

Η Ροπή Δύναμης στο πνεύμα των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων. Μια Διδακτική πρόταση.

Ανδρέας Παπαστυλιανού
Επιθεωρητής Φυσικής

I. Η Φυσική στα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα.

Στα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα¹ τα οποία έχουν αναπτυχθεί μέσα στα πλαίσια της Εκπαιδευτικής Μεταρρύθμισης, αναφέρεται ότι το πρόγραμμα σπουδών της Φυσικής εδράζεται σε τρεις βασικούς άξονες που αφορούν:

- α.** Ένα συνεκτικό και επαρκές σώμα γνώσεων.
- β.** Καλλιέργεια αξιών, υιοθέτηση στάσεων και επίδειξη συμπεριφορών, που απαρτίζουν τη σύγχρονη δημοκρατική πολιτότητα.
- γ.** Καλλιέργεια ιδιοτήτων, ικανοτήτων, δεξιοτήτων που απαιτούνται από την κοινωνία του 21^{ου} αιώνα – ικανότητες κλειδιά.

Και οι τρεις αυτοί βασικοί άξονες απαιτούν ποικιλία διδακτικών προσεγγίσεων οι οποίες θα ανταποκρίνονται στις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών. Οι προτεινόμενες προσεγγίσεις είναι: Διερευνητική διαδικασία βασισμένη στη λύση προβλημάτων, χειρωνακτικές δραστηριότητες των μαθητών με τη συμμετοχή τους στην εκτέλεση δραστηριοτήτων, νοητικές δραστηριότητες που καλλιεργούνται με το σχεδιασμό δραστηριοτήτων από τους ίδιους τους μαθητές, ομαδική ή αυτόνομη εργασία πάνω σε ανοικτές ερωτήσεις, διεπιστημονικές δραστηριότητες.

Με βάση τους πιο πάνω άξονες δίνεται πιο κάτω μια πρόταση για τη διδασκαλία της Ροπής Δύναμης.

II. Μια πρόταση για τη διδασκαλία της Ροπής Δύναμης.

Η έννοια της Ροπής Δύναμης και οι εφαρμογές της στη ζωή μπορεί να διδαχθεί με απλές πειραματικές διατάξεις η οποίες μπορούν να στηθούν τόσο μέσα στο εργαστήριο της Φυσικής όσο και μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας. Αυτό αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα στις περιπτώσεις όπου ο καθηγητής δεν έχει στη διάθεσή του το εργαστήριο Φυσικής.

Στην περίπτωση που οι μαθητές βρίσκονται στο εργαστήριο θα μπορούν να διερευνούν τις φυσικές έννοιες συνεργαζόμενοι σε ομάδες. Θα μπορούν να αναπτύσσουν ικανότητες και δεξιότητες που προκύπτουν από τη συνεργατική μάθηση. Τέτοιες είναι για παράδειγμα η ικανότητα σχεδιασμού πειράματος, η δεξιότητα χειρισμού οργάνων, η δεξιότητα χρήσης της νέας τεχνολογίας, η ικανότητα να συζητούν, να αναλύουν, να ερμηνεύουν και να εξηγούν πειραματικά δεδομένα. Ταυτόχρονα οι μαθητές θα μπορούν να αποκτούν και να θεμελιώνουν τη γνώση.

Στην περίπτωση που οι μαθητές βρίσκονται στην αίθουσα διδασκαλίας λόγω έλλειψης εργαστηρίου, θα παρακολουθούν το πείραμα υπό μορφή επίδειξης, κάνοντας προβλέψεις για τα αποτελέσματα του πειράματος. Ο καθηγητής ή ακόμα καλύτερα ομάδα μαθητών πραγματοποιεί το πείραμα και οι μαθητές διαπιστώνουν αν οι προβλέψεις τους είναι σωστές. Αυτό εμπλέκει τους μαθητές στη διαδικασία της μάθησης και τους φέρνει σε αντιπαράθεση με τυχόν παρανοήσεις τους.

Πιο κάτω προτείνονται τρία πειράματα για τη διδασκαλία της έννοιας της ροπής δύναμης. Τα πειράματα αυτά απαιτούν για την πραγματοποίησή τους απλά υλικά που εύκολα μπορούν να μεταφερθούν και εκτός εργαστηρίου. Ανεξάρτητα λοιπόν με το αν έχει στη διάθεσή του ο καθηγητής το εργαστήριο ή όχι, μπορεί να εμπλέξει τους μαθητές του στη διερεύνηση της έννοιας της ροπής με πειράματα. Στη συνέχεια, στο κείμενο δίνονται τέσσερις εφαρμογές με τις οποίες ο μαθητής εφαρμόζει τις γνώσεις που απέκτησε στα τρία πρώτα πειράματα.

Η κατ' οίκον εργασία θα πρέπει να είναι στο επίπεδο των εφαρμογών αυτών ώστε να συνάδει με το πνεύμα των νέων αναλυτικών προγραμμάτων, σύμφωνα με τα οποία δίνεται στο μαθητή κατ' οίκον εργασία και όχι κατ' οίκον διδασκαλία.

Ανάλογα, η αξιολόγηση του μαθητή πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξετάζει γνώση, κατανόηση και εφαρμογή σε επίπεδο που να δικαιολογείται από τον αριθμό των περιόδων που διατίθενται για τη διδασκαλία του θέματος.

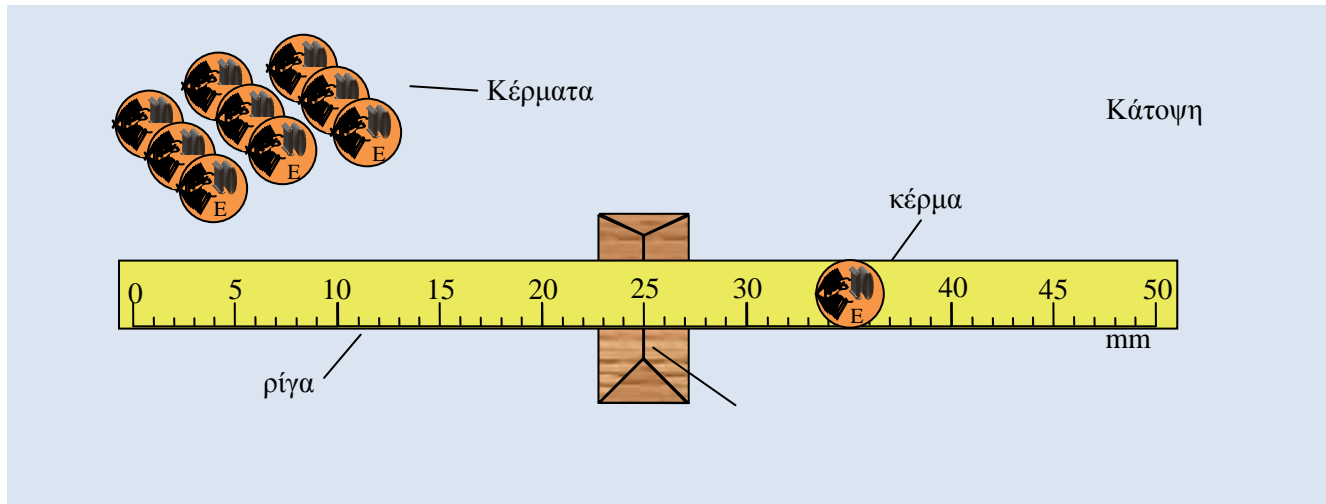
Γνωσιολογικοί στόχοι

Στον πιο κάτω πίνακα δίνεται μια εισήγηση σε τι θα αξιολογηθεί ο μαθητής, οι εισηγήσεις για πειραματικές δραστηριότητες και ο διδακτικός χρόνος που απαιτείται για να καλυφθεί το θέμα της ροπής.

Οι μαθητές θα αξιολογηθούν στην ικανότητά τους να	Εισηγήσεις για πειραματική διερεύνηση	Διδακτικός χρόνος
εξηγούν την αιτία περιστροφής μιας ράβδου.	πείραμα 1	2 περίοδοι
διερευνούν το θεώρημα των ροπών.	πείραμα 2	
διερευνούν πότε ισορροπεί μια ράβδος και να διατυπώνουν τις συνθήκες ισορροπίας της.	πείραμα 3	2 περίοδοι
κατανοούν τις εφαρμογές της Ροπής Δύναμης (για παράδειγμα στις κατασκευές γεφυρών.)	εφαρμογές 1-4	3- 4 περίοδοι

Πείραμα 1. Εισαγωγή στη Ροπή Δύναμης.

Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιείται μια ρίγα, αρκετά κέρματα των 10 σεντ και ένα πρίσμα. Το πείραμα είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί από τους μαθητές και κατάλληλο για την κατανόηση της έννοιας της ροπής.



Πιο κάτω δίνονται οδηγίες και ερωτήσεις με τις οποίες ο μαθητής οδηγείται στο συμπέρασμα ότι η αιτία της περιστροφής της ρίγας είναι η ροπή της δύναμης και όχι η δύναμη.

Πείραμα-Ερωτήσεις

Να περιστρέψετε τη ρίγα χρησιμοποιώντας ένα από τα κέρματα που σας δίνονται.

1. Ποια είναι η αιτία που περιστρέφει τη ρίγα;

Να τοποθετήσετε το κέρμα στην ακμή του πρίσματος για να δείτε αν θα περιστραφεί η ρίγα.

2. Μετά την προσπάθειά σας αυτή, ποια νομίζεται ότι είναι η αιτία που περιστρέφει τη ρίγα;

Η δεύτερη ερώτηση βοηθά τους μαθητές να διαπιστώσουν ότι το βάρος του κέρματος που τοποθετείται στην ακμή του πρίσματος δεν περιστρέφει τη ρίγα. Για να περιστραφεί αυτή πρέπει το κέρμα να απέχει κάποια απόσταση από την ακμή του πρίσματος άρα να προκαλεί περιστροφή.

Η δραστηριότητα αυτή είναι πολύ σύντομη όμως χρήσιμη για να κατανοηθεί η έννοια της ροπής της δύναμης. Μετά τη δραστηριότητα αυτή και αφού τους δοθεί ο ορισμός της ροπής δύναμης, οι μαθητές εξηγούν άλλα παραδείγματα στα οποία έχουμε περιστροφή ενός σώματος, όπως για παράδειγμα η περιστροφή μιας πόρτας κ.ά.

Πείραμα 2. Ισορροπία της ρίγας - Θεώρημα των ροπών.

Συνεχίζοντας με τα ίδια υλικά οι μαθητές καλούνται να ισορροπήσουν οριζόντια τη ρίγα τοποθετώντας ένα αριθμό κερμάτων πάνω σ' αυτή, δεξιά και αριστερά της ακμής του πρίσματος. Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι ανοικτό και ο μαθητής καλείται να

ανακαλύψει ότι το άθροισμα των αριστερόστροφων ροπών είναι πάντα ίσο με το άθροισμα των δεξιόστροφων ροπών, όταν η ρίγα ισορροπεί οριζόντια (θεώρημα των ροπών).

Πείραμα.

Να ισορροπήσετε οριζόντια τη ρίγα (βλέπε σχήμα στο πείραμα 1) τοποθετώντας κέρματα στα αριστερά και δεξιά της ακμής του πρίσματος. Να συνδυάσετε διαφορετικό αριθμό κερμάτων σε διάφορες θέσεις. Ο πιο κάτω πίνακας μπορεί να σας φανεί χρήσιμος.

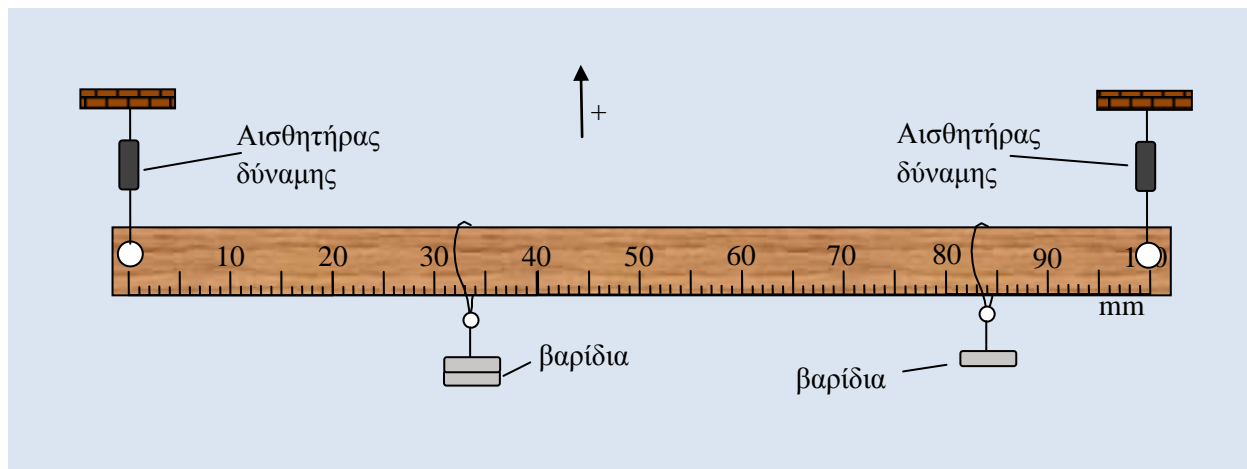
Δύναμη (αριθμός κερμάτων)	1	2		3		4		Αριστερά της ακμής
Απόσταση από ακμή (cm)	10	4	6	8	10	6	8	
Δύναμη x Απόσταση	10			26				
Δύναμη (αριθμός κερμάτων)								Δεξιά της ακμής
Απόσταση από ακμή								
Δύναμη x Απόσταση								

Ερώτηση.

Με βάση τα πιο πάνω να εξαγάγετε συμπέρασμα για το πότε ισορροπεί οριζόντια η ρίγα.

Πείραμα 3. Πείραμα για τη μελέτη των συνθηκών ισορροπίας μιας ράβδου.

Ένα πείραμα με το οποίο θα εξετάζονται οι συνθήκες στατικής ισορροπίας μιας ράβδου φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα. Οι αισθητήρες δύναμης (ή τα δυναμόμετρα) χρησιμοποιούνται για να μετρούνται οι δυνάμεις στήριξης και να βρίσκεται η συνθήκη $\Sigma F_y = 0$. Η δεύτερη συνθήκη $\Sigma M = 0$ προκύπτει από μετρήσεις και υπολογισμούς.



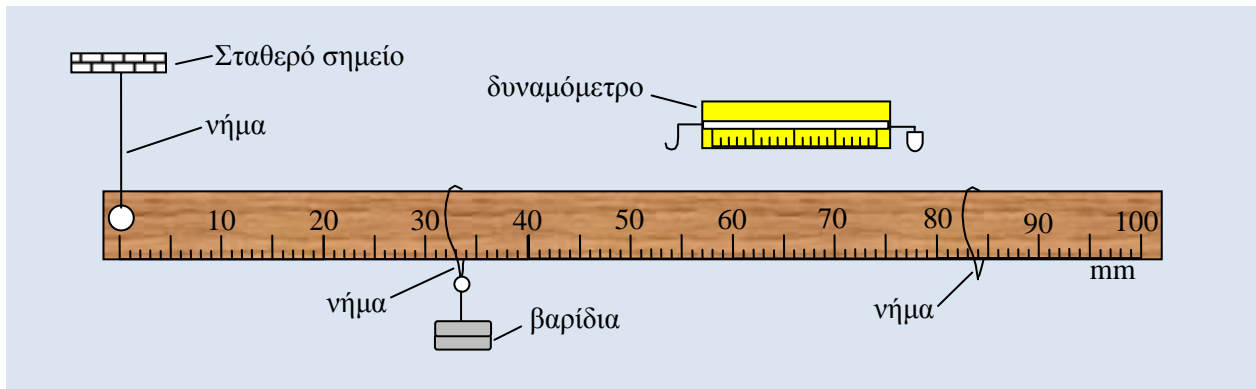
Πείραμα

Να ισορροπήσετε τη ρίγα οριζόντια με τους αισθητήρες δύναμης. Για διαφορετικές θέσεις των βαριδιών θα καταγράψετε τις δυνάμεις και θέσεις των δυνάμεων στη ρίγα ώστε να απαντήσετε στις πιο κάτω ερωτήσεις.

Ερωτήσεις

1. Να γράψετε τη μαθηματική σχέση μεταξύ του αθροίσματος των θετικών δυνάμεων και του αθροίσματος των αρνητικών δυνάμεων που ασκούνται στη ρίγα, για τις διάφορες θέσεις των βαριδιών. (Οι θετικές δυνάμεις είναι οι δυνάμεις των αισθητήρων και οι αρνητικές δυνάμεις είναι το βάρος των βαριδιών και της ρίγας).
2. Να γράψετε το συμπέρασμά σας για τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στη ρίγα.
3. Να διερευνήσετε σε μία από τις πιο πάνω μετρήσεις σας αν ισχύει το θεώρημα των ροπών.
4. Να γράψετε τις δύο συνθήκες για την οριζόντια ισορροπία της ρίγας.

Εφαρμογή 1. Πείραμα για εμπέδωση του θεωρήματος των ροπών – Μέτρηση της μάζας μιας ρίγας.



Πείραμα:

Να ισορροπήσετε τη ρίγα οριζόντια, χρησιμοποιώντας το δυναμόμετρο.

Ερώτηση:

Πώς προβλέπετε ότι θα αλλάξει η ένδειξη του δυναμόμετρου αν μετακινήσετε τα βαρίδια προς το δυναμόμετρο;

Να εξηγήσετε την πρόβλεψή σας.

Να επαληθεύσετε την πρόβλεψή σας.

Σχεδιασμός πειράματος

Να σχεδιάσετε και να πραγματοποιήσετε ένα πείραμα με την πιο πάνω διάταξη ώστε να μετρήσετε με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια τη μάζα της ρίγας.

Να ζυγίσετε τη ρίγα με ηλεκτρονική ζυγαριά και να υπολογίσετε την επί τοις εκατό διαφορά των δύο τιμών.

Σχεδιασμός του πειράματος και ανάλυση των δεδομένων της εφαρμογής 1. (σημείωση για τον καθηγητή)

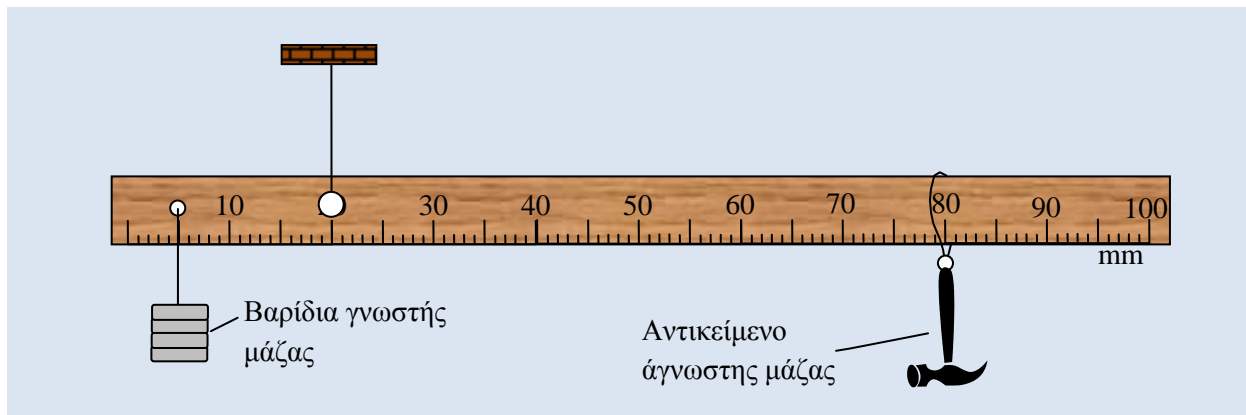
Οι μαθητές μετακινούν τα βαρίδια (μάζας $M_{\text{βαριδίων}}$) και καταγράφουν την απόστασή τους x , από το σημείο στήριξης της ρίγας. Καταγράφουν την ένδειξη του δυναμόμετρου F , του οποίου η απόσταση S από το σημείο στήριξης της ρίγας παραμένει η ίδια για όλο το πείραμα. Μετακινούν τα βαρίδια σε νέα θέση x και επαναλαμβάνουν τις μετρήσεις τους. Η μαθηματική σχέση που συνδέει τα φυσικά μεγέθη δίνεται από την εξίσωση

$$(M_{\text{βαριδίων}} \cdot g) \cdot x + (m_{\text{ρίγας}} \cdot g) \cdot d = F \cdot S$$

Από τη γραφική παράσταση $F = f(x)$ προκύπτει η μάζα της ρίγας από το σημείο τομής της ευθείας με τον κατακόρυφο άξονα.

Εφαρμογή 2. Μέτρηση της μάζας ενός αντικειμένου.

Η διάταξη του πιο κάτω σχήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρήσουν οι μαθητές τη μάζα διαφόρων αντικειμένων.



Πείραμα

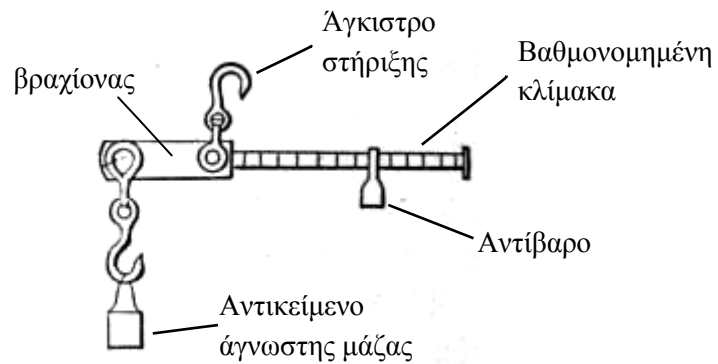
Να χρησιμοποιήσετε το θεώρημα των ροπών στην πιο πάνω διάταξη για να υπολογίσετε τη μάζα ενός αντικειμένου.

Εφαρμογή 3. Το καντάρι

Αξιόλογη πειραματική εργασία μπορεί να αποτελέσει και η κατασκευή ενός κανταριού.

Το καντάρι είναι μια μεταλλική ράβδος η οποία χρησιμοποιείται για το ζύγισμα διαφόρων αντικειμένων. Αποτελείται από δύο βραχίονες άνισου μήκους, το αντίβαρο, και τα άγκιστρα. Ο μακρύς βραχίονας είναι βαθμονομημένος.

Το αντίβαρο μετακινείται μέχρι να ισορροπήσει οριζόντια η ράβδος. Στη θέση αυτή διαβάζεται στην κλίμακα η τιμή της μάζας του αντικειμένου που ζυγίζεται.



Εργασία.

Να εισηγηθείτε ένα τρόπο για να βαθμονομήσετε μια ράβδο ώστε να αποτελέσει ένα καντάρι.

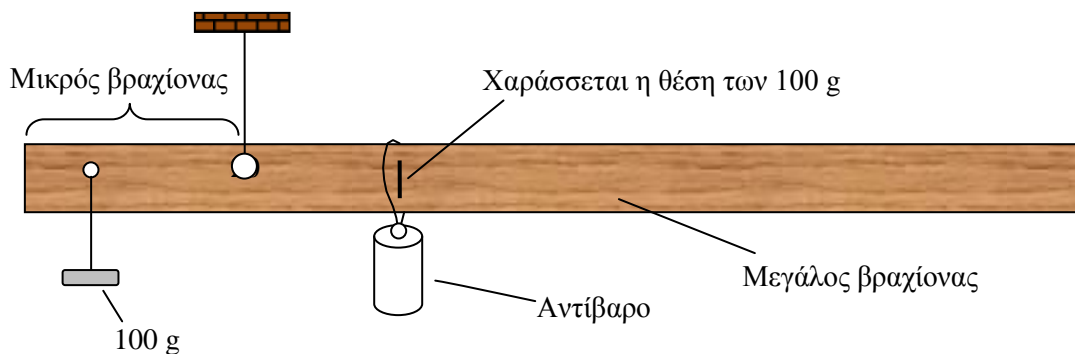
Η βαθμονόμηση του κανταριού. (σημείωση για τον καθηγητή)

Η ρίγα στηρίζεται σε ένα σημείο της, για παράδειγμα στο σημείο 20 cm. Ένα αντικείμενο (για παράδειγμα ένας μικρός κύλινδρος ή μια σφαίρα που βρίσκουμε στο εργαστήριο) επιλέγεται ως το αντίβαρο. Το αντίβαρο θα μετακινείται στο μακρύ βραχίονα στον οποίο θα χαραχθεί και η κλίμακα.

Στο μικρό βραχίονα θα κρεμαστεί αντικείμενο μάζας 100 g. Το αντίβαρο θα μετακινηθεί μέχρι να ισορροπήσει η ρίγα οριζόντια. Στη θέση αυτή του αντίβαρου σημειώνεται το 100.

Προχωρούμε κρεμώντας βάρος 200 g στο μικρό βραχίονα. Το αντίβαρο μετακινείται μέχρι η ράβδος να ισορροπήσει. Στη νέα αυτή θέση σημειώνεται το 200.

Συνεχίζουμε με τον ίδιο τρόπο μέχρι να βαθμονομηθεί το καντάρι.

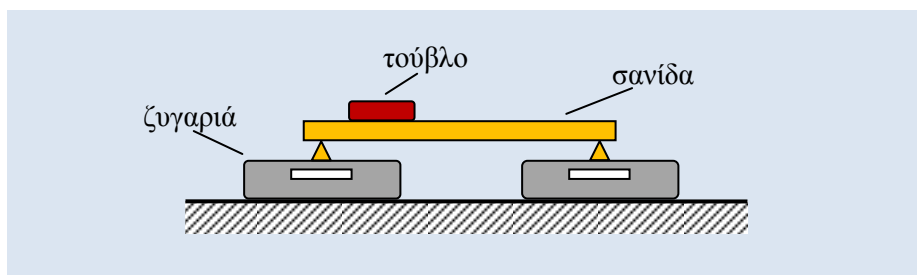


Εφαρμογή 4. Γέφυρες.

Οι απλές γέφυρες στηρίζονται στα δύο άκρα τους. Οι δυνάμεις που δέχονται οι γέφυρες από τα στηρίγματά τους μεταβάλλονται καθώς το φορτίο τους (αυτοκίνητα) μετακινείται. Με δύο ζυγαριές, μια σανίδα και ένα μικρό τούβλο οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν στο εργαστήριο ένα μοντέλο μιας τέτοιας γέφυρας και να διερευνήσουν τη μεταβολή των δυνάμεων που δέχεται η γέφυρα.

Πείραμα.

Να διερευνήσετε τις αλλαγές στις ενδείξεις των δυο ζυγαριών καθώς το αντικείμενο που βρίσκεται στη σανίδα αλλάζει θέση. Η πειραματική διάταξη φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Θεωρητική διερεύνηση.

Να επιβεβαιώσετε θεωρητικά μια από τις μετρήσεις σας. (Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις και να χρησιμοποιήσετε το θεώρημα των ροπών για να επιβεβαιώσετε θεωρητικά τη μέτρησή σας).

III. Σχόλια-παρατηρήσεις.

Τα πιο πάνω πειράματα αποτελούν μια εισήγηση για τη διδασκαλία του θέματος της ροπής δύναμης. Κύριο χαρακτηριστικό της εισήγησης αυτής είναι η συντομία με την οποία καλύπτεται το θέμα χωρίς πολλές οδηγίες, οι οποίες συνήθως εκτρέπουν τη σκέψη του μαθητή από την ουσία και τον οδηγούν σε διαδικασίες που δεν έχουν πολλή σχέση με τις φυσικές έννοιες τις οποίες μελετά. Οι εισηγήσεις αυτές είναι προβλήματα ανοικτά στα οποία καλούνται οι μαθητές να διερευνήσουν και να ανακαλύψουν τις φυσικές έννοιες, καλλιεργώντας έτσι ικανότητες κλειδιά.

Άλλα πειράματα ή παραλλαγές των πιο πάνω πειραμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία της ροπής². Είναι σημαντικό τα πειράματα να είναι απλά, κατανοητά στους μαθητές και να μπορούν εύκολα να στηθούν από τον καθηγητή. Σημασία έχει στα πειράματα που θα χρησιμοποιηθούν, οι μαθητές να εμπλακούν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης.

Βιβλιογραφία.

1. Αναλυτικά Προγράμματα Προδημοτικής, Δημοτικής και Μέσης Εκπαίδευσης. Τόμος Β΄. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων.
2. G. Yoder and J. Cook, “Innovative Interactive Lecture Demonstrations Using Wireless Force Sensors and Accelerometers for Introductory Physics Courses”. *Phys. Teach.* **48** (9) 567-570 (Dec. 2010)