

ΜΗΠΩΣ ΗΡΘΕ Η ΩΡΑ ΝΑ ΚΑΤΑΛΑΒΟΥΜΕ;

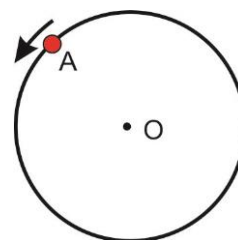
Χρήστος Τρικαλινός Ομότιμος Καθηγητής ΕΚΠΑ

Ξεκινώντας θα ήθελα να διευκρινίσω στον αναγνώστη, ότι, αναφερόμενος στο θέμα των Πανελληνίων Εξετάσεων, δεν θα χρησιμοποιήσω ΤΙΠΟΤΕ από το σχολικό βιβλίο, το οποίο είναι γεμάτο από ασάφειες και λάθη, τα οποία δεν χρειάζεται να τα επισημάνω εδώ.

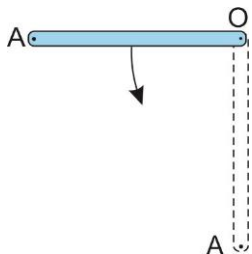
Για την αρχή ο ορισμός. Τι εννοούμε στη φυσική και όχι μόνο, με τη λέξη «περιστροφή»; Νομίζω ότι είναι σε όλους κατανοητό, ότι ο όρος σημαίνει, ότι το αντικείμενο που εξετάζουμε κινείται σε κυκλική τροχιά γύρω από έναν άξονα. Ακόμη και ετυμολογικά η λέξη σημαίνει «στρέφεται περί (γύρω από) κάτω»

Για παράδειγμα, αν έχουμε ένα σωματίδιο Α που κινείται σε κυκλική τροχιά γύρω από τον άξονα Ο, όπως στο σχήμα 1 και βλέπουμε ότι έχει διαγράψει π.χ. 7 κύκλους λέμε ότι έχει κάνει 7 περιστροφές.

Το ίδιο ισχύει και για τα στερεά (άκαμπτα) σώματα. Αυτά μπορούν να περιστρέφονται γύρω από άξονα, ο οποίος μπορεί να διέρχεται από κάποιο σημείο του σώματος, μπορεί και να μη διέρχεται. Για παράδειγμα ένας τεχνητός δορυφόρος που γυρίζει γύρω από τη Γη, λέμε ότι περιστρέφεται γύρω από τη Γη.



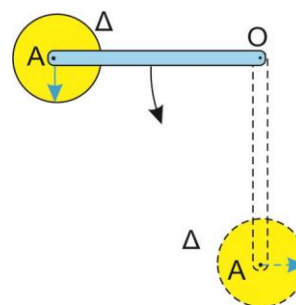
Σχήμα 1



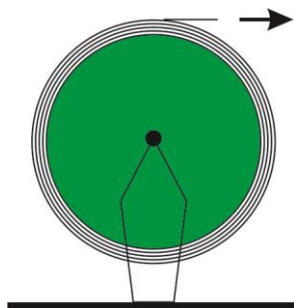
Σχήμα 2

Εστω ότι έχουμε κατακόρυφη ράβδο, η οποία είναι στερεωμένη στο ένα άκρο της σε οριζόντιο άξονα. Φέρνουμε τη ράβδο σε οριζόντια θέση και την αφήνουμε ελεύθερη, όπως στο σχήμα 2. Θα περιστραφεί η ράβδος; Προφανώς, θα περιστραφεί κατά $\pi/2$ γύρω από τον άξονα Ο. Θα περιστραφεί το άκρο Α της ράβδου; Χρειάζεται συζήτηση; Φυσικά.

Τώρα παίρνουμε και κολλάμε ακλόνητα ένα δίσκο ακτίνας r στο άκρο της ράβδου (σχήμα 3) και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία. Θα περιστραφεί ο δίσκος; Μα φυσικά, κατά $\pi/2$ γύρω από τον άξονα Ο.



Σχήμα 3

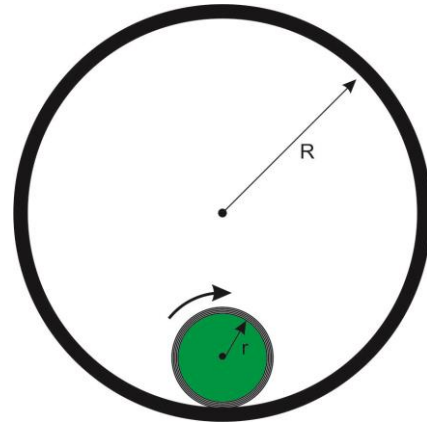


Σχήμα 4

Ας αφήσουμε προς το παρόν τη ράβδο κι ας κάνουμε δυο ακόμη πειράματα. Σε ένα δίσκο τυλίγουμε σχοινί, έτσι ώστε να σχηματισθούν 28 κουλούρες. Τοποθετούμε το δίσκο σε οριζόντιο άξονα στερεωμένο στο πάτωμα, έτσι ώστε να μπορεί να περιστρέφεται χωρίς να μετακινείται (σχήμα 4) και τραβάμε το σχοινί, έτσι ώστε να ξετυλιχτεί όλο. Μόλις ξετυλιχτεί ο δίσκος ακαριαία σταματάει να περιστρέφεται. Πόσες περιστροφές έκανε ο δίσκος; Μα 28. Ωραία.

Τώρα κάνουμε άλλο ένα πείραμα. Έχουμε δακτύλιο ακτίνας $R=2,8$ m και δίσκο ακτίνας $r=0,1$ m (σχήμα 5). Στον

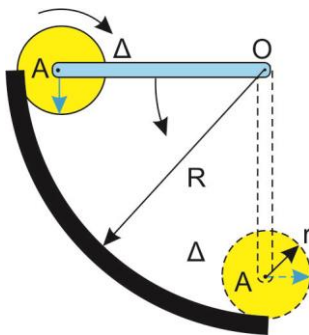
δακτύλιο έχουμε τυλιγμένες 28 κουλούρες νήματος. Βάζουμε το δίσκο σε ένα σημείο του δακτυλίου και σπρώχνοντάς τον κατάλληλα τον αναγκάζουμε να κυλίσει στο εσωτερικό του δακτυλίου. Όσο κυλάει το νήμα κολλάει στο τοίχωμα του δακτυλίου. Κάποια στιγμή ο δίσκος φτάνει στη θέση από όπου ξεκίνησε. Το ερώτημα είναι πόσες κουλούρες νήματος ξετυλίχτηκαν; Δύσκολο; Ε, όχι δα. Πως θα το βρω; Μα δεν χρειάζονται εξισώσεις. Όσες φορές χωράει η περιφέρεια του δίσκου, στην περιφέρεια του δακτυλίου, δηλαδή $(2\pi R)/(2\pi r)=R/r=2,8/0,1=28$, όπως και στο προηγούμενο!. Αν συγκρίνουμε τώρα τα αποτελέσματα των δυο τελευταίων πειραμάτων δεν θα πρέπει να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι ο δίσκος έκανε 28 περιστροφές; Νομίζω είναι αυτονόητο.



Σχήμα 5

Αμέσως βέβαια προκύπτει ένα ερώτημα: Αν ο κύκλος διέγραφε όχι όλο τον κύκλο, αλλά μόνο το πρώτο τεταρτοκύκλιο, πόσες περιστροφές θα έκανε; Ευκολάκι: $28/4=7$.

Ας επιστρέψουμε όμως στη ράβδο μας με το δίσκο. Έστω λοιπόν ότι ο δίσκος έχει ακτίνα $r=0,1$ m. Τον χαλαρώνουμε έτσι ώστε να μπορεί να περιστρέφεται γύρω από άξονα στο Α. Τοποθετούμε και δακτύλιο σχήματος τεταρτοκυκλίου ακτίνα $R=2,8$ m,



Σχήμα 6

όριζοντιώνουμε τη ράβδο με το δίσκο (σχήμα 6) και την αφήνουμε να κατέβει. Καθώς κατεβαίνει ο δίσκος κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει στο τεταρτοκύκλιο. Πόσες περιστροφές έκανε ο δίσκος; Μα θα μου πείτε εγώ μπερδεύτηκα. Σύμφωνα με όσα είπαμε στο προηγούμενο πείραμα έκανε 7, αλλά στο πείραμα με τον πακτωμένο δίσκο έκανε $\pi/2$, δηλαδή $1/4$ της περιστροφής; Τι γίνεται εδώ; Τι είναι σωστό; Όλα όσα είπαμε σωστά είναι. Απλά πρέπει να καταλάβουμε, ότι ο δίσκος έκανε σύνθετη περιστροφική κίνηση. Μία γύρω από τον άξονα Ο και μια γύρω από τον άξονα Α. Αφού γύρω από τον Ο έκανε $1/4$ περιστροφές, γύρω από τον άξονα Α έκανε 6,75 περιστροφές.

Το ίδιο έγινε και στο προηγούμενο πείραμα. Ο δίσκος έκανε 27 περιστροφές γύρω από τον άξονά του και 1 γύρω από το κέντρο του δακτυλίου.

Και νομίζετε ότι είναι εύκολο να κάνω εγώ όλους αυτούς τους συλλογισμούς αν μου βάλουν το ερώτημα 5Δι των παλαιών, που βάλαν στις πανελλήνιες; Μα φυσικά όχι. Απλά βάλτε την απλή ανθρώπινη λογική να δουλέψει. Πόσες περιστροφές έκανε; Όσες φορές χωράει η περιφέρεια του δίσκου στο τόξο του ημικυκλίου, δηλαδή $(2\pi R/4)/(2\pi r)=R/r=0,7/0,1=7$.

Τόσο απλό; Μα φυσικά τόσο απλό. Ναι αλλά εγώ ξέρω ότι για να λύσω παρόμοια προβλήματα χρειάζονται εξισώσεις. Κι εδώ μπορείς να δουλέψεις με εξισώσεις, αλλά χρειάζεται προσοχή! Υπάρχουν πράγματα που πιθανόν δεν τα έχεις συναντήσει ξανά. Για παράδειγμα το βιβλίο σου, εξετάζοντας την κύλιση σε ευθύγραμμη τροχιά, λέει, σωστά, ότι η γραμμική ταχύτητα του ΚΜ είναι ίση με τη γραμμική ταχύτητα του σημείου επαφής. Εδώ, όμως έχουμε καμπυλόγραμμη τροχιά. Τα πράγματα αλλάζουν. Αλλά ας μη σε μπλέκω περισσότερο. Αν χρειαστεί να δεις τις εξισώσεις, τις έχω έτοιμες.