4. Força de fricció: mesura del coeficient de fricció dinàmic

Objectius

- Determinar el valor del coeficient de fricció dinàmic per lliscament d'una caixa de cartró amb el terra.
- Observar que el coeficient de fricció dinàmic és menor que el coeficient estàtic.

Introducció

La determinació del coeficient de fricció dinàmic per lliscament entre la caixa i el terra es pot fer per dos mètodes:

1. Fent lliscar la caixa pel terra i calculant l'acceleració de frenada amb les equacions del MRUA i a partir d'aquestes calcular el coeficient de fricció, aplicant la 2a llei de la dinàmica.
2. Mesurant la massa de la caixa i mesurant, amb un dinamòmetre, la força que es fa en estirar la caixa per tal que faci MRU.

Material

– Caixa de cartró de sabates – Peu de laboratori (per subjectar suports) de massa gran – Cronòmetre	– Cinta mètrica – Balança – Dinamòmetre – Passadís de 5 o 6 m de llargada

1a experiència: Per cinemàtica

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Col·loca el peu de laboratori dins de la caixa.
2. Dibuixa sobre el terra d'un passadís, amb guix, una línia per indicar el punt de sortida de la caixa.
3. Llança la caixa des de la línia amb la velocitat més gran possible.

Adquisició i enregistrament de dades

1. Amb el cronòmetre, mesura i anota el temps (t) que triga en aturar-se la caixa.
2. Mesura i anota la distància (x) que ha recorregut.
3. Repeteix les mesures diverses vegades procurant que la distància recorreguda per la caixa tingui valors diferents i recull els resultats en la següent taula.

x/m	t/s	2x	t^2

Conclusions

Anàlisi de dades

1. Aplicant les equacions del MRUA es tracta de calcular el coeficient de fricció dinàmic.
2. Amb les dades obtingudes per la caixa amb un sol peu, calcula l'acceleració. Fes-ho gràficament, representant **2x** respecte a $\mathbf{t^2}$ (el pendent de la recta obtinguda és l'acceleració). Pots utilitzar un programa informàtic de representació de gràfics com per exemple l'Excel.
3. Tingues en compte que l'acceleració que obtens és negativa.
4. Quin és el coeficient de fricció dinàmic?

2a experiència: Per dinàmica

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

Estira la caixa amb el peu des del repòs amb un dinamòmetre fins a mantenir-la a velocitat constant.

Adquisició i enregistrament de dades

1. Pesa la massa de la caixa i del peu i calcula la força normal del terra sobre la caixa.
2. Observa i anota la indicació del dinamòmetre en començar a moure la caixa i en moure-la a velocitat constant.

Observacions qualitatives

Què pots dir sobre la força de fricció en passar la massa del repòs a moure's a velocitat constant. Es manté constant, creix o disminueix ?

Conclusions

Anàlisi de dades

1. Calcula el coeficient de fricció dinàmic tenint en compte que la força aplicada per moure la caixa amb MRU és igual a la força de fricció i aquesta val el producte del coeficient de fricció per la força normal.
2. Compara el resultat obtingut amb l'obtingut per cinemàtica.

Qüestionari

1. De quins factors depèn la força de fricció?
4. Si repetissis les experiències però la superfície de contacte amb el terra del cos que llances fos un altra, quins resultats creus que obtindries?
5. Quina diferència hi ha entre la força de fricció estàtica i dinàmica?
6. Per què no depèn de la massa la determinació del coeficient de fricció dinàmic per aplicació de les equacions de la cinemàtica?
7. Per què hem de mesurar la massa per a la determinació del coeficient de fricció dinàmic pel mètode dinàmic?
8. Per què el moviment de frenat de les caixes és uniformement accelerat?

Força de fricció: mesura del coeficient de fricció dinàmic
Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació i les conclusions

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

Orientacions metodològiques

També es pot fer servir, en comptes de caixes de cartró i peus, tacs de fricció de fusta dels que hi ha en les equips didàctics de mecànica. Aquests tacs disposen d'un eix on es poden subjectar peses per modificar-hi la massa.
Per estirar els cossos buscar els dinamòmetres del rang de mesures adequat.

Orientacions tècniques

Cal buscar un lloc adient per dur a terme aquesta experiència ja que necessita un espai gran, els passadissos dels centres van bé però tingueu en compte el soroll que es pot fer durant el llançament de les caixes.
La determinació del coeficient de fricció és independent de la massa llançada.
Per tal que els resultats siguin òptims és una bona idea fer l'anàlisi de dades de manera conjunta per tota la classe. Prèviament el/la professor/a pot recollir totes les dades i valorar quines són bones i quines no. Un cop feta la selecció la posada en comú pot conduir a uns bons resultats.
Per tal de fer aquesta anàlisi va molt bé usar un programa de gràfics, per exemple l'Excel. En representar x^2/t es troba la recta de regressió amb la seva fórmula. El pendent que és negatiu, és l'acceleració.
Pel que fa a l'observació qualitativa sobre la força de fricció que actua en posar el cos en moviment i després en mantenir-lo a velocitat constant cal fer-los veure què són la fricció estàtica i la dinàmica. La primera sempre és més gran que la segona.
Es interessant comprovar que la força de fricció no depèn de la superfície de contacte. Si es treballa amb tacs es pot fer, repetint el llançament, recolzant-los sobre una cara lateral.

Conclusions

Resultats esperats

Amb caixes de cartró de paper sobre un terra de rajoles el coeficient de fricció surt de l'ordre de 0,25.

Respostes al qüestionari

1. **De quins factors depèn la força de fricció?** De la força normal i del coeficient de fricció. El coeficient es determina tenint en compte els tipus de materials que estan en contacte.

2. **Si repetissis les experiències però la superfície de contacte amb el terra del cos que llances fos un altra, quins resultats creus que obtindries?** El mateix ja que el coeficient només depèn dels tipus de materials que estan en contacte i no de la

superfície. Té una explicació a nivell microscòpic ja que la força de fricció és proporcional a la força de contacte per unitat de superfície i també es directament proporcional a la superfície de contacte.

$$F_F \propto N/S \cdot S \qquad F_F \propto N$$

3. **Quina diferència hi ha entre la força de fricció estàtica i dinàmica?** La fricció estàtica es manifesta quan en aplicar una força sobre el cos aquest no es mou. El seu valor varia de zero fins a un valor màxim que és el que pren en el moment que abandona el repòs; aquest valor màxim és el producte del coeficient de fricció estàtic per la força normal. La dinàmica es manifesta quan el cos està en moviment i té un valor constant igual al producte del coeficient de fricció dinàmic per la força normal. Experimentalment es comprova que la fricció estàtica és més gran que la dinàmica.

4. **Per què no depèn de la massa la determinació del coeficient de fricció dinàmic per aplicació de les equacions de la cinemàtica?** El càlcul de l'acceleració és independent de la massa i per determinar el coeficient dinàmic s'aplica la 2a equació de la dinàmica:

$$-\left|\vec{F_F}\right| = ma \rightarrow -\mu\left|\vec{N}\right| = ma \rightarrow -\mu mg = ma \rightarrow \mu = -\frac{a}{g}$$

a és negativa.

5. **Per què hem de mesurar la massa per a la determinació del coeficient de fricció dinàmic pel mètode dinàmic?** És necessària saber-la ja que mesurem la força necessària per mantenir el cos en MRU, que és igual a la força de fricció.

$$\left|\vec{F}_{aplicada}\right| = \left|\vec{F_F}\right| = \mu\left|\vec{N}\right| = \mu mg \rightarrow \mu = \frac{\left|\vec{F}_{aplicada}\right|}{mg}$$

6. **Per què el moviment de frenat de les caixes és uniformement accelerat?** Perquè actua en contra del moviment la força de fricció i aquesta és constant.