

Ομαλή κυκλική κίνηση

Πειραματική διάταξη – Στόχοι

Στο βίντεο «circularMotionTracker.mp4» έχει καταγραφεί με ρυθμό 50 καρέ ανά δευτερόλεπτο η περιστροφή ενός δίσκου 78 στροφών. Πάνω στον δίσκο είναι στερεωμένος ένας χάρτινος δίσκος, ίδιας διαμέτρου, κίτρινου χρώματος και όλο το σύστημα περιστρέφεται πάνω σε ένα πικάπ στις 33 στροφές ανά λεπτό, δηλαδή με συχνότητα $f = 0,55$ Hz. Στον χάρτινο δίσκο και κατά μήκος μιας ακτίνας του έχουν σχεδιαστεί πέντε μικροί μαύροι κύκλοι, των οποίων την κίνηση θα αναλύσετε. Οι κύκλοι αριθμούνται ως 1, 2, ..., 5 από την περιφέρεια προς το κέντρο των δίσκων.

Πειραματική διαδικασία

Βαθμονόμηση: Η διάμετρος του χάρτινου δίσκου είναι ίση με 30,1 cm.

Ρύθμιση βιντεοκλίπ: Αρχικό καρέ: 45, τελικό καρέ: 137.

Ιχνηλασία: Ξεκινάμε με την ιχνηλασία του μαύρου υλικού σημείου που βρίσκεται πιο κοντά στην περιφέρεια του δίσκου (1ο υλικό σημείο).

Επεξεργασία δεδομένων – Συμπεράσματα

1. Ποιο είναι το είδος της τροχιάς μιας μαύρης κουκκίδας;

Να απαντήσετε στο ερώτημα επιλέγοντας στο Tracker την εμφάνιση διαδρομών και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσετε το εργαλείο μέτρησης «Προσαρμογέας κύκλου», για να υπολογίσετε την ακτίνα R της κυκλικής τροχιάς του υλικού σημείου.

2. Το μέτρο της ταχύτητας μεταβάλλεται ή μένει σταθερό;

Να απαντήσετε ποιοτικά, ελέγχοντας πώς κατανέμονται τα ίχνη του υλικού σημείου πάνω στην τροχιά.

Να απαντήσετε ποσοτικά με τη γραφική παράσταση $L = f(t)$, όπου L είναι το μέγεθος «μήκος διαδρομής» με το οποίο το Tracker υπολογίζει το τόξο που διαγράφει το υλικό σημείο. Ο υπολογισμός της γραμμικής ταχύτητας να γίνει από την κλίση της γραφικής παράστασης.

3. Είναι το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας ίδιο για όλα τα υλικά σημεία που υπάρχουν πάνω στον περιστρεφόμενο δίσκο;

Να ιχνηλατήσετε ένα άλλο υλικό σημείο στον δίσκο και να προσδιορίσετε την ακτίνα της κυκλικής του τροχιάς με το εργαλείο «Προσαρμογέας κύκλου». Μέσω της γραφικής παράστασης $L = f(t)$ να υπολογίσετε τη γραμμική του ταχύτητα από την κλίση της γραφικής παράστασης.

4. Υπάρχει καλύτερος τρόπος μέτρησης της μετατόπισης των υλικών σημείων του δίσκου;

Να δημιουργήσετε ένα όργανο μέτρησης τύπου μοιρογνωμόνιο. Τοποθετήστε την κορυφή του μοιρογνωμονίου πάνω στον άξονα στο κέντρο του περιστρεφόμενου δίσκου και τη γραμμή βάσης στη θέση του μαύρου υλικού σημείου στο πρώτο καρέ του βιντεοκλίπ. Προσαρτήστε το άκρο του μετρητικού βραχίονα του μοιρογνωμονίου στο ίδιο υλικό σημείο. Επιλέξτε εμφάνιση μόνο των δύο κύκλων που παριστάνουν τις τροχιές των δύο υλικών σημείων που έχουμε ιχνηλατήσει.

Να κάνετε βηματική αναπαραγωγή του βιντεοκλίπ και να παρατηρήσετε πως για την ίδια γωνία περιφοράς των υλικών σημείων, τα τόξα που διαγράφουν ξεκινώντας από τη γραμμή βάσης του μοιρογνωμονίου είναι διαφορετικά. Δηλαδή, μέσω της γωνίας περιστροφής η μετατόπιση των υλικών σημείων μπορεί να περιγραφεί με ενιαίο τρόπο και αυτό μπορεί να οδηγήσει και σε ενιαίο τρόπο υπολογισμού της ταχύτητας.

5. Αν μετράτε τη μετατόπιση μέσω της γωνίας περιστροφής, πώς μπορείτε να υπολογίσετε την αντίστοιχη ταχύτητα (γωνιακή ταχύτητα) κάθε υλικού σημείου; Πόση είναι σε κάθε περίπτωση; Επιβεβαιώνεται ο ενιαίος τρόπος μελέτης της κίνησης;

α. Θεωρητικά, η ταχύτητα υπολογίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της θέσης, οπότε στην περίπτωση μας θα είναι:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

β. Πειραματικά, η ταχύτητα υπολογίζεται μέσω της κλίσης στη γραφική παράσταση $\theta = f(t)$. Για τα δύο υλικά σημεία που έχετε ιχνηλατήσει, να εμφανίσετε στο «Εργαλείο δεδομένων» του Tracker τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις γωνιακής θέσης-χρόνου και μέσω της κλίσης τους να υπολογίσετε τη γωνιακή ταχύτητα κάθε υλικού σημείου. Μπορείτε τώρα να απαντήσετε στα σχετικά ερωτήματα.

6. Ποια σχέση συνδέει το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας με το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας;

α. Θεωρητικά, από τη σχέση $s = \theta \cdot R$ προκύπτει:

$$v = \omega \cdot R$$

β. Πειραματικά, αφού ολοκληρώσετε την ιχνηλασία και των υπόλοιπων υλικών σημείων πάνω στον δίσκο, να υπολογίσετε την ακτίνα της κυκλικής τους τροχιάς και να προσδιορίσετε την τιμή του μέτρου της γραμμικής τους ταχύτητας. Να συμπληρώσετε τον πίνακα πειραματικών δεδομένων και αποτελεσμάτων και να σχεδιάσετε σε μιλιμετρέ χαρτί ή στο Microsoft Excel τη γραφική παράσταση $v = f(t)$.

Πίνακας Πειραματικά δεδομένα		
Υλικό σημείο	Ακτίνα τροχιάς r / m	Γραμμική ταχύτητα v / ms^{-1}
1		
2		
3		
4		
5		

Η γραφική παράσταση επιβεβαιώνει τη γραμμικότητα της σχέσης που συνδέει το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας με την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς;

Να σχεδιάσετε την ευθεία βέλτιστης προσαρμογής και να υπολογίσετε την κλίση της. Στα όρια του πειραματικού σφάλματος (μικρότερο του 5%), ταυτίζεται η κλίση με την τιμή της γωνιακής ταχύτητας που υπολογίσατε;