

ΠΕΙΡΑΜΑ 7

Μελέτη της Κυκλικής Κίνησης

Σκοπός του πειράματος

Σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη της κυκλικής κίνησης και μερικών από τα μεγέθη που την περιγράφουν, όπως η γωνιακή ταχύτητα και επιτάχυνση, μέσα από τους νόμους του Νεύτωνα για την περιστροφική κίνηση.

Αρχή λειτουργίας του πειράματος

Σε ένα σώμα το οποίο περιστρέφεται χωρίς τριβή και πάνω στο οποίο δρα μία ροπή γίνεται μέτρηση της γωνίας περιστροφής και της γωνιακής ταχύτητας σαν συνάρτηση του χρόνου. Η γωνιακή επιτάχυνση προσδιορίζεται σαν συνάρτηση της ροπής.

Στοιχεία από τη Θεωρία

Η σχέση ανάμεσα στην **στροφορμή L** ενός στερεού σώματος σε ένα σταθερό σύστημα συντεταγμένων όπου η αρχή συμπίπτει με το κέντρο βάρους του σώματος και της **ροπής T** που ασκείται πάνω σ' αυτό είναι:

$$\vec{T} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad (1)$$

Η στροφορμή δίνεται από τη **γωνιακή ταχύτητα ω** και τη **ροπή αδρανείας I** του σώματος

$$L = I\omega \quad (2)$$

Στην περίπτωση αυτή το διάνυσμα της γωνιακής ταχύτητας έχει την διεύθυνση του κύριου άξονα αδρανείας του σώματος (z-άξονας). Έτσι η στροφορμή έχει μόνο μία συνιστώσα $L_z = I_z \omega$

Επομένως,

$$T_z = I_z \frac{d\omega}{dt} \quad (3)$$

Η ροπή της δύναμης **F** δίνεται από

$$\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (4)$$

$$T_z = mgr \quad (5)$$

έτσι ώστε η εξίσωση κίνησης γίνεται

$$mgr = I_z \frac{d\omega(t)}{dt} \equiv I_z \alpha \quad (6)$$

Με την αρχική συνθήκη $\omega(0)=0$ παίρνει κανείς την σχέση

$$\omega(t) = \frac{mgr}{I_z} t \quad (7)$$

ενώ για την γωνία περιστροφής Φ , με αρχική συνθήκη $\Phi(0)$

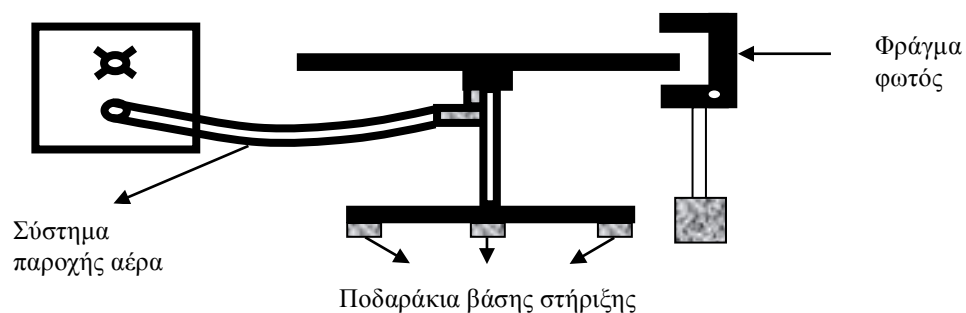
$$\phi(t) = \frac{1}{2} \frac{mgr}{I_z} t^2 \quad (8)$$

Πειραματική διαδικασία

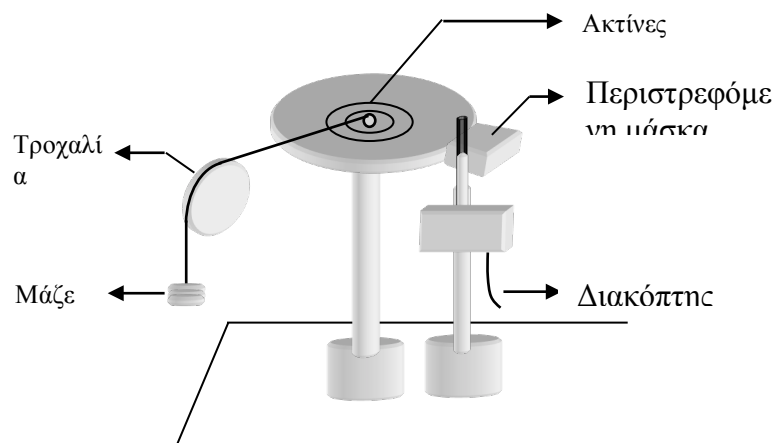
Γενικά στοιχεία

Η πειραματική διάταξη φαίνεται στα Σχήματα α-γ. Πριν ξεκινήσετε τις μετρήσεις θα πρέπει να γίνουν οι πιο κάτω ρυθμίσεις:

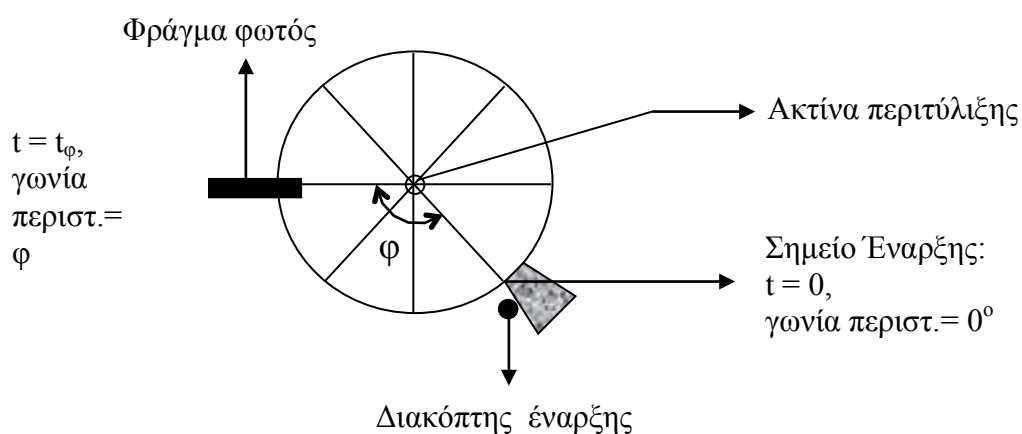
- Θέστε σε λειτουργία το σύστημα παροχής αέρα. Σχ.α
- Ευθυγραμμίστε οριζόντια το δίσκο ρυθμίζοντας τα ποδαράκια που διαθέτει η βάση στήριξης. Σχ. α
- Ο διακόπτης έναρξης (δίνει σήμα στον μετρητή να αρχίσει η μέτρηση) πρέπει να είναι κατά τέτοιο τρόπο ρυθμισμένος ώστε αρχικά να ακουμπά πάνω στην καμπύλη της περιστρεφόμενης μάσκας για να κρατά τον δίσκο ακίνητο (Σχ. β)
- Η τροχαλία ακριβείας περισφίγγεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε το νήμα να αιωρείται **οριζόντια** πάνω από το έδρανο και να είναι στο ίδιο ύψος με την τροχαλία, στο επίπεδο του δίσκου.



Σχήμα α



Σχήμα β



Σχήμα γ

Εκτέλεση

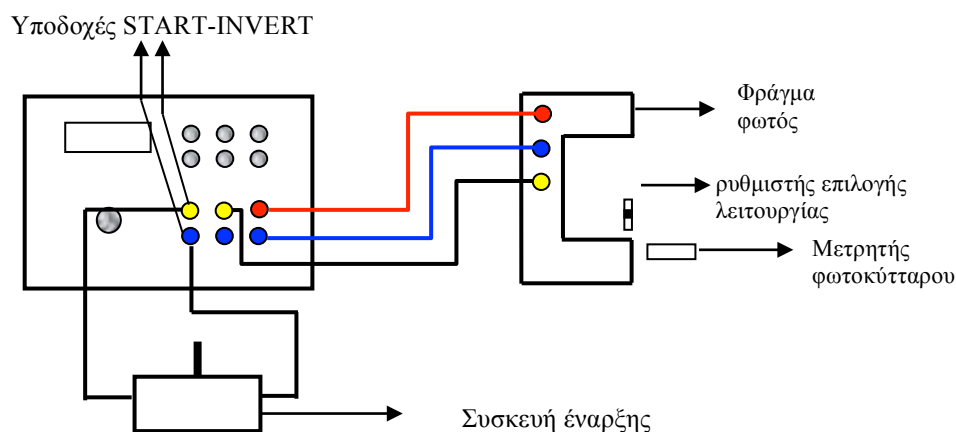
Προσοχή! Η πειραματική διάταξη πρέπει να ελεγχθεί από τους υπεύθυνους του εργαστηρίου πριν την εκτέλεση της άσκησης.

Ερώτημα: 1

Να παρθούν μετρήσεις και να κατασκευαστούν οι γραφικές παραστάσεις της γωνίας περιστροφής και της γωνιακής ταχύτητα σαν συνάρτηση του χρόνου.

Η κάθε γραφική παράσταση να αποτελείται τουλάχιστον από 8 σημεία- μετρήσεις. Να επαναλαμβάνετε την κάθε μέτρηση 3 φορές και στην γραφική παράσταση να τοποθετείτε τον μέσο όρο μαζί με το αντίστοιχο σφάλμα.

Ενώστε το μετρητή, το φωτοκύτταρο και τη συσκευή έναρξης όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα (Σχήμα δ)



Σχήμα δ

- Συνδέστε το μετρητή και το φράγμα φωτός με τα καλώδια ούτως ώστε οι υποδοχές των δύο αυτών συσκευών με το ίδιο χρώμα (μπλε-μπλε, κόκκινο-κόκκινο, κίτρινο-κίτρινο) να είναι ενωμένες.
- Ενώστε τη συσκευή έναρξης με τις υποδοχές *START-INVERT* του μετρητή.
- Τοποθετείστε το ρυθμιστή επιλογής λειτουργίας του φωτοκυττάρου στο
- Για να μεταβάλετε τη γωνία φ , απλώς μετακινήστε το φωτοκύτταρο κατά μήκος της περιφέρειας του δίσκου.

Με αυτή τη συνδεσμολογία μπορείτε να μετρήσετε τον απόλυτο χρόνο δηλ. το χρόνο που χρειάζεται ο δίσκος για να καλύψει μια γωνιά (φ) από τη θέση ηρεμίας. Παράλληλα ο μετρητής του φωτοκύτταρου μετρά τον χρόνο που χρειάζεται η περιστρεφόμενη μάσκα να περάσει μέσα από το φωτοκύτταρο, δηλ. το διαφορικό χρόνο Δt .

Η συσκευή έναρξης δίνει το σήμα στο μετρητή να αρχίσει η μέτρηση (όταν πιέσουμε τον διακόπτη έναρξης). Το φωτοκύτταρο δίνει σήμα να σταματήσει η μέτρηση όταν η μάσκα φτάσει στο φωτοκύτταρο αφού καλύψει τη γωνία φ (βλέπε Σχήμα. 3γ). Την ίδια στιγμή ο μετρητής του φωτοκύτταρου ξεκινά και σταματά όταν η μάσκα περάσει από το φωτοκύτταρο.

Προσοχή

Για να πάρετε μια καινούργια μέτρηση θα πρέπει να μηδενίζετε το μετρητή του φωτοκυττάρου πιέζοντας το SET .

Αν $\Delta\phi$ είναι το τόξο της μάσκας του περιστρεφόμενου δίσκου, τότε η γωνιακή ταχύτητα την χρονική στιγμή $t=t_\phi$ είναι $\omega_{t=t_\phi} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

Όπου

t_ϕ είναι ο χρόνος από την έναρξη μέχρις ότου ο περιστρεφόμενος τομέας του δίσκου που φέρει την μάσκα φθάσει στο φράγμα φωτός
και

Δt ο χρόνος που χιάστηκε για να καλυφτεί η γωνία $\Delta\phi$.

Μετρήστε τους απόλυτους και διαφορικούς χρόνους (t και Δt) για 8 διαφορετικές γωνίες κατανεμημένες σε 360° . Για κάθε γωνία πάρτε 3 μετρήσεις.

Να χαράξετε σε λογαριθμικό χαρτί την καμπύλη της γωνιάς περιστροφής, ϕ , σαν συνάρτηση του χρόνου, t , και να προσδιορίσετε από τη γραφική παράσταση το βαθμό εξάρτησης τους.

Χαράξετε τη γραφική παράσταση της γωνιακής ταχύτητας, ω , σαν συνάρτηση του χρόνου, t και από την κλίση της προσδιορίστε την ροπή αδρανείας του δίσκου I_z .

Χρησιμοποιώντας τη σχέση $I_z = \frac{1}{2}mr^2$ για τη ροπή αδρανείας δίσκου,

υπολογίστε τη ροπή αδρανείας του πιο πάνω δίσκου χρησιμοποιώντας τα γεωμετρικά του στοιχεία. Συγκρίνετε το αποτέλεσμα αυτό με τον προηγούμενο υπολογισμό.

Ερώτημα: 2

Να παρθούν μετρήσεις και να κατασκευαστεί η γραφική παράσταση της γωνιακής επιτάχυνσης σαν συνάρτηση της δύναμης.

Για να υπολογίσετε τη γωνιακή επιτάχυνση θα χρησιμοποιήσετε την προηγούμενη πειραματική διάταξη για να μετρήσετε τον απόλυτο και το διαφορικό χρόνο.

Όταν η μάζα που τοποθετείται στο ζυγό και η ακτίνα περιτύλιξης είναι σταθερές, (βλέπε Σχήμα β) έπεται ότι και η γωνιακή επιτάχυνση α θα είναι σταθερή για τις διάφορες γωνίες ϕ . Έτσι,

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta T} = \frac{\omega_{\text{τελικό}} - \omega_{\text{αρχικό}}}{t_{\text{τελικό}} - t_{\text{αρχικό}}}$$

Εάν ως $t_{\text{αρχικό}}$ θεωρήσουμε την χρονική στιγμή $t=0$ τότε $t_{\text{αρχικό}}=0$, $\omega_{\text{αρχικό}}=0$. Έτσι η επιτάχυνση γράφεται:

$$\alpha = \frac{\omega_{\text{τελικό}}}{t_{\text{τελικό}}}$$

Εάν η τελική γωνία είναι φ , τότε

$$\alpha = \frac{\omega_{\varphi}}{t_{\varphi}}$$

όπου ω_{φ} είναι η γωνιακή ταχύτητα στην γωνία φ και t_{φ} ο απόλυτος χρόνος στη γωνία φ . Η ω_{φ} και το t_{φ} υπολογίζονται όπως στα προηγούμενα ερωτήματα (α) και (β).

Υπολογίστε τη γωνιακή επιτάχυνση για 6 διαφορετικές μάζες αυξάνοντας την σταδιακά κατά 2g κάθε φορά. Για κάθε μάζα πάρτε 3 μετρήσεις της επιτάχυνσης.

Ερώτημα 3:

Να παρθούν μετρήσεις και να κατασκευαστεί η γραφική παράσταση της γωνιακής επιτάχυνσης σαν συνάρτηση του μήκους του μοχλοβραχίονα.

Ακολουθώντας την προηγούμενη διαδικασία υπολογίστε την επιτάχυνση για τις τρεις ακτίνες περιτύλιξης (βλέπε Σχήμα β) διατηρώντας την μάζα σταθερή. Για κάθε ακτίνα περιτύλιξης πάρτε 3 μετρήσεις της επιτάχυνσης.