



PROBLEMES DE SISTEMES DE PARTÍCULES

- 5.1** Una persona està parada a l'extrem d'un llistó de fusta de 10 m de llarg, que descansa sobre d'un llac gelat. Suposeu que no hi ha fricció entre el llistó i el gel. El llistó pesa 4 vegades més que la persona.
- Si la persona comença a caminar a una velocitat de 3,0 m/s respecte del gel, amb quina velocitat relativa al gel es mourà el llistó?
 - Quan la persona arribi a l'altre extrem del llistó, quan haurà avançat la persona respecte del gel?

Sol: a) -0,75 m/s; b) 8,0 m

- 5.2*** Un noi que pesa 35 kg és al damunt d'un carret de 10 kg en un terreny horitzontal. En el carret hi ha, a més, tres totxos de 2,0 kg de pes cadascun. El noi els llança, un a continuació de l'altre, cap a darrera, amb una velocitat, respecte de sí mateix, de 6,0 m/s.
- Quina velocitat adquireix el sistema on hi ha el noi després de cada llançament?
 - Quina hauria estat aquesta velocitat si els hagués llançat els tres alhora?
 - Quant val l'energia cinètica generada en els dos casos anteriors?

Sol: a) 12/51 m/s, (12/51 + 12/49) m/s, (12/51 + 12/49 + 12/47) m/s; b) 36/51 m/s;
c) $E_{c1} = 1,0 \cdot 10^2$ J, $E_{c2} = 95$ J

- 5.3** Un vagó de 500 kg de massa es mou sense fricció sobre una superfície horitzontal a 10 m/s. Comença a ploure verticalment; calculeu la velocitat quan s'ha omplert amb 250 kg d'aigua.

Sol: 6,7 m/s

- 5.4** Un vagó de 14000 kg es mou (arrossegat per una locomotora) a 4 m/s mentre plou. Al cap d'un minut s'ha omplert amb 2000 kg d'aigua i la seva velocitat es manté constant. Quina força extra ha hagut de fer la locomotora per tal de mantenir el ritme?.

Sol: $F = 1,3 \cdot 10^2$ N

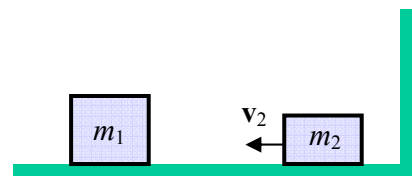
- 5.5** Els blocs A i B de masses m_A i m_B estan sobre d'un terra horitzontal llis. El bloc A avança en direcció al bloc B amb velocitat $v_{Ai} = 3,0$ m/s i el bloc B es troba inicialment en repòs. Els dos blocs xoquen elàsticament. Determineu la velocitat dels dos blocs després de la col·lisió en els següents casos:



- $m_A = m_B$
- $m_A = 2m_B$
- $m_A = m_B/2$

Sol: a) $v_{Af} = 0$, $v_{Bf} = 3,0$ m/s. b) $v_{Af} = 1,0$ m/s, $v_{Bf} = 4,0$ m/s. c) $v_{Af} = -1,0$ m/s, $v_{Bf} = 2,0$ m/s.

- 5.6** Dos blocs de masses m_1 i m_2 estan sobre d'un terra horitzontal llis. El bloc m_1 es troba inicialment en repòs i el bloc m_2 avança en direcció al bloc m_1 amb velocitat v_2 . Trobeu m_2 perquè els dos blocs es moguin amb la mateixa velocitat després que el bloc 2 hagi xocat una vegada contra el bloc 1 i una altra contra la paret. Considereu que totes les col·lisions són elàstiques.



Sol: $m_2 = m_1/3$

5.7 Els blocs A i B de masses $m_A = 300 \text{ g}$ i $m_B = 200 \text{ g}$ estan sobre d'un terra horitzontal llis. Els blocs A i B es mouen en la mateixa direcció i sentit amb velocitats $v_{Ai} = 2,00 \text{ m/s}$ i $v_{Bi} = 1,00 \text{ m/s}$. El coeficient de restitució per aquesta col·lisió és 0,6. Determineu:



- La velocitat dels dos blocs després de la col·lisió.
- La variació d'energia cinètica que s'ha produït en el xoc.

Sol: a) $v_{Af} = 1,36 \text{ m/s}$, $v_{Bf} = 1,96 \text{ m/s}$. b) $-38,4 \text{ mJ}$

5.8 Els blocs A i B de masses $m_A = 1,0 \text{ kg}$ i $m_B = 2,0 \text{ kg}$ estan sobre d'un terra horitzontal llis. El bloc A avança en direcció al bloc B amb velocitat $v_{Ai} = 2,0 \text{ m/s}$ i el bloc B es troba inicialment en repòs. Després de la col·lisió el bloc A retrocedeix amb $v_{Af} = 0,5 \text{ m/s}$. Determineu:



- La velocitat del bloc B després de la col·lisió.
- La variació d'energia cinètica que s'ha produït en el xoc.
- El coeficient de restitució d'aquesta col·lisió.

Sol: a) $v_{Bf} = 1,3 \text{ m/s}$. b) $-0,31 \text{ J}$. c) $0,88$

5.9 Es deixa caure una pilota des d'una alçada de 2 m , determineu el coeficient de restitució, sabent que en rebotar arriba fins a $1,2 \text{ m}$ d'alçada.

Sol: $0,77$

5.10 Dues boles de ferro d'igual diàmetre estan unides mitjançant una barra rígida de pes negligible i longitud 61 cm . Les deixem caure des d'una alçada de 15 cm sobre uns suports de planxa de llautó i ferro. Si els coeficients de restitució dels dos materials son respectivament $0,4$ i $0,6$, determineu la velocitat angular de la barra immediatament després del xoc.

Sol: $0,56 \text{ rad/s}$

5.11 Un davanter de rugbi de 85 kg que es mou a $7,0 \text{ m/s}$ xoca de forma completament inelàstica amb un defensa de 100 kg que es trobava inicialment en repòs. Determineu la velocitat dels jugadors després de la col·lisió.

Sol: $3,2 \text{ m/s}$

5.12 Dos objectes de masses $M_1 = 2,0 \text{ kg}$ i $M_2 = 5,0 \text{ kg}$ porten velocitats donades per $\mathbf{v}_1 = 10,0 \text{ m/s } \mathbf{i}$ i $\mathbf{v}_2 = 3,0 \text{ m/s } \mathbf{i} + 5,0 \text{ m/s } \mathbf{j}$, just abans d'iniciar un xoc durant el qual ambdós s'adhereixen permanentment l'un a l'altre.

- Quina quantitat de moviment té el sistema d'objectes, tant segons el sistema de referència del laboratori com segons el del centre de masses (CM)?
- Quina velocitat té cada objecte segons el sistema del CM?
- Després de xocar, quina velocitat té el CM?
- Calculeu la velocitat que porta cada objecte després de xocar, segons el sistema CM i el del laboratori.
- Quina quantitat d'energia cinètica es transforma en «calor» degut al xoc?

Sol: a) $\mathbf{p}^{\text{Lab}} = 35 \text{ kg m/s } \mathbf{i} + 25 \text{ kg m/s } \mathbf{j}$, $\mathbf{p}^{\text{CM}} = 0$; b) $\mathbf{u}_1 = 5,0 \text{ m/s } \mathbf{i} - 3,6 \text{ m/s } \mathbf{j}$, $\mathbf{u}_2 = -2,0 \text{ m/s } \mathbf{i} + 1,4 \text{ m/s } \mathbf{j}$; c) $\mathbf{V}_{\text{CM}} = 5,0 \text{ m/s } \mathbf{i} + 3,6 \text{ m/s } \mathbf{j}$; d) $\mathbf{u}'_1 = \mathbf{u}'_2 = 0$, $\mathbf{v}'_1 = \mathbf{v}'_2 = 5,0 \text{ m/s } \mathbf{i} + 3,6 \text{ m/s } \mathbf{j}$; e) 53 J

5.13 En un joc de billar un dels jugadors llança una de les boles amb una velocitat de 20 m/s en una direcció que prendrem com x . Una altra bola, que s'està movent en direcció 30° respecte l'eix x , amb una velocitat de 10 m/s , xoca amb la primera, canviant la seva direcció a una altra que forma -8° amb l'eix Ox i sortint amb una velocitat de 12 m/s . (Les boles són idèntiques i de $0,40 \text{ kg}$ de massa). Si en el xoc es perd el 6% de la energia cinètica:

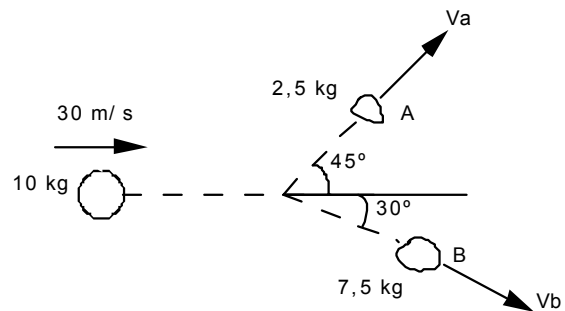
- Trobeu la quantitat de moviment inicial del sistema de partícules segons el sistema de referència dels jugadors.

- b) Calculeu la velocitat del CM de les dues boles de billar.
- c) Quin angle, respecte a la seva direcció inicial, forma la direcció de sortida del xoc de la bola primera?
- d) Quina energia cinètica té cadascuna de les boles després del xoc, segons el sistema de referència del CM?
- e) Comproveu que l'energia cinètica del sistema de partícules és, en qualsevol instant:

$$E_c^{\text{resp. jugador}} = E_{c_{\text{CM}}} + E_c^{\text{resp. CM}}$$

Sol: a) $\mathbf{P} = 12 \text{ kg}\cdot\text{m/s } \mathbf{i} + 2,0 \text{ kg}\cdot\text{m/s } \mathbf{j}$; b) $\mathbf{V}_{\text{CM}} = 14 \text{ m/s } \mathbf{i} + 2,5 \text{ m/s } \mathbf{j}$; c) 22° ; d) $E_{c_1}^{\text{CM}} = E_{c_2}^{\text{CM}} = 4,8 \text{ J}$

5.14 Un projectil de 10 kg es mou a una velocitat de 30 m/s. En un cert instant, un mecanisme intern provoca la seva explosió i queda fragmentat en dos trossos A i B de 2,5 kg i 7,5 kg respectivament. Si la direcció de les seves velocitats immediatament després de l'explosió és la indicada a la figura, quina és la velocitat de cadascun dels fragments? Calculeu també l'energia posada en joc en l'explosió.



Sol: $\mathbf{v}_A = 44 \text{ m/s } \mathbf{i} + 44 \text{ m/s } \mathbf{j}$,
 $\mathbf{v}_B = 25 \text{ m/s } \mathbf{i} - 15 \text{ m/s } \mathbf{j}$, $E_c = 3,5 \text{ kJ}$

5.15 Un canó de 200 kg que es pot moure lliurement sobre uns rails horitzontals dispara un projectil de 5 kg amb una velocitat de 250 m/s i un angle de 53° respecte a l'horitzontal. Trobeu la velocitat de retrocés del canó.

Sol: 3,8 m/s

5.16 Un element explosiu (una granada, per exemple) de 60 g de massa es llança de forma efectiva cap a un objectiu situat en el mateix nivell (eix OX). La velocitat amb què surt és $\mathbf{v}_0 = (50 \text{ m/s } \mathbf{i} + 20 \text{ m/s } \mathbf{j})$. Quan l'explosiu assoleix la màxima altura explota (naturalment per error de fabricació) en dos trossos iguals de velocitats: $\mathbf{v}_1 = 30 \text{ m/s } \mathbf{i}$; $\mathbf{v}_2 = v_{2x} \mathbf{i}$

- a) Demostreu que el moviment que realitza l'explosiu és parabòlic, i trobeu-ne l'equació de la trajectòria $y = f(x)$.
- b) Quina altura màxima assoleix l'explosiu respecte al nivell de llançament?
- c) Quina velocitat té el centre de masses abans i després de l'explosió?
- d) Quina velocitat tindrà el segon tros després de la explosió, \mathbf{v}_2 ?
- e) Quant de temps triga el CM en arribar al terra?

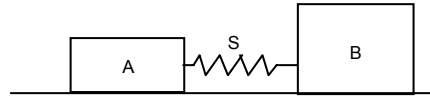
Sol: a) $y = (2/5)x - x^2/510$; b) $h_{\text{màx}} = 20,4 \text{ m}$; c) $\mathbf{V}_{\text{CM}} = 50 \text{ m/s } \mathbf{i}$; d) $\mathbf{v}_2 = 70 \text{ m/s } \mathbf{i}$; e) $t = 4,1 \text{ s}$

5.17 En una pedrera han dinamitat una roca que es trobava en repòs. Aquesta s'ha descompost en tres fragments A, B i C. Els tres fragments de massa $m_A = 20 \text{ kg}$, $m_B = 20 \text{ kg}$ i $m_C = 10 \text{ kg}$, han sortit movent-se paral·lelament al terra, amb velocitats $\mathbf{v}_A = 15 \text{ m/s } \mathbf{j}$, $\mathbf{v}_B = 10 \text{ m/s } \mathbf{i}$, i $\mathbf{v}_C = v_{Cx} \mathbf{i} + v_{Cy} \mathbf{j}$.

- a) Determineu les components v_{Cx} i v_{Cy} de la velocitat de sortida del fragment C.
- b) Calculeu la velocitat del centre de masses del sistema després de l'explosió. Tot seguit, s'observa que el fragment B, topa amb un bidó de 300 kg que conté grava i que estava situat al costat de la roca. La durada del xoc és d'uns 5,0 ms i la velocitat amb que surt projectat el bidó és de 1,0 m/s.
- c) Quina serà la velocitat de B després de la col·lisió?
- d) Quina és la força mitjana que la roca ha exercit sobre el bidó durant la col·lisió?

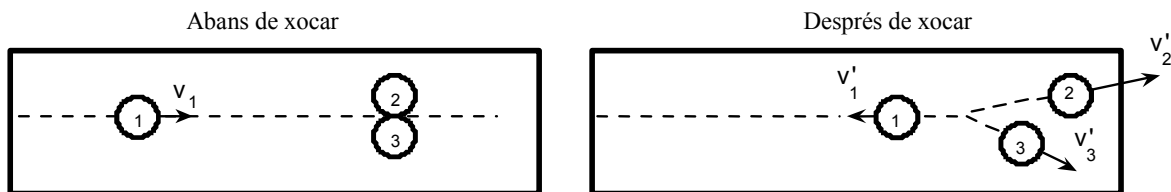
Sol: a) $\mathbf{V}_{\text{CM}} = -20 \text{ m/s } \mathbf{i} - 30 \text{ m/s } \mathbf{j}$; b) 0; c) -5,0 m/s; d) 60 kN

- 5.18 La massa del bloc A és 1,0 kg i la del bloc B, 2,0 kg. S'aproximen els dos blocs comprimint la molla S situada entre ells. Es deixa evolucionar lliurement el sistema des del repòs sobre una superfície horitzontal llisa. La molla no està agafada a cap dels blocs i es desprèn i cau a la superfície una vegada ha recuperat la seva longitud natural. El bloc B adquireix una velocitat de 0,50 m/s. Quina era l'energia potencial emmagatzemada en el sistema?



Sol: 0,75 J

- 5.19 En una taula de billar la disposició de les boles és la que s'indica a l'esquema adjunt. (Les boles són idèntiques i amb una massa de 0,35 kg). La tacada sobre la bola 1 li proporciona una velocitat de 5,0 m/s. La distància que separa la bola 1 de les altres dues, que estan alineades, és de 2,5 m.



El coeficient de fricció entre les boles i la taula té un valor $\mu = 0,097$ (suposem que les boles llisquen i NO RODOLEN). Després de xocar la bola 1 amb les altres boles, rebota per la mateixa línia, amb una celeritat de 0,5 m/s, i les boles 2 i 3 surten amb velocitats v'_2 i v'_3 (de mòdul 2,0 m/s) formant angles $\alpha = 15^\circ$ i β , respectivament.

- trobeu la velocitat que té la bola 1, just a l'instant del xoc amb les altres boles.
- Quin valor té l'angle β ?
- Calculeu el mòdul de v'_2 .
- Trobeu el percentatge de energia cinètica del conjunt de les boles, perdut en el xoc.

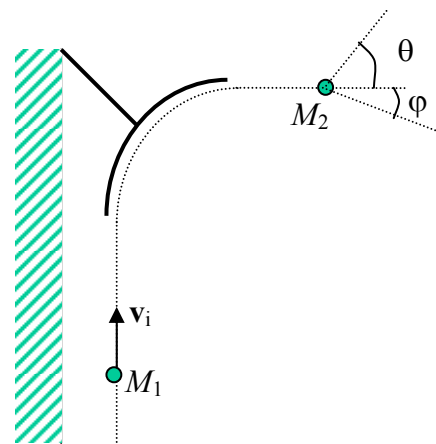
Sol: a) $v_1 = 4,5$ m/s ; b) $\beta = 25^\circ$; c) $v'_2 = |v'_2| = 3,3$ m/s; d) 25 %

- 5.20 Sobre d'una superfície plana sense fricció es llança, amb una velocitat $v_i = 10$ m/s \mathbf{j} , un objecte de massa M_1 cap a una corba de 90° que produeix un canvi en la direcció de l'objecte sense pèrdues d'energia en el procés. El recorregut en el tram curvilini té una durada de $3,0 \cdot 10^{-2}$ s. Dades: $M_1 = M_2 = 0,60$ kg.

- ¿Quina força mitjana produeix el tram curvilini sobre l'objecte?

Un cop el mòbil ha sortit de la corba, es dirigeix cap a un altre objecte, de massa M_2 , inicialment en repòs. M_1 no es dirigeix exactament cap al centre de M_2 , pel que, després de la col·lisió, M_1 i M_2 surten formant respectivament angles $\theta = 69^\circ$ i $\varphi = 21^\circ$ respecte a la trajectòria de M_1 anterior a la col·lisió.

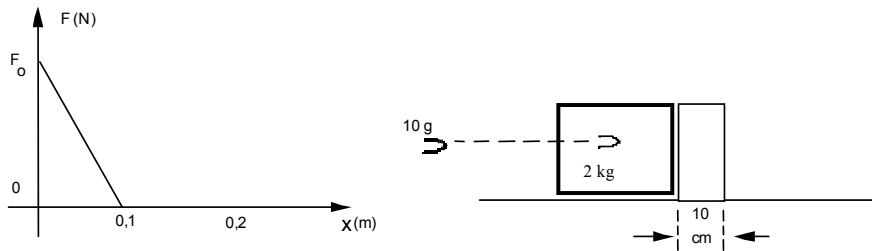
- Quina és la velocitat de sortida de M_1 i M_2 després de la col·lisió?
- Indiqueu si la col·lisió es pot considerar elàstica o no, en aquest cas calculeu la fracció d'energia perduda.



Sol: a) 200 N $\mathbf{i} - 200$ N \mathbf{j} ; b) $v_{1f} = 3.6$ m/s; $v_{2f} = 9.3$ m/s; c) la col·lisió és elàstica

- 5.21 Es dispara una bala de 10 g de massa amb una pistola d'aire comprimit que té un canó de 10 cm de longitud. La força que actua sobre la bala quan aquesta es troba en el canó de la pistola, decreix linealment amb la posició, tal i com es mostra en la figura, essent la força màxima de valor F_0 .

La bala s'incrusta en un bloc de fusta, de 2,0 kg de massa, situat sobre una superfície horitzontal amb la que té un coeficient de fregament de valor 0,20. El bloc, com a conseqüència de l'impacte, es desplaça 0,10 m abans d'aturar-se. Trobeu el valor de F_0 .



Sol: $F_0 = 1,6 \text{ kN}$

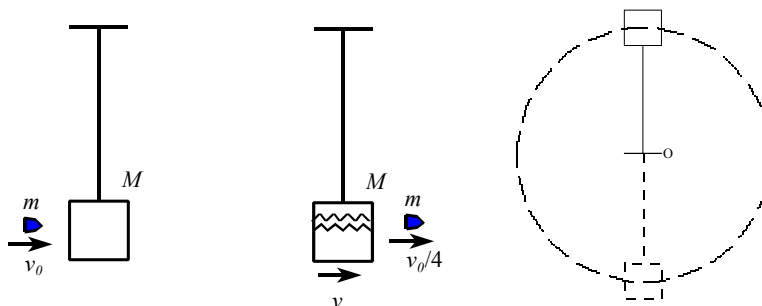
5.22 Una bala de 100 g de massa i velocitat horitzontal v travessa l'esfera d'un pèndol de 2,0 m de longitud i 1,0 kg de massa, i surt amb velocitat $v/2$, sense modificar la seva direcció i sentit.

- Calculeu la velocitat del pèndol just després de la col·lisió (en funció de v).
- Quina quantitat d'energia mecànica s'ha perdut? (també en funció de v).
- Quina ha de ser la velocitat mínima de la bala per a que l'esfera pendular faci una volta completa?
- Quina hauria de ser aquesta velocitat mínima si es tractés d'una barra rígida?

Sol: a) $v_{\text{pend}} = 0,050 v$; b) $\Delta E = 0,036 v^2$; c) $v_{\text{min}} = 0,20 \text{ km/s}$; d) $v_{\text{min barra}} = 0,18 \text{ km/s}$

5.23 Una bala de 100 g de massa xoca inelàsticament amb un bloc de fusta de 900 g de massa suspès d'un fil de 2 m de llargària. La bala arriba al bloc amb una velocitat v_0 , travessa el bloc i surt amb una velocitat igual a $v_0/4$. Calculeu:

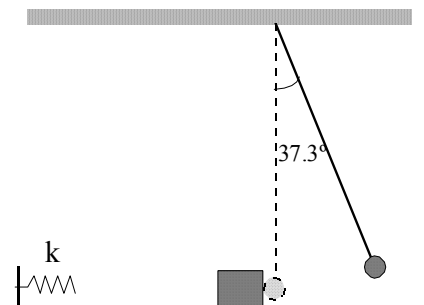
- La v_0 mínima necessària perquè M faci la volta completa al voltant del punt O.
- El treball fet per les forces de fricció sobre la bala quan aquesta travessa el bloc per a la v_0 mínima.
- La tensió del fil i les acceleracions tangencial i normal de M per a un desplaçament angular de 37° si $v_0 = 96 \text{ m/s}$.
- Fins a quina alçada arribaria M per a $v_0 = 96 \text{ m/s}$?



Sol: a) 120 m/s; b) -620 J; c) $T = 32 \text{ N}$; $a_T = 5,9 \text{ m/s}^2$; $a_N = 28 \text{ m/s}^2$; d) 3,3 m

5.24 En la següent figura es mostra un pèndol de massa 2,0 kg i de longitud 1m que surt amb velocitat inicial zero d'un punt que forma un angle de $37,3^\circ$ amb la vertical.

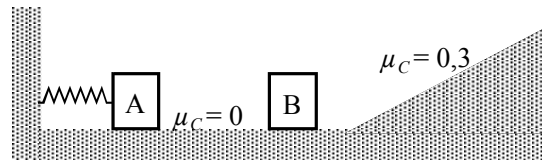
- Demostreu que la velocitat del pèndol en el punt més baix de la seva trajectòria és de 2,0 m/s.
- Quina és la tensió del fil en aquest punt?
Quan arriba al punt més baix de la trajectòria el pèndol xoca elàsticament amb un bloc de 4,0 kg de massa.
- Amb quina velocitat surt el bloc després del xoc?
El bloc llisca pel terra una distància de 0,40 m, fins que arriba a un punt a on hi ha una molla de constant recuperadora $k = 5,0 \text{ N/m}$. El coeficient de fregament cinètic entre la superfície del bloc i el terra és de 0,20.
- Amb quina velocitat arriba el bloc al punt on es troba la molla?
- Quina és la compressió màxima que experimentarà la molla?



Sol: b) 28 N; c) 1,3 m/s; d) 0,35 m/s; e) 3,1 cm

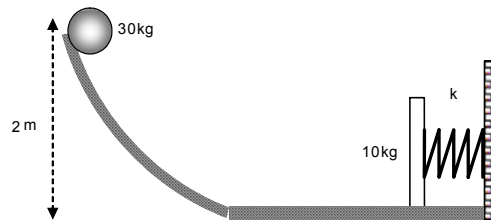
5.25 El bloc A ($m_A = 2,0$ kg) està comprimint una molla de massa insignificant i $k=800$ N/m. Quan es deixa anar el bloc, aquest es mou per una superfície plana sense fregament i xoca de forma completament inelàstica amb el bloc B ($m_B = 2,0$ kg) que estava en repòs. El conjunt surt a una velocitat de $3,1$ m/s, i puja per un pla inclinat 30° amb un coeficient de fregament cinètic $\mu_c = 0,3$.

- Determineu la velocitat que té l'objecte A just abans de topar amb B.
- Calculeu la compressió inicial de la molla.
- A quina alçada puja el conjunt dels dos blocs abans de tornar enrere.



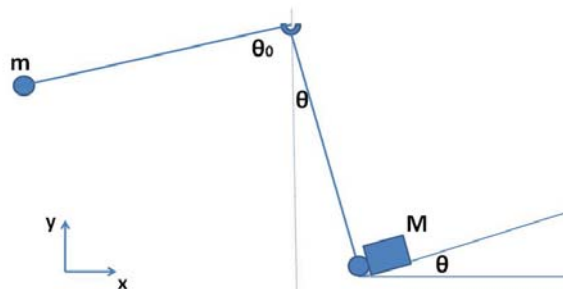
Sol: a) $6,2$ m/s; b) $0,31$ m; d) $0,32$ m

5.26 Un bloc de 30 kg de massa es deixa caure des d'una alçada de $2,0$ m i incideix en una molla de constant elàstica $k = 20$ kN/m. Si la col·lisió entre bloc i plat és perfectament inelàstica, quin és el màxim desplaçament del plat?



Sol: $0,21$ m

5.27 Una bola metàl·lica de massa $m = 1,0$ kg penja d'un fil de massa negligible i longitud $l = 2,0$ m formant un pèndol. Inicialment el pèndol es troba en repòs formant un angle θ_0 respecte la vertical. Deixem lliure el pèndol i observem que quan l'angle respecte la vertical és $\theta = +20^\circ$ l'esfera pendular té una velocitat de $6,0$ m/s.



- Determineu l'angle θ_0 que el pèndol forma inicialment amb la vertical.
- Determineu la tensió de la corda i les acceleracions normal i tangencial de l'esfera pendular per a l'angle $\theta = +20^\circ$.

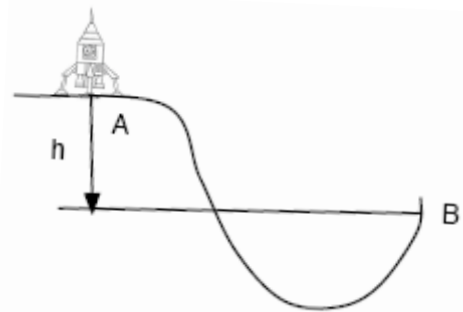
Tot seguit el pèndol xoca inelàsticament amb un bloc de massa $M = 2,0$ kg que està en repòs sobre un pla inclinat un angle $\theta = 20^\circ$ (de forma que la col·lisió és frontal). Just després de la col·lisió la velocitat del bloc de massa M és de $3,6$ m/s.

- Determineu la velocitat de l'esfera pendular just després de la col·lisió, el coeficient de restitució i l'energia perduda en aquest xoc.
- Tenint en compte que el coeficient de fricció cinètica entre la massa M i el pla inclinat és $\mu_c = 0,2$, determineu l'alçada màxima que assolirà la massa M després de la col·lisió i el temps que tardarà a arribar-hi.

Sol: a) 89° b) $T = 27$ N; $a_n = 18$ m/s²; $a_t = 3,4$ m/s² c) $-1,2$ m/s; $0,8$; $-4,3$ J c) $0,43$ m; $0,69$ s

5.28 Es comenta que un coet arribaria a una major alçada si en lloc de llençar-lo des del terra (punt A), es fes des d'un nivell inferior (punt B) després de lliscar, des del repòs, sobre una superfície sense fricció com la que mostra la figura. Per analitzar aquest fet, considereu un model simplificat en el qual la massa del coet és M , la massa de combustible és m i l'energia que s'allibera de la combustió és suficient com per a fer sortir m amb una velocitat V relativa a M . Aquest procés instantani es pot considerar com una explosió.

- Considerant el valor de la gravetat, g , independent de l'alçada, calculeu a quina alçada arribaria el coet si es llancés des del repòs en el punt A.
- Si el punt B es troba a una distància h sota la vertical de A i es llança el coet des de A després de lliscar sense fricció, quina és la velocitat del coet abans de la ignició?, i després d'aquesta?
- A quina alçada, respecte al punt A, puja el coet en aquest segon cas?

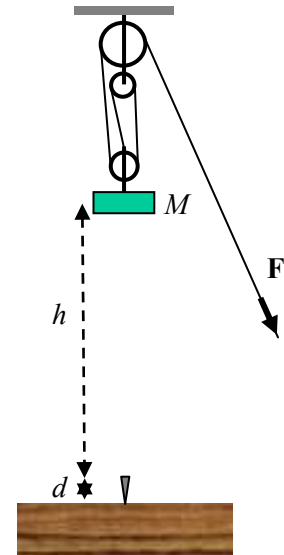


Sol: a) $H_A = \frac{V^2}{2g} \left(\frac{m}{M+m} \right)^2$ b) $\sqrt{2gh}$; $\sqrt{2gh} + \frac{m}{M+m}V$ c) $H_B = H_A + h + \frac{m}{M+m}V \sqrt{\frac{2h}{g}}$

5.29 Un dia, el professor Franz de Copenhague havia de clavar un clau i no tenia un martell a mà. Per aquest motiu va construir la màquina de la figura. Mitjançant un sistema de politges s'aixeca un bloc de massa $M = 1,0$ kg fins a una alçada h . Un cop dalt, el bloc es deixa caure lliurement. Quan el bloc arriba a baix xoca amb el clau (podem considerar que la col·lisió és completament inelàstica). En penetrar en una determinada superfície, el clau experimenta una fricció constant, de valor $F_{fr} = 2200$ N, que s'oposa al seu avanç frenant-lo. La massa del clau és $m = 20$ g i la seva llargada $d = 2,6$ cm.

Determineu:

- La força F necessària per aixecar el bloc a velocitat constant. Negligiu l'efecte de la fricció de les politges i també el seu pes.
- El bloc arriba al xoc amb una velocitat de $5,4$ m/s. Determineu l'alçada h des de la que el deixem caure.
- La velocitat del clau just després d'haver estat colpejat pel bloc per primera vegada.
- La distància que penetra el clau a cada cop i el nombre de cops que cal repetir el procés per clavar el clau completament. Per simplicitat, atès que $d \ll h$, negligiu les variacions d'energia potencial del clau.
- L'energia necessària per dur a terme tot el procés.



Sol: a) $3,3$ N b) $1,5$ m c) $5,3$ m/s d) 4 cops e) 58 J

5.30 Dues partícules de masses 2 kg i 3 kg es troben en les posicions $(-2,3,1)$ m i $(1,0,1)$ m, respectivament i tenen velocitats $\vec{v}_1 = (6,0,-4)$ m/s i $\vec{v}_2 = (0,3,2)$ m/s. Trobeu el moment angular del sistema respecte l'origen de coordenades.

Sol: $\vec{l}_0 = (-33, -10, -27)$ kg m²/s

5.31 Dues partícules de massa $0,010$ kg i $0,030$ kg es troben en les posicions $(1,0,0)$ m i $(1,1,0)$ m, movent-se amb velocitats $(2, 3, 0)$ m/s i $(0,1,0)$ m/s respectivament. Ambdues partícules s'atreuen amb una força de $2,0$ mN que actua sobre la recta que les uneix.

- Determineu el moment de força resultant respecte l'origen de coordenades.
- Determineu el moment angular del sistema respecte l'origen de coordenades.

Sol: a) 0 ; b) $0,06$ kg m²/s **k**

