

## Open Schools Journal for Open Science

Vol 6, No 1 (2023)

Open Schools Journal for Open Science - Special Issue -Πρακτικά του «3ου Μαθητικού Συνεδρίου Έρευνας και Επιστήμης»



### Η διόρθωση ενός ρολογιού τύπου «κούκου»

Vasiliki Matzarli, Γιώργος Αγγελίδης, Σταύρος Παπαδόπουλος, Κλαίρη Αχιλλέως, Νικόλαος Δίντσιος

doi: [10.12681/osj.32477](https://doi.org/10.12681/osj.32477)

Copyright © 2023, Vasiliki Matzarli, Γιώργος Αγγελίδης, Σταύρος Παπαδόπουλος, Κλαίρη Αχιλλέως, Νικόλαος Δίντσιος



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

### To cite this article:

Matzarli, V., Αγγελίδης Γ., Παπαδόπουλος Σ., Αχιλλέως Κ., & Δίντσιος Ν. (2023). Η διόρθωση ενός ρολογιού τύπου «κούκου». *Open Schools Journal for Open Science*, 6(1). <https://doi.org/10.12681/osj.32477>



# Η διόρθωση ενός ρολογιού τύπου «κούκου»

Ματζαρλή Βασιλική<sup>1</sup>, Αγγελίδης Γιώργος<sup>2</sup>

1ο Πρότυπο Λύκειο Θεσσαλονίκης «Μανόλης Ανδρόνικος», Θεσσαλονίκη

<sup>1</sup> [vasiliki.matzarli@gmail.com](mailto:vasiliki.matzarli@gmail.com), <sup>2</sup> [geonikaqqel1@gmail.com](mailto:geonikaqqel1@gmail.com)

Επιβλέπων Καθηγητής/Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Σταύρος Παπαδόπουλος<sup>1</sup>, Κλαίρη Αχιλλέως<sup>2</sup>, Νικόλαος Δίντσιος<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Δρ. Φυσικοί ΠΕ04.01, 1<sup>ο</sup> Πρότυπο Λύκειο Θεσσαλονίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»

<sup>3</sup> Δρ. Φυσικός ΠΕ04.01, Πειραματικό Λύκειο Πανεπιστημίου Μακεδονίας

<sup>1</sup> [stpapado@sch.gr](mailto:stpapado@sch.gr), <sup>2</sup> [cachilleosa@gmail.com](mailto:cachilleosa@gmail.com), <sup>3</sup> [nikos.dintsios@gmail.com](mailto:nikos.dintsios@gmail.com)

## Περίληψη

Με τον όρο δημιουργικά πειράματα εννοούμε εκείνα τα πειράματα που επινοούνται από τους μαθητές για να δώσουν απάντηση σε κάποιο ερευνητικό ερώτημα που τους τίθεται μέσω κάποιου σεναρίου. Συνήθως στα δημιουργικά πειράματα χρησιμοποιούνται καθημερινά υλικά και μη εξειδικευμένα όργανα και συσκευές. Το ερώτημα που μας τέθηκε μέσω κατάλληλου σεναρίου ήταν αν μπορούμε κάνοντας κάποια πειράματα με απλά υλικά να διορθώσουμε ένα ρολόι κούκου που καθυστερεί μετά την μετακόμιση, της οικογένειας που το έχει, από τη Γερμανία στην Ελλάδα. Η λειτουργία ενός ρολογιού κούκου βασίζεται στη λειτουργία ενός εκκρεμούς. Εκτελώντας πειράματα με εκκρεμή διαφόρων μηκών και μαζών προσπαθήσαμε να διαπιστώσουμε την αιτία καθυστέρησης του ρολογιού αλλά και να προτείνουμε κάποιο τρόπο διόρθωσης του προβλήματος. Διενεργώντας κατάλληλους πειραματισμούς κατανοήσαμε την φύση του προβλήματος και προτείναμε λύση για τη διόρθωσή του.

**Λέξεις κλειδιά:** ρολόι κούκου, εκκρεμές, επιτάχυνση βαρύτητας, μήκος, μάζα

## Εισαγωγή

Τα ρολόγια κούκου είναι χειροποίητα ρολόγια που κατασκευάζονται κυρίως στη Γερμανία από ξύλο πεύκου. Πρόκειται για ακριβά, συνήθως, ρολόγια τοίχου από τα οποία ξεπροβάλλει κάθε ώρα ένας μικρός κούκος προκειμένου να «αναγγείλει» την ώρα. Για παράδειγμα, στις 12 ακριβώς ο κούκος ξεπροβάλλει από το ρολόι και ακούγεται ο χαρακτηριστικός του ήχος 12 φορές. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην ταλάντωση ενός εκκρεμούς από ξύλο.

Η ταλάντωση ενός εκκρεμούς αποτελεί ένα περιοδικό φαινόμενο. Περιοδικά ονομάζονται τα φαινόμενα που εξελίσσονται και επαναλαμβάνονται αναλλοίωτα σε σταθερά χρονικά διαστήματα. Τέτοια φαινόμενα είναι, για παράδειγμα, η κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο, η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της, το άναμμα και το σβήσιμο του φάρου κ.ά. Ένα φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει κάθε περιοδικό φαινόμενο είναι η περίοδος  $T$ . Είναι, δηλαδή, η χρονική διάρκεια μιας πλήρους επανάληψης του φαινομένου.

Η περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο έχει περίοδο περίπου 365 ημερών, ενώ η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της έχει περίοδο 24 ωρών. Όταν το εκκρεμές ταλαντώνεται, εκτελεί μία πλήρη αιώρηση σε κάποια περίοδο π.χ.  $T = 8 \text{ s}$ . Δηλαδή κάθε 8 s έχουμε μια πλήρη ταλάντωση.



Σχήμα 1: Παραδοσιακό ρολόι κούκος

## Πειραματική Διαδικασία

### Περιγραφή του προβλήματος

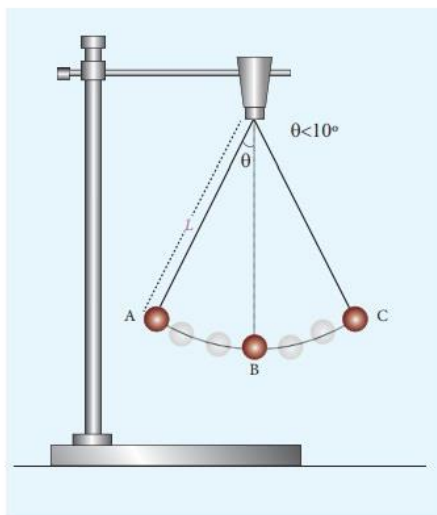
Το σενάριο που αντιμετωπίζουμε είναι το εξής: «Μία οικογένεια από τη Γερμανία μετακομίζει στην Ελλάδα. Μαζί τους έφεραν μόνο μερικά μικροαντικείμενα που είχαν γι' αυτούς κυρίως συναισθηματική αξία. Ένα από τα μικροαντικείμενα που έφεραν λοιπόν ήταν ένα ρολόι κούκου. Τοποθέτησαν, το ωραιότερο και ακριβό ρολόι τους στην πλέον περίοπτη θέση του σπιτιού. Το ρολόι τους είχε την τέλεια ακρίβεια. Προς μεγάλη τους απογοήτευση, όμως, διαπίστωσαν ότι αυτό, μετά από ένα μήνα βρισκόταν δύο λεπτά πίσω. Γιατί συνέβη αυτό; Πώς θα διορθώσουμε το ρολόι;».

### Το σκεπτικό των πειραματισμών

Για την διερεύνηση του προβλήματος θα θεωρήσουμε το ρολόι τύπου «κούκου» σαν ένα εκκρεμές, δηλαδή σαν μία μάζα  $m$ , προσαρτημένη στο άκρο νήματος μήκους  $\ell$ ,

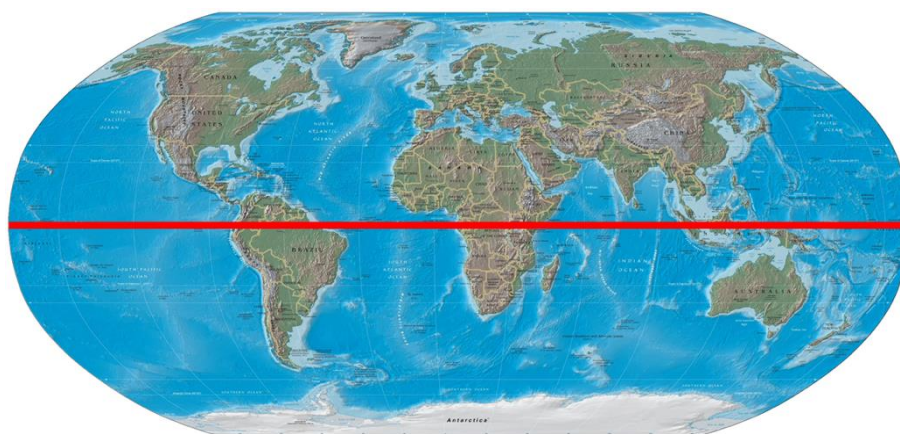
που μπορεί να εκτελέσει αιωρήσεις μικρού πλάτους, πρακτικά χωρίς τριβές και αντιστάσεις.

Αρχικά θα εξετάσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την περίοδό του. Έτσι θα κατανοήσουμε την πιθανή αιτία που προκαλεί την καθυστέρηση και θα προσπαθήσουμε να προτείνουμε έναν τρόπο διόρθωσης της περιόδου. Τα απλά υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε είναι τα εξής: στατήρας, νήμα, βαρίδια διαφορετικής μάζας, ψαλίδι, χρονόμετρο και ζυγαριά.



**Σχήμα 2:** Το απλό εκκρεμές (<http://www.brainkart.com>)

Η αρχική μας ιδέα είναι ότι αυτό που πραγματικά άλλαξε είναι η τοποθεσία μας κατά την μεταφορά του ρολογιού από την Γερμανία, που βρίσκεται βορειότερα, στην Ελλάδα που βέβαια βρίσκεται νοτιότερα.



**Σχήμα 3:** Παγκόσμιος χάρτης και Ισημερινός ([el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org)).

Η ακριβής τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας  $g$ , μεταβάλλεται ανάλογα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μη συμμετρικό σχήμα της Γης. Συγκεκριμένα, στον Ισημερινό, η τιμή του  $g$  είναι  $9,780 \text{ m/s}^2$ . Στους πόλους, η

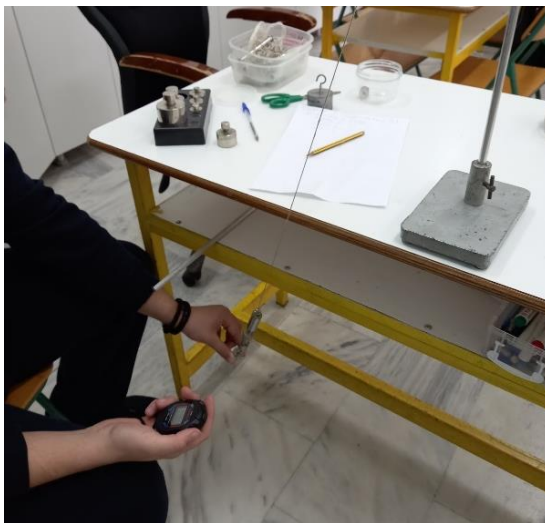
τιμή του  $g$  είναι  $9,832 \text{ m/sec}^2$ , συνεπώς όσο πιο κοντά βρίσκεται μία χώρα στον Ισημερινό, τόσο πιο μικρή θα είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας. Στην Ελλάδα είναι  $g=9,8009 \text{ m/s}^2$  ενώ στην Γερμανία, που βρίσκεται πιο κοντά στους πόλους, είναι  $g=9,8159 \text{ m/s}^2$ .

Αφού συνειδητοποιούμε ότι η αλλαγή του  $g$  είναι η αιτία της καθυστέρησης και ότι προφανώς δεν μπορούμε να επεμβούμε στην επιτάχυνση της βαρύτητας, σκεφτόμαστε ότι για να διορθώσουμε το πρόβλημα, πρέπει να πειραματιστούμε με την μάζα του εκκρεμούς  $m$ , αλλά και με το μήκος του νήματος  $\ell$ .



Σχήματα 4, 5: Τα υλικά του πειράματος.

Με τα απλά υλικά που διαθέτουμε, κατασκευάζουμε ένα εκκρεμές, που προσομοιάζει με αυτό ενός ρολογιού κούκου. Καθώς δεν μπορούμε να μεταβάλλουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας  $g$ , θα ασχοληθούμε αρχικά με τη μάζα του εκκρεμούς, εξαρτώντας διαφορετικές μάζες σε νήμα συγκεκριμένου μήκους (σχήμα 6). Έπειτα, για μία συγκεκριμένη μάζα θα μεταβάλλουμε το μήκος του νήματος μετρώντας πάντα την περίοδο της ταλάντωσης (σχήμα 7).



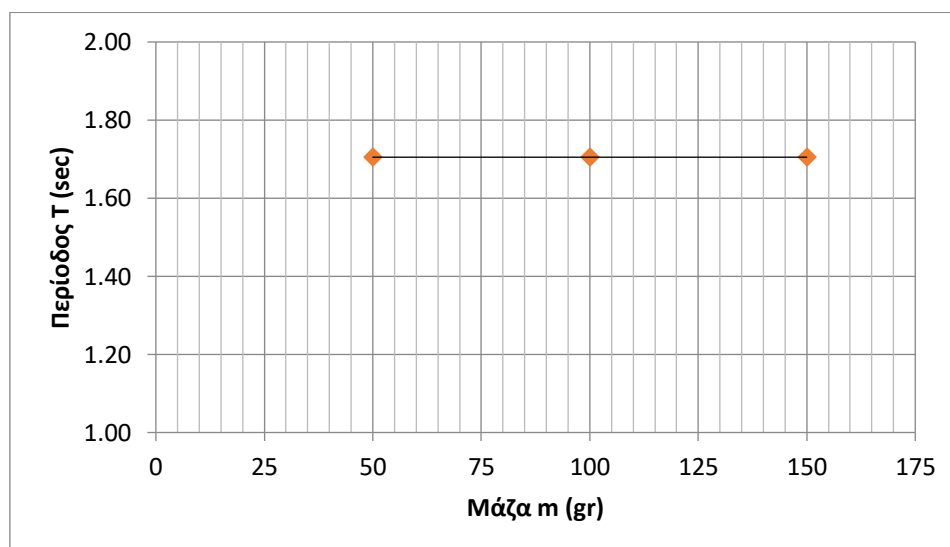
Σχήμα 6, 7: Πειραματισμοί με τη μάζα και το μήκος (αντίστοιχα).

## Μετρήσεις – Πειραματικά αποτελέσματα

Για την μελέτη της πιθανής εξάρτησης της περιόδου από την μάζα, αναρτήσαμε διαδοχικά μάζες 50, 100 και 150 gr και χρονομετρήσαμε 10 ταλαντώσεις. Διαιρώντας με το πλήθος των αιωρήσεων είχαμε μια καλή εκτίμηση για την περίοδο του εκκρεμούς. Για κάθε μάζα πραγματοποιήσαμε δυο σειρές μετρήσεων και εξάγοντας την μέση τιμή, συμπληρώσαμε έναν πίνακα μετρήσεων, της περιόδου που προέκυψε, για τις διάφορες τιμές της μάζας (Πίνακας 1). Στην συνέχεια κατασκευάσαμε την γραφική παράσταση περιόδου-μάζας (σχήμα 8).

Μάζα (gr)	Περίοδος (sec)		
	μέτρηση 1η	μέτρηση 2η	μέση τιμή
50	1,71	1,70	1,71
100	1,66	1,75	1,71
150	1,70	1,71	1,71

Πίνακας 1: Τιμές περιόδου για διαφορετικές μάζες .



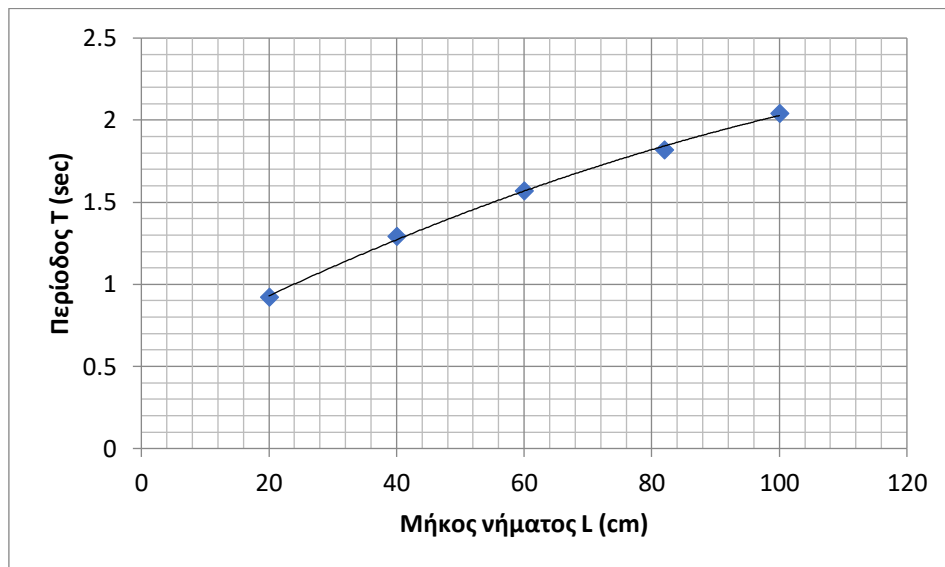
Σχήμα 8: Γραφική παράσταση περιόδου - μάζας.

Όπως γίνεται αντιληπτό από το σχετικό διάγραμμα, η μάζα δεν επηρεάζει την περίοδο της ταλάντωσης.

Στη συνέχεια, επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία χρονομέτρησης, κρατώντας σταθερή την μάζα μειώνοντας διαδοχικά το μήκος του νήματος. Αρχίσαμε με μήκος 100cm και κόβοντας κατάλληλα το νήμα, δημιουργήσαμε μήκη 82, 60, 40 και 20cm. Παρουσιάζουμε στην συνέχεια τον πίνακα τιμών (Πίνακας 2) και το αντίστοιχο διάγραμμα περιόδου-μήκους νήματος (σχήμα 9).

Περίοδος T(s)	Μήκος L(cm)
0,92	20
1,29	40
1,57	60
1,82	82
2,04	100

**Πίνακας 2:** Τιμές περιόδου για διαφορετικά μήκη νήματος.

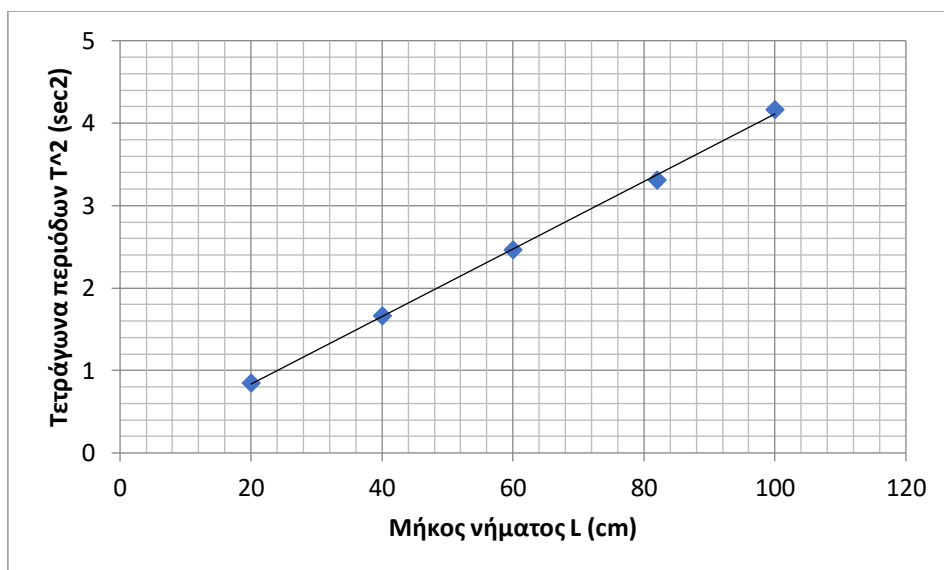


**Σχήμα 9:** Γραφική παράσταση περιόδου – μήκους νήματος.

Από την μελέτη του γραφήματος διαπιστώνουμε μια εκθετική εξάρτηση της περιόδου από το μήκος του νήματος. Στη συνέχεια, υψώνουμε στο τετράγωνο τις τιμές των περιόδων που καταγράψαμε (Πίνακας 3) και κατασκευάζουμε το διάγραμμα των τετραγώνων των περιόδων για διάφορα μήκη (σχήμα 10).

$T^2$	Μήκος (cm)
0,8464	20
1,6641	40
2,4649	60
3,3124	82
4,1616	100

**Πίνακας 3:** Μεταβολή του τετραγώνου της περιόδου σε σχέση με το μήκος του νήματος



Σχήμα 10: Γραφική παράσταση τετραγώνου περιόδου – μήκους.

Μελετώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν, διαπιστώνουμε ότι το μήκος είναι ανάλογο του τετραγώνου της περιόδου. Όσο ελαττώνεται το μήκος του νήματος ανάλογα ελαττώνεται το τετράγωνο της περιόδου.

### Συμπεράσματα – Συζήτηση

Από την μελέτη των αποτελεσμάτων που συλλέξαμε από τους πειραματισμούς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι για να διορθώσουμε το ρολόι «κούκου», αρκεί να μεταβάλουμε το μήκος του νήματος. Κατανοήσαμε ότι η μάζα δεν μεταβάλλει την περίοδο, ενώ η μεταβολή του μήκους του νήματος έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή αυτής της περιόδου.

Συγκεκριμένα, όταν το ρολόι καθυστερεί, σημαίνει ότι η περιόδός του είναι μεγαλύτερη από αυτό που πρέπει. Για να ελαττώσουμε την περίοδο θα πρέπει να ελαττώσουμε το μήκος του νήματος. Η αναλογία του g Γερμανίας προς το g Ελλάδας θα μας δώσει την σωστή τιμή που πρέπει να έχει το μήκος του εκκρεμούς. Έτσι λοιπόν έχουμε:

$$g_{\text{Ελλάδας}}/g_{\text{Γερμανίας}}=9,8009/9,8159=0,99847$$

Συνεπώς θα πρέπει το μήκος του νήματος να ελαττωθεί κατά τον ίδιο συντελεστή ή αλλιώς να γίνει το 99,847% του αρχικού μήκους!

### Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους επιβλέποντες καθηγητές μας, κ. Παπαδόπουλο Σταύρο, κα. Αχιλλέως Κλαίρη, και κ. Δίντσιο Νικόλαο που μας βοήθησαν σημαντικά να υλοποιήσουμε την συγκεκριμένη εργασία. Ευχαριστούμε επίσης τον Διευθυντή του σχολείου μας κ. Κεραμιδά Κων/νο και τον καθηγητή του Φυσικού Τμήματος του

ΑΠΘ, κ. Πολάτογλου Χαρίτων, Πρόεδρο του Επιστημονικού, Εποπτικού Συμβουλίου του σχολείου μας, για την συνεχή υποστήριξη και ενθάρρυνση.

### **Βιβλιογραφία-Ιστογραφία**

Βιβλίο Φυσικής Γ' γυμνασίου, Κεφάλαιο 4: Ταλαντώσεις

<https://el.wikipedia.org/wiki/ισημερινός>

[https://el.wikipedia.org/wiki/επιτάχυνση\\_της\\_βαρύτητας](https://el.wikipedia.org/wiki/επιτάχυνση_της_βαρύτητας)