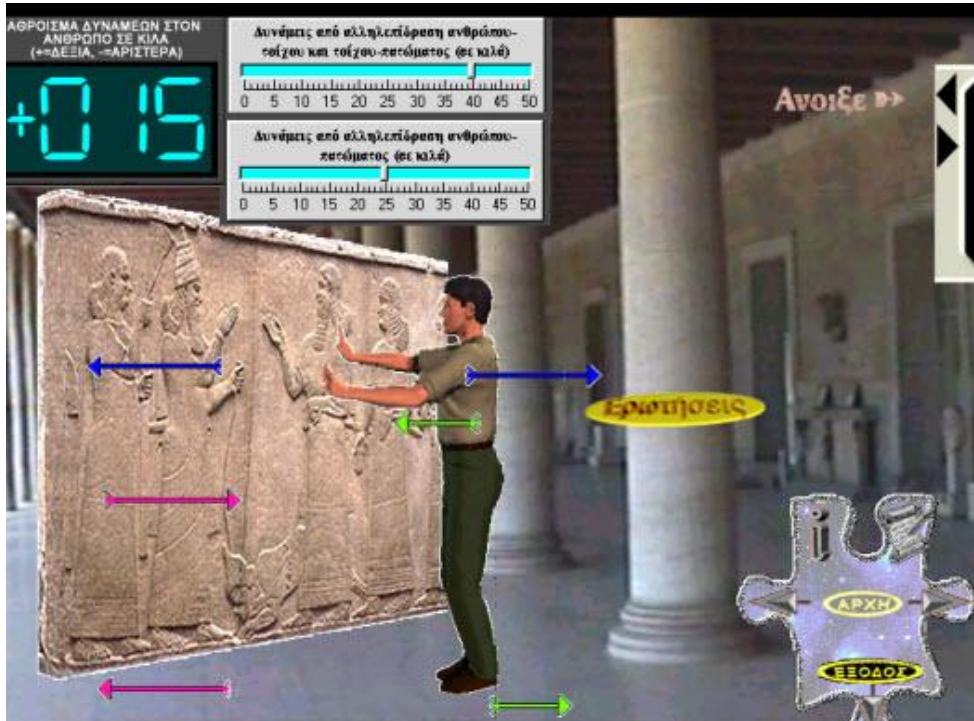
Από αυτό το πείραμα και μετά (πειράματα 7-10), παύουν να ενδιαφέρουν οι κατακόρυφες δυνάμεις από αλληλεπίδραση και το λογισμικό ασχολείται μόνο με τις οριζόντιες δυνάμεις. Τα σώματα δύνανται να κινηθούν και ο χρήστης μπορεί να μεταβάλει το μέτρο των ασκούμενων δυνάμεων από αλληλεπίδραση (δυνάμεις που ασκεί ο άνθρωπος και δυνάμεις τριβής) και να παρατηρήσει αν, τότε και για ποιο λόγο προκύπτουν τυχόν κινήσεις των σωμάτων που συμμετέχουν στο πείραμα (ποιοτική και ποσοτική προσέγγιση).

Στο έβδομο πείραμα ένας άνθρωπος σπρώχνει έναν τοίχο πολύ μεγάλης μάζας, που είναι στερεωμένος στο έδαφος και συνεπώς είναι αδύνατο να τον κινήσει. Η «Αντιστοίχιση διανυσμάτων» αποτελεί, όπως πάντα, το πρώτο μέρος του πειράματος, ενώ το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει τις δραστηριότητες τοποθέτησης των διανυσμάτων των δυνάμεων από αλληλεπίδραση (μόνο οριζόντιες δυνάμεις), ώστε κανένα σώμα να μην κινείται (κατάσταση ισορροπίας). Οι αρχές εκτέλεσης των δραστηριοτήτων είναι ίδιες με αυτές των προηγούμενων πειραμάτων.

Το τρίτο μέρος του πειράματος περιλαμβάνει μπάρες μεταβολής του μέτρου των ασκούμενων δυνάμεων (sliders) και ταυτόχρονα τη δυνατότητα τοποθέτησης των διανυσμάτων των δυνάμεων αυτών στα σώματα που αλληλεπιδρούν (σχήμα 6).

Στο σχήμα 6 παρατηρούμε ότι οι δυνάμεις από αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου-τοίχου και τοίχου-πατώματος μεταβάλλονται ταυτόχρονα και ανάλογα (πάνω slider), ενώ οι αντίστοιχες μεταξύ ανθρώπου-πατώματος μπορούν να μεταβάλλονται χωριστά (κάτω slider).

Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στον άνθρωπο σε οριζόντια διεύθυνση είναι +15. Το θετικό πρόσημο σημαίνει ότι η φορά της δύναμης είναι προς τα δεξιά. Συνεπώς και ο άνθρωπος θα κινηθεί προς τα δεξιά (όπως παρουσιάζεται μέσω του κουμπιού της «Επίδειξης») αφού ασκεί στον τοίχο δύναμη μεγαλύτερη από τη δύναμη της τριβής του με το πάτωμα.



Σχήμα 6: Πείραμα 7 – Μέρος Γ: Μεταβολή του μέτρου των ασκούμενων δυνάμεων

Πείραμα 8: Άνθρωπος σπρώχνει αυτοκίνητο

Παρόμοιες με τις αντίστοιχες του έβδομου πειράματος είναι και οι δραστηριότητες του όγδοου πειράματος, όπου ο άνθρωπος σπρώχνει ένα αυτοκίνητο, προσπαθώντας να το κινηθεί. Το τελευταίο θα συμβεί όταν το μέτρο των δυνάμεων από αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου-αυτοκινήτου, το οποίο μπορεί να μεταβληθεί, γίνει μεγαλύτερο από το μέτρο των δυνάμεων από αλληλεπίδραση μεταξύ αυτοκινήτου-εδάφους, το οποίο εξαρτάται από το βάρος του συγκεκριμένου αυτοκινήτου και την υφή των ελαστικών και του οδοστρώματος που είναι σε επαφή (η τιμή των δυνάμεων αυτών είναι συγκεκριμένη και σταθερή για το αυτοκίνητο και το δρόμο του συγκεκριμένου πειράματος).

Πείραμα 9: Διελκυστίδα

Το πείραμα αυτό εξετάζει μία κατάσταση αλληλεπίδρασης όπου ένα αγόρι και ένα κορίτσι παίζουν το παιχνίδι της διελκυστίδας, χρησιμοποιώντας ένα σχοινί και προσπαθώντας να νικήσει ο ένας τον άλλον. Το σκηνικό του πειράματος προήλθε από βιντεοσκόπηση μιας πραγματικής κατάστασης με αληθινούς παίκτες, στην οποία υπάρχουν τέσσερα ζεύγη δυνάμεων λόγω αλληλεπίδρασης μεταξύ αγοριού, κοριτσιού, σχοινού και εδάφους.

Στο τρίτο μέρος του πειράματος υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής του μέτρου των δυνάμεων από αλληλεπίδραση μεταξύ αγοριού-σχοινού καθώς και μεταξύ κοριτσιού-σχοινού. Στο παιχνίδι αυτό υπάρχουν τρεις περιπτώσεις: το αγόρι κερδίζει ή το κορίτσι κερδίζει ή έρχονται ισόπαλοι. Στην περίπτωση π.χ. που κερδίζει το κορίτσι (Σχήμα 7) οι συνισταμένες των δυνάμεων στο κορίτσι, στο σχοινί και στο αγόρι έχουν φορά προς τα αριστερά και τα σώματα αυτά αρχίζουν να κινούνται όλα προς τα αριστερά.



Σχήμα 7: Πείραμα 9 – Μέρος Γ: Το κορίτσι κερδίζει

Ανάλογα με το πόσα και ποια διανύσματα δυνάμεων ο/η μαθητής/ρια τοποθετεί σε κάθε σώμα, αυτό θα ισορροπεί ή θα αρχίσει να κινείται προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά. Για κάθε δυνατό συνδυασμό τοποθέτησης δυνάμεων (υπάρχουν περίπου 40 διαφορετικές περιπτώσεις!) παρουσιάζεται σχετικό βίντεο με την αντίστοιχη κίνηση των σωμάτων του πειράματος ή με την ισορροπία αυτών.

Πείραμα 10: Πειράματα μηδενικής τριβής



Σχήμα 8: Πείραμα 10: Τα τρία υπο-πειράματα

Αποτελείται από τρία διαφορετικά υπο-πειράματα καθένα από τα οποία περιγράφει μία πραγματική κατάσταση όπου οι υπάρχουσες τριβές είναι πολύ μικρές και θεωρούνται αμελητέες. Και τα τρία έχουν σκηνικά που προήλθαν από βιντεοσκόπηση μιας πραγματικής κατάστασης με αληθινούς παίκτες (σχήμα 8).

Το πρώτο αφορά το παιχνίδι της διελκυστίνδας, αλλά τώρα το αγόρι και το κορίτσι φορούν στα πόδια τους πατίνια και το πάτωμα δεν είναι δρόμος αλλά λεία πλακάκια δαπέδου σε σπίτι. Στη περίπτωση αυτή ο/η μαθητής/ρια καλείται να μεταβάλει το μέτρο της δύναμης που ασκεί στο σχοινί το αγόρι ή/και το κορίτσι και κατόπιν έχει τη δυνατότητα να δει ένα βίντεο με τις κινήσεις που προκύπτουν για τα σώματα, ανάλογα με το αποτέλεσμα του παιχνιδιού, το οποίο στη περίπτωση αυτή είναι πάντα η ισοπαλία. Ο στόχος είναι να κατανοήσουν οι μαθητές/ριες ότι η δύναμη που βοηθά το αγόρι ή το κορίτσι να νικήσουν είναι αυτή που ασκείται από το έδαφος στο αγόρι ή στο κορίτσι αντίστοιχα, και ότι όταν μια τέτοια εξωτερική δύναμη λείπει (όπως στη περίπτωση αυτή) το αποτέλεσμα είναι πάντα ισοπαλία, ανεξάρτητα από το μέτρο της δύναμης που το αγόρι ή το κορίτσι ασκεί στο σχοινί.

Το δεύτερο και το τρίτο υπο-πείραμα έχουν ακριβώς τον ίδιο στόχο και παρόμοιο τρόπο εκτέλεσης και περιγράφουν μία κατάσταση όπου ένα αγόρι και ένα κορίτσι κάθονται το καθένα σε μία καρτέκλα γραφείου με ρόδες οι οποίες είναι πάνω στο ίδιο λείο πάτωμα από πλακάκια. Και στις δύο περιπτώσεις τα πόδια των παιδιών δεν ακουμπούν το πάτωμα. Στη μια περίπτωση το αγόρι σπρώχνει το κορίτσι με τα πόδια του ενώ στην άλλη το κορίτσι σπρώχνει το αγόρι με τα πόδια της, ενώ ο/η μαθητής/ρια μπορεί να μεταβάλει το μέτρο των δυνάμεων αυτών και να διαπιστώσει με σχετικό βίντεο ότι ανεξάρτητα από το μέτρο αυτό τα δύο παιδιά κινούνται προς τα πίσω με την ίδια ταχύτητα (απομακρύνονται το ένα από το άλλο), διότι στο σύστημά τους δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις.

Τμήμα αυτοαξιολόγησης - Εκπαιδευτικό παιχνίδι

Το τμήμα αυτό χρησιμοποιείται για μετα-μαθησιακούς ('meta-learning') σκοπούς, όπως αυτοαξιολόγηση των γνώσεων των μαθητών/ριών μετά την εργασία τους με το λογισμικό, επανάληψη κάποιων διαπιστώσεων και διεύρυνση του εμπειρικού τους πεδίου μέσα από τη μελέτη πολλών διαφορετικών καταστάσεων αλληλεπίδρασης. Το εκπαιδευτικό παιχνίδι περιλαμβάνει 14 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής οι οποίες ανήκουν σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες. Οι απαντήσεις των παιδιών βαθμολογούνται με άριστα το 100. Κάθε κατηγορία ερωτήσεων έχει διαφορετική βαρύτητα στην τελική βαθμολογία. Κάθε ερώτηση αφορά μία χωριστή κατάσταση αλληλεπίδρασης και συνοδεύεται από αντίστοιχη εικόνα της κατάστασης αυτής. Σε κάθε ερώτηση υπάρχουν τέσσερις επιλογές απάντησης. Η επιλογή των ερωτήσεων, των τεσσάρων επιλογών απάντησης καθώς και οι αποκρίσεις του παιχνιδιού στις απαντήσεις των παιδιών έγιναν με βάση τα αποτελέσματα της αρχικής έρευνας ώστε να καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις που τα παιδιά εμφανίζουν μαθησιακές αδυναμίες σχετικά θέματα που αφορούν τον 3ο νόμο του Νεύτωνα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Αλληλεπιδράσεις Σωμάτων» είναι ένα ανοιχτό εκπαιδευτικό λογισμικό εποικοδομητικού τύπου που έχει στόχο να βοηθήσει τους/ις μαθητές να κατανοήσουν και να εφαρμόζουν σωστά τον 3ο νόμο του Νεύτωνα και γενικότερα ότι αφορά τη Νευτώνεια Δυναμική και την έννοια της αλληλεπίδρασης μεταξύ των σωμάτων. Οι αρχικές ιδέες των μαθητών/ριών για τα θέματα αυτά λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό του λογισμικού. Ο/η μαθητής/ρια έχει τη δυνατότητα να εφαρμόσει το δικό του διανοητικό μοντέλο για τη λειτουργία ενός συστήματος σωμάτων και στη συνέχεια να διαπιστώσει αν αυτό είναι συμβατό με την εξωτερική πραγματικότητα. Πολύ συχνά στο λογισμικό χρησιμοποιούνται συνθήκες γνωστικής σύγκρουσης με στόχο τον μετασχηματισμό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/ριών.

Οι 10 ομάδες πειραμάτων που περιέχονται στο λογισμικό προέρχονται από καταστάσεις της καθημερινής ζωής και το γραφικό του περιβάλλον είναι ενιαίο και φιλικό προς το χρήστη. Τέλος, το εκπαιδευτικό παιχνίδι που περιλαμβάνει, διαθέτει ελκυστικό και εύκολο στην εκμάθησή του περιβάλλον διεπαφής με παιγνιώδη χαρακτηριστικά και συνοδεύεται από ευχάριστη μουσική και άλλους ήχους. Επίσης διαθέτει οθόνες με κατάλληλη βοήθεια όσον αφορά τον τρόπο που παίζεται. Έχοντας αυτά τα χαρακτηριστικά το λογισμικό μπορεί να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής και την διεύρυνση του εμπειρικού πεδίου των μαθητών/ριών.

Το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για διδασκαλία σε συνθήκες πραγματικής τάξης με ευεργετικά αποτελέσματα στη μάθηση και το μετασχηματισμό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών (Solomonidou & Kolokotronis 2008). Συνοδεύει σχετικό βιβλίο των εκδόσεων Γκιούρδα (Κολοκοτρώνης & Σολομωνίδου 2009).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Driver, R., Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 12, 105-122

Kolokotronis, D., & Solomonidou, C. (2003). A Step-by-Step Design and Development of an Integrated Educational Software to Deal with Students' Empirical Ideas about Mechanical Interaction, *Education and Information Technologies*, 8(3), 229-244

Malone, K., Rieland, B. (1995). Exploring Newton's Third Law, *The Physics Teacher*, 33(6), 410-411

Maloney, D P. (1984). Rule governed approaches to physics-Newton's third law, *Physics Education* 19, 37-42

Prawat, R. S., Floden, R. E. (1994). Philosophical Perspectives on Constructivist Views of Learning, *Educational Psychologist*, 29(1), 37-48

Solomonidou, C., & Kolokotronis, D. (2001). Interactions between bodies: Students' (aged 11-16) empirical ideas and design of appropriate educational software, *Themes in Education*, 2(2-3), 175-210

Solomonidou, C., & Kolokotronis, D. (2008). The role of constructivist educational software on students' learning regarding mechanical interaction, *Education and Information Technologies*, 13, 185-219

Terry, C., & Jones, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change, *European Journal of Science Education*, 8(3), 291-298

Viennot, L. (1979). Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics, *Eur. J. Science Education*, 1(2), 205-221

Wilson, B. G. (ed.), (1996). *Constructivist Learning Environments. Case studies in instructional design*, Englewood Cliffs, New Jersey: Educational Technology Publications

Κολοκοτρώνης, Δ. (2004). «Ένταξη & αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού στη μαθησιακή διαδικασία», Λάρισα

Κολοκοτρώνης, Δ. (2007). Σχεδιάζοντας ένα ανοιχτό εκπαιδευτικό λογισμικό εποικοδομητικού τύπου, *Εκπαίδευση & Νέες Τεχνολογίες*, 5, 74-85

Σολομωνίδου, Χ., Κολοκοτρώνης, Δ. (2009). «Ο Υπολογιστής στη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών», εκδ. Γκιούρδας, Αθήνα

Σολομωνίδου, Χ. Σταυρίδου, Ε. (1993). Οι έννοιες της δράσης και της αντίδρασης: Μελέτη γνωστικών δυσκολιών και διδακτική αντιμετώπιση μ' ένα καινοτομικό μοντέλο ερευνητικής και διδακτικής παρέμβασης, *Επιθεώρηση Φυσικής*, 24, 19-29