

Bon dia a tothom, espero que estigueu bé. A física ja hauríeu d'haver acabat el tema 8, que tracta sobre les forces, i ara toca treballar el tema 9 que tracta sobre les forces gravitatòries. Teniu temps fins el dimarts 5 de maig.

Aquesta vegada ho farem de manera diferent. Us envio les solucions del tema 8, el de les forces, i del tema 9, el de les forces gravitatòries. No es tracta de copiar i ja tenir-ho fet, el que més interessa us ho dic sempre és aprendre. Corregiu els exercicis del tema 8 i feu servir les solucions per **ajudar-vos** a fer els del tema 9, no per copiar-los.

Quan acabem això ens quedaran només 3 temes (Forces en els fluids, Treball i energia, Energia i calor). Durant el mes i mig que ens quedarà veurem el més important d'aquests tres temes i haurem aconseguit acabar tot el temari.

Ara a treballar dur amb el tema 9 i si teniu qualsevol dubte em podeu escriure a sergidarwin2@gmail.com



Les forces

Les forces

INTERPRETA LA IMATGE

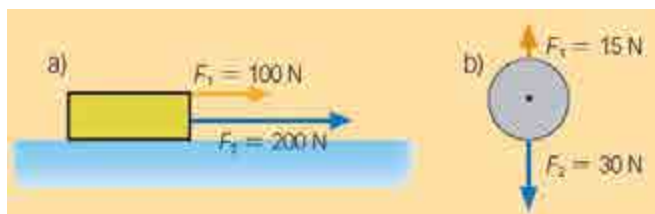
- **En què es diferencien els pneumàtics per a terra sec dels pneumàtics aptes per a terra mullat?**
Els pneumàtics per a terra sec són més llisos que els de terra mullat.
- **Quina conseqüència té aquesta diferència sobre la força de fregament existent entre els pneumàtics i el terra?**
Com més llis és un pneumàtic, menor és la força de fregament.
- **Quines forces fan avançar al cotxe? Quines el frenen?**
La força que exerceix el motor és la que fa avançar al cotxe. I quan descendeix per un pendent una component del pes també fa que el cotxe baixi. El frenen la força de fregament amb el terra i el fregament amb l'aire. En un pendent ascendent una component del pes també frena el cotxe.
I si s'accionen els frens, hi ha una altra força més que intenta aturar el cotxe.

CLAUS PER COMENÇAR

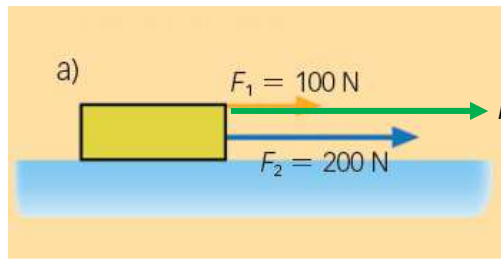
- **Amb quin instrument podem mesurar les forces?**
Amb un dinamòmetre. Les bàscules amb molla i les electròniques també mesuren una força: el pes dels cossos. No obstant això, les balances i les bàscules amb contrapès no mesuren forces, sinó masses.
- **Quins efectes produeixen les forces en els cossos?**
Les forces poden deformar els cossos o modificar-ne l'estat de moviment. Per exemple, poden detenir un cos que estava en moviment o posar en moviment un cos que estava en repòs.
- **La força és una magnitud escalar o vectorial? Indica quines dades cal especificar per descriure una força.**
És una magnitud vectorial. Per descriure una força cal especificar el seu mòdul o intensitat; és a dir, el valor que té, la seva direcció i el sentit.
- **Creus que el KERS es podria aprofitar per estalviar combustible en cotxes convencionals?**
Sí, perquè aprofita l'energia que es perdria durant la frenada per reutilitzar-la i impulsar el vehicle.

ACTIVITATS

- 1 **Dibuixa la força resultant a la llibreta i calcula'n el valor.**



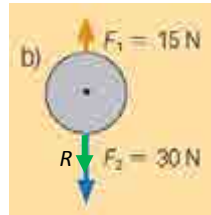
- a) En aquest cas, la força resultant es calcula sumant els mòduls de les dues forces, ja que les dues tenen la mateixa direcció i sentit. Per tant:



El mòdul de la resultant, R , és:

$$R = F_1 + F_2 = 100 \text{ N} + 200 \text{ N} = 300 \text{ N}$$

- b) Ara les forces tenen la mateixa direcció i sentits oposats. La força resultant tindrà la mateixa direcció, el sentit de la força major i el mòdul serà igual a la resta de tots dos mòduls.

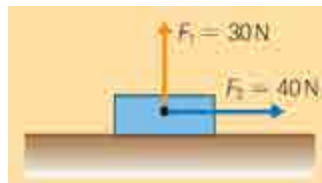


El mòdul de la resultant, R , és:

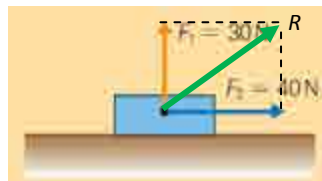
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \rightarrow R = F_2 - F_1 = 30 \text{ N} - 15 \text{ N} = 15 \text{ N}$$

2

Calcula i dibuixa a la llibreta la força resultant. Després, dibuixa la força que cal aplicar perquè el cos estigui en equilibri.



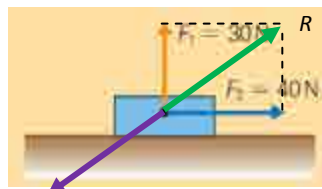
En aquest cas, les forces són perpendiculars. La resultant es calcula sumant els dos vectors segons la regla del paral·lelogram:



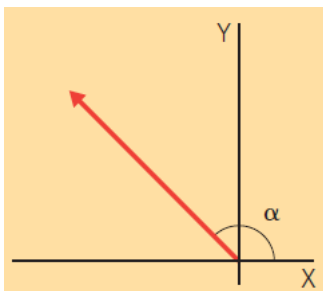
Per calcular el mòdul fem el teorema de Pitàgores:

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 \rightarrow R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(30 \text{ N})^2 + (40 \text{ N})^2} = 50 \text{ N}$$

Perquè el cos estigui en equilibri, la força neta ha de ser nul·la. Per aconseguir-ho hem d'aplicar una força amb la mateixa direcció i mòdul que la força resultant i amb sentit oposat.



- 3 **Calcula les components horitzontal i vertical del vector següent, de mòdul 16 cm. Interpreta els signes. Dada: $\alpha = 135^\circ$.**



Anomenem A el vector representat. L'angle que forma el vector amb l'eix vertical és $\alpha - 90^\circ$. Llavors la component vertical serà:

$$16 \text{ cm} \cdot \cos(\alpha - 90^\circ) = 16 \text{ cm} \cdot \cos(135^\circ - 90^\circ) = 16 \text{ cm} \cdot \cos 45^\circ = 16 \text{ cm} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 11,31 \text{ cm} \rightarrow A_y = 11,31 \text{ cm}$$

L'angle que forma el vector amb l'eix horitzontal és $180^\circ - \alpha$. Llavors el valor de la component vertical serà:

$$16 \text{ cm} \cdot \cos(180^\circ - \alpha) = 16 \text{ cm} \cdot \cos(180^\circ - 135^\circ) = 16 \text{ cm} \cdot \cos(45^\circ) = 16 \text{ cm} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 11,31 \text{ cm}$$

La component horitzontal és negativa. Per tant:

$$A_x = -11,31 \text{ cm}$$

Les dues components són iguals en mòdul, ja que l'angle que forma el vector amb cada un dels eixos és de 45° . Però la component horitzontal és negativa, perquè està dirigida cap a l'esquerra de l'origen.

- 4 **Observa les situacions següents.**

- a) **Indica quins canvis experimenten en l'estat de moviment:**

A. Una pilota de tennis que es frena mentre puja.

B. Un carret de supermercat quan el traïem de la fila.

C. Un disc d'hoquei que xoca contra la paret.

D. La Lluna girant al voltant de la Terra.

- b) **Dibuixa a la llibreta la direcció i el sentit de la força que els provoca.**

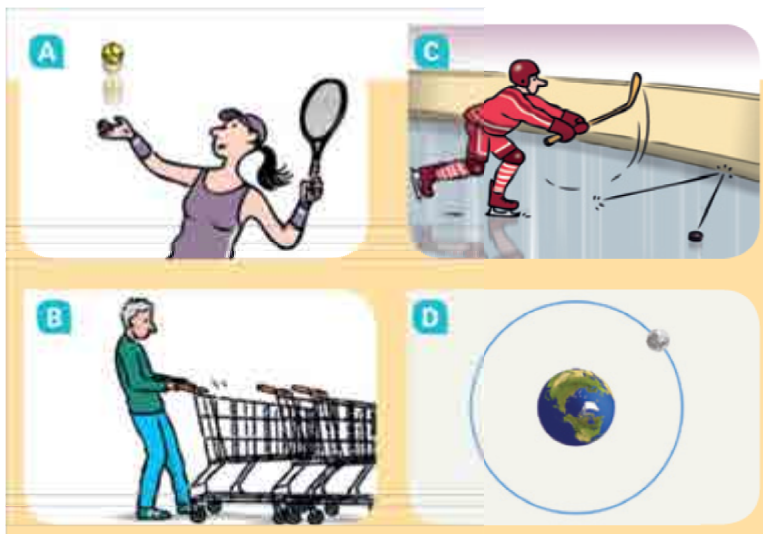
- a) A: La velocitat de la pilota va disminuint.

B: El carro passa d'estar en repòs a estar en moviment; per tant, accelera.

C: El disc canvia la direcció del moviment.

D: La direcció del moviment va canviant contínuament.

- b) Per a cada cas hi ha una força que causa el canvi:





- 5 Un cos de 10 kg de massa està recolzat sobre una superfície horitzontal. L'estirem cap amunt amb una corda que exerceix una força de 20 N. Entre el cos i la superfície hi ha un coeficient de fregament de 0,2. Calcula la força de fregament.

El mòdul de la força de fregament depèn del coeficient de fregament i de la força normal.

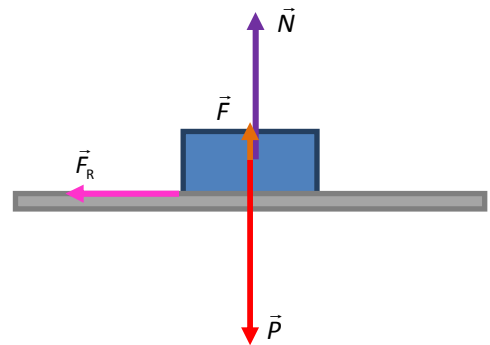
$$F_R = \mu \cdot N$$

En aquest cas la força normal no coincideix amb el pes del cos, encara que aquest estigui recolzat sobre una superfície horitzontal, sinó amb la força resultant. Si el cos no es mou en l'eix vertical, és perquè la força exercida més la normal igualen el pes. Per tant:

$$F + N = P \rightarrow N = P - F = m \cdot g - F = 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} - 20 \text{ N} = 78 \text{ N}$$

I ja es pot calcular la força de fregament:

$$F_R = 0,2 \cdot 78 \text{ N} = 15,6 \text{ N}$$



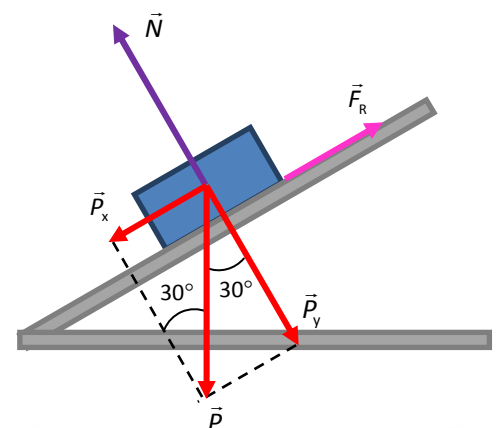
- 6 Un cos de 10 N de pes està recolzat sobre un pla inclinat 30° respecte a l'horitzontal. Calcula la força de fregament. Dades: $\mu = 0,2$.

Utilitzem un esquema per mostrar les forces que actuen sobre el cos.

La component del pes paral·lela al pla inclinat és responsable del moviment. La força de fregament tindrà la mateixa direcció que aquesta component del pes i el sentit oposat.

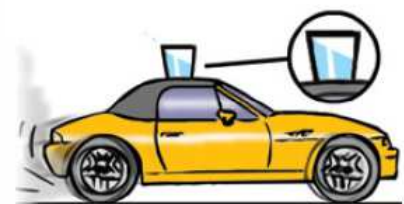
L'expressió de la força de fregament és:

$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot P \cdot \cos \alpha = 0,2 \cdot 10 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 1,73 \text{ N}$$



- 7 Basant-te en el principi d'inèrcia, explica què li passa a l'aigua del got. El cotxe està arrencant o frenant?

El principi d'inèrcia diu que els cossos tendeixen a conservar el seu estat de moviment. En aquest cas, si l'aigua s'acumula a la part posterior del vas, és perquè hi ha una força neta que tira del cotxe cap endavant. És a dir, el cotxe està arrencant.



INTERPRETA LA IMATGE Pàgina 171

Observa la persona que empeny el cotxe i la força de reacció del cotxe. Les dues forces són iguals en mòdul i oposades.

- Per tant, les dues forces s'anul·len entre si?

Les forces no s'anul·len entre si perquè estan aplicades sobre cossos diferents. Una força actua sobre el cotxe i una altra sobre la persona que l'empeny.

- Com ha de ser F perquè el cotxe es comenci a moure?

La força aplicada sobre el cotxe ha de ser major que la força de fregament entre el cotxe i la carretera.

8

Un cos de 2 kg està recolzat sobre un pla inclinat 45° respecte a l'horitzontal.

- Estudia els parells de forces acció-reacció que tenen l'origen en el cos. Indica quin agent exerceix la força de reacció en cada cas.
- Calcula el valor de cadascuna de les interaccions.
- Dibuixa el cos i les forces que hi actuen. Creus que està en equilibri?

- La Terra exerceix sobre el cos una força que anomenem pes. Al seu torn, el cos exerceix sobre Terra una força igual i de sentit oposat, encara que com la massa de la Terra és molt gran, no es noten els seus efectes.

D'altra banda, el pla exerceix una força cap al cos, la normal, que és oposada a la component del pes que té direcció perpendicular al pla. Així mateix, el cos exerceix una força cap al pla inclinat, de la mateixa magnitud i direcció que la normal, però de sentit oposat

- La força pes amb què la Terra atrau al cos és:

$$P = m \cdot g = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 19,6 \text{ N}$$

Aquest també és el valor de la força amb què el cos atrau la Terra.

Com coneixem el pes del cos i l'angle, podem calcular el valor de les dues components.

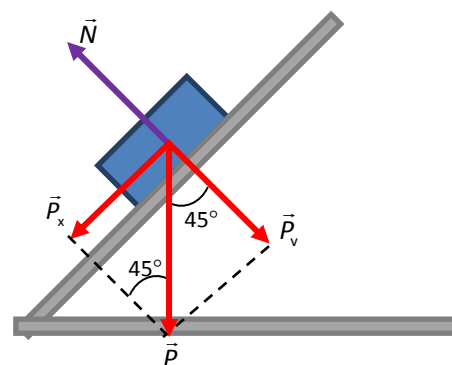
$$P_x = P \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 45^\circ = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 13,86 \text{ N}$$

$$P_y = P \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \cos \alpha = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 45^\circ = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 13,86 \text{ N}$$

La força normal té el mateix valor que la component P_y .

$$N = 13,86 \text{ N}$$

- El cos no està en equilibri, perquè la component del pes paral·lela al pla tira del cos cap avall, fent que el cos caigui. Si hi ha força de fregament i aquesta igualés a la component P_x , llavors el cos sí estaria en equilibri.



9

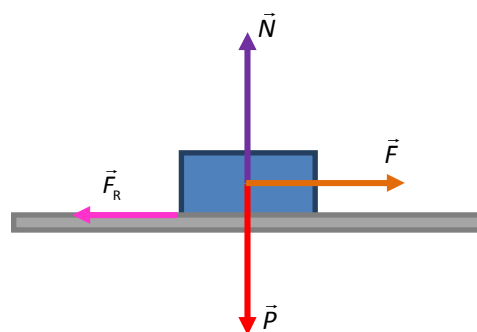
Una capsa de galetes de 500 g que hi ha damunt d'una taula, és arrossegada amb un cordill que hi exerceix una força de 5 N. El coeficient de fregament entre la capsa i la taula és 0,2. Calcula l'acceleració de la capsa si el cordill:

- És paral·lel a la superfície de la taula.
- Forma un angle de 45° amb la taula.
- Forma un angle de 90° amb la taula.

- Si la corda és paral·lela a la superfície de la taula, tant la força exercida com la força de fregament són horitzontals. Aplicant el principi fonamental de la dinàmica:

$$F - F_R = m \cdot a \rightarrow F - \mu \cdot P = m \cdot a \rightarrow F - \mu \cdot m \cdot g = m \cdot a \rightarrow$$

$$\rightarrow a = \frac{F - \mu \cdot m \cdot g}{m} = \frac{5 \text{ N} - 0,2 \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8}{0,5 \text{ kg}} = 8,04 \text{ m/s}^2$$

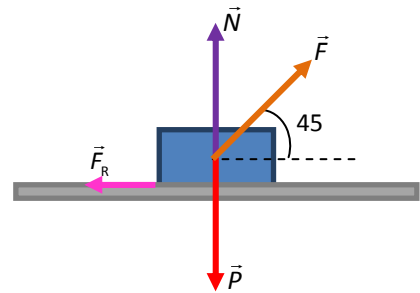


- b) Si la força forma un angle de 45° , la component d'aquesta força que tira de la caixa és el seu component horitzontal.

A més, la component vertical de la força fa que la força normal sigui menor que en el cas anterior. Per tant, també és menor ara la força de fregament.

Calculem l'acceleració:

$$\begin{aligned} F_x - F_R &= m \cdot a \rightarrow F_x - \mu \cdot P_y = m \cdot a \rightarrow F_x - \mu \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha = m \cdot a \rightarrow \\ \rightarrow a &= \frac{F_x - \mu \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m} = \frac{F \cdot \cos \alpha - \mu \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m} = \\ &= \frac{5 \text{ N} \cdot \cos 45^\circ - 0,2 \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot \sin 45^\circ}{0,5 \text{ kg}} = 6,53 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

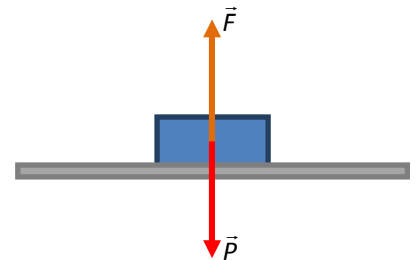


- c) Si la força forma un angle de 90° , cal comparar aquesta força amb el pes, per veure si la caixa està sobre la taula o es mou cap amunt. El pes de la caixa és:

$$P = m \cdot g = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 = 4,9 \text{ N}$$

Com que la força és una mica més gran que el pes, la caixa començarà a moure cap amunt.

$$F - P = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F - P}{m} = \frac{5 \text{ N} - 4,9 \text{ N}}{0,5 \text{ kg}} = 0,2 \text{ m/s}^2$$



10

Sobre un cos de 10 kg que és a la part inferior d'un pla inclinat 30° respecte a l'horitzontal s'aplica una força F , paral·lela al pla i cap amunt, de 100 N. Calcula:

- L'acceleració amb què puja.
- El valor de F perquè pugui amb velocitat constant.
- Repeteix els càlculs anteriors amb un coeficient de fregament entre el cos i el pla de 0,2.

- a) La força estira el cos cap amunt i una component del pes tira del cos cap avall.

$$\begin{aligned} F - P_x &= m \cdot a \rightarrow a = \frac{F - P_x}{m} = \frac{F - m \cdot g \cdot \sin 30^\circ}{m} = \\ &= \frac{100 \text{ N} - 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5}{10 \text{ kg}} = 5,1 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- b) Perquè pugui amb velocitat constant, la força neta ha de ser nul·la. És a dir, la força exercida ha de ser igual que la component del pes paral·lela al pla.

$$F = P_x = m \cdot g \cdot \sin 30^\circ = 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 = 49 \text{ N}$$

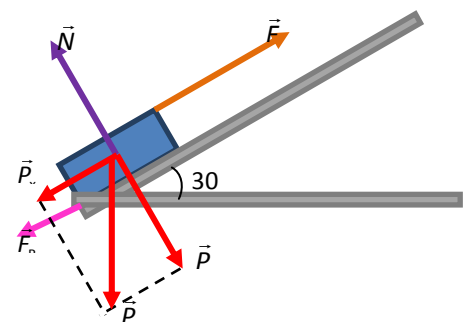
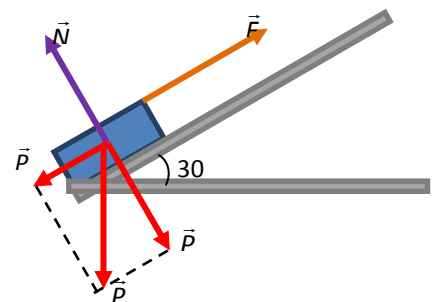
- c) Si hi ha fregament, hi haurà una força que s'oposa a la força exercida.

$$\begin{aligned} F - P_x - F_R &= m \cdot a \rightarrow \\ \rightarrow a &= \frac{F - P_x - F_R}{m} = \frac{F - m \cdot g \cdot \sin 30^\circ - \mu \cdot N}{m} = \\ &= \frac{F - m \cdot g \cdot \sin 30^\circ - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ}{m} = \\ &= \frac{100 \text{ N} - 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 - 0,2 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 30^\circ}{10 \text{ kg}} = \\ &= 3,71 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

El valor de l'acceleració és menor que en el cas en què no hi ha fregament.

Perquè pugui amb velocitat constant la força neta ha de ser nul·la. És a dir:

$$\begin{aligned} F &= P_x + F_R = m \cdot g \cdot \sin 30^\circ + \mu \cdot N = m \cdot g \cdot \sin 30^\circ + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ = \\ &= 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 + 0,2 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 30^\circ = 35,14 \text{ N} \end{aligned}$$



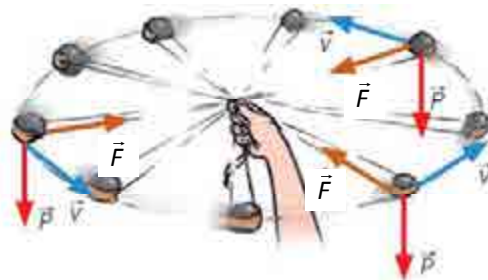
INTERPRETA LA IMATGE Pàgina 174

Es fa girar una pedra en una fona amb un MCU com el de la imatge. Si es deixa anar la fona, què li ocorre a la força centrípeta? Quina trajectòria seguirà el cos?

En deixar anar la fona la força centrípeta desapareix, i llavors el cos es mourà seguint una trajectòria tangent a la circumferència descrita per la fona inicialment.

- 11** Col·loquem una pedra de 600 g en una fona de 50 cm i la fem girar a una velocitat de 4 m/s. Dibuixa la força que exerceix la fona i calcula'n el mòdul. Com afecta el pes aquest valor? I la massa?

L'esquema següent mostra tant la força centrípeta que tira de la fona com el pes de la pedra.



El mòdul de la força centrípeta és:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} = 0,6 \text{ kg} \cdot \frac{(4 \text{ m/s})^2}{0,5 \text{ m}} = 19,2 \text{ N}$$

El pes i la massa influeixen de la mateixa manera. Com més gran és la massa, més gran és la força pes i més gran és la força que exerceix la fona:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} = \frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{r}$$

- 12** Ara col·loquem la pedra de l'exercici anterior en una fona d'1 m.

- a) Quina força haurem de fer perquè giri a 4 m/s?
b) A quina velocitat girarà la pedra si hi exercim la mateixa força que a l'activitat anterior?

a) Apliquem la mateixa expressió del cas anterior:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} = 0,6 \text{ kg} \cdot \frac{(4 \text{ m/s})^2}{1 \text{ m}} = 9,6 \text{ N}$$

b) Substituïm les dades noves en l'expressió anterior:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{F \cdot r}{m}} = \sqrt{\frac{19,2 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}}{0,6 \text{ kg}}} = 5,66 \text{ m/s}$$

REPASSA L'ESSENCIAL

- 13** Raona a la llibreta quines de les afirmacions següents sobre els efectes dinàmics d'una força són correctes:

- a) Una força pot fer que un cos tingui un MRU.
b) Una força pot fer que un cos que es mou amb velocitat de 10 m/s cap a la dreta es mogui amb velocitat de 10 m/s cap a l'esquerra.
c) Una força pot fer que un cos giri a la velocitat constant de 10 m/s.
d) Una força pot fer que un cos que es mou amb velocitat de 10 m/s deixi de moure's.
- a) Fals. Si hi ha una força neta, llavors el moviment és MRUA.
b) Cert. La força provoca una acceleració negativa que frena el cos, fa que canviï de sentit i que assolixi una velocitat de 10 m/s cap a l'esquerra.
c) Cert, perquè encara que la velocitat tingui mòdul constant, va canviant de direcció.
d) Cert.

14 Raona a la llibreta si és cert que:

- El pes d'un cos no influeix en el seu moviment.**
 - La força de tensió sempre augmenta la velocitat dels cossos.**
 - La força de fregament sempre s'oposa al moviment.**
 - La força normal sempre és igual i de sentit contrari al pes.**
- Fals. El pes influeix en la normal i, per tant, en la força de fregament, que s'oposa al moviment. No influeix en el cas de la caiguda lliure, on la força de fregament no depèn del pes.
 - Fals. Es pot aplicar en sentit oposat a la velocitat i frenar el moviment.
 - Cert.
 - Fals. Això és cert si el cos està recolzat sobre un pla horitzontal i no s'exerceix cap altra força amb alguna component en la direcció vertical.

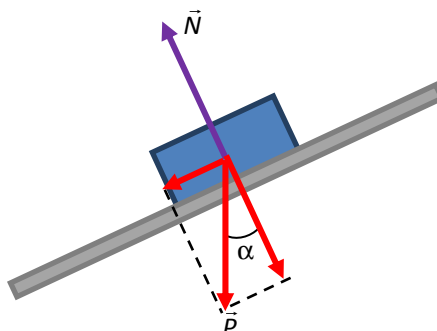
15 Dibuixa a la llibreta i calcula la força N d'un cos de 10 kg:

- Situat sobre una superfície horitzontal.**
- Situat sobre un pla inclinat 25° respecte a l'horitzontal.**
- En caiguda lliure.**

- En el cas del pla horitzontal la normal té el mateix valor que el pes.

$$N = P = m \cdot g = 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 98 \text{ N}$$

- Si el pla té certa inclinació, la normal té sentit oposat a la component del pes que és perpendicular al pla. Elaborem un esquema amb el pla inclinat:



Ara el valor de la normal és:

$$N = P_y = m \cdot g \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \cos 25^\circ = 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 25^\circ = 88,82 \text{ N}$$

- En caiguda lliure no es recolza sobre cap superfície, de manera que la força normal serà zero.

16 Raona a la llibreta si són certes o falses les afirmacions següents sobre la força de fregament:

- No depèn de la massa dels cossos.**
 - Depèn de les característiques de les superfícies en contacte.**
 - Per a un mateix cos, és més gran com més gran és la superfície de la cara que està en contacte.**
 - Per a un mateix cos, és igual tant si està recolzat en una superfície horitzontal com en una rampa.**
- Falsa. Com més gran és la massa d'un cos, més gran és la força de fregament.
 - Cert. Segons les característiques de les superfícies, el valor del coeficient de fregament serà un o altre.
 - Fals. La força de fregament no depèn del valor de la superfície.
 - Fals. En una rampa la força de fregament és menor, ja que la normal també ho és.

17 El motor d'un cotxe l'estira amb una força de 10.000 N. El cotxe es troba en una zona enfangada que exerceix un fregament de 12.000 N. Raona a la llibreta si són certes les afirmacions següents:

- a) El cotxe no es mou.
- b) El cotxe es mou cap enrere.
- c) El cotxe avança, però molt a poc a poc.
- d) La situació és impossible.

- a) Certa. En aquest cas, la força de fregament que pateix el vehicle és superior a la força que és aplicada per moure'l.
- b) Falsa. El cotxe no es pot moure cap enrere degut a que la força de fregament és perpendicular a la força aplicada per moure el vehicle i no en sentit contrari.
- c) Falsa. El vehicle no pot avançar degut a que la força de fregament, que és perpendicular a la força exercida per moure el vehicle, és superior.
- d) Certa. Si la força exercida és de 10 000 N, la força de fregament és, com a molt, de 10 000 N. Només si exercim una força de 12 000 N la força de fregament podrà assolir el valor de 12 000 N.

18 Basant-te en el principi d'inèrcia, explica el moviment del teu cos quan estàs dret a l'autobús urbà i aquest fa un gir.

Segons el principi d'inèrcia, els cossos tendeixen a seguir en repòs o amb un MRU. Si anem drets a l'autobús, el nostre cos tendirà a seguir en línia recta. Així, si l'autobús gira cap a l'esquerra, ens inclinarem cap a la dreta, i si l'autobús gira cap a l'esquerra, ens inclinarem cap a la dreta.

19 Detecta i corregeix a la llibreta els errors a les definicions següents de la unitat newton:

- a) El newton és el pes d'un cos de massa 1 kg.
- b) El newton és la força que quan actua sobre un cos li comunica una acceleració d'1 m/s².
- c) El newton és la força que, quan actua sobre un cos d'1 kg, li comunica una acceleració d'1 m/s².
- a) El newton és el pes d'un cos la massa en kg és d'1/9,8.
- b) El newton és la força que en actuar sobre un cos d'1 kg li comunica una acceleració d'1 m/s².
- c) Cert.

20 Emplena a la llibreta la taula de dades referida a les forces aplicades sobre un cos de 10 kg i l'acceleració que adquireix en cada cas:

F (N)	10		30	
Acceleració (m/s ²)		2		10

Per relacionar la força i l'acceleració fem servir l'expressió: $F = m \cdot a$.

Llavors la taula completa queda així:

F (N)	10	20	30	100
Acceleració (m/s ²)	1	2	3	10

21 Una força $\vec{F}$ que actua sobre un cos de massa m li comunica una acceleració a . Determina:

- a) La força necessària per comunicar la mateixa acceleració a una massa tres vegades més gran.
- b) L'acceleració que origina la força $\vec{F}$ a un cos del doble de massa.
- c) La massa que ha de tenir un cos perquè, en aplicar-hi una força $\vec{F}$ redueixi l'acceleració a la meitat.
- d) L'acceleració que adquireix el cos de massa m si hi apliquem dues forces $\vec{F}$ iguals i perpendiculars entre si.

- a) La força i la massa estan relacionades per la llei fonamental de la dinàmica:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Lavors, si l'acceleració no canvia i la massa és tres vegades més gran:

$$\left. \begin{array}{l} \vec{F}_1 = m_1 \cdot \vec{a} \\ \vec{F}_2 = m_2 \cdot \vec{a} \end{array} \right\} \frac{\vec{F}_2}{\vec{F}_1} = \frac{m_2 \cdot \vec{a}}{m_1 \cdot \vec{a}} = \frac{3 \cdot m_1 \cdot \vec{a}}{m_1 \cdot \vec{a}} \rightarrow \frac{\vec{F}_2}{\vec{F}_1} = 3$$

Per tant, la força ha de tenir una intensitat tres vegades més gran.

- b) Si ara la força és la mateixa i la massa canvia, l'acceleració variarà:

$$\left. \begin{array}{l} \vec{F} = m_1 \cdot \vec{a}_1 \\ \vec{F} = m_2 \cdot \vec{a}_2 \end{array} \right\} \frac{a_2 \cdot m_2}{a_1 \cdot m_1} = 1 \rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1}{2 \cdot m_1} = \frac{1}{2} = 0,5$$

És a dir, l'acceleració es redueix a la meitat.

- c) L'acceleració depèn de la força resultant. Si les forces són perpendiculars, la força resultant formarà un angle de 45° amb cadascuna de les forces aplicades. El mòdul es pot calcular aplicant el teorema de Pitàgores:

$$F_R = \sqrt{F^2 + F^2} = \sqrt{2 \cdot F^2} = \sqrt{2} \cdot F$$

L'acceleració val llavors:

$$\sqrt{2} \cdot F = m \cdot a_2 \rightarrow a_2 = \frac{\sqrt{2} \cdot F}{m} = \sqrt{2} \cdot a$$

- 22** El tercer principi de la dinàmica diu que la força d'acció és igual i de sentit contrari a la de reacció. Com és possible que aquestes dues forces no s'anul·lin?

Perquè s'apliquen sobre cossos diferents.

- 23** Respon a la llibreta. Si la força resultant que actua sobre un cos és zero, és fals que el cos:

- a) Estigui en repòs. c) Tingui un MCU.
b) Tingui un MRU. d) Tingui acceleració.

El cos pot estar en repòs, però també pot portar un MRU. No obstant això, si la força neta és zero, no pot portar un MCU, ja que en aquest tipus de moviment sempre hi ha una força centrípeta. Tampoc pot tenir acceleració, perquè si hi ha una força neta, hi haurà una acceleració. Les respostes correctes són la c i la d.

- 24** Raona a la llibreta quines de les frases següents són falses:

- a) Si la força resultant és zero, això vol dir que no actua cap força.
b) Un cos es pot moure en una direcció i un sentit diferents dels de la força resultant.
c) L'acceleració sempre té el mateix valor, direcció i sentit que la força resultant.
d) Tots els moviments circulars requereixen una força per produir-se.
e) Un cos frena si la força resultant és nul·la.
- a) Falsa. Hi pot haver resultant nul perquè hi ha diverses forces que es compensen. Per exemple, dues forces iguals en direcció i mòdul, i amb sentits oposats.
b) Certa. Per exemple, en un MCU.
c) Falsa. El valor de l'acceleració depèn també de la massa.
d) Certa. Hi ha d'haver una força que causi l'acceleració centrípeta.
e) Falsa. Si la resultant és nul·la, l'acceleració és nul·la i no frena.

PRACTICA

25 Observa la imatge de la pilota que impacta contra la raqueta.

- Quines forces hi actuen i quin objecte és el causant de cadascuna?
 - Quins són els efectes d'aquestes forces?
- Actua la força que les cordes de la raqueta exerceixen sobre la pilota, i la força que la pilota exerceix sobre la raqueta.
 - La pilota canvia la direcció del moviment. I la raqueta pateix una deformació contra les cordes.



26 Raona a la llibreta si és cert que:

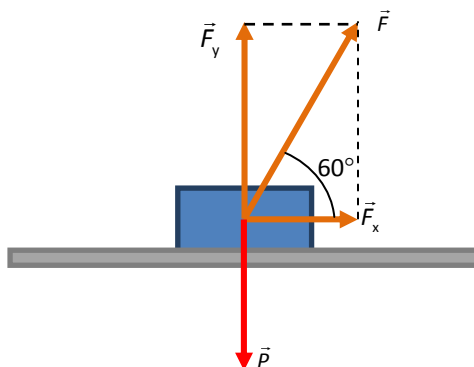
- La força de fregament actua en la direcció del moviment.
 - El pes és una força permanent i constant.
 - La força pes no produeix canvis en la velocitat dels cossos.
- Cert. Actua en la mateixa direcció i en sentit oposat al moviment.
 - És fals. Si ens allunyem de la superfície de la Terra, l'atracció gravitatòria disminueix i el pes d'un objecte també disminueix.
 - Fals. Per exemple, quan un objecte cau, el pes és la força que fa que augmenti la seva velocitat a mesura que va caient.

27 Un cos de 10 N de pes està recolzat sobre una superfície. Suposant que la força normal que hi actua és de 12 N, analitza a la llibreta aquestes frases:

- És impossible.
 - El cos no està sobre un pla inclinat.
 - Sobre el cos actua alguna altra força a més del pes.
- No, pot ser cert si hi ha més forces actuant sobre el cos.
 - Potser sí o potser no. No es pot deduir de les dades ofertes.
 - Cert. Per exemple, si la superfície és horitzontal i empenyem el cos amb una força de 2 N cap avall, llavors la normal serà igual a la suma de les intensitats del pes més la força exercida.

28 Un cos de 10 N de pes està recolzat sobre una superfície horitzontal. El lliguem a una corda i l'estirem amb una força de 15 N que forma un angle de 60° amb l'horitzontal. Quina és la força normal sobre el cos?

En aquest cas plantegem un esquema amb les forces que actuen sobre el cos:



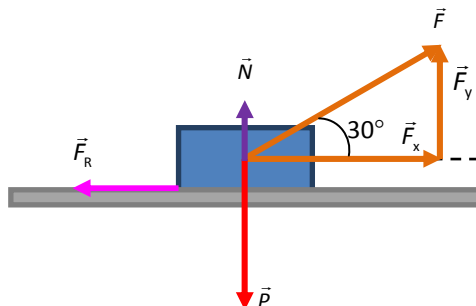
La component vertical de la força aplicada és:

$$F_y = F \cdot \sin 60^\circ = 10 \text{ N} \cdot \sin 60^\circ = 13 \text{ N}$$

Com aquesta força és més gran que el pes (10 N), el cos s'aixecarà de la superfície i llavors podem considerar que la força normal és nul·la.

- 29** Un cos de 10 N de pes està recolzat sobre una superfície horitzontal. El lliguem a una corda i l'estirem amb una força de 15 N que forma un angle de 30° amb l'horitzontal. Entre el cos i el pla hi ha un coeficient de fregament de 0,5.

- Dibuixa totes les forces que actuen sobre el cos.
 - Calcula el valor de la força de fregament.
 - Quina és la força neta que estira el cos?
- a) L'esquema de la situació plantejada és aquest:



- b) La força de fregament es pot calcular mitjançant l'expressió següent:

$$F_R = \mu \cdot N$$

Cap avall actua el pes del cos, i cap amunt actuen la força normal i la component vertical de la força aplicada. La força normal és la resultant de les forces que actuen en la direcció vertical. És a dir:

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_y = 0 \rightarrow N + F_y = P \rightarrow N = P - F_y = 10 \text{ N} - 15 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = 2,5 \text{ N}$$

Per tant la força de fregament val:

$$F_R = \mu \cdot N = 0,5 \cdot 2,5 \text{ N} = 1,25 \text{ N}$$

- c) La força neta que estira el cos serà la component horitzontal de la força aplicada menys la força de fregament. És a dir:

$$F = F_x - F_R = F \cdot \cos 30^\circ - F_R = 15 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ - 1,25 \text{ N} = 11,74 \text{ N}$$

- 30** Sobre un cos de 450 N de pes, situat sobre una superfície horitzontal, apliquem una força de 45 N paral·lela a la superfície. El coeficient de fregament és de 0,15. Raona a la llibreta si el cos:

- Es desplaçarà en la mateixa direcció que la força aplicada i en el mateix sentit / sentit oposat.
- No es desplaçarà.

- a) Cal calcular el valor de la força de fregament i comparar-lo amb la força aplicada. Atès que sabem el coeficient de fregament, el valor de la força de fregament es pot calcular així:

$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot P = 0,15 \cdot 450 \text{ N} = 67,5 \text{ N}$$

- b) No es desplaçarà, perquè el valor que pot aconseguir la força de fregament és més gran que la força exercida. Si la força aplicada no assoleix aquest valor, el cos no es mou i llavors la força de fregament tindrà el mateix valor que la força aplicada.

- 31** Situem un diccionari de 500 g sobre una rampa inclinada 15° respecte a l'horitzontal. Determina si el diccionari lliscarà sobre la rampa o no:

- Si no hi ha fregament.
- Si $\mu = 0,15$.

- a) Sense fregament sí es mourà cap avall, perquè en la direcció paral·lela al pla inclinat només hi ha una força: la component del pes paral·lela al pla, i el cos caurà.

- b) Quan hi ha fregament la cosa canvia, perquè caldrà comprovar el valor de la força de fregament. En aquest cas la normal coincideix amb la component vertical del pes, en valor. Llavors podem escriure:

$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha = 0,15 \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot \sin 15^\circ = 0,19 \text{ N}$$

Calculem ara quant val la força que estira el cos cap avall, és a dir, l'altra component del pes:

$$F_x = m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot \cos 15^\circ = 4,73 \text{ N}$$

És a dir, la component del pes paral·lela al pla és més gran que la força de fregament, de manera que el diccionari caurà per la rampa.

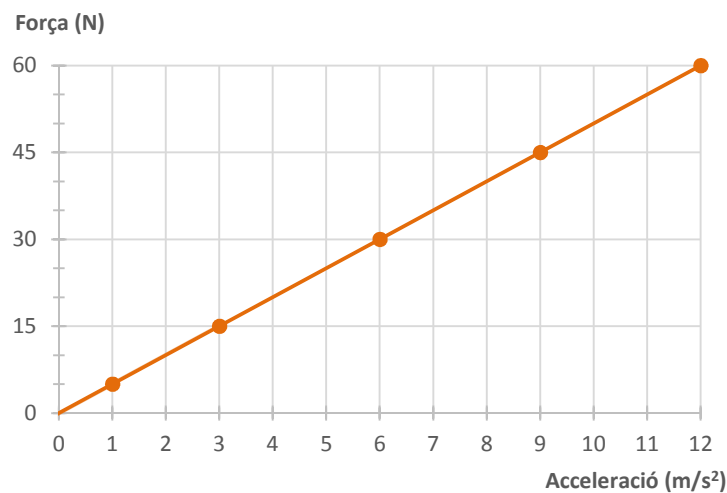
32 Raona a la llibreta quina o quines de les afirmacions següents són certes. Il·lustra-ho amb un exemple:

- Un cos no pot estar alhora en repòs i en equilibri.
 - Un cos pot estar en repòs, però no en equilibri.
 - Un cos pot estar en equilibri i no en repòs.
 - Sempre que un cos està en repòs, està en equilibri.
- És falsa. Per exemple, un cos recolzat sobre el terra quiet està en repòs i en equilibri.
 - Certa. Per exemple, quan una pilota llançada cap amunt arriba al punt més alt de la seva trajectòria. Està en repòs, però no en equilibri.
 - Certa. Per exemple, si es mou amb un moviment rectilini i uniforme.
 - Falsa. Una pilota llançada cap amunt té velocitat nul·la en el punt més alt i no està en equilibri.

33 La taula mostra les forces que s'apliquen a un cos i l'acceleració que hi provoquen en cada cas:

F (N)	5	15	30	45	60
Acceleració (m/s ²)	1	3	6	9	12

- Elabora la gràfica força-acceleració. Quina forma té?
 - Passa pel punt (0, 0)? Què vol dir, això?
 - Què representa el pendent de la gràfica?
 - Calcula el valor del pendent i escriu la fórmula que relaciona la força i l'acceleració.
- La gràfica quedaria així:



- Sí passa pel punt (0, 0). Això vol dir que si la força és nul·la, no existeix acceleració.
- El pendent de la gràfica representa la massa del cos sobre el qual s'aplica la força.
- El valor del pendent es calcula a partir de dos punts de la gràfica. Per exemple, el (0, 0) i el (12, 60).

$$Pendent = \frac{60 \text{ N} - 0 \text{ N}}{12 \text{ m/s}^2 - 0} = 5 \text{ kg}$$

La fórmula que relaciona força i acceleració és:

$$F = m \cdot a$$

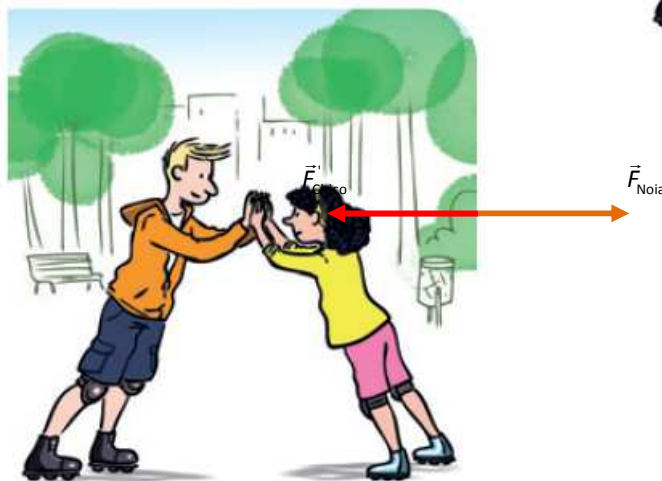
34 Raona a la llibreta si les parelles de forces següents són d'acció i reacció:

- La força d'atracció magnètica entre dos imants.
 - La força d'atracció gravitatòria entre la Terra i la Lluna.
 - El pes d'un llibre sobre una taula i la força normal.
 - El pes d'un llibre recolzat en una taula i la força de fregament.
- Sí són d'acció i reacció.
 - Sí són d'acció i reacció.
 - No. El pes és la força que la Terra exerceix sobre el llibre, mentre que la reacció a aquesta força és la força que el llibre exerceix sobre la Terra. La força normal és una força de reacció oposada a la força que el llibre exerceix sobre la taula.
 - No. Les dues forces actuen sobre el mateix cos.

35 Un patinador de 75 kg que està en repòs empeny una patinadora de 50 kg, també en repòs, amb una força de 100 N.

- Dibuixa a la llibreta les forces que actuen sobre cadascú.
 - Explica el que succeeix a cada patinador. En quin principi de la dinàmica et bases?
 - Quant tardarà cada patinador a recórrer
 - 1 m?
- El noi empeny a la noia amb una força que anomenem $\vec{F}_{\text{Noi a Noia}}$. Per tant, hi ha una força de reacció igual i de sentit oposat a la que exerceix el noi.

L'esquema corresponent seria aquest:



- Com sobre cada patinador apareix una força que tendeix a allunyar-lo del altre patinador, cada patinador començarà a moure allunyant-se de l'altre patinador. La força d'acció i reacció corresponen al tercer principi de la dinàmica. L'existència d'una força i la consegüent acceleració correspon al segon principi de la dinàmica.
- A partir de la massa de cada patinador podem calcular la seva acceleració:

$$F_{\text{Noi}} = m_{\text{Noi}} \cdot a_{\text{Noi}} \rightarrow a_{\text{Noi}} = \frac{F_{\text{Noi}}}{m_{\text{Noi}}} = \frac{100 \text{ N}}{75 \text{ kg}} = 1,3 \text{ m/s}^2$$

I amb l'acceleració podem calcular el temps que tarda a recórrer 1 m, ja que parteix del repòs:

$$d = \frac{1}{2} \cdot a_{\text{Noi}} \cdot t_{\text{Noi}}^2 \rightarrow t_{\text{Noi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{a_{\text{Noi}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ m}}{1,3 \text{ m/s}^2}} = 1,24 \text{ s}$$

La noia té una massa menor, pel que patirà una major acceleració:

$$F_{\text{Noia}} = m_{\text{Noia}} \cdot a_{\text{Noia}} \rightarrow a_{\text{Noia}} = \frac{F_{\text{Noia}}}{m_{\text{Noia}}} = \frac{100 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 2 \text{ m/s}^2$$

I llavors trigarà menys temps en recórrer la mateixa distància:

$$d = \frac{1}{2} \cdot a_{\text{Noia}} \cdot t_{\text{Noia}}^2 \rightarrow t_{\text{Noia}} = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{a_{\text{Noia}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ m}}{2 \text{ m/s}^2}} = 1 \text{ s}$$

36

Un cos de 10 kg es mou sobre una superfície horitzontal amb MRU quan l'estirem amb una força constant de 50 N, paral·lela al pla. Calcula el valor del coeficient de fregament entre el cos i la superfície sobre la qual s'arrossega.

Si el moviment és rectilini i uniforme, és perquè la força neta que actua sobre el cos és nul·la. Això vol dir que la força de fregament és igual a la força exercida sobre el cos. Per tant:

$$F = F_R = \mu \cdot m \cdot g \rightarrow \mu = \frac{F}{m \cdot g} = \frac{50 \text{ N}}{10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,51$$

37

Un vagó de 250 kg està situat a la part més alta d'una muntanya russa quan inicia el descens per una rampa inclinada 60° sobre l'horitzontal. Entre el vagó i la rampa hi ha un coeficient de fregament de 0,1.

- Dibuixa a la llibreta totes les forces que actuen sobre el vagó.
 - Calcula l'acceleració amb què descendeix.
 - Calcula el temps que tarda a recórrer 30 m.
- a) Sobre el vagó actuen la força pes, la força normal i la força de fregament.



- b) Per calcular l'acceleració amb què baixa, escrivim totes les forces que hi actuen. El fregament s'oposa al moviment; per tant, la força de fregament estarà dirigida en sentit oposat a la component del pes paral·lela al pla de caiguda.

$$P_x - F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{P_x - F_R}{m} = \frac{\cancel{m} \cdot g \cdot \sin 60^\circ - \mu \cdot \cancel{m} \cdot g \cdot \cos 60^\circ}{\cancel{m}} = g \cdot (\sin 60^\circ - \mu \cdot \cos 60^\circ) =$$

$$= 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\sin 60^\circ - 0,1 \cdot \cos 60^\circ) = 8 \text{ m/s}^2$$

- c) Si parteix del repòs:

$$d = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \text{ m}}{8 \text{ m/s}^2}} = 2,74 \text{ s}$$

38

La rampa següent té una inclinació de 25° . Determina la força que cal exercir sobre el vagó de 250 kg perquè la pugi amb velocitat constant:

- a) Si no hi ha fregament.

- b) Si $\mu = 0,1$.

- a) Perquè pugi amb velocitat constant, la força neta ha de ser zero. És a dir, si no hi ha fregament la força exercida ha de contrarestar la component del pes en la direcció en què es mou el vagó:

$$F = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 250 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 25^\circ = 1036,5 \text{ N}$$

- b) Si hi ha fregament, com que el vagó puja, el fregament estarà dirigit cap avall també, en la direcció de la component del pes paral·lela a la direcció del moviment. Per tant:

$$F = m \cdot g \cdot \sin \alpha + F_R = m \cdot g \cdot \sin \alpha + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha) = \\ = 250 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\sin 25^\circ + 0,1 \cdot \cos 25^\circ) = 1258,7 \text{ N}$$

Lògicament, quan hi ha fregament la força necessària és més gran.

- 39** Un cotxe de 1.200 kg, inicialment en repòs, puja per una rampa inclinada 20° respecte a l'horitzontal i recorre 4 m en 2 s. El coeficient de fregament entre el cotxe i el pla és de 0,25. Calcula:

- a) L'acceleració del cotxe.
b) La força que ha d'exercir el motor del cotxe.

- a) Tenim en compte totes les forces que hi actuen, que són la força exercida pel motor, el pes i la força de fregament. Com que parteix del repòs:

$$d = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow a = \frac{2 \cdot d}{t^2} = \frac{2 \cdot 4 \text{ m}}{2^2 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}^2$$

- b) Ara escrivim el segon principi de la dinàmica tenint en compte totes les forces que hi actuen:

$$F_{\text{Motor}} - P_x - F_R = m \cdot a \rightarrow F_{\text{Motor}} = m \cdot a + m \cdot g \cdot \sin \alpha + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = m \cdot [a + g \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)] = \\ = 250 \text{ kg} \cdot [4 \text{ m/s}^2 + 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (\sin 20^\circ + 0,25 \cdot \cos 20^\circ)] = 2415,0 \text{ N}$$

- 40** El llançament de martell és un esport olímpic en el qual es fa girar una bola lligada a un cable d'acer. Quan arriba a la velocitat desitjada, es deixa anar i es mesura la distància a la qual cau. Per a la competició femenina s'utilitza una bola de 4 kg unida a un cable de 119 cm.

- a) Calcula la tensió mínima que ha de suportar el cable perquè la bola pugui girar a una velocitat de 25 m/s.
b) Explica la trajectòria i les forces que actuen sobre el martell quan gira unit al cable i quan es deixa anar.
a) La força centrípeta que fa girar al martell és la tensió de la corda. Per tant:

$$T = F_c = \frac{m \cdot v^2}{R} = \frac{4 \text{ kg} \cdot (25 \text{ m/s})^2}{1,19 \text{ m}} = 2100,8 \text{ N}$$

- b) Quan el martell està unit i la mà el fa girar, actua la tensió de la corda i el pes. Quan el martell es deixa anar, la tensió de la corda desapareix, i el martell surt acomiadat en la direcció tangent a la velocitat en el moment en què la llançadora el deixa anar. Llavors només actua la gravetat terrestre sobre ell, que fa que descrigui una trajectòria parabòlica.

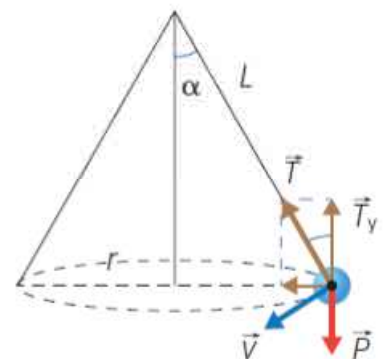
AMPLIA

- 41** Una corda de 50 cm fa girar una bola de 25 g. Calcula la tensió de la corda i la velocitat de la bola quan:

- a) La corda forma un angle de 60° amb la vertical.
b) La corda està horitzontal.
c) En quin cas hi ha més risc que es trenqui la corda?

- a) Quan la corda està inclinada la component vertical de la tensió és igual al pes de la pedra. $\alpha = 60^\circ$ en aquest cas. Per tant, podem escriure:

$$T_y = P = T \cdot \cos 60^\circ \rightarrow T = \frac{P}{\cos 60^\circ} = \frac{m \cdot g}{\cos 60^\circ} = \frac{0,025 \cdot 9,81}{\cos 60^\circ} = 0,49 \text{ N}$$



Suposem que la velocitat de la pedra és la mateixa en tot el recorregut i, per tant, la força centrípeta també és la mateixa.

La component horitzontal de la tensió és la força centrípeta que fa girar a la pedra:

$$F_c = T_x \rightarrow T \cdot \sin 60^\circ = \frac{m \cdot v^2}{r} \rightarrow T \cdot \sin 60^\circ = \frac{m \cdot v^2}{L \cdot \sin 60^\circ} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{L \cdot (\sin 60^\circ)^2 \cdot T}{m}} = \sqrt{\frac{0,5 \text{ m} \cdot (\sin 60^\circ)^2 \cdot 0,49 \text{ N}}{0,025 \text{ kg}}} = 2,71 \text{ m/s}$$

- b) La component vertical de la tensió és nul·la i només hi ha component horitzontal. És la força centrípeta que origina el moviment.

$$F_c = T = \frac{m \cdot v^2}{L}$$

La tensió de la corda depèn de la velocitat que porta la bola. Si la velocitat és la mateixa que en l'apartat anterior:

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{L} = \frac{0,025 \text{ kg} \cdot (2,71 \text{ m/s})^2}{0,5 \text{ m}} = 0,37 \text{ N}$$

- c) Si la bola porta la mateixa velocitat, hi ha més risc que es trenqui la corda quan la pedra gira amb certa inclinació, ja que en aquest cas la tensió de la corda és més gran.

COMPETÈNCIA CIENTÍFICA

42 Cap a on està dirigida la força normal? Sempre és vertical?

La força normal és perpendicular a la superfície. No sempre és vertical; només és vertical quan la superfície és horitzontal.

43 Com varia la força de fregament quan l'asfalt es mulla?

Amb la calçada mullada les rodes rellisquen millor sobre l'asfalt perquè la força de fregament és més petita.

44 Discuteix com s'hauria de modificar el peralt d'una carretera en els casos següents:

- El revolt es fa més obert.
- Les condicions climatològiques habituals són de pluja.
- S'incrementa la velocitat màxima a la qual poden circular els vehicles pel revolt.
 - Un revolt més obert permet agafar-lo amb més velocitat sense que el cotxe surti de la via, per la qual cosa el peralt s'hauria de reduir respecte d'un revolt tancat.
 - Si plou habitualment, la força de fregament serà menor, de manera que el peralt hauria d'augmentar.
 - En aquest cas el peralt hauria d'augmentar per evitar que els cotxes sortissin de la via en fer el revolt.

45 Per què el vehicle pot sortir del revolt, si no hi ha cap força real que l'estiri cap enfora?

Perquè si no hi ha una força d'adherència, pel principi d'inèrcia el cotxe tendeix a anar en línia recta, i per això no agafaria el revolt si la força de fregament és molt petita.

46 Observa els esquemes i respon:

- Per què no s'augmenta l'angle de peralt fins a 20° o 25° per evitar que els vehicles surtin dels revolts encara que circulin a una velocitat bastant més gran de la permesa?
- En quins revolts s'han de col·locar angles de peralt més grans, a les d'autopista o a les d'una carretera convencional d'una sola calçada? Per què?
- Cap a on està dirigida l'acceleració normal en el cas del revolt amb peralt? Pista: pensa en quin pla està situada la trajectòria que segueix el vehicle quan agafa el revolt.
- Hi ha un equilibri de forces a l'eix perpendicular al terra, Y? I a l'eix paral·lel al terra, X?

- a) Perquè llavors els vehicles que es mouen amb una velocitat molt baixa o estan aturats podrien arribar a bolcar.
- b) En autopistes, perquè aquí els vehicles circulen amb una velocitat més alta.
- c) L'acceleració normal està dirigida cap al centre del revolt, de manera horitzontal, per la qual cosa no és paral·lela al terra, que té certa inclinació.
- d) En l'eix perpendicular a terra sí, perquè el cotxe no s'aixeca del terra ni s'hi enfonsa. A l'eix paral·lel al terra no hi ha equilibri de forces, ja que hi ha una força centrípeta neta que fa girar al vehicle.

47 COMPRESIÓ LECTORA. Explica què vol dir el primer paràgraf del text.

Vol dir que la calçada influeix notablement en els accidents de moto.

48 EXPRESSIÓ ESCRITA. Explica cadascuna de les mesures que es proposen al text per millorar l'adherència de la via.

Evitar en la mesura del possible les marques de pintura sobre la calçada, perquè fan que les motos perdin adherència.

Utilitzar pintura amb un coeficient de fregament amb les rodes de la moto més elevat, de manera que la moto pugui frenar bruscament en condicions de seguretat en passos de vianants, per exemple.

Emprar algun material antiadherent per a les tapes de les clavegueres situades sobre la calçada, per exemple.

Usar materials amb més coeficient de fregament en zones més propenses als accidents, com en els voltants de les escoles o els parcs, on els nens poden sortir a la calçada d'una manera descontrolada.

49 Per què creus que aquestes mesures apareixen en un informe sobre la seguretat viària de motocicletes, en comptes de parlar de vehicles en general?

Perquè les motocicletes són vehicles més inestables que els turismes, per exemple, i unes condicions dolentes d'adherència a la calçada provoquen accidents greus a causa de la caiguda del motociclista.

50 Una de les possibles solucions per millorar l'adherència de la via és l'ús de pintures antilliscants. Aquesta mesura no és la que s'utilitza més. Per què creus que deu ser? Respon a la llibreta.

- a) Perquè resulta més cara d'aplicar que altres mesures amb una eficàcia similar.
- b) Perquè hi ha molts tipus de pintura i el grau d'adherència a les calçades varia molt en funció de quina s'utilitzi.
- c) Perquè resulta més difícil d'aplicar sobre l'asfalt.
- d) Perquè no queda tan bonica sobre l'asfalt com la pintura blanca convencional.

La causa principal és que és més cara que altres mesures.

51 Quina magnitud física varia en el cas de les pintures antilliscants?

El coeficient de fregament entre la calçada i els pneumàtics.

52 Observa la imatge que apareix al costat del text i la d'aquesta activitat i explica amb precisió quina és la mesura adoptada en cada cas per millorar l'adherència de la calçada.



En tots dos casos s'ha optat per reduir la superfície sobre la qual està aplicada la pintura de les marques vials de la calçada. En el cas de la imatge que acompanya el text la reducció és més dràstica.

53 PREN LA INICIATIVA. Quines mesures adoptaries tu per millorar l'adherència de les calçades urbanes?

Resposta personal.

INVESTIGA**54** Calcula la massa del sistema a partir dels valors que has obtingut en cada experiència. Pots utilitzar tots els valors per calcular la mitjana?

Resposta a partir de l'experiència. Si l'experiència està ben feta, els valors de la massa calculats han de ser semblants i es pot calcular el valor mitjà.

55 Valora les possibles fonts d'error d'aquesta experiència i dissenya un procediment que redueixi al màxim els errors experimentals.

Resposta condicionada per les dades obtingudes en l'experiment. Per reduir els errors experimentals convé prendre més mesures, per exemple, repetint l'experiència.

56 Per a l'experiència hem utilitzat un carret amb rodes. Hi hauria alguna diferència si utilitzéssim un tac de fusta per fer-lo lliscar sobre el carril? (Suposa que el tac també disposa d'una tija en la qual pots col·locar les quatre masses de 50 g).

Sí, perquè el coeficient de fregament entre les superfícies variaria.



Forces gravitatòries

Forces gravitatòries

INTERPRETA LA IMATGE

- **Si els satèl·lits orbiten gràcies a l'atracció gravitatòria terrestre, per què necessiten els panells fotovoltaics per obtenir energia?**

Perquè els satèl·lits disposen d'instruments que funcionen amb energia elèctrica, com càmeres o antenes.

- **Quins instruments deuen portar a bord els satèl·lits astronòmics que enregistren imatges d'altres galàxies? I els satèl·lits de comunicacions?**

Telescopis. En el cas dels de telecomunicacions disposen d'antenes receptores i emissores d'ones electromagnètiques.

CLAUS PER COMENÇAR

- **Què és la força de la gravetat? Sobre quins cossos actua?**

És una força d'atracció que és més intensa com més gran és la massa dels objectes. Actua sobre tots els cossos amb massa.

- **Què és la força centrípeta? En quin tipus de moviment apareix?**

És una força que fa que un cos descriuï una trajectòria corba. Apareix, per exemple, en el moviment circular.

- **Què faries per reduir la quantitat d'escombraries espacials?**

Caldria limitar les restes de coets de llançament que s'abandonen i intentar recuperar-les després dels llançaments. A més, caldria preveure la fi de la vida útil dels satèl·lits, per exemple, per evitar que els satèl·lits en desús romanguin en òrbita. També seria convenient extreure les mesures de subjecció dels components dels coets, satèl·lits o sondes espacials.

ACTIVITATS

- Tenint en compte el model d'univers que proposava Ptolemeu, explica per què uns mesos veiem el planeta Mart més brillant que altres mesos.**

Perquè en alguns trams del seu recorregut, seguint epicles i deferents, el planeta es troba més a prop de la Terra que en altres trams.

- En tot l'hemisferi nord l'hivern dura sis dies menys que l'estiu. Raona amb aquesta dada si l'hivern de la península Ibèrica coincideix quan la Terra és a prop de l'afeli o del periheli.**

A Espanya l'hivern té lloc quan la Terra està més a prop del Sol, a prop del periheli. Quan està més lluny del Sol, la Terra es mou més lentament, de manera que roman més temps al voltant de la posició de l'afeli, a l'estiu. Per això l'estiu dura més dies: perquè la Terra es mou més lentament a l'estiu (a l'hemisferi nord).

- Suposa que la Terra descriu una òrbita circular al voltant del Sol, i calcula'n la velocitat de translació. Dada: la distància mitjana de la Terra al Sol és 149.600.000 km.**

Si l'òrbita és circular, calculem la velocitat a partir de la longitud de la circumferència i del temps emprat en fer una volta completa (un any). La distància Terra-Sol és el radi de l'òrbita.

Per tant:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2\pi \cdot 149\,000\,000 \text{ km}}{1 \text{ any} \cdot \frac{365,25 \text{ dies}}{1 \text{ any}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}} = 29,67 \text{ km/s}$$

- 4 Tenint en compte les dades de la distància al Sol dels planetes següents i el temps que tarden a fer una volta sencera al seu voltant, demostra que tots pertanyen al mateix sistema solar.

	Mercuri	Terra	Júpiter
$d_{\text{planeta-Sol}} \text{ (km)}$	$5,8 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^8$	$7,8 \cdot 10^8$
$T \text{ (anys)}$	0,24	1	11,84

Per comprovar el que ens demanen dividim el quadrat del període entre el cub de la distància i comparem el resultat obtingut.

Mercuri:

$$\frac{T^2}{d^3} = \frac{(0,24)^2}{(5,8 \cdot 10^7)^3} = 2,95 \cdot 10^{-25} \frac{\text{anys}^2}{\text{km}^3}$$

Terra:

$$\frac{T^2}{d^3} = \frac{(1)^2}{(1,5 \cdot 10^8)^3} = 2,96 \cdot 10^{-25} \frac{\text{anys}^2}{\text{km}^3}$$

Júpiter:

$$\frac{T^2}{d^3} = \frac{(11,84)^2}{(7,8 \cdot 10^8)^3} = 2,97 \cdot 10^{-25} \frac{\text{anys}^2}{\text{km}^3}$$

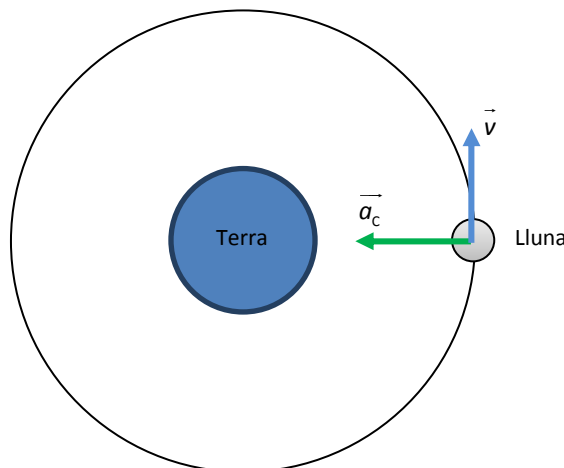
Com es veu, el resultat és aproximadament el mateix per als tres, ja que tots orbiten al voltant del mateix astre.

- 5 La Lluna fa un gir al voltant de la Terra cada 27,3 dies, i descriu una òrbita gairebé circular de 384.400 km de radi.

- Dibuixa la Lluna en un punt de la seva trajectòria al voltant de la Terra. Afegeix-hi els vectors velocitat i acceleració centrípeta de la Lluna.
- Calcula la velocitat de la Lluna i la força centrípeta que hi actua.
- Com seria la trajectòria de la Lluna si la seva velocitat fos la meitat de la que has obtingut a b)?

Dada: $m_{\text{Lluna}} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$.

- a) Resposta gràfica:



- b) La velocitat de la Lluna es pot calcular a partir de l'espai recorregut en la seva òrbita i del temps emprat:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2\pi \cdot 384400 \text{ km}}{27,3 \text{ dies} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}} = 1,024 \text{ km/s} = 1024 \text{ m/s}$$

Amb aquesta dada es pot calcular la força centrípeta:

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot (1024 \text{ m/s})^2}{384000000 \text{ m}} = 2 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

c) Si la velocitat fos la meitat, la Lluna orbitaria al voltant de la Terra més lluny del nostre planeta.

- 6** Calcula el valor de la força d'atracció gravitatòria entre dues noies de 60 i 55 kg separades una distància de 2 m. Valora el resultat.

Dada: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$.

Apliquem la llei de la gravitació universal:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{60 \text{ kg} \cdot 55 \text{ kg}}{(2 \text{ m})^2} = 5,5 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

Aquesta força produeix en els cossos una acceleració tan petita que els seus efectes resulten inapreciables.

- 7** Quina ha de ser la massa d'un cos perquè, trobant-se a 2 m d'un noi de 60 kg, l'atregui amb una força d'1 N?

Dada: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$

Apliquem la llei de la gravitació universal i aïllem la massa del cos:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \rightarrow m_2 = \frac{F \cdot r^2}{G \cdot m_1} = \frac{1 \text{ N} \cdot (2 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 60 \text{ kg}} = 9,99 \cdot 10^8 \text{ kg}$$

- 8** Dos cossos A i B, separats una distància d , s'atreuen amb una força F . Raona quin serà el valor de la força entre els dos cossos si:

- La massa de A es duplica i la resta continua igual.
- La distància entre els cossos es duplica i la resta continua igual.
- Es duplica la massa de A i la distància entre els cossos i es manté la massa de B.
- Es dupliquen la massa de A, la massa de B i la distància entre els cossos.
 - La força es duplica i passa a ser $2F$.
 - La força es redueix a la quarta part, ja que la distància apareix a la llei de la gravitació universal en el numerador i elevada al quadrat. Serà $F/4$.
 - Es combinen els dos casos anteriors, de manera que la força disminuirà fins a la meitat. Serà $F/2$.
 - En aquest cas la força no canviarà: serà F .

- 9** Sabent que la distància mitjana de la Terra a la Lluna és de $3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$, calcula:

- La força amb què s'atreuen la Terra i la Lluna.
- L'acceleració que aquesta força comunica a la Lluna i a la Terra. Explica, basant-se en això, per què la Lluna gira al voltant de la Terra i no a l'inrevés.

Dades: $M_{\text{Terra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $M_{\text{Lluna}} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$.

- a) Apliquem la llei de la gravitació universal, expressant totes les quantitats en unitats del Sistema Internacional.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(3,84 \cdot 10^8 \text{ m})^2} = 1,985 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

- b) Per calcular l'acceleració apliquem la llei fonamental de la dinàmica o segona llei de Newton a cada astre. En el cas de la Terra:

$$F = M_{\text{Terra}} \cdot a_{\text{Terra}} \rightarrow a_{\text{Terra}} = \frac{F}{M_{\text{Terra}}} = \frac{1,985 \cdot 10^{20} \text{ N}}{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}} = 3,325 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

En el cas de la Lluna:

$$F = M_{\text{Lluna}} \cdot a_{\text{Lluna}} \rightarrow a_{\text{Lluna}} = \frac{F}{M_{\text{Lluna}}} = \frac{1,985 \cdot 10^{20} \text{ N}}{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}} = 0,0027 \text{ m/s}^2$$

Com es pot veure, l'acceleració sobre la Lluna és molt més gran; per això la Lluna gira al voltant de la Terra, i no a l'inrevés.

- 10** Utilitza l'anàlisi dimensional per comprovar que les unitats en què podem expressar g (m/s^2 i N/kg) són equivalents.

Expressem les unitats N / kg en unitats més fonamentals:

$$[g] = \frac{\text{N}}{\text{kg}} = \frac{\cancel{\text{kg}} \cdot \text{m/s}^2}{\cancel{\text{kg}}} = \text{m/s}^2$$

- 11** Una pilota de 600 g, suspesa a 2 m del terra de Mart, pesa 2,3 N. Calcula:

- a) El valor de g a Mart.
b) La massa de Mart si la seva forma és aproximadament una esfera de 3,38 milions de metres de radi.

$$\text{Dada: } G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}.$$

- a) Atès que coneixem el pes i la massa, és fàcil calcular l'acceleració de la gravetat a la superfície. Suposem que a 2 m del terra la gravetat és la mateixa que en la superfície de Mart:

$$P = m \cdot g \rightarrow g = \frac{P}{m} = \frac{2,3 \text{ N}}{0,600 \text{ kg}} = 3,83 \text{ N/kg}$$

- b) Apliquem l'expressió de l'acceleració de la gravetat en funció de la massa i el radi del planeta:

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2} \rightarrow M = \frac{g \cdot R^2}{G} = \frac{3,83 \text{ N/kg} \cdot (3,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}} = 6,56 \cdot 10^{23} \text{ kg}$$

- 12** La Terra tarda 365,24 dies a recórrer la seva òrbita al voltant del Sol. Tenint en compte les dades que s'indiquen, calcula la distància mitjana entre la Terra i el Sol.

$$\text{Dades: } M_{\text{Sol}} = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg; } G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}.$$

La força centrípeta que actua sobre la Terra és la força gravitatòria existent entre el Sol i la Terra. Per tant, podem escriure:

$$F_c = F_g \rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot m_{\text{Sol}}}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{G \cdot \frac{m_{\text{Sol}}}{r}}$$

Ara expressem la velocitat en funció de l'espai recorregut en l'òrbita i del temps invertit:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} \rightarrow r = \frac{v \cdot T}{2\pi}$$

I substituïm el valor de la velocitat per l'expressió anterior:

$$r = \frac{v \cdot T}{2\pi} = \frac{\sqrt{G \cdot \frac{m_{\text{Sol}}}{r}} \cdot T}{2\pi} \rightarrow r^2 = \frac{G \cdot m_{\text{Sol}} \cdot T^2}{4\pi^2} \rightarrow r^3 = \frac{G \cdot m_{\text{Sol}} \cdot T^2}{4\pi^2} \rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot m_{\text{Sol}} \cdot T^2}{4\pi^2}}$$

Ara substituïm les dades:

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot m_{\text{Sol}} \cdot T^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg} \cdot \left(365,24 \text{ dies} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}\right)^2}{4\pi^2}} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

INTERPRETA LA IMATGE Pàgina 191

- Observa la distància a la qual el satèl·lit *Deimos 2* orbita sobre la Terra. Si la massa de la Terra és $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, calcula la velocitat orbital del satèl·lit en la unitat del SI i en km/h.

Procedim com en el cas anterior. En aquest cas la distància r és igual al radi de la Terra, 6370 km, més l'altura, 620 km. En total, 6990 km.

$$F_c = F_g \rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M_{\text{Terra}}}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{G \cdot \frac{M_{\text{Terra}}}{r}} = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6990 \cdot 10^3 \text{ m}}} = 7547,6 \text{ m/s} = 27\,171,5 \text{ km/h}$$

13

L'Estació Espacial Internacional orbita la Terra a uns 400 km sobre la seva superfície. Quant tarda a fer una volta al voltant de la Terra?

Dades: $M_{\text{Terra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{Terra}} = 6370 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$.

De nou identifiquem la força centrípeta amb la força gravitatòria que la Terra exerceix sobre l'Estació Espacial. En aquest cas la distància des de l'Estació Espacial al centre de la Terra és 6370 km més 400 km. En total, 6730 km.

Ara expressem la velocitat com l'espai recorregut entre el temps emprat, que és el període sol·licitat.

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} \rightarrow v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2} = G \cdot \frac{M_{\text{Terra}}}{r} \rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot r^3}{G \cdot M_{\text{Terra}}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot (6730 \cdot 10^3 \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}} = 5062,196 \text{ s}$$

Expressat en hores és:

$$5062,196 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 1,4062 \text{ h} = 1 \text{ h } 24 \text{ min } 22,2 \text{ s}$$

14

La pel·lícula *Gravity* mostra els problemes que representen les escombraries espacials per als satèl·lits artificials i els seus tripulants. Raona com és possible que un petit cargol que vagi per l'espai pugui representar un greu problema per a una nau espacial amb una estructura que pot resistir l'impuls dels coets amb els quals és llançada.

Perquè els fragments es mouen a una velocitat molt elevada en òrbita al voltant del nostre planeta, milers de quilòmetres per hora. I llavors la seva energia cinètica és molt elevada i pot causar danys importants.



15

Les escombraries espacials estan formades per fragments d'allò més divers. Un dels elements és el guant que va perdre l'astronauta Edward White (a la fotografia) l'any 1965, durant el seu primer passeig espacial. Suposant que el guant té una massa d'1 kg i avança a 28.000 km/h:

- Calcula l'energia cinètica del guant.
- A quina velocitat hauria d'anar un vehicle d'una tona perquè la seva energia cinètica fos igual a la del guant de White?

Dades: $M_{\text{Terra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{Terra}} = 6370 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$.

- L'energia cinètica es calcula a partir de la massa i la velocitat:



$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ kg} \cdot \left(28\,000 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right)^2 = 3,02 \cdot 10^7 \text{ J}$$

b) Fem servir l'expressió anterior i aïllem la velocitat.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,02 \cdot 10^7 \text{ J}}{1 \text{ kg}}} = 7771,7 \text{ m/s} \approx 28000 \text{ km/h}$$

REPASSA L'ESSENCIAL

16 Completa a la llibreta la definició següent de la llei de la gravitació universal:

Tots els cossos s'atrauen amb una força que és **directament** proporcional al **producte** de les seves **masses** i **inversament** proporcional al **quadrat** de la **distància** que els separa.

17 Explica per què diem que el descobriment de Newton va suposar la ruptura de la barrera entre cel i Terra. A quin descobriment fa referència, l'expressió?

Perquè Newton va explicar el moviment dels cossos en les proximitats de la superfície terrestre i el moviment dels astres utilitzant la mateixa llei. La troballa en aquest cas és el descobriment de la llei de la gravitació universal.

18 Indica a la llibreta quina de les afirmacions següents sobre la força gravitatòria és incorrecta:

- a) Depèn de les masses dels cossos.
- b) És universal, perquè actua en qualsevol punt de l'espai.
- c) Pot ser atractiva o repulsiva.
- d) No és possible aïllar un cos de la influència gravitatòria de l'altre.
- e) Depèn de la distància que separa els cossos.

- a) Correcta.
- b) Correcta.
- c) Incorrecta. Sempre és atractiva.
- d) Correcta.
- e) Correcta.

19 Indica com varia la força d'atracció entre dos cossos de la mateixa massa (m) situats a una distància (d) quan:

- a) La massa d'un dels dos es duplica.
- b) La distància entre tots dos es duplica.
- c) La massa d'un dels dos es duplica i la distància que els separa també es duplica.
- d) Les masses i la distància entre tots dos es tripliquen.
- a) La força també es duplica.
- b) La força es redueix a la quarta part.
- c) La força es redueix a la meitat.
- d) A causa de l'efecte de la massa la força es multiplicaria per nou, mentre que a causa del efecte de la distància la força es divideix entre nou. Per tant, en conjunt la força no varia en aquestes condicions.

20 Respon a la llibreta si és cert que un cos situat sobre la superfície terrestre a una altura igual al radi de la Terra:

- a) Té la mateixa massa que a la superfície.
- b) Cau amb una acceleració constant de $9,8 \text{ m/s}^2$.
- c) Pesa la meitat que a la superfície.
- d) Pesa quatre vegades menys que a la superfície.
- e) No pesa gens.

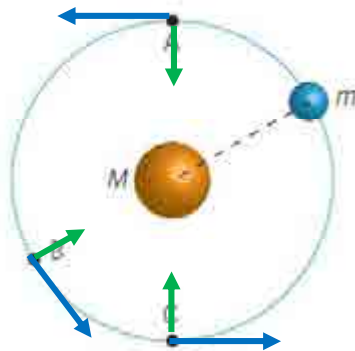
- a) Sí.
- b) No, perquè a aquesta distància del terra la força gravitatòria és menor que en la superfície i l'acceleració serà més petita que $9,8 \text{ m/s}^2$.
- c) No, ja que la força gravitatòria es divideix per quatre i el pes també.
- d) Sí, atès que si la distància al centre de la Terra es duplica, el pes es divideix per quatre.
- e) Sí pesa una mica, perquè la Terra l'atrau amb certa força.

21 Indica a la llibreta quines d'aquestes característiques corresponen al pes i quines a la massa:

- a) És la quantitat de matèria que té un cos.
 - b) El seu valor no depèn del lloc on es troba el cos.
 - c) És la força amb què la Terra atrau el cos.
 - d) És una magnitud escalar.
 - e) És una magnitud vectorial.
- a) Massa. d) Massa.
b) Massa. e) Pes.
c) Pes.

22 Un cos de massa m gira al voltant d'un altre cos de massa M amb velocitat constant. Copia el dibuix a la llibreta i afegeix-hi el vector velocitat i el vector acceleració centrípeta de m en els punts A, B i C.

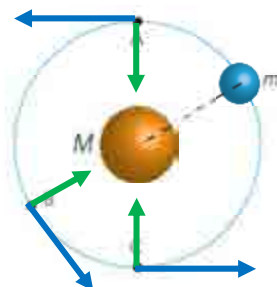
Resposta:



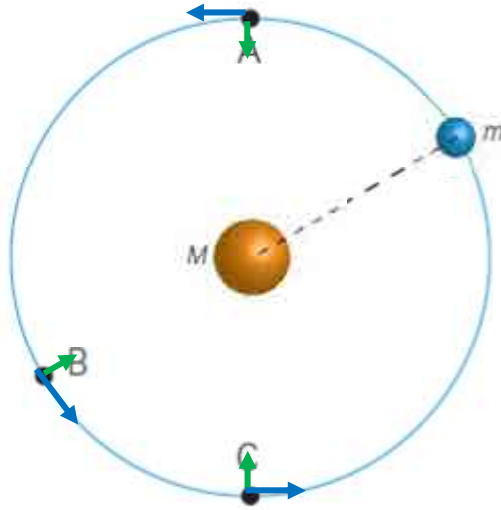
L'acceleració centrípeta té la direcció de la línia que uneix les dues masses, mentre que la velocitat és tangent a la trajectòria en cada punt.

23 Suposa el sistema de cossos M i m de l'activitat anterior. Dibuixa a la llibreta la trajectòria de m en els casos següents:

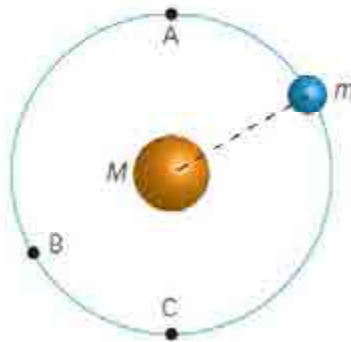
- a) La velocitat augmenta.
 - b) La velocitat disminueix.
 - c) La velocitat es fa zero.
 - d) El cos de massa M desapareix.
- a) Si la velocitat augmenta, li correspon una òrbita més baixa.



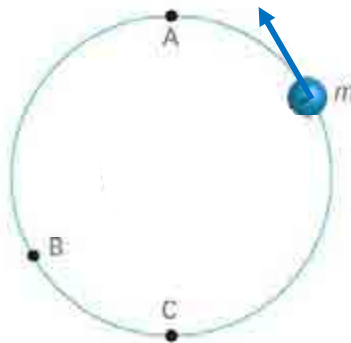
- b) Si la velocitat disminueix, li correspon una òrbita més alta.



- c) Si la velocitat es fa zero, el cos cau directament cap a la massa central.



- d) Si desapareix la massa central, el cos segueix amb moviment rectilini uniforme.



24

Raona quines de les expressions següents són certes per a un satèl·lit que orbita al voltant d'un planeta:

- La seva velocitat orbital depèn de la distància a la superfície del planeta.
- La seva velocitat orbital depèn de la distància al centre del planeta.
- La seva velocitat orbital depèn de la massa del planeta.
- La seva velocitat orbital depèn de la massa del satèl·lit.

La velocitat orbital d'un satèl·lit ve donada per l'expressió:

$$v = \sqrt{G \cdot \frac{M_{\text{Terra}}}{r}}$$

- | | |
|-----------|-----------|
| a) Certa. | c) Certa. |
| b) Certa. | d) Falsa. |

- 25** Quins satèl·lits tarden menys temps a fer una volta sencera al voltant de la Terra, els que giren en òrbites altes o els que giren en òrbites baixes? Raona per què.

Els que giren en òrbites baixes, perquè es mouen a més velocitat i a més recorren òrbites amb menor longitud.

- 26** Indica quin és l'avantatge d'utilitzar satèl·lits per cartografiar la superfície terrestre.

Des de l'espai es poden obtenir imatges impossibles d'aconseguir des de la Terra.

- 27** Explica quines de les frases següents són certes, en referència a les escombraries espacials:

- a) Provoquen pluja àcida.
- b) Poden fer un forat a l'estructura d'una nau espacial.
- c) Augmenten el forat de la capa d'ozó.
- d) Impedeixen que els rajos del Sol arribin a la Terra.
- e) Redueixen l'espai en el qual poden orbitar altres satèl·lits.

Els fragments que formen les escombraries espacials tenen una enorme energia cinètica.

- a) No. Les escombraries espacials no tenen afectes apreciables sobre la composició de l'atmosfera.
- b) Sí. A causa de l'elevada energia cinètica.
- c) No. Les escombraries espacials no té afectes apreciables sobre la composició de l'atmosfera.
- d) No.
- e) Sí, perquè a l'hora de situar en òrbita els satèl·lits cal evitar les zones on es concentren els fragments de deixalles espacials.

PRACTICA

- 28** Suposa que estem reproduint l'experiment de Cavendish per determinar el valor de la G . Col·loquem la massa gran ($m_1 = 175 \text{ kg}$) a una distància de 10 cm de la massa petita ($m_2 = 0,73 \text{ kg}$). Quin serà el valor de la força entre totes dues?

Dada: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$.

Apliquem la llei de la gravitació universal:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{175 \text{ kg} \cdot 0,73 \text{ kg}}{(0,10 \text{ m})^2} = 8,52 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

- 29** Tenint en compte el resultat de l'exercici anterior, determina el valor de la força entre les boles de l'experiment si:

- a) La massa de la bola gran fos 350 kg i la resta continués igual.
- b) La massa de la bola petita fos 1,46 kg i la resta continués igual.
- c) La distància entre les boles fos de 20 cm i la resta continués igual.
- d) Tenint en compte els resultats anteriors, quina seria la modificació més senzilla de l'experiment de Cavendish per aconseguir que la força entre les boles fos més gran??

- a) Com que una massa es duplica, la força també es duplica:

$$F_2 = 2 \cdot F = 2 \cdot 8,52 \cdot 10^{-7} \text{ N} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

- b) Com que una massa es duplica, la força també es duplica:

$$F_2 = 2 \cdot F = 2 \cdot 8,52 \cdot 10^{-7} \text{ N} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

- c) Com que la distància es duplica, la força es divideix per quatre:

$$F_2 = \frac{F}{4} = \frac{8,52 \cdot 10^{-7} \text{ N}}{4} = 2,13 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

- d) Reduir la distància entre les boles. Si la distància es redueix a la meitat, la força es fa quatre vegades més gran.

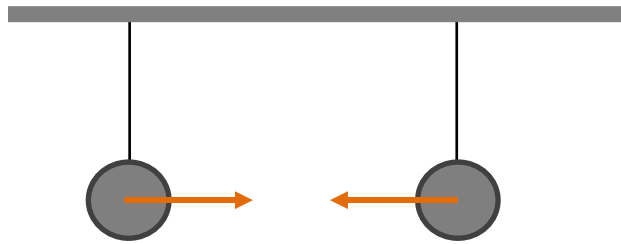
30 Imagina que tenim dues boles d'acer de 100 kg, suspeses d'un cable, a una distància d'1 m.

- Dibuixa i calcula la força entre les boles.
- Si es trenquessin els cables, què els passaria a les boles? Explica el moviment que farien tenint en compte la força que has calculat a l'apartat anterior.

Dades: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$

- Apliquem la llei de la gravitació universal:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{100 \text{ kg} \cdot 100 \text{ kg}}{(1 \text{ m})^2} = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$



- Si es trenquen els cables, les boles poden caure movent-se lleugerament l'una cap a l'altra. Però el valor de la força és molt més petit que el pes de les boles, de manera que l'efecte seria inapreciable. En efecte:

$$P = m \cdot g = 100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 9800 \text{ N} \gg 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

31 Sabent que la Terra no és esfèrica, sinó que està lleugerament aplatada pels pols, on pesaries menys? Raona la resposta.

- Al pol nord.
- A la península Ibèrica.
- Al pol sud.
- A l'equador.

El pes seria menor en el punt més allunyat del centre de la Terra. És a dir, a l'equador.

32 Calcula el pes d'una persona de 60 kg a:

- La superfície de la Terra i al nivell del mar.
- El cim de l'Everest, situat a 8.848 m d'altitud.
- L'Estació Espacial Internacional, que orbita a 400 km sobre la superfície terrestre.

Dades: $M_{\text{Terra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{Terra}} = 6370 \text{ km}$; $R_{\text{Lluna}} = 1740 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$

- El pes és simplement la força amb què la Terra atrau un cos. Al nivell de la mar:

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 60 \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = 588,8 \text{ N}$$

- Al cim de l'Everest la distància al centre de la Terra varia:

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 60 \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m} + 8848 \text{ m})^2} = 587,2 \text{ N}$$

Com veiem, el pes no varia gaire.

- A l'Estació Espacial:

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 60 \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m} + 400 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = 521,3 \text{ N}$$

- 33** A quina distància de la superfície terrestre el teu pes és la meitat del seu valor a la superfície? A quina distància ho serà la teva massa?

Per al cas del pes, com la força disminueix amb el quadrat de la distància, perquè la força es faci la meitat, la distància serà:

$$\frac{F}{F_{\text{Sup.}}} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{\cancel{G} \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R+h)^2}}{\cancel{G} \cdot \frac{M_T \cdot m}{R^2}} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \rightarrow (R+h)^2 = 2 \cdot R^2 \rightarrow R+h = \sqrt{2} \cdot R \rightarrow$$

$$\rightarrow h = (\sqrt{2} - 1) \cdot R = 0,4142 \cdot R$$

És a dir, l'altura sobre la superfície ha de ser igual a 0,4142 vegades el radi de la Terra.

La massa no varia, ja que no depèn de la posició de l'objecte.

- 34** En quin d'aquests llocs pesa més un lingot de 12,5 kg, arran de mar, al pol nord o al cim de l'Everest? Seria bon negoci comprar or als pols i vendre'l a l'Everest? Explica-ho.

El lingot pesa més en el pol nord, ja que la Terra està aplanada pels pols i en aquest punt el lingot estarà més a prop del centre de la Terra.

Si comprem or en els pols i els traslladem a l'Everest, el mateix lingot pesarà menys a l'Everest, per tant no serà un bon negoci vendre'l a l'Everest, ja que aquí el seu pes serà més baix.

- 35** Copia a la llibreta la taula de dades següent i escriu a les columnes:

- a) El teu pes en cadascun dels planetes del sistema solar.
b) La velocitat d'un cos que cau verticalment des d'una altura d'1 m a cada planeta.

- a) El pes es calcula multiplicant l'acceleració de la gravetat per la massa. Considerant una massa de 60 kg obtenim per a Mercuri:

$$P = m \cdot g_{\text{Mercuri}} = 60 \text{ kg} \cdot 2,65 \text{ m/s}^2 = 159 \text{ N}$$

- b) La velocitat es calcula a partir de les equacions del MRUA.

$$\left. \begin{array}{l} v = g \cdot t \\ s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \end{array} \right\} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} \rightarrow v = g \cdot t = g \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} = \sqrt{g^2 \cdot \frac{2 \cdot s}{g}} \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s}$$

Per al cas de Mercuri, per exemple:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 2,65 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m}} = 2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 8,29 \text{ km/h}$$

Procedim anàlogament per als altres planetes i vam completar la taula:

Planeta	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$	Pes (N)	$v \text{ (m/s)}$	$v \text{ (km/h)}$
Mercuri	2,65			
Venus	8,50			
Terra	9,81			
Mart	3,72			
Júpiter	25,89			
Saturn	11,48			
Urà	9,03			
Neptú	14,13			

Planeta	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$	Pes (N)	$v \text{ (m/s)}$	$v \text{ (km/h)}$
Mercuri	2,65	159	2,30	8,29
Venus	8,50	510	4,12	14,84
Terra	9,81	588,6	4,43	15,95
Mart	3,72	223,2	2,73	9,82
Júpiter	25,89	1553,4	7,20	25,90
Saturn	11,48	688,8	4,79	17,25
Urà	9,03	541,8	4,25	15,30
Neptú	14,13	847,8	5,32	19,14

36 El pes d'una persona a la Terra és de 500 N, i a Júpiter, de 1.321 N.

- Quina és la seva massa?
- Quin és el valor de la gravetat a Júpiter?
- Quina massa hauria de tenir una persona perquè el seu pes a Júpiter coincidís amb el de la persona del nostre enunciat a la Terra?

a) La massa es calcula a partir de l'acceleració de la gravetat:

$$P_{\text{Terra}} = m \cdot g_{\text{Terra}} \rightarrow m = \frac{P}{g_{\text{Terra}}} = \frac{500 \text{ kg}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 51,02 \text{ kg}$$

b) Com que la massa a Júpiter és la mateixa que a la Terra:

$$P_{\text{Júpiter}} = m \cdot g_{\text{Júpiter}} \rightarrow g_{\text{Terra}} = \frac{P}{m} = \frac{1321 \text{ N}}{51,02 \text{ kg}} = 25,89 \text{ N/kg}$$

c) En aquest cas:

$$P_{\text{Júpiter}} = P_{\text{Terra}} \rightarrow m \cdot g_{\text{Júpiter}} = m_1 \cdot g_{\text{Terra}} \rightarrow m = \frac{m_1 \cdot g_{\text{Terra}}}{g_{\text{Júpiter}}} = \frac{500 \text{ N}}{25,89 \text{ N/kg}} = 19,31 \text{ kg}$$

37 Mart és el planeta que els escriptors de ciència ficció van triar com el lloc més favorable del sistema solar per ser habitat pels éssers humans.

- Quin és el valor de l'acceleració de la gravetat a Mart?
- Si viatgessis a Mart, et sentiries més lleuger o més pesat que a la Terra? Raona-ho observant les dades sense fer càlculs.
- Calcula el teu pes a Mart.
- Raona si et resultaria més fàcil practicar el salt d'altura a Mart o a la Terra.

Dades: $M_{\text{Mart}} = 6,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}$; $\text{diàmetre}_{\text{Mart}} = 6780 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$.

a) Identifiquem el pes amb la força gravitatòria:

$$P_{\text{Terra}} = F_G \rightarrow \cancel{m} \cdot g = G \cdot \frac{M_{\text{Mart}} \cdot \cancel{m}}{R_{\text{M}}^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow g = G \cdot \frac{M_{\text{Mart}}}{\left(\frac{\text{diàmetre}_{\text{Mart}}}{2}\right)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{6,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{\left(\frac{6780 \cdot 10^3 \text{ m}}{2}\right)^2} = 3,71 \text{ m/s}^2$$

- Més lleuger, ja que l'acceleració de la gravetat és menor a Mart que a la Terra.
- El pes es calcula multiplicant la massa per l'acceleració de la gravetat. Per a una massa de 60 kg:

$$P = m \cdot g_{\text{Mart}} = 60 \text{ kg} \cdot 3,71 \text{ m/s}^2 = 222,6 \text{ N}$$

d) A Mart, ja que en ser més petita l'acceleració de la gravetat, els salts arribarien més lluny.

38 Una poma de 200 g és dalt de la pomera, a 2 m del terra:

- Si es trenca el peduncle que la uneix a l'arbre, quina velocitat tindrà quan arribi a terra?
- Indica el mòdul, la direcció i el sentit de la velocitat que haurà de tenir perquè en comptes de caure es mantingui en òrbita a 2 m de terra.

Dades: $M_{\text{Terra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{Terra}} = 6370 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$.

- Per calcular l'acceleració de la caiguda cal conèixer l'acceleració de la gravetat en els voltants de la superfície terrestre. Amb les dades que ofereix l'enunciat podem calcular-la:

$$P = F_G \rightarrow \cancel{m} \cdot g = G \cdot \frac{M_{\text{T}} \cdot \cancel{m}}{R_{\text{T}}^2} \rightarrow g = G \cdot \frac{M_{\text{T}}}{R_{\text{T}}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Per calcular la velocitat en arribar a terra fem servir les equacions del MRUA:

$$\left. \begin{aligned} v &= g \cdot t \\ s &= \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} \rightarrow v = g \cdot t = g \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} = \sqrt{g^2 \cdot \frac{2 \cdot s}{g}} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m}} = 6,26 \text{ m/s}$$

- b) Perquè es mantingui en òrbita caldria llançar-la amb una velocitat horitzontal. La força centrípeta a aquesta distància és la força gravitatòria:

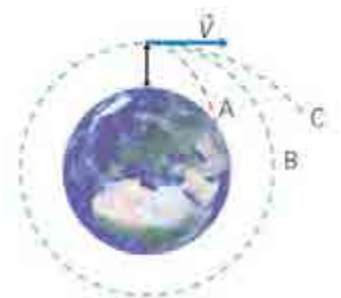
$$F_G = F_c \rightarrow G \cdot \frac{M \cdot m}{(R_T + h)^2} = \frac{m \cdot v^2}{R_T + h} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R_T + h}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6370 \cdot 10^3 \text{ m} + 2 \text{ m}}} = 7906,4 \text{ m/s}$$

- 39** Utilitzant les dades de l'exemple anterior, calcula la velocitat que hem de donar a un satèl·lit perquè descrigui l'òrbita que hem anomenat A. Indica un possible valor per a la velocitat si volem que el satèl·lit descrigui les trajectòries B i C. La massa del satèl·lit influeix en els resultats?:

Perquè segueixi la trajectòria A, la velocitat ha de ser menor que la calculada en l'apartat anterior.

Per a l'òrbita B el valor de la velocitat ha de ser el calculat en l'exemple anterior: 6654 m/s.

Per l'òrbita C la velocitat ha de ser més gran que aquest valor.



- 40** Tria un tipus de satèl·lits artificials i prepara una presentació que inclogui, entre altres aspectes:

- Quina funció tenen.
- Quan es van començar a utilitzar.
- Les seves característiques (massa del satèl·lit, distància a la qual orbiten, període, si són tripulats, etc.).
- Països que envien aquest tipus de satèl·lits.

Resposta personal.

- 41** Per estudiar l'univers utilitzem els telescopis. Alguns són d'ús domèstic, d'altres estan instal·lats en grans centres de recerca, com el Gran Telescopi de Canàries, i uns altres observen des de l'espai a bord de satèl·lits artificials, com el Hubble. Raona els avantatges i els inconvenients dels uns respecte dels altres.

Els d'ús domèstic són més barats i més manejables, però no ofereixen massa detall tret que es prenguin fotografies amb temps d'exposició molt elevats.

Els telescopis situats en observatoris, com el Gran Telescopi de Canàries, permeten captar molta més llum. Són molt cars i el seu maneig resulta certament complex, però permeten estudiar imatges de galàxies situades a milions i milions d'anys llum de la Terra.

Els telescopis espacials tenen l'avantatge que eviten les distorsions creades per l'aire de l'atmosfera en prendre les imatges. Però són més costosos encara i, a més, resulta difícil modificar-ne les característiques o afegir-hi nova instrumentació.

AMPLIA

- 42** Imagina't que mitjançant un raig làser elevem el cargol de l'exemple anterior fins a una òrbita situada a 1.600 km sobre la Terra. Quina energia cinètica tindrà en aquesta òrbita?

La força gravitatòria és la força centrípeta que actua sobre el cargol.

$$F_G = F_c \rightarrow G \cdot \frac{M \cdot m}{(R_T + h)^2} = \frac{m \cdot v^2}{R_T + h} \rightarrow v^2 = \frac{G \cdot M}{R_T + h} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R_T + h}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6370 \cdot 10^3 \text{ m} + 1600 \cdot 10^3 \text{ m}}} = 7068,4 \text{ m/s}$$

Lavors podem calcular l'energia cinètica.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,050 \text{ kg} \cdot (7068,4 \text{ m/s})^2 = 1,25 \cdot 10^6 \text{ J}$$

COMPETÈNCIA CIENTÍFICA

43 Fixa't en la imatge de les dues galàxies i respon.

- Quina zona és més brillant?
 - En quina zona hi ha més estels vermells, més vells: cap al centre o cap a l'exterior?
 - Què creus que són els punts més brillants amb centelleigs que apareixen superposats a la imatge?
- La zona central de la galàxia, perquè és on la concentració d'estrelles és més gran.
 - En el cas de les galàxies espirals hi ha més estrelles vermelles, més velles, cap al centre de les galàxies, i estrelles blaves, més joves, cap a la perifèria i els braços.
 - Són estrelles de la nostra galàxia que s'interposen en la direcció en què apunta el telescopi. La creu que mostren no és real; és un efecte òptic produït pels instruments que reben la llum.

44 Respon.

- Quant de temps ha tardat la llum a arribar des d'aquestes galàxies fins a nosaltres?
 - Creus que aquestes dues galàxies estan si fa no fa a la mateixa distància de la nostra?
- 55 milions d'anys, perquè es troben a una distància de 55 anys llum, que és la distància que la llum recorre en 55 anys.
 - A partir de la imatge sembla que sí, ja que s'aprecia certa interacció entre ambdues galàxies. Però es podria tractar d'un efecte òptic que fa que les dues apareguin gairebé superposades encara que es trobin a diferents distàncies.

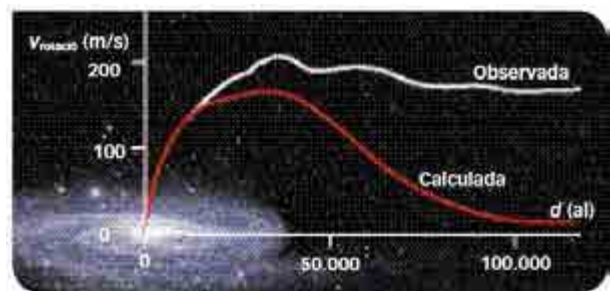
45 En una galàxia espiral els estels orbiten al voltant del nucli central. Per exemple, el Sol recorre una òrbita cada 225 milions d'anys. Basant-se en la massa observada, els estels més llunyans del nucli s'haurien de moure més lentament al voltant del centre (línia vermella a la imatge de la dreta).

En canvi, equips de científics independents, que han analitzat diferents galàxies espirals, han observat que la velocitat dels estels es manté més o menys constant a partir d'una certa distància al centre (línia blanca a la imatge). 1 al: 1 any llum.

Indica'n la causa o les causes més probables, segons la teva opinió.

- Les mesures de la velocitat dels estels s'han pres totes de manera incorrecta.
- A les galàxies hi ha més massa que la que veiem, una espècie de massa fosca que exerceix una atracció gravitatòria sobre els estels.
- Hi ha una força desconeguda que empeny els estels.
- L'atracció gravitatòria de galàxies properes influeix sobre el moviment dels estels.

Resposta personal. La causa més admesa és que hi ha més massa que la que veiem, i per això la velocitat de les estrelles no disminueix com en el cas en què únicament hi ha una gran massa central. Hi ha molts equips diferents que han pres mesures de la velocitat de les estrelles, de manera que la resposta a és improbable. La resposta b sí és correcta.



46 COMPENSIÓ LECTORA. Explica les frases següents:

- a) Allà ja hi hem estat.
- b) Missions tripulades més enllà de la Lluna.
- a) Ja hem trepitjat la Lluna.
- b) Missions espacials amb persones a bord que es dirigeixen a astres situats més enllà de l'òrbita lunar. Per exemple, a algun asteroide o planeta nan.

47 Al text, Obama parla de l'exploració dels asteroides i de Mart. Per què diu això? Respon a la llibreta.

- a) Perquè Mart i els asteroides tenen unes dimensions semblants.
- b) Perquè una mateixa missió podria estudiar alhora algun asteroide i Mart.
- c) Perquè Mart és un planeta nan, igual que molts asteroides.
- d) Perquè en els asteroides es poden obtenir materials necessaris per completar la missió a Mart.
- a) Això és cert, però no és per això.
- b) Correcte.
- c) Mart no és un planeta nan.
- d) Correcte, ja que els asteroides permeten «fer-hi escala» en un futur viatge a Mart.

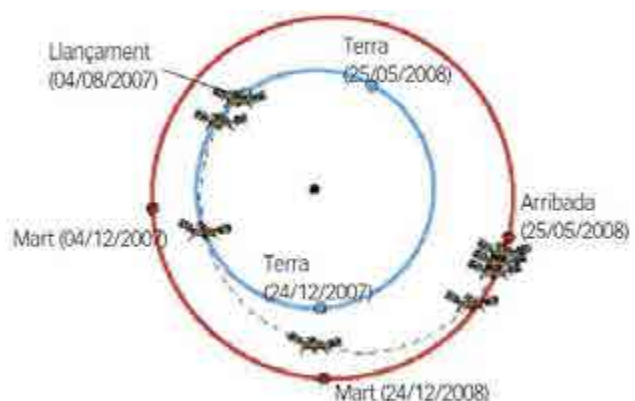
48 Ordena a la llibreta, segons la teva opinió, els beneficis següents que s'obtindrien d'una possible missió tripulada a Mart, basant-te en la seva importància.

- a) L'estudi de l'existència de vida més enllà de la Terra.
- b) L'estudi de l'atmosfera marciana amb l'objectiu de convertir Mart en un planeta respirable per poder-hi viure quan la Terra estigui superpoblada.
- c) El desenvolupament de nous materials i tècniques necessaris per completar la missió.
- d) El prestigi aconseguit pel país pioner.
- e) L'estudi dels efectes de la ingravitació prolongada en el cos humà.

Resposta personal. Les missions tripulades segueixen permetent accions que són molt complicades per al cas de les missions no tripulades. Per a molts científics Mart és el primer objectiu al qual dirigir-nos en el futur quan la Terra estigui superpoblada. Per això es valora la possible conversió de la seva atmosfera, tal com han imaginat alguns escriptors de ciència ficció en les seves novel·les.

49 L'objectiu de la missió Phoenix va ser estudiar Mart. Observa el gràfic i respon.

- a) On és l'observador en el dibuix? I el Sol?
- b) En el moment del llançament, Mart era a la mínima distància possible de la Terra?
- c) Quant de temps va tardar la nau a arribar a Mart? Per què creus que no es va pensar en una trajectòria directa des de la Terra fins a Mart?
- a) L'observador es troba en el zenit del sistema solar, per sobre del Sol. El Sol està representat pel punt col·locat en el centre del dibuix.
- b) No.
- c) Va trigar una mica més de nou mesos. Perquè les trajectòries directes consumeixen més combustible.



- 50** A la imatge es representen la Terra i Mart a escala. Compara els dos planetes. Si el radi de la Terra és de 6.378 km, quin és el radi aproximat de Mart?



Mart és aproximadament de la meitat de la mida que la Terra. Per tant, el seu radi serà, aproximadament:

$$R_{\text{Mart}} = \frac{R_{\text{Terra}}}{2} = \frac{6378 \text{ km}}{2} = 3189 \text{ km}$$

- 51** **PREN LA INICIATIVA.** Et sembla una bona idea invertir diners en una missió tripulada a Mart?

Resposta personal. Els alumnes i les alumnes han de valorar que les missions espacials són molt, molt cares. I que, a més, les missions tripulades són molt més cares encara, ja que s'han d'extremar les mesures de seguretat i, a més, s'ha de programar un viatge de tornada.

Al seu torn, les investigacions i descobriments sobre materials, tecnologia, etc., solen tenir aplicacions i beneficis aquí a la Terra.

INVESTIGA

- 52** Repassa l'experiència sobre la força centrípeta i representa en tres gràfiques diferents:

- El període respecte a la distància.
 - La velocitat respecte a la distància.
 - La velocitat respecte al període.
- Resposta a partir de l'experiència.
 - Resposta a partir de l'experiència.
 - Resposta a partir de l'experiència.

- 53** Per a un satèl·lit que orbita al voltant d'un planeta, explica la relació que hi ha entre:

- El radi de l'òrbita i el període.
 - El radi de l'òrbita i la velocitat.
 - La velocitat i el període.
- En un satèl·lit la força gravitatòria que exerceix el planeta és la força centrípeta. Això fa que com més a prop del planeta orbita el satèl·lit, més ràpid es mou i, per tant, més petit és el període, és a dir, el temps que triga el satèl·lit a fer una volta completa al voltant del planeta.
 - Com més petit és el radi de l'òrbita, més gran és la velocitat.
 - Com més gran és la velocitat, més a prop del planeta orbita el satèl·lit i més petit és el període.