

«Εκκρεμές “πάσης βαρύτητας” σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας»

Σκουλίδης Νίκος

Εκπαιδευτικός, 4^ο Γυμνάσιο Λαγκαδά – Λυκειακές Τάξεις
ns@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εδώ παρουσιάζεται μια εργαστηριακή πρόταση μελέτης της επίδρασης της βαρύτητας στο απλό εκκρεμές σε οποιοδήποτε συνθήκες βαρύτητας. Πρόκειται για τη δημιουργία πρώτα ενός περιβάλλοντος έλλειψης βαρύτητας και μετά τη δημιουργία σε αυτό ελεγχόμενης βαρύτητας για τιμές από ένα μικρό κλάσμα της γήινης βαρύτητας μέχρι πολλαπλάσιά της με μια απλή διάταξη. Όλη η πρόταση είναι πραγματοποιήσιμη σε οποιοδήποτε χώρο, ακόμη και σε κοινή σχολική αίθουσα, και χωρίς τη χρήση ΤΠΕ, εκτός ίσως από τη χρήση συσκευών μέτρησης της περιόδου του εκκρεμούς. Τα υλικά που χρειάζονται είναι πολύ απλά και ελάχιστου κόστους. Η πραγματοποίηση του πειράματος, αλλά κυρίως η σχεδίασή της διάταξης μπορεί να γίνει από τους ίδιους τους μαθητές και τις μαθήτριες τάξεων Λυκείου αλλά και Γυμνασίου με κατευθυνόμενες ερωτήσεις. Η παρουσίαση όλης της διαδικασίας μπορεί να γίνει από μαθητές και μαθήτριες – πολλα-πλασιαστές – προς τους συμμαθητές τους και τις συμμαθήτριές τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Απλό εκκρεμές, ελεγχόμενη βαρύτητα, κοινή αίθουσα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τις Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) είναι πολύ εύκολο να προσομοιώσουμε ένα εκκρεμές για οποιαδήποτε βαρύτητα. Όμως, χωρίς να παραβλέπουμε την αξία και τις δυνατότητες που μας δίνουν οι ΤΠΕ, είναι σίγουρο πως η αξία ενός πραγματικού πειράματος είναι αδιαμφισβήτητη και εφόσον μπορούμε να προσομοιώσουμε τις ίδιες συνθήκες τότε θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι καλύτερο.

Μια συνηθισμένη ερώτηση προς τους μαθητές και τις μαθήτριες κατά τη διδασκαλία των ταλαντώσεων και ειδικότερα κατά τη διδασκαλία των νόμων του απλού εκκρεμούς είναι: *Πώς εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς από τη βαρύτητα;* Βέβαια μια προσεκτική ανάγνωση του μαθηματικού τύπου της περιόδου του εκκρεμούς από τους μαθητές και τις μαθήτριες, κυρίως του Λυκείου, δίνει την απάντηση, αλλά σε ενδεχόμενο ερώτημα για το πώς μπορούμε να το διαπιστώσουμε αυτό, μάλλον δεν παίρνουμε απάντηση. Έχουν ήδη προταθεί διατάξεις μελέτης της εξάρτησης της περιόδου του εκκρεμούς από τη βαρύτητα και θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε μια από αυτές (Λάζος, 2016). Σαν παράδειγμα από προηγούμενη μελέτη μας, προτείνονται δύο διαφορετικές διατάξεις, μια για βαρύτητα μικρότερη της

γήινης και μια για βαρύτητα μεγαλύτερη (Κολίτση & Σκουλίδης, 2015; Σκουλίδης, 2016). Σε αυτές, το νήμα του εκκρεμούς στη θέση ισορροπίας είναι πάντα κατακόρυφο.

Αν τώρα ζητήσουμε από τους μαθητές να μας πουν πώς θα μπορούσαμε να μελετήσουμε τους νόμους του εκκρεμούς σε ένα περιβάλλον έλλειψης βαρύτητας, όπως πχ στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ΔΔΣ), όπου το νήμα του εκκρεμούς θα μπορούσε να έχει οποιαδήποτε κατεύθυνση (αν μπορούμε βέβαια να μιλήσουμε για κατεύθυνση σε περιβάλλον έλλειψης βαρύτητας), τότε είναι μάλλον απίθανο να πάρουμε απάντηση. Ή μήπως μπορούμε να εκμαιεύσουμε μιαν απάντηση ή μια λύση σε ένα τέτοιο πρόβλημα;

Σε αυτό το εργαστήριο προσπαθούμε να σχεδιάσουμε, να κατασκευάσουμε και να δοκιμάσουμε μια διάταξη απλού εκκρεμούς τέτοιας, ώστε να μπορούμε να μελετήσουμε τους νόμους του σε περιβάλλον έλλειψης ή καλύτερα σε περιβάλλον «πάσης βαρύτητας».

Η ΒΑΣΙΚΗ ΙΔΕΑ

Όλη η ιδέα μπορεί να χωρισθεί σε 2 μέρη:

- Στη δημιουργία μιας διάταξης δημιουργίας βαρύτητας, όταν αυτή δεν υπάρχει
- Στη δημιουργία μια διάταξης μηδενισμού της γήινης βαρύτητας, όταν πρόκειται να πραγματοποιηθεί το εργαστήριο στη γη

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Πρώτα θα πρέπει να δούμε πώς θα δημιουργήσουμε συνθήκες βαρύτητας για ένα απλό εκκρεμές σε τόπο όπου δεν υπάρχει βαρύτητα. Μπορούμε να στήσουμε ένα παιχνίδι ερωτήσεων με τους μαθητές και τις μαθήτριες ώστε να βρουν την απάντηση μόνοι και μόνες τους. Οι ερωτήσεις θα μπορούσε να είναι οι εξής (σε παρενθέσεις σύντομα οι απαντήσεις):

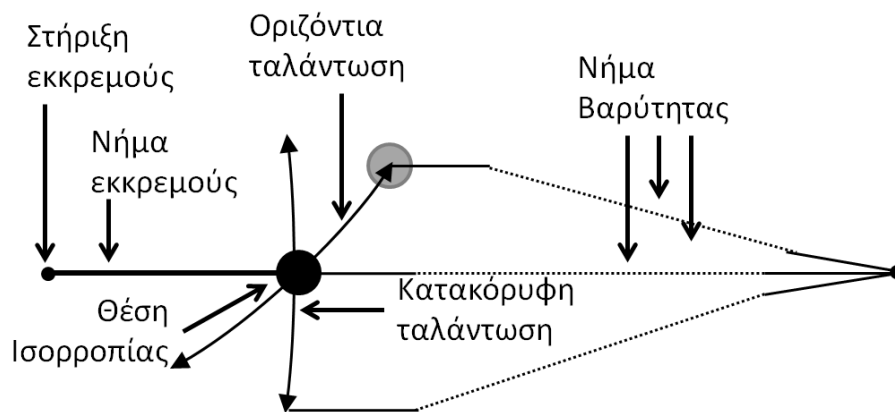
- Σε τι οφείλεται η ταλάντωση του εκκρεμούς; (στο βάρος του)
- Τι είναι το βάρος; (δύναμη – κατακόρυφη)
- Τι διαφορά έχει το βάρος, ως προς τα αποτελέσματα σε ένα απλό εκκρεμές, από άλλες δυνάμεις; (καμία)

Έτσι μπορούμε να καταλήξουμε πως αν δεν έχουμε βαρύτητα, τότε θα μπορούσαμε να ασκήσουμε με κάποιο άλλο τρόπο μια δύναμη σταθερής κατεύθυνσης και μέτρου και να έχουμε τα ίδια αποτελέσματα με μια δύναμη βάρους. Το επόμενο στάδιο είναι να βρεθεί ένας τρόπος να ασκηθεί μια τέτοια δύναμη στο εκκρεμές. Οι ερωτήσεις που μπορούμε να κάνουμε είναι οι παρακάτω:

- Πώς μπορούμε να ασκήσουμε δύναμη σταθερής κατεύθυνσης σε ένα σώμα;
- Πώς μπορεί αυτή η δύναμη να έχει σταθερό μέτρο;

Η τελική μας κατάληξη θα πρέπει να είναι μια διάταξη όπως στο Σχήμα 1, όπου φαίνεται ένα οριζόντιο εκκρεμές (σε υποθετικό περιβάλλον χωρίς βαρύτητα) όπου η δύναμη που θα προκαλεί την ταλάντωσή του, δηλαδή αυτή που θα παίζει το ρόλο του βάρους, ασκείται από ένα νήμα, το «νήμα

βαρύτητας», επίσης οριζόντιο, με πολύ μεγάλο μήκος, πολύ μικρή μάζα και ελαστικό με πολύ μικρή σταθερή ελαστικότητα. Το μεγάλο μήκος εξασφαλίζει πως η κατεύθυνση της δύναμης θα μεταβάλλεται ελάχιστα. Η μικρή μάζα του νήματος εξασφαλίζει τη μη επίδρασή του στην κίνηση του εκκρεμούς. Τέλος, η πολύ μικρή σταθερή ελαστικότητα εξασφαλίζει πως το μέτρο της θα μεταβάλλεται ελάχιστα από τη μικρή αλλαγή του μήκους του λόγω της ταλάντωσης του εκκρεμούς. Εδώ να σημειώσουμε πως το εκκρεμές δεν είναι απαραίτητο να είναι οριζόντιο, ούτε η ταλάντωσή του να είναι αποκλειστικά οριζόντια ή κατακόρυφη (όπως φαίνεται στο Σχήμα 1) αλλά μπορεί να έχει οποιαδήποτε διεύθυνση.



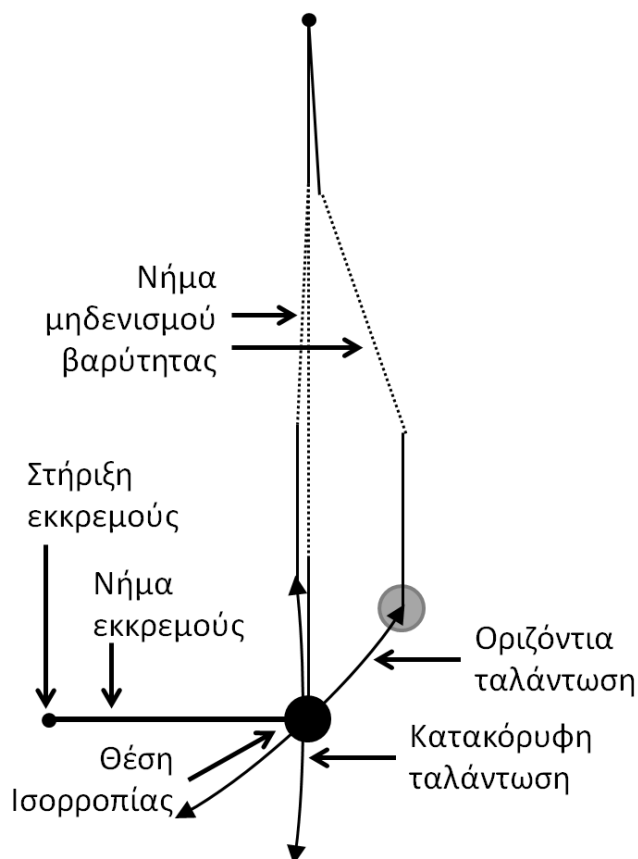
Σχήμα 24: Δημιουργία τεχνητής βαρύτητας.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Συνεχίζοντας το παιχνίδι των ερωτήσεων θα πρέπει τώρα να δημιουργήσουμε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας μέσα σε μια κοινή αίθουσα σχολείου. Αρχικά αυτό φαίνεται αδύνατο. Όμως, κάνοντας πάλι μερικές ερωτήσεις προς τους μαθητές και τις μαθήτριες για το τι σημαίνει έλλειψη βαρύτητας, τότε θα μπορέσουμε να βρούμε μια λύση. Συμπυκνώνοντας τα ερωτήματα και τις αποδεκτές απαντήσεις, τότε αυτόματα δημιουργούμε την ιδέα. Έλλειψη βαρύτητας λοιπόν σημαίνει πως δεν ασκείται καμιά δύναμη βαρύτητας στη μάζα του εκκρεμούς μας. Ή αν στην προηγούμενη πρόταση αφαιρέσουμε τη λέξη «βαρύτητας» τότε μπορούμε να τη διατυπώσουμε λίγο διαφορετικά. Έλλειψη βαρύτητας σημαίνει πως καμιά δύναμη δεν ασκείται στη μάζα του εκκρεμούς. Τέλος, παίρνοντας υπόψη και τον ορισμό της συνισταμένης δύναμης, η πρότασή μας γίνεται: **Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στη μάζα του εκκρεμούς μας είναι μηδέν.**

Η τελευταία πρόταση είναι και το κλειδί στη διερεύνησή μας. Δηλαδή, αφού δεν μπορούμε να μηδενίσουμε τη δύναμη της βαρύτητας τότε θα πρέπει να μηδενίσουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στη μάζα του εκκρεμούς. Αυτό είναι εύκολο πια. Αρκεί να ασκήσουμε μια ακόμη δύναμη, αντίθετη του βάρους, στη μάζα του εκκρεμούς. Προφανώς, αφού το βάρος είναι κατακόρυφο, τότε και αυτή η δύναμη θα πρέπει να είναι κατακόρυφη και με φορά προς τα πάνω.

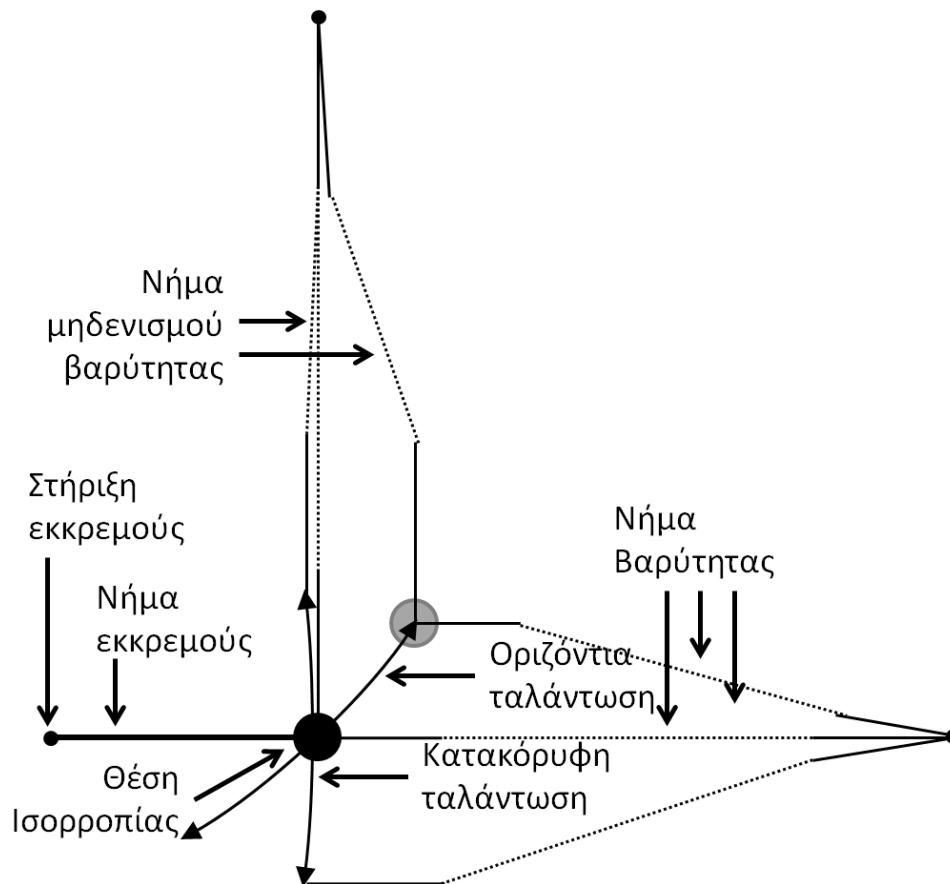
Τώρα το πρόβλημα γίνεται τεχνικό, το πώς δηλαδή θα ασκήσουμε μια κατακόρυφη δύναμη προς τα πάνω, που να παραμένει κατακόρυφη και με σταθερό μέτρο, παρά την κίνηση του εκκρεμούς. Η λύση είναι ακριβώς ίδια με αυτή της δημιουργίας βαρύτητας, όπως περιγράφηκε πιο πάνω. Δηλαδή, να την ασκήσουμε μέσω κατακόρυφου ελαστικού νήματος, το «νήμα μηδενισμού βαρύτητας», πολύ μικρής μάζας και πολύ μεγάλου μήκους σε σχέση με τη μάζα και το μήκος του εκκρεμούς αντίστοιχα. Το νήμα πρέπει να έχει αυτά τα χαρακτηριστικά για τους ίδιους λόγους με το «νήμα βαρύτητας».



Σχήμα 25: Δημιουργία τεχνητής έλλειψης βαρύτητας.

Στο Σχήμα 2 φαίνεται ένα οριζόντιο εκκρεμές και το κατακόρυφο νήμα μεγάλου μήκους για τον μηδενισμό της βαρύτητας. Ενδεικτικά επίσης δείχνονται μια οριζόντια και μια κατακόρυφη ταλάντωση. Να αναφέρουμε πάλι εδώ πως δεν είναι απαραίτητο να είναι οριζόντιο το εκκρεμές ούτε η ταλάντωσή του να είναι αποκλειστικά οριζόντια ή κατακόρυφη.

Συνδυάζοντας τα προηγούμενα τότε καταλήγουμε στη συνολική ιδέα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 26: Εκκρεμές σε τεχνητή βαρύτητα σε συνθήκες τεχνητής έλλειψης βαρύτητας.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Για την εφαρμογή της ιδέας που μόλις περιγράφηκε, αυτό που χρειάζεται είναι να επιλέξουμε τα υλικά μας. Σαν μάζα του εκκρεμούς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οτιδήποτε, αρκεί να έχει αρκετά μεγάλη πυκνότητα ώστε να έχει μικρό όγκο. Προτείνεται να είναι βαρίδια φαρέματος από μόλυβδο, πχ σφαιρικά των 100 g. Το μήκος του εκκρεμούς πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε να είναι περίπου 10 φορές μικρότερο από τα νήματα βαρύτητας και μηδενισμού βαρύτητας. Μια καλή τιμή για το μήκος είναι τα 25 cm, που δίνει περίοδο εκκρεμούς σε γήινο περιβάλλον περίπου 1 s. Έτσι τα μήκη των νημάτων βαρύτητας και μηδενισμού θα πρέπει να είναι της τάξης των 2 m έως 2,5 m, που καθιστούν εφικτή τη δημιουργία της διάταξης σε οποιαδήποτε χώρο. Τα νήματα θα πρέπει να είναι ελαστικά, όχι απαραίτητα σε όλο το μήκος τους και γι' αυτό προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ένα λεπτό νήμα οποιουδήποτε τύπου (πχ πετονιά) συνδεδεμένο στο εκκρεμές και η άλλη άκρη του να συνδέεται με τα σημεία στήριξής τους μέσω ελαστικών δακτυλίων (λαστιχάκια). Η σταθερή ελαστικότητα αυτής της διάταξης ελέγχεται εύκολα από τον αριθμό των ελαστικών δακτυλίων που θα συνδεθούν σε σειρά. Η στήριξη των εκκρεμών μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε αντικείμενο, πχ σε έναν τοίχο. Εδώ θα πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε το νήμα μηδενισμού βαρύτητας να στερεωθεί έτσι ώστε να είναι κατακόρυφο. Η στερέωσή του μπορεί να γίνει είτε μόνιμα ρυθμίζοντας

κατάλληλα το μήκος του, πχ στην οροφή της αίθουσας, είτε (προτείνεται) μέσω τροχαλίας που στην άλλη άκρη του νήματος να κρεμαστεί παρόμοιο βαρίδι για αυτόματη ρύθμιση του απαιτούμενου μήκους. Για το νήμα βαρύτητας, προτείνεται επίσης τροχαλία ώστε η δύναμη τάσης να ελέγχεται από βαρίδια που θα κρεμιούνται στην άλλη άκρη του νήματος. Αν η διάταξη πρόκειται να πραγματοποιηθεί σε περιβάλλον έλλειψης βαρύτητας, πραγματικής ή φαινομενικής, (πχ στον ΔΔΣ), τότε η δύναμη τάσης σε αυτό το νήμα θα πρέπει να δημιουργείται από λαστιχάκια ή ελατήριο.

ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Όλη η διαδικασία της μπορεί να γίνει με τη χρήση φύλλων εργασίας και η πραγματοποίησή της διάταξης να γίνει από τους ίδιους τους μαθητές ή σε περίπτωση έλλειψης χρόνου να υπάρχει έτοιμη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη όλων των νόμων του απλού εκκρεμούς μπορεί να γίνει με πραγματικό πείραμα και σε οποιονδήποτε χώρο από μια πολύ απλή διάταξη την οποία μπορούν να πραγματοποιήσουν μαθητές και μαθήτριες, αλλά κυρίως μπορούν να σχεδιάσουν οι ίδιοι και οι ίδιες.

Στην εργασία αυτή συμμετέχουν σαν σχεδιαστές, δημιουργοί της διάταξης και δοκιμαστές οι μαθητές και οι μαθήτριες Λυκείου (σε αλφαβητική σειρά, σε παρένθεση η τάξη):

Άννα Αβραμίδου (Α), Αντώνης Αποστολούδης (Α), Βαγγέλης Δεδόπουλος (Α), Νικηφόρος Μπατζώρης (Β), Παναγιώτα Πελκούδη (Α), Ραφαήλ Παπαδόπουλος (Α), Σοφία Δαραβίγκα (Α) και Τάσος Τριανταφυλλούδης (Β)

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Λάζος, Π. (2016). Αλλάζοντας... τη βαρύτητα με ένα παιχνίδι. Η επίδραση της βαρύτητας στην περίοδο ενός εκκρεμούς, *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τ. 11, σελ. 43-50.

Κολίτση, Φ. & Σκουλίδης, Ν. (2015). Υπερβαρύτητα και αντιβαρύτητα: Επίδραση της βαρύτητας στο απλό εκκρεμές. *Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσχήνιο στην Ελλάδα και στην Ευρώπη: Πρακτικά 7ων Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών*, εκδ. Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω.

Σκουλίδης, Ν. (2016). Επίδραση της βαρύτητας στο απλό εκκρεμές. Δύο λάθη ένα σωστό! *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τ. 10, σελ. 63-73.