

ΠΕΙΡΑΜΑ 2

Κρούσεις

Σκοπός του πειράματος

Σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη των νόμων της διατήρησης της ενέργειας και ορμής ενός συστήματος. Σχετικές έννοιες, όπως η γραμμική κίνηση, η ταχύτητα, η ελαστική κρούση, η μη ελαστική κρούση, η απώλεια ενέργειας καθώς και η κίνηση του κέντρου μάζας μελετώνται μέσα από το φαινόμενο της κρούσης.

Αρχή λειτουργίας του πειράματος

Στο πρώτο μέρος του πειράματος μελετούνται οι ταχύτητες δύο δρομέων που κινούνται πάνω σε ένα διάδρομο κάτω από συνθήκες πεπιεσμένου αέρα (για ελαχιστοποίηση της τριβής) μετρούνται πριν και μετά την κρούση, για τις περιπτώσεις της ελαστικής και ανελαστικής κρούσης. Στο δεύτερο μέρος του πειράματος μελετάται το φαινόμενο της ελαστικής κρούσης δυο σωμάτων που κινούνται σε επίπεδο μέσω της εξέτασης των τροχιών των σωμάτων αυτών καθώς και η κίνηση του κέντρου μάζας των δυο σωμάτων.

Στοιχεία από τη Θεωρία

Στην ελαστική κρούση ανάμεσα σε δύο σώματα με μάζες m_1 και m_2 , η κινητική ενέργεια και η ορμή του συστήματος διατηρούνται.:

$$\frac{P_1^2}{2m_1} + \frac{P_2^2}{2m_2} = \frac{P_1'^2}{2m_1} + \frac{P_2'^2}{2m_2} \quad (1)$$

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_1' + \vec{P}_2' \quad (2)$$

P_1 , P_2 είναι οι ορμές των αντιστοίχων σωμάτων πριν από την κρούση και P_1' , P_2' μετά από την κρούση.

Στην περίπτωση της κεντρικής ελαστικής κρούσης:

$$\vec{P}_2 = 0 \quad (3)$$

$$\vec{P}_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \vec{P}_1 = -\frac{1 - m_1/m_2}{1 + m_1/m_2} \vec{P}_1 \quad (4)$$

$$\vec{P}_2' = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \vec{P}_1 = \frac{2}{1 + m_1/m_2} \vec{P}_1 \quad (5)$$

Στην περίπτωση της ανελαστικής κρούσης μόνο η ορμή του συστήματος διατηρείται. Επιπλέον, οι ταχύτητες μετά από την κρούση είναι ίσες. Επομένως ισχύουν οι εξισώσεις:

$$\vec{P}_1' = \frac{m_1}{m_2} \vec{P}_2' \quad (6)$$

$$\vec{P}_1' = \frac{I}{I + \frac{m_2}{m_1}} \vec{P}_1 \quad (7)$$

$$\vec{P}_2' = \frac{I}{I + \frac{m_1}{m_2}} \vec{P}_1 \quad (8)$$

Για ένα σύστημα σωμάτων η ολική κινητική ενέργεια είναι το άθροισμα των επιμέρους κινητικών ενεργειών όλων των σωμάτων:

$$K_t = K_1 + K_2 + \dots + K_n \quad (9)$$

Η ολική κινητική ενέργεια του συστήματος μπορεί να γραφεί και ως:

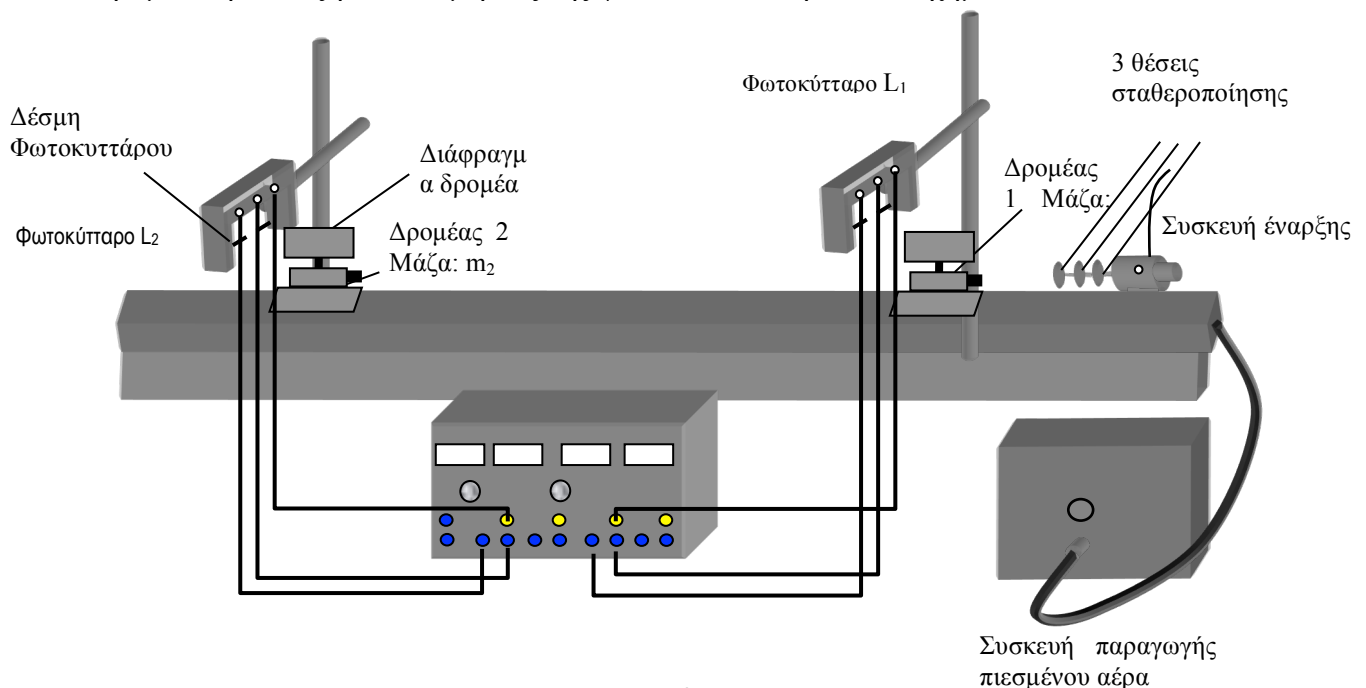
$$K_t = K_{cm} + K_a \quad (10)$$

όπου K_{cm} είναι η κινητική ενέργεια του κέντρου μάζας του συστήματος των σωμάτων και K_a είναι η ολική κινητική ενέργεια που αντιλαμβάνεται ένας παρατηρητής ο οποίος κινείται με την ίδια ταχύτητα του κέντρου μάζας (είναι συνδεδεμένος με το κέντρο μάζας). Αυτή είναι η διαθέσιμη ενέργεια. Όταν το σύστημα είναι απομονωμένο τότε K_{cm} είναι σταθερή. Αυτό προκύπτει από διατήρηση της γραμμικής ορμής. Επίσης αν οι εσωτερικές δυνάμεις του συστήματος δεν αλλάζουν πριν ή μετά τη σύγκρουση τότε η διαθέσιμη ενέργεια παραμένει ίδια. Στη περίπτωση αυτή η ολική κινητική ενέργεια του συστήματος παραμένει σταθερή.

Πειραματική διαδικασία

Γενικά στοιχεία

Η πειραματική διάταξη του 1^{ου} μέρους της φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα α.



- Πριν αρχίσετε τις μετρήσεις να καθαρίσετε με οινόπνευμα (με ένα ρούχο) τόσο τη διαδρομή όσο και τους δυο δρομείς.
- Ελέγξτε και ρυθμίστε το οριζόντιο της διαδρομής με την αεροστάθμη και τα ρυθμιζόμενα ποδαράκια στήριξης της διαδρομής.
- Η συσκευή έναρξης βοηθά στο να ξεκινήσει ο δρομέας.
- Οι διάφορες (3) θέσεις σταθεροποίησης αντιστοιχούν σε καθορισμένες και αναπαράξιμες, αρχικές ενέργειες.
- Επειδή η ενέργεια του ελατηρίου έναρξης και η αρχική ορμή του συγκρουόμενου δρομέα δεν συνδέονται γραμμικά, θα πρέπει, στην περίπτωση της σταθερής αρχικής ορμής, η μάζα του συγκρουόμενου δρομέα να κρατηθεί σταθερή.
- Όταν μεταβάλλεται ο λόγος των μαζών θα πρέπει οι επιπρόσθετες μάζες να τοποθετούνται συμμετρικά στα δυο πλευρά του δρομέα.

Ο μετρητής με τα φωτοκύτταρα θα πρέπει να συνδεθεί όπως φαίνεται στο Σχήμα α.

Το φωτοκύτταρο L_1 είναι τοποθετημένο στην εισδοχή 3 ενώ το L_2 στην εισδοχή 2 του μετρητή. Ο πολλαπλός διακόπτης στο κέντρο του μετρητή είναι ρυθμισμένος στη θέση $\overline{1} \quad \overline{3}$. Με αυτόν τον τρόπο οι δύο πρώτες οθόνες μετρούν τον χρόνο μετά την κρούση του δρομέα No.2 και οι τελευταίες οθόνες μετρούν τους χρόνους πριν και μετά την κρούση του δρομέα No.1.

Η κάθε μέτρηση αρχίζει όταν το διάφραγμα του δρομέα διακόψει τη δέσμη φωτός στο φωτοκύτταρο και σταματά όταν η δέσμη επανέλθει. Με αυτό τον τρόπο ο μετρητής μετρά το χρόνο με τον οποίο το κινούμενο σώμα καλύπτει μια απόσταση που ισούται με το μήκος του διαφράγματος, το διαφορικό χρόνο Δt .

Για να υπολογίσετε την ταχύτητα του δρομέα χρησιμοποιήστε τον ορισμό την στιγμιαίας ταχύτητας:

$$u = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

όπου

ΔS : το μήκος του διαφράγματος και

Δt : ο χρόνος με τον οποίο ο δρομέας καλύπτει το μήκος του διαφράγματος(διαφορικός χρόνος)

Εκτέλεση

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

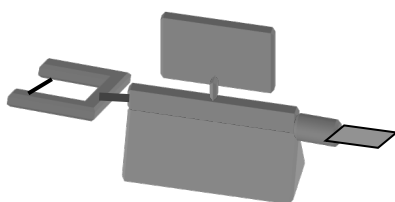
1. Ελαστική Κρούση

Να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις και να υπολογιστούν οι πιο κάτω ποσότητες, θέτοντας το μηχανισμό έναρξης στο τρίτο στάδιο, για διάφορες τιμές του λόγου των μαζών m_1/m_2 .

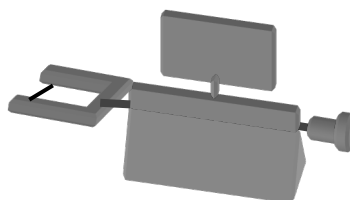
- *Ορμή πρώτου δρομέα μετά την κρούση, P_1' ,*
- *Ορμή δεύτερου δρομέα μετά την κρούση P_2' '*
- *Συνολική ορμή πριν την κρούση*
- *Συνολική ορμή μετά την κρούση*

Έπειτα να κατασκευαστούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις. Σχολιάστε τα αποτελέσματά σας .

Για ελαστική κρούση χρησιμοποιείτε τα πιο κάτω εξαρτήματα στους δρομείς:



Δρομέας No.2



Δρομέας No.1

Σχήμα β

Θα πρέπει να υπολογίσετε τις ορμές που αναφέρθηκαν πιο πάνω για διάφορες τιμές του λόγου m_1/m_2 , δηλ. θα μεταβάλλετε τις μάζες m_1 και m_2 . Η ορμή του κάθε δρομέα υπολογίζεται από την ταχύτητά του. Για να υπολογίσετε την ταχύτητα ακολουθείστε την διαδικασία που περιγράφηκε στη Πειραματική διαδικασία -Γενικά Στοιχεία.

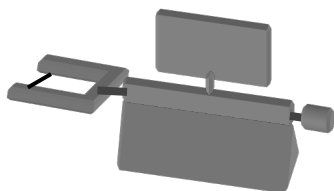
Όταν μεταβάλλεται ο λόγος των μαζών θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε οι επιπρόσθετες μάζες να τοποθετούνται συμμετρικά στα 2 πλευρά του δρομέα.

Να παρθούν 5 διαφορετικοί λόγοι μαζών που προκύπτουν με προσθήκη βαρών μόνο επάνω στον αρχικά ακίνητο δρομέα. Για κάθε λόγο μάζας m_1/m_2 , να διεξαχθούν και να καταγραφούν 10 μετρήσεις και να ληφθεί ο μέσος όρος και το αντίστοιχο σφάλμα για την περαιτέρω επεξεργασία. Οι τρεις γραφικές παραστάσεις να τοποθετηθούν στους ίδιους άξονες.

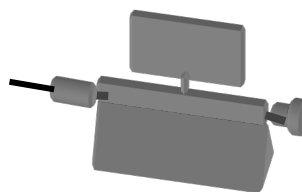
Γιατί, κατά τη γνώμη σας, θέσατε ως θέση έναρξης το τρίτο στάδιο και όχι για παράδειγμα το πρώτο στάδιο; Σε ποιο δρομέα τοποθετήσατε τις διάφορες μάζες και γιατί;

2. Να επαναληφθούν τα πιο πάνω και για ανελαστική κρούση.

Για ανελαστική κρούση χρησιμοποιείτε τα πιο κάτω εξαρτήματα στους δρομείς:



Δρομέας No.2



Δρομέας No.1

Σχήμα 6γ

Στην ανελαστική κρούση, μετά τη σύγκρουση οι δύο δρομείς θα είναι ενωμένοι. Έτσι τα $t_1' = t_2'$

3. Από τις ίδιες μετρήσεις να γίνει η γραφική παράσταση των κινητικών ενεργειών των δρομέων μετά από την κρούση, καθώς και της συνολικής τους ενέργειας, πάλι ως συνάρτηση του λόγου των μαζών των δρομέων.

Τι συμπεραίνετε για τα δυο είδη κρούσεων που μελετήσατε; Πως συμπεριφέρεται η συνολική ενέργεια και ορμή που χαρακτηρίζουν το σύστημα;

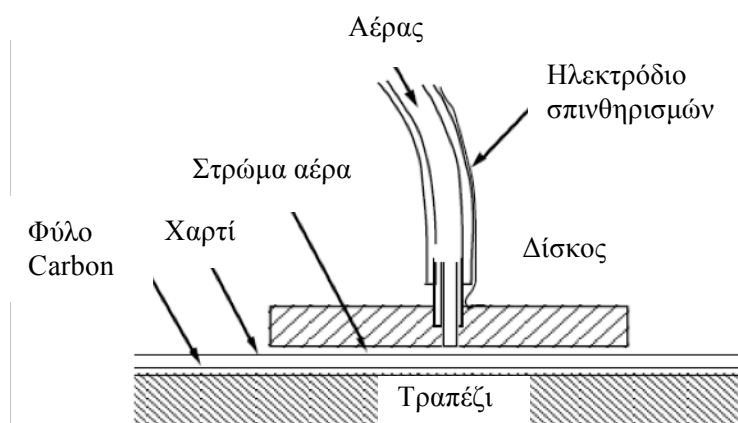
Δεύτερο Μέρος της άσκησης - Κρούση σε δυο διαστάσεις

Πειραματική διαδικασία

Η συσκευή χρονικών σπινθηρισμών στο πείραμα αυτό παράγει αρκετά μεγάλη τάση και πρέπει να είστε προσεκτικοί με τον τρόπο λειτουργία της. Μη αγγίζετε οποιοδήποτε μεταλλικό τμήμα των δίσκων και μη βάζετε τα χέρια σας επάνω στην επιφάνεια του τραπεζιού όταν η συσκευή είναι σε λειτουργία. Θα πρέπει να χρησιμοποιείτε τα πλαστικά εξαρτήματα των δίσκων για να μετακινήσετε τους δίσκους. Όταν δεν χρησιμοποιείτε τη διάταξη για να πάρετε μετρήσεις θα πρέπει να την απενοργοποιείτε.

Γενικά στοιχεία

Η πειραματική διάταξη της άσκησης αυτής αποτελείται από δυο δίσκους οι οποίοι μπορούν να αιωρούνται με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα πάνω από λείο τραπέζι το οποίο είναι καλυμένο με ένα φύλο χαρτιού. Οι κινήσεις των δίσκων και οι τροχιές του καταγράφονται στο χαρτί με τη βοήθεια ηλεκτρικών σπινθήρων οι οποίο δημιουργούνται μεταξύ της κάτω επιφάνειας των δίσκων και του τραπεζιού μέσω ενός φύλου carbon. Με το τρόπο αυτό ο σπινθήρας διαπερνά το χαρτί και το carbon αφήνοντας ένα μικρό ίχνος στη κάτω επιφάνεια του χαρτιού. Το στρώμα του πεπιεσμένου αέρα πάνω στο οποίο κινείται ο κάθε δίσκος διοχετεύεται από μια αεραντλία μέσω ενός λεπτού εύκαμπτου σωλήνα. Σαν αποτέλεσμα οι τριβές μεταξύ δίσκου και τραπεζιού ελαχιστοποιούνται. Η διάταξη φαίνεται στο Σχήμα γ



Σχήμα γ

Εξοικίωση με το τραπέζι σπινθηρισμών

- Τοποθετήστε ένα μεγάλο φύλο χαρτιού πάνω από το φύλο carbon το οποίο ήδη βρίσκεται στο τραπέζι (διαστάσεις περίπου 60cm x 60cm). Τοποθετήστε τους δίσκους πάνω στο τραπέζι. Οι δίσκοι θα πρέπει να είναι συνδεδεμένοι με την αεραντλία μέσω των σωλήνων αέρα. Βάλτε σε λειτουργία την αεραντλία και παρατηρήστε ότι οι δίσκοι μετακινούνται πάνω στο τραπέζι.
- Ελέγξτε και ρυθμίσετε το οριζόντιο του τραπεζιού. Τοποθετήστε το δίσκο στο κέντρο του τραπεζιού και παρατήρηστε κατά πόσο μετακινείται δεξιά ή αριστερά.
- Ενεργοποιήστε τη συσκευή παραγωγής σπινθήρων και θέστε το διακόπτη του ρυθμού παραγωγής στα 10Hz. Αυτό σημαίνει ότι 10 σπινθήρες θα παράγονται ανά 1 sec. Χρησιμοποιήστε ένα πλαστικό ή ξύλινο χάρακα για να δώσετε κάποια κίνηση στους δίσκους. Ποτέ μη χρησιμοποιείτε τα χέρια σας. Όταν οι δίσκοι αρχίζουν να κινούνται πατήστε το διακόπτη παραγωγής σπινθήρων. Θα ακούσετε κάποιο ήχο καθώς παράγονται οι σπινθήρες. Φυσικά καθώς κινούνται οι δίσκοι δεν παρατηρήτε οτιδήποτε πάνω στο χαρτί.
- Διακόψτε τη λειτουργία της γεννήτριας σπινθήρων και γυρίστε το φύλο του χαρτιού ανάποδα για να δείτε τα ίχνη τα οποία έχουν καταγραφεί από τους σπινθήρες όταν οι δίσκοι κινούνται

στο τραπέζι. Τα ίχνη αυτά δείχνουν τις τροχιές των δίσκων. Όταν η ταχύτητα των δίσκων είναι μεγάλη τότε και τα ίχνη απέχουν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους.

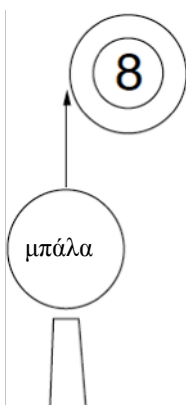
Εξασκηθείτε με τις κρούσεις πριν πατήσετε το διακόπτη ενεργοποίησης σπινθήρων και προσέξτε ώστε κανένας από την ομάδα δεν έχει τα χέρια του στο τραπέζι. Πάντοτε μετακινείτε τους δίσκους χρησιμοποιώντας τη πλαστική λαβή ή κάποιο μονωτικό χάρακα (ξύλινο ή πλαστικό).

Εκτέλεση

Γράψτε στο τετράδιο των εργαστηρίων σας τη μάζα κάθε δίσκου αφού τους ζυγίσετε στη ζυγαριά του εργαστηρίου. Δώστε κάποια ετικέτα σε κάθε δίσκο. Χρησιμοποιήστε την ετικέτα αυτή για να ξεχωρίσετε αργότερα και τις τροχιές τους.

1. Ελαστική Κρούση μεταξύ κινούμενου και ακίνητου δίσκου

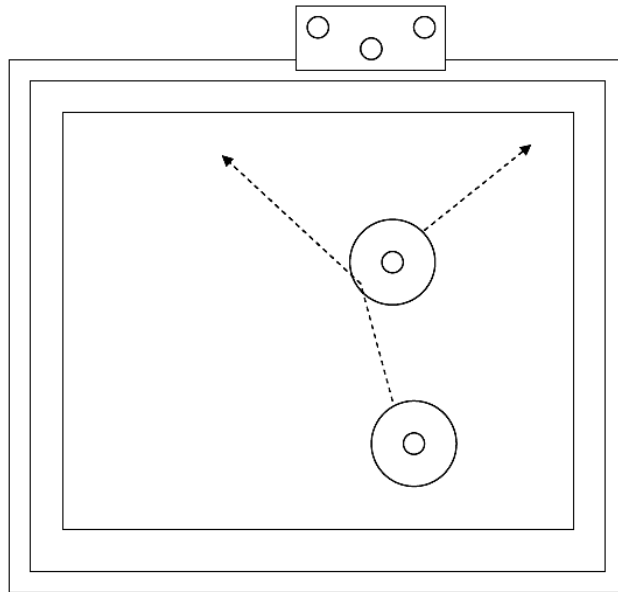
Θα φέρετε σε σύγκρουση ένα κινούμενο δίσκο με τον άλλο δίσκο ο οποίος είναι ακίνητος. Με τη γεννήτρια σπινθήρων κλειστή εξασκηθείτε με το πως να κάνετε μια τέτοια κρούση. Τοποθετήστε τον ένα δίσκο στο κέντρο του τραπεζιού ώστε να παραμένει σχεδόν ακίνητος όταν τον αφήνετε ελεύθερο. Πιάστε το δεύτερο δίσκο από τη πλαστική λαβή και προσπαθήστε να τον σπρώξετε προς τον ακίνητο δίσκο. Προσπαθήτε να αναπαράξετε μια κρούση κατά την οποία οι δυο δίσκοι κινούνται με περίπου την ίδια ταχύτητα μετά την κρούση. Αν προσπαθήσετε να συγκρούσετε τους δυο δίσκους μετωπικά τότε ουσιαστικά ο δίσκος που αρχικά κινείται θα σταματήσει. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια συσσώρευση ιχνών σπινθήρων στη θέση που σταματά ο δίσκος και είναι πολύ δύσκολο να προσδιορίσετε με ακρίβεια τη τελική του ταχύτητα. Ο καλύτερος τρόπος είναι να στοχεύσετε με τέτοιο τρόπο ώστε το κέντρο του κινούμενου δίσκου χτυπά κάποιο σημείο της περιφέρειας του ακίνητου δίσκου. Μια τεχνική που συνήθως εφαρμόζεται στο μπιλιάρδο όπως φαίνεται στο Σχήμα δ



παρακάτω.

Σχήμα δ: Μη κεντρική κρούση δύο σωμάτων (περίπτωση μπιλιάρδου)

Όταν θεωρήσετε ότι έχετε εξοικιωθεί με το τρόπο που θα κάνετε τη κρούση θέσετε σε λειτουργία τη γεννήτρια σπινθήρων και το διακόπτη στα 10Hz. Πατήστε το διακόπτη για δημιουργία σπινθήρων και θέσετε σε κίνηση το δίσκο για να δημιουργήσετε τη κρούση όπως εξασκηθήκατε. Σταματήστε να πατάτε το διακόπτη σπινθήρων τη στιγμή που οι δίσκοι χτυπούν στα άκρα του τραπεζιού.



Σχήμα ε: Κάτοψη μη κεντρικής κρούσης κινούμενου δίσκου με ακίνητο δίσκο

Απενεργοποιήστε τη γεννήτρια σπινθήρων και κοιτάξετε τη κάτω επιφάνεια του χαρτιού. Σημειώστε αμέσως ποια τροχιά αντιστοιχεί στο κάθε δίσκο. Θυμηθείτε ότι οι τροχιές είναι τώρα ανάποδα καθώς κοιτάτε το κάτω μέρος του χαρτιού. Αν δεν υπάρχουν ίχνη πάνω στο χαρτί τότε δοκιμάστε και πάλι ή αν αποτύχετε πάρτε ένα νέο φύλο χαρτιού και ξαναδοκιμάστε.

2. Ελαστική κρούση μεταξύ δυο κινούμενων δίσκων

Αυτή η άσκηση είναι λίγο περισσότερο πολύπλοκη. Θα πρέπει να κάνετε μια κρούση μεταξύ δυο κινούμενων δίσκων. Και πάλι εξασκηθείτε για το πως θα κάνετε τη κρούση αυτή. Ο στόχος και πάλι είναι να έχετε τους δυο δίσκους να κινούνται με την ίδια περίπου ταχύτητα μετά τη κρούση. Αν ένας από τους δυο δίσκους έχει αρκετά μικρή ταχύτητα τότε τα ίχνη της τροχιάς του θα είναι πολύ κοντά μεταξύ τους και θα είναι πολύ δύσκολο να τα μετρήσετε. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση όταν εξοικιωθείτε με την κρούση, θέστε σε λειτουργία τη γεννήτρια σπινθήρων, θέστε σε κίνηση τους δυο δίσκους και πατήστε το διακόπτη για την παραγωγή των σπινθήρων. Αφού απενεργοποιήσετε τη γεννήτρια, εξατάστε το κάτω επιφάνεια του χαρτιού και σημειώστε τις τροχιές των δυο δίσκων.

3. Πλαστική κρούση μεταξύ δυο κινούμενων δίσκων

Υπάρχουν δυο ταινίες Velcro οι οποίες μπορούν να προσαρμοστούν στη περιφέρεια των δυο δίσκων. Με τη χρήση των ταινιών αυτών οι δυο δίσκοι τα παραμείνουν ενωμένοι μετά τη σύγκρουση έχοντας έτσι μια πλαστική κρούση. Προσέξτε όταν βάλετε το Velcro να μην ακουμπά πάνω στο τραπέζι δημιουργώντας τριβές. Επαναλάβετε την άσκηση 2.

Εξασκηθείτε και πάλι με τη κρούση που θέλετε να εξετάσετε και προσέξτε ώστε οι δίσκοι μετά τη κρούση δεν περιστρέφονται καθώς κινούνται μαζί. Αν συμβεί αυτό θα είναι πολύ δύσκολο να βρείτε τα σημεία της τροχιάς μια και αυτή θα είναι σπειροειδής.

Ανάλυση

Από τα ίχνη των τροχιών υπολογίστε την ταχύτητα κάθε δίσκου πριν και μετά τη σύγκρουση. Για να το κάνετε αυτό, μετρήστε την απόσταση που καλύπτεται από αρκετά σημεία και

διαιρέστε με τον αριθμό των ιχνών και το χρονικό διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών σημείων (αυτό εξαρτάται από τη συχνότητα παραγωγής σπινθήρων που έχετε θέσει).

Όταν διαλέγεται σημεία για την ανάλυσή σας δεν θα πρέπει να πάρετε σημεία τα οποία βρίσκονται στην αρχή της κίνησης. Εξηγήστε γιατί κατά τη γνώμη σας τα σημεία αυτά είναι καλό να αποκλειστούν.

Ανάλυση της ενέργειας

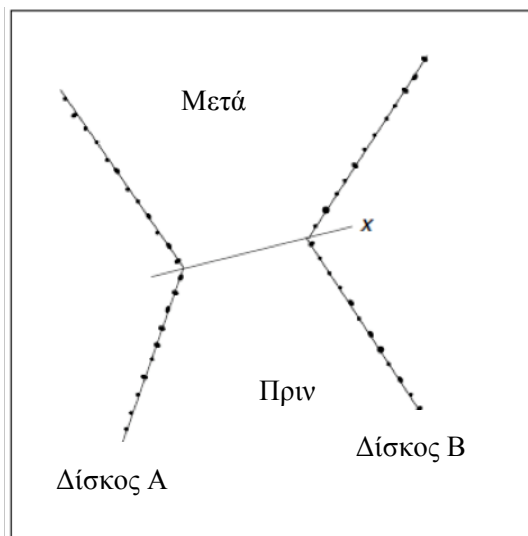
Και για τις δυο ασκήσεις χρησιμοποιήστε τις τιμές της ταχύτητας που έχετε μετρήσει και υπολογίστε την ολική κινητική ενέργεια πριν και μετά τις κρούσεις και τη ποσοστιαία διαφορά τους.

Ανάλυση της ορμής

Χρησιμοποιώντας τις τιμές μάζας των δυο δίσκων και τις ταχύτητες που έχετε καταγράψει υπολογίστε το μέτρο της ορμής των δυο δίσκων. Γράψτε σε ένα πίνακα (διαφορετικό για κάθε άσκηση) τα αποτελέσματά σας.

Σημειώστε τη διεύθυνση κίνησης του κινούμενου δίσκου στη 1^η άσκηση προσδιορίστε την ορμή του. Για να το κάνετε αυτό θα πρέπει να επιλέξετε μια διεύθυνση για τον x-άξονα. Είναι προτιμότεο να επιλέξετε τη διεύθυνση κίνησης του δίσκου που αρχικά ήταν ακίνητος. Οι κατευθύνσεις της ορμής του άλλου δίσκου πριν και μετά την σύγκρουση μπορούν να μετρηθούν με μοιρογνώνιο. Θα πρέπει να καταγράψετε στο πίνακα τις κατευθύνσεις των διανυσμάτων της αρχικής και τελικής ορμής καθώς και το μέτρο της τελικής ορμής του δίσκου που κινείται κατά μήκος του x-άξονα.

Η ίδια ανάλυση θα πρέπει να επαναληφθεί και για τη 2^η άσκηση. Στη περίπτωση αυτή είναι προτιμότεο να επιλέξετε το x-άξονα να συμπίπτει με τη γραμμή που ενώνει τα κέντρα των δυο δίσκων κατά τη στιγμή της σύγκρουσής τους όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Ξεκινώντας με τις ορμές από την άσκηση 1 σχεδιάστε το διάγραμμα διανυσμάτων για την αρχική και τελική ορμή. Η αρχική ορμή είναι απλή (είναι η ορμή του κινούμενου δίσκου). Η τελική ορμή είναι το διανυσματικό άθροισμα των ορμών των δυο δίσκων. Κάνετε το διάγραμμα για τη διανυσματική πρόσθεση και συγκρίνετε το μέτρο και διεύθυνση του διανύσματος του αθροίσματος με την αρχική ορμή (χρησιμοποιήστε κατάλληλη κλίμακα ώστε να φαίνεται η σύγκριση των δυο διανυσμάτων της ολικής ορμής).

Κάνετε το ίδιο για την περίπτωση της κρούσης των δυο κινούμενων δίσκων. Εδώ θα πρέπει να κάνετε το διανυσματικό άθροισμα πριν και μετά τη σύγκρουση. Συγκρίνετε και πάλι τα δυο διανυσματικά αθροίσματα ως προς το μέτρο και τις διευθύνσεις τους.

Εύρεση κέντρου μάζας

Στο χαρτί που έχετε προσδιορίστε ποιά σημεία αντιστοιχούν στις θέσεις των δυο δίσκων την ίδια χρονική στιγμή. Συνδέστε τα ζεύγη των σημείων αυτών με ευθύγραμμο τμήματα. Πρέπει να υπάρχουν αρκετά τέτοια ζεύγη πριν και μετά τη σύγκρουση. Το κέντρο μάζας των δυο δίσκων βρίσκεται πάνω σε αυτό το ευθύγραμμο τμήμα. Αν η ολική απόσταση μεταξύ των δυο δίσκων είναι L τότε το κέντρο μάζας βρίσκεται πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα και σε απόσταση

$$L_{cm} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} L \text{ από το δίσκο 1. Το κέντρο μάζας θα είναι πάντοτε πιο κοντά στο δίσκο με τη}$$

μεγαλύτερη μάζα. Αν οι δίσκοι έχουν την ίδια μάζα τότε το κέντρο μάζας θα βρίσκεται στο μέσο του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει τα κέντρα τους. Προσδιορίστε τη ταχύτητα του κέντρου μάζας πριν και μετά τη σύγκρουση προσδιορίζοντας τη θέση του για αρκετά σημεία και μετρώντας πόση είναι η μετατόπισή του σε κάποιο γνωστό χρονικό διάστημα.

Ανάλυση των συνιστωσών των ορμών

Αναλύστε κάθε ορμή στις δυο ασκήσεις σε x και y συνιστώσες σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων που έχετε διαλέξει. Συγκρίνετε τις συνιστώσες της ολικής ορμής πριν τη σύγκρουση με αυτές της συνολικής ορμής μετά τη σύγκρουση.

Ελέξτε τα αποτελέσματά σας για διατήρηση της κινητικής ενέργειας και διατήρηση ορμής. Ποια από τα δυο μεγέθη νομίζετε ότι διατηρούνται και είναι περισσότερο σχετικά με τη πειραματική σας διάταξη. Εξηγήστε.

Ερωτήσεις

1. Παρατηρήσατε διατήρηση ορμής και ενέργειας στις ελαστικές συγκρούσεις σας; Για να απαντήσετε στην ερώτηση αυτή θα πρέπει να προσδιορίσετε ποια είναι η κύρια ή οι κύριες πηγές σφάλματος στις μετρήσεις σας και να χρησιμοποιήσετε στατιστική ανάλυση για να αποφασίσετε αν οι αρχικές και τελικές ορμές και ενέργειες συμφωνούν. Μέσα σε πόσες τυπικές αποκλίσεις θα μπορούσατε να πείτε ότι έχετε διατήρηση ορμής και κινητικής ενέργειας;
2. Παρατηρήτε διατήρηση της ορμής και ενέργειας στην πλαστική κρούση;
3. Περιγράψτε τη κίνηση του κέντρου μάζας πριν και μετά τη σύγκρουση. Πως αλλάζει η ταχύτητα πριν και μετά τη σύγκρουση;
4. Αναφέρετε όλες τις πιθανές πηγές συστηματικού και τυχαίου σφάλματος που δεν λάβατε υπόψη στον υπολογισμό του σφάλματος. Εξηγήστε κατά πόσο τα σφάλματα αυτά περιορίζουν την ικανότητά σας να παρατηρήσετε διατήρηση ορμής, ενέργειας ή και των δυο μεγεθών.
5. Αν υποθέσουμε ότι η γεννήτρια σπινθήρων δεν βρίσκονταν στα 10Hz αλλά στα 20Hz πως θα επирέαζε αυτό την ικανότητά σας να παρατηρήσετε διατήρηση ενέργειας και διατήρηση ορμής;