

Διδακτική ενότητα: Ολοκληρωμένη έρευνα επίδειξης-2
Θέμα έρευνας :

Τάξη : Γ΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

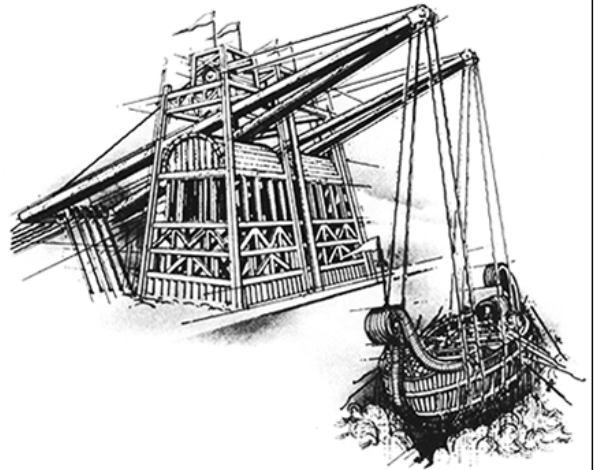
Οδηγίες: Για την 2^η έρευνα επίδειξης θα πραγματοποιήσουμε μία έρευνα που αφορά μία από τις απλές μηχανές, τις τροχαλίες.

Περιγραφή του προβλήματος της έρευνας – Μεταβλητές έρευνας

Πριν από τη βιομηχανική εποχή, οι άνθρωποι βασίζονταν στην μυϊκή δύναμη για τη μετακίνηση και την ανύψωση βαρειών αντικειμένων. Οι τροχαλίες είναι μία από τις έξι απλές μηχανές.

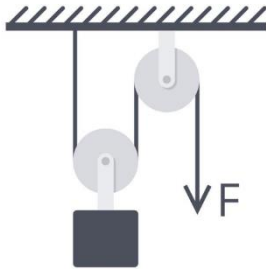
Οι απλές μηχανές είναι εργαλεία όπως ένα κεκλιμένο επίπεδο, μια τροχαλία, ένας τροχός και άξονας ή ένας μοχλός, που διευκολύνουν την εργασία. Οι τροχαλίες είναι μηχανές που διευκολύνουν την ανύψωση αντικειμένων.

Ο Αρχιμήδης σχεδίασε ένα μπλοκ τροχαλίας, για να μετακινήσει ένα ολόκληρο πολεμικό πλοίο φορτωμένο με άντρες. Αυτή η τροχαλία ήταν γνωστή ως το Νύχι του Αρχιμήδη και αποκαλείτο το «σιδερένιο χέρι». Το Νύχι ήταν ένας αρχαίος γερανός με ένα γάντζο που μπορούσε να σηκώσει εχθρικά πλοία από το νερό, αναγκάζοντας τα πλοία να ανατραπούν ή να πέσουν ξαφνικά.



Εικόνα 1 : Μπλοκ τροχαλίας – Το «σιδερένιο χέρι»

1



Μια τροχαλία είναι ένας τροχός με ένα αυλάκι που κρατά σχοινί, καλώδιο ή ιμάντα και χρησιμοποιείται για την ανύψωση ενός αντικειμένου ή την αλλαγή της κατεύθυνσης μιας δύναμης. Πολύ συχνά, θεωρούμε δεδομένο τα καθημερινά αντικείμενα που χρησιμοποιούν τροχαλίες ως μέρος του σχεδιασμού τους.



Εικόνα 2 : Μέρη τροχαλίας - Εφαρμογή δύναμης

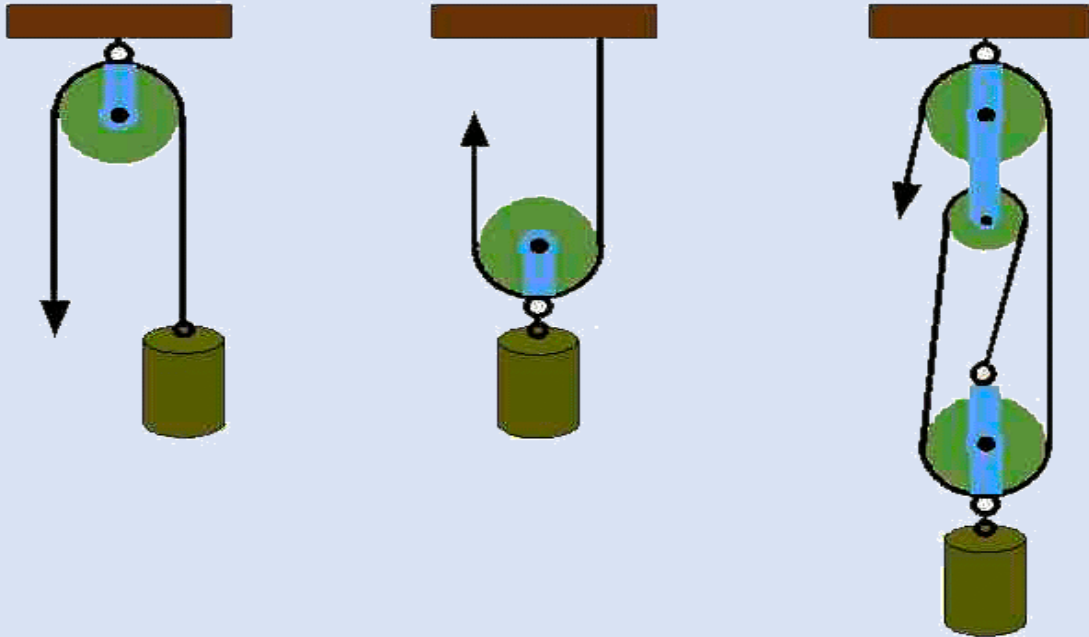
Χρησιμοποιούνται όταν θέλουμε να μετακινήσουμε ένα οποιοδήποτε βάρος. Δένουμε τότε ένα σχοινί στο βάρος αυτό και τραβούμε με κατάλληλο σχοινί ώσπου να το σηκώσουμε. Χρειάζεται, γι' αυτό, μια δύναμη ίση με το βάρος που θέλουμε να σηκώσουμε. Αν όμως στερεώσουμε τη μία άκρη του σχοινοῦ σε μία σταθερή οριζόντια δοκό και περάσουμε την άλλη άκρη του γύρω από μία τροχαλία, κι έπειτα δέσουμε το φορτίο στην τροχαλία και τραβήξουμε το σχοινί, ή μετακίνηση του βάρους θα είναι πολύ πιο εύκολη, όπως φαίνεται στο αριστερό μέρος της εικόνας 2.

Με μια απλή τροχαλία λοιπόν, η δύναμη που πρέπει να ασκήσουμε είναι ίση με το βάρος του φορτίου.

Με μια σύνθετη τροχαλία - δύο ή περισσότερες τροχαλίες σε συνδυασμό - μπορούμε να μειώσετε τη δύναμη που απαιτείται για την ανύψωση του φορτίου.

Αυτή η μείωση δεν έρχεται όμως δωρεάν - λόγω της διατήρησης της ενέργειας, αυξάνει την απόσταση από την οποία πρέπει να ασκήσουμε δύναμη. (Για παράδειγμα, για να μειώσουμε τη δύναμη, πρέπει να ασκήσουμε το μισό βάρος του φορτίου δηλ. για να ανυψώσουμε το φορτίο ένα μέτρο, θα χρειαστεί να τραβήξουμε το σχοινί δύο μέτρα).

Παρακάτω στην εικόνα 3 παρατηρούμε τους 3 τύπους τροχαλιών.



Εικόνα 3: Μία σταθερή τροχαλία (επάνω, αριστερά) δεν προσφέρει καμιά βοήθεια σ' αυτόν που τραβάει το σχοινί. το μηχανικό της πλεονέκτημα είναι ή μονάδα (1), επειδή μόνο ένα τμήμα του σχοινού υποβαστάζει το βάρος· προσπάθεια και βάρος είναι ίσα, "Η μονή κινητή τροχαλία (επάνω, κέντρο), με δυο τμήματα σχοινού που υποβαστάζουν το βάρος, προσφέρει μηχανικά πλεονέκτημα 2. Το πολύσπαστο (δεξιά) παρέχει μηχανικό πλεονέκτημα 3.

Μηχανικό πλεονέκτημα τροχαλίας

Η απλούστερη θεωρία λειτουργίας για ένα σύστημα τροχαλιών υποθέτει ότι οι τροχαλίες και το σχοινί (-καλώδιο-ιμάντας) είναι χωρίς βάρος, και ότι δεν υπάρχει απώλεια ενέργειας λόγω τριβής (επίσης ότι δεν τεντώνονται).

Το ισχυρό μηχανικό πλεονέκτημα μιας τροχαλίας είναι η χρήση πολλών τροχαλιών ταυτόχρονα. Ο συνδυασμός πολλαπλών τροχαλιών μειώνει τη δύναμη που απαιτείται για τη μετακίνηση ενός αντικειμένου αυξάνοντας την ποσότητα σχοινού που χρησιμοποιείται για την ανύψωση του αντικειμένου. Η ποσότητα σχοινού μπορεί να βρεθεί με $\text{σχοινί} = \text{αρχική ποσότητα σχοινού} \times \text{τον αριθμό των τροχαλιών}$. Ισχύει λοιπόν ότι:

1. Το ανυψωμένο βάρος διαιρούμενο με τη δύναμη ανύψωσης ορίζεται ως το μηχανικό πλεονέκτημα του συστήματος τροχαλίας.

2. Το μηχανικό πλεονέκτημα του συστήματος είναι ίσο με τον αριθμό των τμημάτων του σχοινού που στηρίζει το φορτίο.

Οι μεταβλητές του πειράματος μας κατά κατηγορία είναι:

Ανεξάρτητη μεταβλητή: Διάταξη τροχαλιών-Μηχανικό πλεονέκτημα διάταξης

Εξαρτημένη μεταβλητή: Τιμή δύναμης ανύψωσης και μήκος σχοινού που έλκεται για την ανύψωση του ίδιου φορτίου σε προκαθορισμένο ύψος

Ελεγχόμενες (σταθερές) μεταβλητές:

- ✓ Ίδιο φορτίο 200gr
- ✓ Ίδιο ύψος ανύψωσης 10εκ.
- ✓ Ίδιου τύπου και μεγέθους τροχαλίες
- ✓ Ίδιο σχοινί
- ✓ Ίδια ζυγαριά

Σκοποί της έρευνας και κοινωνικές ανάγκες που εξυπηρετεί

Είναι η μέτρηση της δύναμης και του μήκους του σχοινιού έλξης, που απαιτούνται για την ανύψωση του ίδιου φορτίου με διαφορετικές διατάξεις των τροχαλιών. Να απαντήσουμε στα ερωτήματα:

1. Ποια διάταξη τροχαλίας καθιστά ευκολότερη την ανύψωση του φορτίου;
2. Πόση δύναμη απαιτείται, για την ανύψωση του φορτίου σε ίση απόσταση με κάθε διάταξη τροχαλίας;
3. Πώς το μηχανικό πλεονέκτημα ενός συστήματος τροχαλίας σχετίζεται με το μήκος του σχοινιού που απαιτείται για την ανύψωση του αντικειμένου σε σταθερή απόσταση;

Οι χρήσεις των τροχαλιών και οι κοινωνικές ανάγκες που μας προσφέρουν είναι πάρα πολλές. Μερικές διακρίνονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 4 : Κουρτίνες-περσίδες, απλή τεχνική της τροχαλίας, που χρησιμοποιείται στην περίπτωση τυφλών, και βοηθούν στην τράβηγμα των κουρτινών πάνω-κάτω. Ομοίως, σε ένα θέατρο, οι τροχαλίες χρησιμοποιούνται για να σηκώσουν τις κουρτίνες.



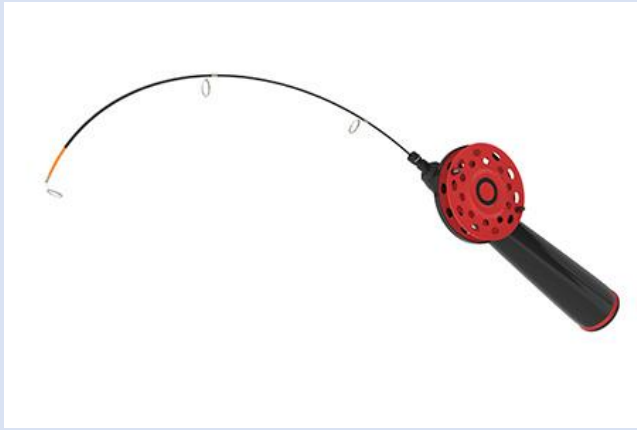
Εικόνα 5: Πλύσιμο κτιρίων. Οι τροχαλίες παρέχουν κίνηση στους εργάτες να μετακινούνται προς τα πάνω και προς τα κάτω για να πλένουν τα κτίρια από έξω.



Εικόνα 6: Γερανός. Αυτή είναι μία από τις συνηθέστερα παρατηρούμενες τροχαλίες. Χρησιμοποιείται για την ανύψωση βαρειών αντικειμένων, μηχανημάτων, τη συλλογή συντριμμίων κλπ.



Εικόνα 7: Αναρρίχηση. Με τη βοήθεια του συστήματος τροχαλιών, οι αναρριχητές μπορούν να αναρριχηθούν εύκολα στα απότομα βράχια.



Εικόνα 8 : Καλάμι ψαρέματος. Ο τροχός ενισχύει την ράβδο αλιείας στην αλίευση ψαριών



Εικόνα 9: Ιστιοφόρο. Ένα ιστιοφόρο απαιτεί τη βοήθεια των τροχαλιών για να μετακινήσετε τα πανιά γύρω όπως επιθυμείτε.

3 Διαμόρφωση της υπόθεσης της έρευνας

Αν μεταβάλλουμε τις διατάξεις τροχαλιών για την ανύψωση του ίδιου φορτίου, τότε θα μεταβάλλονται

- 1) η απαιτούμενη δύναμη για την ανύψωσή του και
- 2) το μήκος του σχοινιού που έλκεται το φορτίο, για να φθάσει σε προκαθορισμένο ύψος

4 Περιγραφή των ορίων – περιορισμών της έρευνας

- 1) Το πειραματικό δοκίμιο που κατασκευάσαμε , ίσως θα έπρεπε να είχε μεγαλύτερο ύψος από 40εκ. , για να δοκιμάσουμε το πείραμα με μεγαλύτερο αριθμό τροχαλιών.
- 2) Το πείραμα θα μπορούσε να δοκιμασθεί και με κατασκευή πολύσπαστου (εικ.10), αλλά απαιτούσε την κατασκευή κατάλληλου στυλοβάτη , που δεν διαθέταμε στο εργαστήριο



Εικόνα 10 : Πολύσπαστο

5 Πληροφοριακό υλικό / έννοιες-ορισμοί

Οι σημαντικότερες πληροφορίες που χρειάζονται για τις έννοιες που σχετίζονται με την παρούσα έρευνα είναι οι εξής:

1. **Απλή μηχανή:** Γενικά μηχανή ή μηχανήμα ονομάζεται οποιοδήποτε εργαλείο ή μέσον που μπορεί να διευκολύνει την ανθρώπινη εργασία ή που μπορεί να αυξήσει τη δύναμη ή την αποτελεσματικότητά της. Επίσης οποιαδήποτε συσκευή που χρησιμοποιείται για την παραγωγή έργου, είτε μεταδίδοντας είτε μετατρέποντας άλλη μορφή ενέργειας σε παραγωγή έργου.

Στην αρχαιότητα, οι αρχαίοι Έλληνες απέδιδαν την σημασία της πρώτης παραπάνω πρότασης που αναφέρεται ως ορισμός από τον Βιτρούβιο , ενώ διέκριναν δύο είδη μηχανών: τις απλές και τις σύνθετες. Στις απλές ανήκαν οι μοχλοί, η σφήνα, ο κοχλίας, το πολύσπαστο, κ.ά. Στις σύνθετες ανήκαν οι υδραυλικές μηχανές, οι βιομηχανικές (μύλοι άλεσης και σύνθλιψης), οι υψωτικές ή ανυψωτικές, οι πολεμικές και οι μηχανές θεάτρου.

2. **Μπλόκ τροχαλιών:** Ένα μπλοκ είναι ένα σύνολο από τροχαλίες ή ροδέλες συναρμολογημένες σε ένα μόνο πλαίσιο. Ένα συγκρότημα μπλοκ με σχοινί που σπειρώνονται μέσω των τροχαλιών ονομάζεται αντιμετώπιση. Η διαδικασία των συρματόσχοινων σπειρώματος μέσω των τεμαχίων

ονομάζεται "καμπύλωση", και ένα σπειροειδές μπλοκ και τα μέσα αντιμετώπισης λέγεται ότι έχουν "κυματίσει". Ένα σύστημα μπλοκαρίσματος και αντιμετώπισης ενισχύει τη δύναμη τάνυσης στο σχοινί για την ανύψωση μεγάλων φορτίων. Είναι κοινά σε σκάφη και ιστιοφόρα πλοία , όπου οι εργασίες εκτελούνται συχνά χειροκίνητα.

3. Δύναμη: Σε ότι αφορά τα ελεύθερα σώματα, η δύναμη είναι γενικά η αιτία μεταβολής της κινητικής τους κατάστασης, δηλαδή αυτή που τα επιταχύνει ή τα επιβραδύνει. Αυτό ισχύει και για την περιστροφή τους, που μπορεί να επιταχυνθεί ή να επιβραδυνθεί. Για σώματα που δεν είναι ελεύθερα να κινηθούν με όλους τους τρόπους, αυτά δηλαδή που είτε είναι αναρτημένα κάπου και μπορούν να κινηθούν μόνο γύρω από σημείο ή άξονα ή σε προκαθορισμένη τροχιά, καθώς και σε όσα εφαρμόζονται δυνάμεις τριβής ή γενικά αντιδράσεις στήριξης, ανάγουμε τις δυνάμεις σε χαρακτηριστικά σημεία. Στην περίπτωση των μη ελεύθερων σωμάτων δύναμη είναι η αιτία που προκαλεί την κίνησή τους ή την κινητικότητά τους σε σχέση με τα σημεία στήριξης ή σύνδεσής τους, ή αυτή που προκαλεί την εντατική τους κατάσταση, την πίεση ή την παραμόρφωσή τους. Η αδράνεια ενός ελεύθερου σώματος επιτρέπει επίσης να προκαλείται στο σώμα εντατική κατάσταση, πίεση ή παραμόρφωση, όταν του εφαρμόζονται αντίστοιχες δυνάμεις. Την Δύναμη την ορίζουμε από τον Δεύτερο νόμο κίνησης του Νεύτωνα και μετριέται σε "newton" (νιούτον).

4. Διατήρηση ενέργειας: Στη φυσική και στη χημεία , ο νόμος της διατήρησης της ενέργειας δηλώνει ότι η συνολική ενέργεια ενός απομονωμένου συστήματος παραμένει σταθερή. λέγεται ότι διατηρείται με την πάροδο του χρόνου. Αυτός ο νόμος, που προτάθηκε και δοκιμάστηκε αρχικά από την Émilie du Châtelet , σημαίνει ότι η ενέργεια δεν μπορεί ούτε να δημιουργηθεί ούτε να καταστραφεί. μάλλον, μπορεί να μετασχηματιστεί ή να μεταφερθεί από τη μια μορφή στην άλλη.

6 Σχεδιασμός πειραματικής διάταξης – αιτιολόγηση επιλογών

Για την προετοιμασία της πειραματικής διάταξης, ακολουθήσαμε τα εξής βήματα :

Βήμα 1ο :

Συγκεντρώσαμε τον απαιτούμενο εξοπλισμό



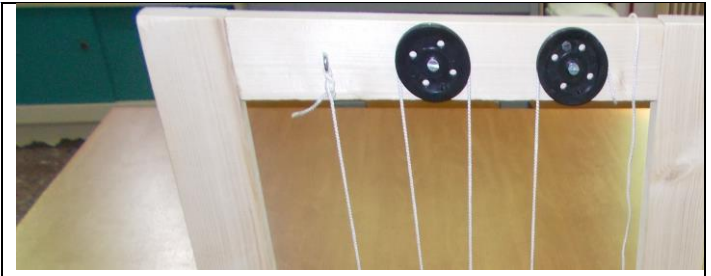
Βήμα 2ο :

Με καδρονάκια ξύλου 4,5 εκ X 2 εκ. σχηματίζουμε ορθογώνιο πλαίσιο διαστάσεων με μήκη πλάτους 34 εκ και ύψος 53 εκ.



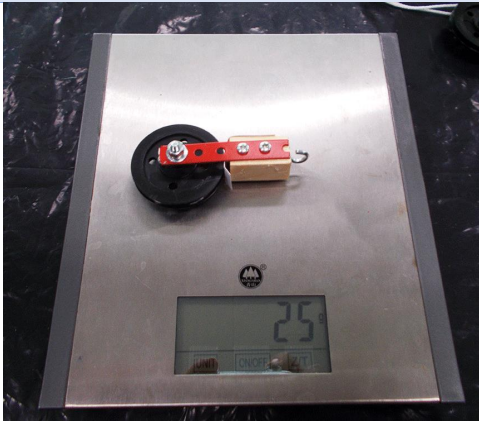
Βήμα 3ο :

Σε συμμετρικά σημεία στη πάνω πλευρά στηρίζουμε μικρό γάντζο και 2 τροχαλίες 44 χιλ. (σταθερές)



Βήμα 4ο :

Με κατάλληλα μεταλλικά στελέχη, δημιουργούμε 2 διατάξεις, η 1η με μονή τροχαλία και η 2η με 2 τροχαλίες κινητές, που στηρίζουμε με τμη. ξύλου και στις οποίες προσαρμόζουμε γάντζο για να έχουμε την δυνατότητα στήριξης βαρών



Εκτέλεση και φωτογραφίες του πειράματος

Σε όλες τις δοκιμές το φορτίο θα είναι σταθερό και ίσο με 200gr και θα γίνεται ανύψωση του στα 10εκ..

Βήμα 1ο : Εκτελούμε το πείραμα με 1 σταθερή τροχαλία.

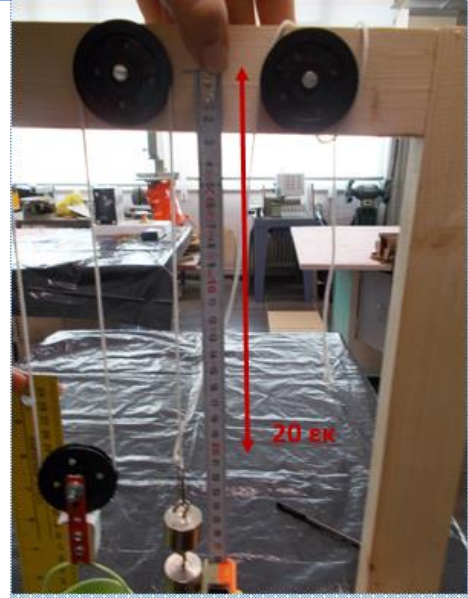
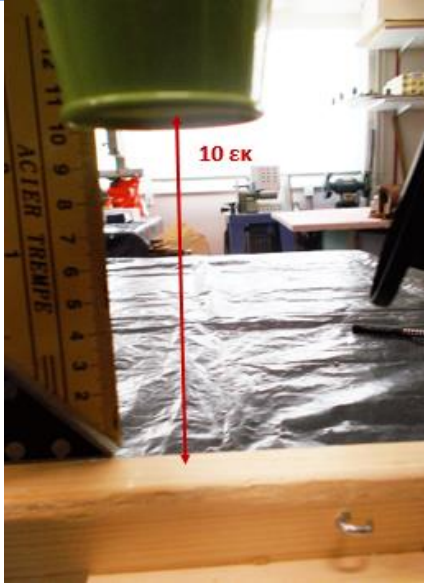
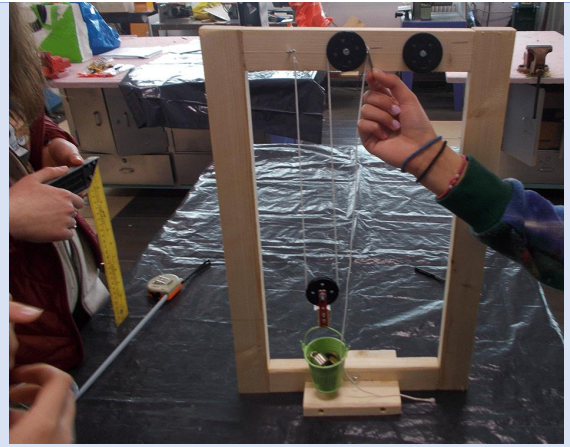
Παρακάτω παρατηρούμε για την ανύψωσή του απαιτήθηκε μήκος σχοινιού 10 εκ. και χρειάστηκε δύναμη ανύψωσης 200 gr / 1.96 N

7



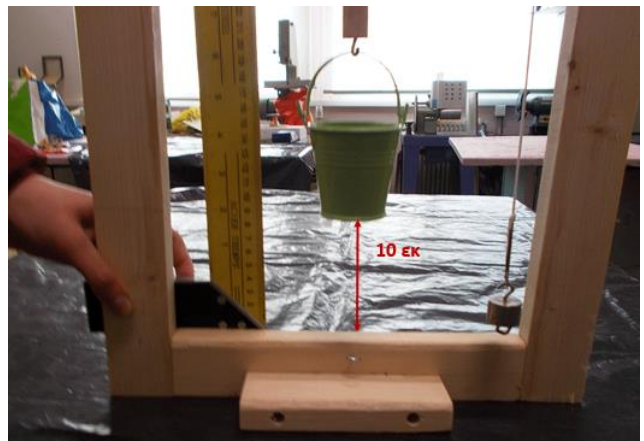
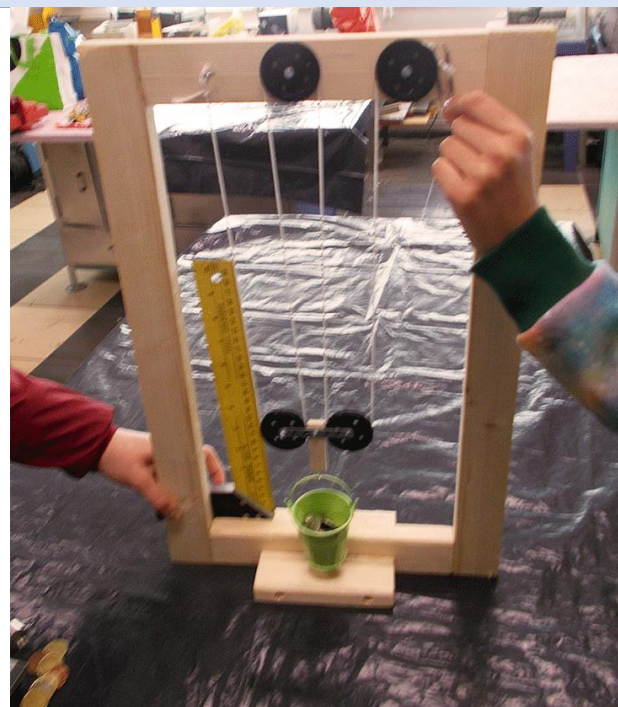
Βήμα 2ο :

Εκτελούμε το πείραμα με 1 σταθερή τροχαλία+ 1κινητή τροχαλία. Παρακάτω παρατηρούμε για την ανύψωσή του φορτίου των 200gr, απαιτήθηκε μήκος σχοινιού 20 εκ. και χρειάστηκε δύναμη ανύψωσης 100 γρ / 0,98 N



Βήμα 3ο :

Εκτελούμε το πείραμα με 2 σταθερές τροχαλίες+ 2κινητές τροχαλίες
Παρακάτω παρατηρούμε για την ανύψωσή του φορτίου των 200gr, απαιτήθηκε μήκος σχοινιού 40 εκ. και χρειάστηκε δύναμη ανύψωσης 50gr / 0,49 N





Κατάλογος υλικών- συσκευών- μηχανών-εργαλείων πειράματος και εκτίμησης κόστους της έρευνας

8

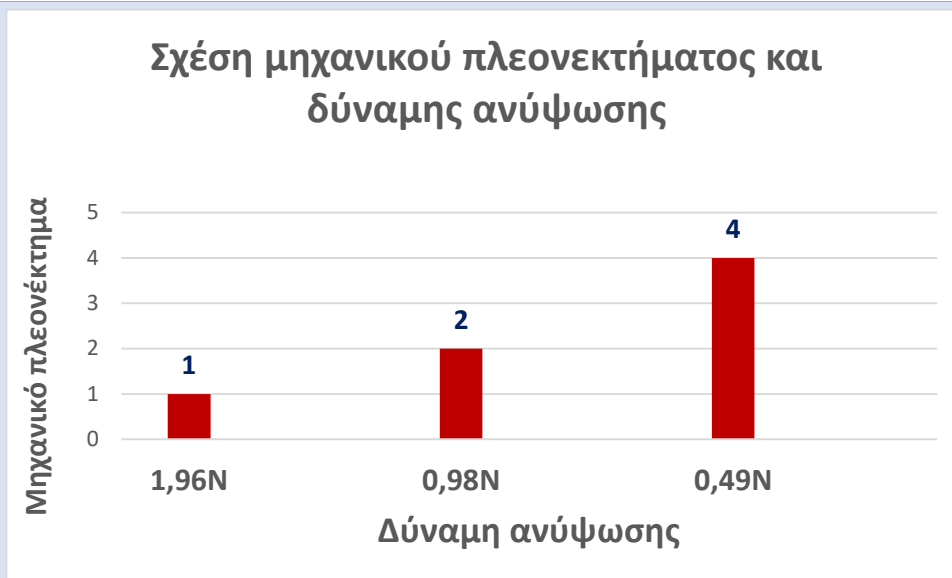
A/A	Υλικό – συσκευή- εργαλείο- μηχανή	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
1.	Τροχαλίες και διατάξεις τροχαλιών	2+2	9,20€
2.	Μετροταινία 2 m	1	Εργ-ριο
3.	Μεταλλική γωνιά ξυλουργού	1	Εργ-ριο
4.	Χαρτοταινία	1	Εργ-ριο
5.	Μεταλλικό μικρό κουβαδάκι	1	Εργ-ριο
6.	Ορθογώνιο ξύλινο πλαίσιο κατασκευασμένο από καδρονάκια ξύλου 4,5 εκ X 2 εκ., διαστάσεων πλάτους 34 εκ και ύψους 53 εκ.	1	Εργ-ριο
7.	Ζυγαριά μέτρησης βάρους	1	Εργ-ριο
8.	Μεταλλικά βάρη 100 και 50γρ.	8-10	Εργ-ριο
9.	Διάφορα μεταλλικά κέρματα του €	30-40	Εργ-ριο
10	Σημειωματάριο-στυλό	1+1	Εργ-ριο
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			9,20€

Παρουσίαση δεδομένων –μετρήσεων

9

Πίνακας αποτελεσμάτων (για σταθερό βάρος φορτίου 200 γρ.)			
Διάταξη τροχαλιών	Βάρος (δύναμη ανύψωσης)	Μηχανικό πλεονέκτημα	Μήκος σχοινιού έλξης
1 (1 σταθερή τροχαλία)	200γρ (1,96N)	200γρ/200γρ= 1	10εκ.
2 (1/σταθερή+1/κινητή)	100γρ (0,98N)	200γρ/100γρ= 2	20εκ.
3 (2/σταθερές+2/κινητές)	50γρ (0,49N)	200γρ/50γρ= 4	40εκ.

Γράφημα-Ανάλυση αποτελεσμάτων



Βάσει των τιμών της απαιτούμενης δύναμης ανύψωσης του φορτίου, προκύπτει ότι για την διάταξη των 4 τροχαλιών, απαιτείται το $\frac{1}{4}$ της δύναμης σε σχέση με αυτήν της 1 τροχαλίας και το $\frac{1}{2}$ για εκείνης με 2 τροχαλίες. Επίσης η διάταξη των 2 τροχαλιών απαιτεί το $\frac{1}{2}$ της δύναμης ανύψωσης του φορτίου σε σχέση με αυτήν της 1 τροχαλίας

1
0



Βάσει των τιμών της απαιτούμενης δύναμης ανύψωσης του φορτίου, προκύπτει ότι για την διάταξη των 4 τροχαλιών, απαιτείται μήκος σχοινιού έλξης 4-πλάσιο ($40/10$) σε σχέση με αυτήν της 1 τροχαλίας και το 2-πλάσιο για εκείνης με 2 τροχαλίες ($40/20$). Επίσης η διάταξη των 2 τροχαλιών απαιτεί το 2-πλάσιο του μήκους σχοινιού έλξης σε σχέση με αυτήν της 1 τροχαλίας ($20/10$).

Συμπεράσματα

1
1

Το μηχανικό πλεονέκτημα της τροχαλίας:

1. Είναι αντιστρόφως ανάλογο προς την δύναμη ανύψωσης του φορτίου και
2. Είναι ανάλογο του μήκους του σχοινιού έλξης του φορτίου

Προτάσεις για συμπληρωματική έρευνα στο μέλλον από άλλους ερευνητές

1
2

1η: Πως επιδρούν διατάξεις τροχαλιών στην ανύψωση του ιδίου φορτίου με εφαρμογή της δύναμης ανύψωσης προς τα πάνω;

2η: Η χρήση διατάξεων τροχαλιών με διαφορετική διάμετρο πως επιδρά στην δύναμη ανύψωσης του ιδίου φορτίου;

3^η: Το υλικό κατασκευής των τροχαλιών , πως επιδρά στην δύναμη ανύψωσης ιδίου φορτίου;