

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 .

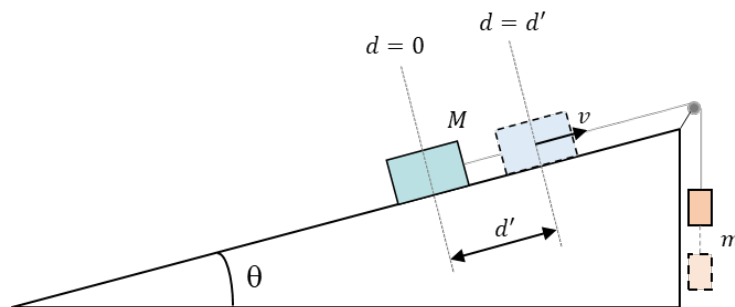


Fig. 1. Desplaçaments d del bloc mòbil de massa M sobre el pla inclinat.

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.

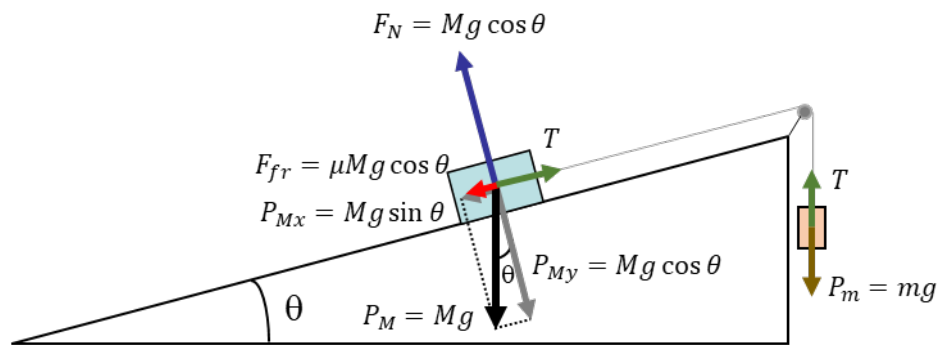


Fig. 2. Diagrama de forces d'un mòbil sobre el pla inclinat.

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

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

El nostre objectiu és mesurar μ , per a diferents valors de la distància, d , recorreguda pel bloc mòbil, i així determinar el valor experimental de l'acceleració (amb fricció) a partir d'un ajust per mínims quadrats. Conegut, a partir d'un càlcul geomètric, l'angle d'elevació del carril θ , es pot obtenir μ .

2. Mètode experimental.

En primer lloc, per inclinar el carril, col·loqueu una caixa sota un dels seus peus. L'angle d'inclinació depèn de la distància L entre els peus del carril (quan no s'ha inclinat) i de l'elevació b (altura de la caixa) segons l'expressió $\sin \theta = b/L$. 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. **La fotocèl·lula es col·loca en una posició fixa al final del carril**, i s'allibera el patí (la peça de fusta) en diferents posicions 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 les diferents posicions, 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), i, si dóna temps en la sessió, també del coeficient de fricció entre el carril de plàstic i la superfície de fusta del patí, amb una massa penjant de la corriola de 50 g (10 el suport i altres 40 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 $v^2 = 2 a d$ amb l'equació d'una recta $y = m x + n$, 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 i calculeu la recta que millor defineix el seu comportament mitjançant un ajust per mínims quadrats. A partir del **pendent de l'ajust**, has d'obtindre **l'acceleració experimental**, valor que has de comparar amb el càlcul de **l'acceleració quan no hi ha fregament**, a_0 (equació 5). Després, coneguts els valors de l'acceleració de la gravetat i l'angle d'inclinació del carril, heu d'obtindre el valor del coeficient de fricció (a partir de l'últim terme de l'eq. 6). No oblideu determinar els valors de les masses involucrades, ja que també són necessaris.

Com a resultats, heu de proporcionar la taula demanada, la representació de v^2 en funció de d i el seu ajust, la comparació entre els valors de l'acceleració experimental i l'acceleració sense fregament, i el valor del coeficient de fricció amb el seu error, per als dos casos estudiats.

3. Qüestions addicionals.

1. Comenta si l'acceleració experimental és major o menor que a_0 .
2. Com afectaria a l'experiment que la longitud de la bandera fóra de 10 cm en lloc dels 2,5 cm que té la vosaltres heu emprat?