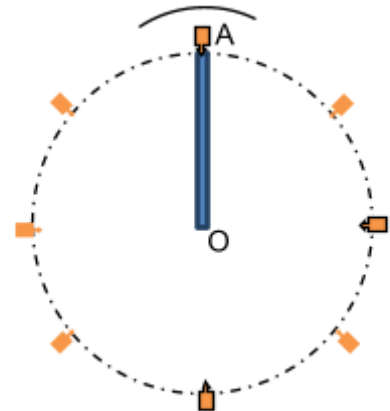


Στροβοσκόπιο και μέτρηση της συχνότητας

Ένας μηχανικός αυτοκινήτων της Formula 1, θέλοντας να εξετάσει την αντοχή του σπειρώματος μιας βίδας, τη βίδωσε στο άκρο Α μιας μεταλλικής ράβδου ΑΟ και την έθεσε σε περιστροφή σε οριζόντιο επίπεδο, γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το άκρο της Ο, με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Για να μετρήσει τη συχνότητα περιστροφής φώτισε τη βίδα με μια ειδική λάμπα που αναβοσβήνει με μεταβλητή συχνότητα (στροβοσκόπιο). Παρατήρησε ότι αν η συχνότητα αναλαμπών είναι 2000 αναλαμπές/s η βίδα φαινόταν σε 8 ίδιες κάθε φορά θέσεις, κατά τη διάρκεια της περιστροφής της και με την παραμικρή αύξηση στη συχνότητα περιστροφής το σπείρωμα έσπαζε και η βίδα πεταγόταν μακριά από τη ράβδο. Η μάζα της βίδας ήταν $40g$ και το μήκος της ράβδου $L = 80cm$.



α) Ποια είναι η οριακή περίοδος σε ms και η οριακή συχνότητα περιστροφής σε $στροφές /min$;

β) Να βρείτε το μέτρο της οριακής γωνιακής ταχύτητας και της οριακής κεντρομόλου επιτάχυνσης της βίδας και να σχεδιάσετε τα αντίστοιχα διανύσματα.

γ) Ποια είναι τελικά η αντοχή του σπειρώματος (δηλαδή η οριζόντια συνιστώσα της δύναμης που ασκεί η ράβδος στο σπείρωμα της βίδας);

δ) Τι κίνηση θα έκανε η βίδα αν έσπαγε το σπείρωμα; Πόσο μακριά μπορούσε να φτάσει, αν ο πάγκος εργασίας, απ' όπου έφυγε, είχε ύψος $1,25m$ από το έδαφος;



Δίνεται $g = 10m/s^2$ και η βίδα θεωρείται υλικό σημείο.

Απάντηση

α) Για 2000 αναλαμπές χρειάζεται $1s$

Για 1 αναλαμπή χρειάζεται $\tau =$;

$$2000t = 1 \Leftrightarrow \tau = \frac{1}{2000} s \Leftrightarrow \tau = 5 \cdot 10^{-4} s$$

Σε ένα σκοτεινό δωμάτιο με μοναδική πηγή φωτός τη στροβοσκοπική λυχνία, για να βλέπουμε σε 8 θέσεις τη βίδα μέσα σε μια περίοδο περιστροφής, πρέπει να έχουν συμβεί 8 αναλαμπές, άρα $T = 8 \cdot \tau = 8 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 4 \cdot 10^{-3} s = 4ms$

Η συχνότητα περιστροφής είναι $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} = 250Hz$

που σημαίνει $250 \cdot 60 = 15000$ στροφές

β' τρόπος

Σε 1s η λυχνία δίνει 2000 αναλαμπές

Σε T; 8 αναλαμπές

$$T = \frac{8 \nu}{2000} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

β) Στο σχήμα 1 φαίνονται τα διανύσματα $\vec{\omega}$ και $\vec{a}_κ$. Τα

μέτρα τους είναι: $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 250 = 5\pi \cdot 10^2 \text{ rad / s}$

και

$$a_κ = \omega^2 L = (5\pi \cdot 10^2)^2 \cdot 0,8 = 25\pi^2 \cdot 10^4 \cdot 0,8 = 2 \cdot 10^6 \text{ m / s}^2$$

γ) Στο σπείρωμα της βίδας (σχήμα 2), η οριζόντια συνιστώσα F_x της δύναμης, που ασκείται από τη ράβδο, είναι η απαιτούμενη κεντρομόλος δύναμη, εφόσον το βάρος είναι κατακόρυφο και δεν δίνει συνιστώσα στη διεύθυνση της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς. Άρα

$$F_x = F_κ \Leftrightarrow F_x = m \cdot a_κ \Leftrightarrow F_x = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^6 \\ \Leftrightarrow F_x = 8 \cdot 10^4 \text{ N}$$

δ) Από τη στιγμή που θα έπαυε να υπάρχει κεντρομόλος δύναμη, η βίδα και θα προσπαθούσε να ακολουθήσει τον 1ο Νόμο του Newton και θα προσπαθούσε να συνεχίσει ΕΟΚ, όμως θα αναλάμβανε αιχμηρά και τελικά θα εκτελούσε οριζόντια βολή, με αρχική ταχύτητα

$$v_0 = \omega \cdot L = 5\pi \cdot 10^2 \cdot 0,8 = 4\pi \cdot 10^2 \text{ m / s}$$

Ο χρόνος καθόδου μέχρι το έδαφος, αν θεωρήσουμε αμελητέα την αντίσταση του αέρα, θα είναι

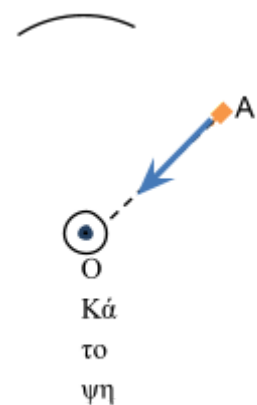
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,25}{10}} = \sqrt{0,25} = 0,5 \text{ s}$$

και το βεληνεκές

$$s = v_0 \cdot t = 4\pi \cdot 10^2 \cdot 0,5 = 2\pi \cdot 10^2 \text{ m δηλαδή } 628 \text{ m!}$$

Καλό θα ήταν να μην πετύχει κανέναν στο δρόμο της, γιατί αυτό η δοκιμή έγινε σε ειδικό προστατευμένο χώρο...

σχήμα 1



Κάτοψη



σχήμα 2

Σχόλιο

Το στροβοσκόπιο είναι όργανο που χρησιμοποιείται κυρίως για την μέτρηση της συχνότητας ενός αντικειμένου που περιστρέφεται. Το όργανο χρησιμοποιεί γεννήτρια που παράγει ηλεκτρικούς παλμούς μεταβαλλόμενης συχνότητας και ειδικό προβολέα με λυχνία ευγενούς αερίου ο οποίος αναβοσβήνει στην συχνότητα των παλμών. Όταν η συχνότητα του περιστρεφόμενου αντικειμένου γίνει ίση με την συχνότητα της λυχνίας, τότε το αντικείμενο φαίνεται ακίνητο. Έτσι μπορεί να προσδιοριστεί η συχνότητα περιστροφής του αντικειμένου.

Ένα σχετικό video: [Frequency Measurement with a Stroboscope](#)

Ανδρέας Ριζόπουλος