

Pràctica 2

Determinació del coeficient de fricció dinàmic

1. Introducció.

En aquesta pràctica estudiarem com la fricció afecta el moviment uniformement accelerat en un pla inclinat. Experimentalment, es tracta de determinar l'acceleració a partir de la mesura de la velocitat per diferents desplaçaments sobre el pla inclinat i estimar en quin grau l'acceleració neta depèn d'una banda de l'acció de la gravetat i d'altra de la força de fricció.

Considerarem el moviment d'un bloc de massa M en un pla inclinat un angle θ (vegeu la Fig. 1), que és estirat per un segon bloc, de massa m . Negligirem la massa de la corriola i el fregament de la corda amb ella. El bloc de massa M estarà inicialment en repòs, en la posició que prendrem com a $d = 0$ m. Calcularem la velocitat v del bloc mòbil per diferents desplaçaments d . El mòbil experimentarà un moviment uniformement accelerat amb acceleració a .

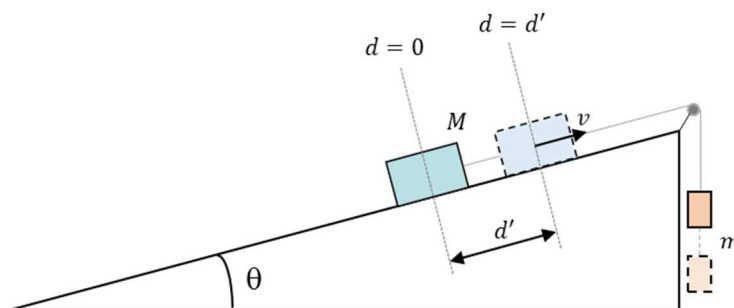


Fig. 1. Desplaçaments d del bloc mòbil de massa M sobre el pla inclinat.

Segons les lleis de la cinemàtica, si la velocitat inicial és igual a zero,

$$d = \frac{1}{2}at^2, \quad v = at \quad (1)$$

Aleshores, obtenim que

$$v^2 = 2ad \quad (2)$$

En les equacions anteriors, v és la velocitat del mòbil quan ha recorregut una distància d al llarg del pla inclinat.

El diagrama de les forces sobre el cos en el pla inclinat, de massa M , considera el seu pes ($P_M = Mg$, amb g l'acceleració de la gravetat), la força que realitza el pla inclinat sobre aquest cos mòbil (força normal, F_N), la força de fregament que s'oposa al moviment, F_{fr} , i T , la tensió de la corda de què penja la massa m (vegeu la Fig. 2). Quan el bloc està en moviment, en l'eix longitudinal del pla inclinat actuen la component del pes en eixa direcció i la força de fregament, que considera el coeficient de fricció dinàmic, μ , totes dues en un sentit, i la tensió de la corda, en sentit contrari. En la direcció perpendicular, s'igualen la component corresponent del pes i la força normal.

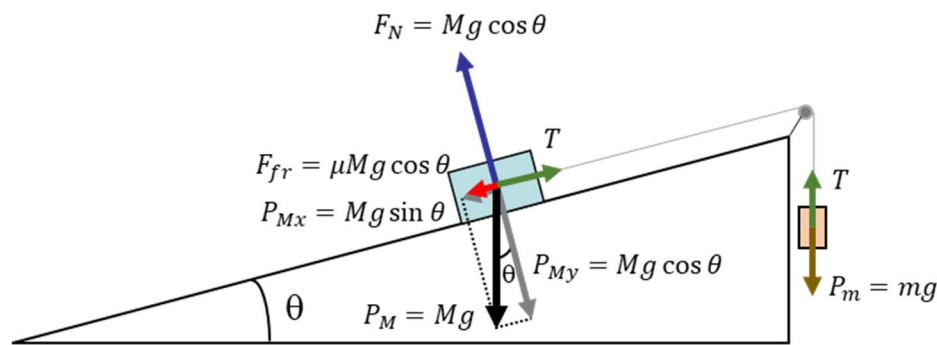


Fig. 2. Diagrama de forces d'un mòbil sobre el pla inclinat.

Matemàticament, la relació de forces en l'eix longitudinal del pla inclinat, i en la massa m , s'expressen, respectivament:

$$T - \mu Mg \cos \theta - Mg \sin \theta = Ma, \quad mg - T = ma \quad (3)$$

i per tant, l'acceleració en presència de fricció és igual a:

$$a = \frac{mg - Mg(\sin \theta + \mu \cos \theta)}{M + m} \quad (4)$$

En absència de fricció, l'acceleració seria

$$a_0 = \frac{mg - Mg \sin \theta}{M + m} \quad (5)$$

Per altra banda, el coeficient de fricció es pot calcular com a

$$\mu = \frac{m + M}{Mg \cos \theta} (a_0 - a) \quad (6)$$

El nostre objectiu és mesurar μ , per a diferents valors de la distància, d , recorreguda pel bloc mòbil, i així determinar primer el valor de l'acceleració a partir d'un ajust per mínims quadrats i, aleshores, amb un càlcul geomètric de l'angle d'elevació del carril θ , obtindreu μ .

2. Mètode experimental.

En primer lloc, per inclinar el carril, col·loqueu una caixa sota un dels seus peus. Agafeu un patí de fusta i, si és necessari, munteu la bandera (vegeu Fig. 3). Munteu també la corriola i enganxeu el suport de les peses al patí de fusta amb l'ajuda del fil.

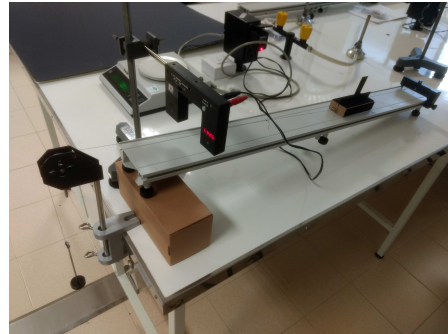
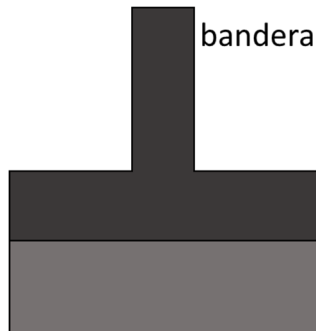


Fig. 3. Muntatge experimental: (esquerra) patí i (dreta) muntatge amb la cèl·lula fotoelèctrica.

Una cèl·lula fotoelèctrica servirà per determinar la velocitat del mòbil, a partir de la mesura del temps t que la bandera està bloquejant el feix lluminós de la cèl·lula:

$$v = \frac{d_{ef}}{\bar{t}} \quad (7)$$

on d_{ef} és la longitud efectiva de la bandera, que heu de mesurar. Un punt clau en l'experiment és la mesura correcta de la velocitat. Col·loca la fotocèl·lula en diferents posicions sobre el carril, separades una distància de 10 cm. Considerarem com a referència en cada posició el punt en què la bandera començarà a tallar el feix lluminós de la cèl·lula. La velocitat mesurada s'interpretarà com a una velocitat mitjana corresponent a l'amplada de la bandera.

Per començar les mesures, subjecteu el patí en la posició que heu elegit com $d = 0$, i assegureu-vos que parteix del repòs, $v_0 = 0$, soltant-lo sense impuls inicial. Es realitzaran mesures del coeficient de fricció entre el carril de plàstic i la part vestida de la peça de fusta, amb una massa penjant de la corriola de 60 g (10 el suport i altres 50 g).

Llegiu el temps t , que mesura la fotocèl·lula, i apunteu els valors mesurats. Hauran de realitzar-se tres lectures de temps per cada posició d'eixida per a reduir l'error de la mesura. Canvieu la posició d'eixida i repetiu el procés. Construïu una taula amb els 3 valors de t , la seua mitjana i la velocitat v .

Si comparem l'equació $v^2 = 2 a d$ (2) amb l'equació d'una recta

$$y = m x + n, (8)$$

comprovem que podem identificar com a variable independent (x) la distància recorreguda d , com a variable dependent (y) la velocitat al quadrat v^2 , i com a pendent (m) el producte $2a$. L'ordenada en l'origen (n) seria en aquest cas igual a zero.

Afegiu a la vostra taula els valors de x i de y , és a dir d i v^2 , representeu-los gràficament, calculeu la recta que millor defineix el seu comportament mitjançant un ajust per mínims quadrats i determineu el valor de la pendent (m) amb el seu error.

3. Tractament de dades i presentació de resultats

1. Necessitem calcular θ a partir de l'equació:

$$(9) \sin \theta = \frac{h}{L}$$

Atenció: elabora el triangle rectangle i observa que L es la distància entre els peus del carril, i h es l'elevació (altura de la caixa col·locada per elevar el carril)

2. Ara calcula l'acceleració que tindria la massa en absència de fricció, a_0 a partir de la equació (5).

3. A continuació calcula el valor experimental de l'acceleració, a_{exp} . És necessari relacionar l'acceleració amb el valor de la pendent, a partir de les equacions (2) i (8).

4. Calcula el coeficient de fricció a partir de l'equació (6) amb el seu error.

4. Qüestions addicionals

1. Comenta si l'acceleració experimental a_{exp} que has trobat es major o menor que a_0 .

2. ¿Cóm afectaria a l'experiment que la longitud de la bandera fora de 10 cm en compte de 2.5 cm aproximadament?