

Το εκκρεμές του Φουκώ

Ποιοτική ερμηνεία

Όσα ακολουθούν (εκτός από την πρώτη παράγραφο) προφανώς δεν χρειάζονται για την παρουσίαση του εκκρεμούς του Φουκώ στην Α' Γυμνασίου. Τα αναφέρουμε απλώς και μόνο για να υπάρχει μια πληρέστερη εικόνα για το φαινόμενο.

Οι Πόλοι της Γης είναι τα μόνα σημεία στα οποία το κατακόρυφο επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς έχει σταθερό προσανατολισμό στο χώρο. Καθώς η Γη περιστρέφεται κάτω από το εκκρεμές υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ του εκκρεμούς και της Γης. Ένας παρατηρητής που περιστρέφεται μαζί με τη Γη δεν αντιλαμβάνεται την περιστροφή της Γης και βλέπει το κατακόρυφο επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς να στρέφεται αντίθετα με τη φορά περιστροφής της Γης. Άρα, κοιτώντας από πάνω, βλέπει το επίπεδο ταλάντωσης να στρέφεται στη φορά των δεικτών του ρολογιού στο Βόρειο Πόλο και αντίθετα στο Νότιο. Η περίοδος περιστροφής του επιπέδου ταλάντωσης του εκκρεμούς στους Πόλους είναι 24h.

Σε γεωγραφικά πλάτη ανάμεσα στους Πόλους και τον Ισημερινό το επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς δεν παραμένει σταθερό αλλά περιστρέφεται. Στον Ισημερινό το επίπεδο ταλάντωσης δεν στρέφεται καθόλου. Η εξήγηση για αυτά εξαρτάται από το σύστημα αναφοράς που βρίσκεται ο παρατηρητής.

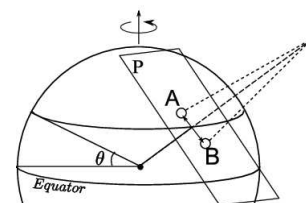
Κατ' αρχάς να παρατηρήσουμε ότι το ευθύγραμμο τμήμα AB που ορίζεται από τις ακραίες θέσεις της ταλάντωσης του εκκρεμούς βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο (το επίπεδο P στο διπλανό σχήμα) και επομένως το AB εφάπτεται στην επιφάνεια της Γης. Οπότε:

α. Για έναν αδρανειακό παρατηρητή που βρίσκεται στο διάστημα οι δυνάμεις που δέχεται το εκκρεμές (βάρους και δύναμη του σχοινιού) είναι σε κατακόρυφο επίπεδο και δεν μπορούν να στρέψουν το επίπεδο ταλάντωσης. Επομένως ένας τέτοιος παρατηρητής βλέπει το ευθύγραμμο τμήμα AB να μετατοπίζεται παράλληλα στον εαυτό του καθώς η Γη περιστρέφεται. Αλλά η παράλληλη μετατόπιση πάνω σε σφαίρα ενός ευθυγράμμου τμήματος που διαρκώς εφάπτεται στη σφαιρική επιφάνεια προκαλεί περιστροφή του ευθυγράμμου τμήματος. Πρόκειται για ένα βασικό συμπέρασμα της Σφαιρικής Γεωμετρίας (δες <https://www.youtube.com>). Επομένως ένας αδρανειακός παρατηρητής έξω από τη Γη (π.χ. ακίνητος ως προς τους απλανείς αστέρες) εξηγεί την περιστροφή του επιπέδου ταλάντωσης του εκκρεμούς καθαρά γεωμετρικά.

Αν τώρα η παράλληλη μετατόπιση του AB στην επιφάνεια της Γης γίνει πάνω σε μέγιστο κύκλο τότε δεν παρατηρείται περιστροφή του ευθυγράμμου τμήματος AB. Ο Ισημερινός είναι και αυτός μέγιστος κύκλος, οπότε στον Ισημερινό δεν συμβαίνει περιστροφή του επιπέδου ταλάντωσης του εκκρεμούς.

β. Ένας παρατηρητής στη Γη δεν αντιλαμβάνεται την παράλληλη μετατόπιση του ευθυγράμμου τμήματος AB. Ο παρατηρητής αυτός είναι μη αδρανειακός (εξαιτίας της περιστροφής της Γης το σύστημα αναφοράς του είναι στρεφόμενο και άρα επιταχυνόμενο). Μη αδρανειακοί παρατηρητές σε στρεφόμενα συστήματα αναφοράς βλέπουν τα σώματα να εκτρέπονται από την «αναμενόμενη» τροχιά. Την εκτροπή αυτή την αποδίδουν σε αδρανειακές δυνάμεις Coriolis* οι οποίες δρουν κάθετα στην ταχύτητα του σώματος (δες <https://www.youtube.com>). Ο παρατηρητής αυτός λοιπόν εξηγεί τη στροφή του επιπέδου ταλάντωσης του εκκρεμούς με τη δύναμη Coriolis η οποία δρα κάθετα στη διεύθυνση ταλάντωσης του εκκρεμούς.

Στον Ισημερινό η δύναμη Coriolis δρα κατακόρυφα προς το κέντρο της Γης (ή είναι μηδενική). Επομένως επηρεάζει την περίοδο του εκκρεμούς, αλλά δεν στρέφει το επίπεδο της ταλάντωσης του.



*Οι αδρανειακές δυνάμεις δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα (δεν προέρχονται από κάποιο σώμα). Επιννοούνται από μη αδρανειακό παρατηρητή για να περισωθούν οι νόμοι του Νεύτωνα. Η δύναμη Coriolis δίνεται από τη σχέση $\vec{F}_C = 2m\vec{v} \times \vec{\omega}$, όπου m και \vec{v} είναι η μάζα και η ταχύτητα της σφαίρας και $\vec{\omega}$ η γωνιακή ταχύτητα της Γης.

Ο χρόνος για να διαγράψει το επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς μία πλήρη περιστροφή (να διαγράψει 360°) είναι ανεξάρτητος από την περίοδο της ταλάντωσης του εκκρεμούς και ισούται με:

$$T = \frac{24 \text{ hr}}{\eta\mu\phi}$$

όπου ϕ είναι το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο ταλαντώνεται το εκκρεμές.

- Στους Πόλους είναι $\phi = 90^\circ \rightarrow T = 24 \text{ hr}$.
 - Στον Ισημερινό είναι $\phi = 0^\circ \rightarrow T = \infty$ (το επίπεδο ταλάντωσης δεν στρέφεται καθόλου).
 - Στη Χίο είναι $\phi = 38^\circ \rightarrow T = 39 \text{ hr}$.
-