

1. Acceleracions i forces en un salt

Objectius

- Fer estimacions i càlculs relacionats amb el concepte d'acceleració i la segona llei de Newton.

Introducció

Les demostracions que es descriuen a continuació permeten fer estimacions i càlculs relacionats amb el concepte d'acceleració i la segona llei de Newton d'una manera eficaç, còmoda i senzilla. A partir de l'altura que s'assoleix en un salt i de la distància que un s'ajup per saltar es calculen les velocitats del salt, l'acceleració per aconseguir aquesta velocitat i la força necessària. Per fer-ho cal utilitzar les equacions del moviment rectilini uniformement accelerat.

Material

– Cinta mètrica	– Bàscula de bany
– Guix	

1a experiència: Acceleracions en un salt

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Col·loca't dret a la paret i marca amb guix la posició corresponent al braç completament estirat.
2. Ajup-te una mica i prepara't per saltar, però abans, amb el braç completament estirat, fes una altra marca en la posició de partida.
3. Salta i a l'altura màxima que assolixis fes una altra marca.

Adquisició de les dades

1. Mesura la distància que t'has ajupit (des de la marca quan estaves ajupit a la marca inicial)
2. Mesura la distància que has pujat en el salt (des de la marca inicial a la marca de l'altura màxima)

Conclusions

Anàlisi de les dades

1. A partir de la distància que has pujat en el salt i considerant que l'acceleració de la gravetat és $9,8 \text{ m/s}^2$, calcula la **velocitat inicial del salt**. Pots fer-ho de dues maneres:
 - utilitzant l'equació del MRUA $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta y$ essent Δy l'altura assolida i tenint en compte que la velocitat final $v=0$ o bé,

- representant una recta de pendent $-9,8 \text{ m/s}^2$ en un gràfic v-t. Sabent que l'àrea que determina la recta amb l'eix del temps és l'altura assolida i que el temps final és $t = \frac{v_0}{9,8}$ es calcula v_0 .
- 2. A partir de la velocitat inicial del salt i de la distància que t'has ajupit per poder saltar, calcula l'acceleració en el salt. Pots fer-ho com abans, de dues maneres:
 - utilitzant l'equació del MRUA $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta y$ essent Δy l'altura que t'has ajupit, v la velocitat calculada anteriorment i tenint en compte que la velocitat inicial $v_0 = 0$ o bé,
 - representant una recta de pendent positiu en un gràfic v-t. Sabent que l'àrea que determina la recta amb l'eix del temps és l'altura que t'has ajupit i que la velocitat final, v és la calculada anteriorment, es calcula t i a partir de l'expressió $a = \frac{v}{t}$ es calcula a .

Qüestionari

- Si es fa una estimació de la distància de frenat, en arribar, després del salt, de nou a terra, i se suposa que és de l'ordre de 10 cm (aquest valor no es mesura ja que mesurar-lo seria una mica complicat), calcula l'acceleració de frenat.

2a experiència: Forces en un salt

Procediment

Execució de l'experiència

- Col·loca't damunt una bàscula i mesura el teu pes.
- Salta fent un salt moderat damunt de la bàscula i intenta llegir la indicació de la bàscula tant en el moment de saltar com en tornar a caure sobre ella.

Conclusions

Anàlisi de les dades

A causa de la dificultat d'obtenir les lectures de la bàscula els resultats s'obtingueran a partir de càlculs, aplicant la segona llei de Newton.

En repòs sobre la bàscula:

- Quina és la força resultant sobre la bàscula quan s'hi és en repòs? Quina força fa la bàscula sobre el teu cos?

En saltar cap amunt:

D'acord amb l'experiència anterior, quina és l'acceleració del salt cap amunt?

- Quina és la força resultant sobre la bàscula? Quina força fa la bàscula sobre el teu cos?

En mantenir-te l'aire:

- Quina força reben les soles de les teves sabates?

En tornar a caure sobre el terra:

D'acord amb l'experiència anterior, quina és l'acceleració de frenat?

- Quina és la força resultant sobre la bàscula? Quina força fa la bàscula sobre el teu cos?

Estan d'acord els resultats obtinguts amb les mesures que has intentat fer?

Qüestionari

Per què el salt ha de ser moderat?

Acceleracions i forces en un salt

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

➤ 1 hora per a les demostracions i els càlculs

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat. Optativament es pot realitzar amb alumnat de 4t d'ESO.

Orientacions metodològiques

La senzillesa d'aquestes demostracions permet realitzar-les a l'aula com un exercici pràctic i, si es desitja, cada alumne pot participar més activament mesurant la seva pròpia velocitat de salt.

Prèviament a la realització de la demostració "Acceleracions en un salt" és interessant fer els següents experiments preliminars:

1. Ajupir-se en un salt

Es pot verificar fàcilment que per saltar i aixecar-se del terra fa falta una acceleració prèvia, i això suposa que hi ha d'haver un desplaçament per poder accelerar i aconseguir la velocitat necessària. Sense aquesta distància d'acceleració no s'aconsegueix saltar.

Per fer-ho es pot col·locar alguna cosa desitjable (un caramel o un bitllet, segons l'edat de l'alumnat), subjecte amb cinta adhesiva a la paret, a uns 20 cm per sobre de l'altura corresponent a la de l'alumne amb el seu braç completament estirat. Qui pugui agafar-lo saltant SENSE arronsar les cames se'l pot quedar. Naturalment, no es permeten trampes (pujar en una cadira, companys que l'aixequin...)

2. Arronsar les cames quan se salta d'una cadira

Resulta interessant que els i les alumnes comprovin la necessitat d'ajupir-se una mica quan arriben al terra, en saltar des d'una cadira. Per exemple es pot fer que un alumne pugi en una cadira i pensi que li passarà si salta i no plega una mica les cames en arribar a terra. Resulta convenient canalitzar la discussió cap a l'acceleració de frenat i la força resultant, i comparar la situació amb la d'un cotxe que frena suaument en 20 metres amb la d'un altre cotxe que frena bruscament en xocar amb un arbre i es deté en 20 cm.

Prèviament a la realització de la demostració "Forces en un salt" es pot demanar a l'alumnat que pensi de quina manera varia la força que rep el terra (i el peu) al llarg d'un salt. Pocs s'imaginarien que, en saltar, la força que reben els peus és d'unes 3,5 vegades el pes i que en arribar a terra, aquesta força és d'unes 6 vegades el pes.

Orientacions tècniques

La bàscula de bany que s'utilitzi per a la demostració de forces en un salt no ha de ser gaire bona ja que surt generalment d'escala i fàcilment es fa malbé.

Conclusions

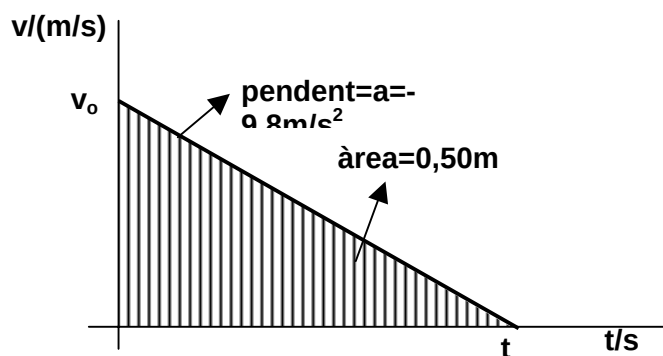
Resultats esperats

Acceleracions en un salt

Una situació típica correspon a un alumne que s'ajup 20 cm, salta i s'aixeca fins a 50 cm. En arribar al terra esmorteix la caiguda arronsant una mica les cames, considerant que s'ajup uns 10 cm (aquest valor és una estimació raonable, no es mesura). El moviment es pot analitzar en tres parts:

- acceleració al saltar
- acceleració mentre està en l'aire
- acceleració a l'arribar al terra

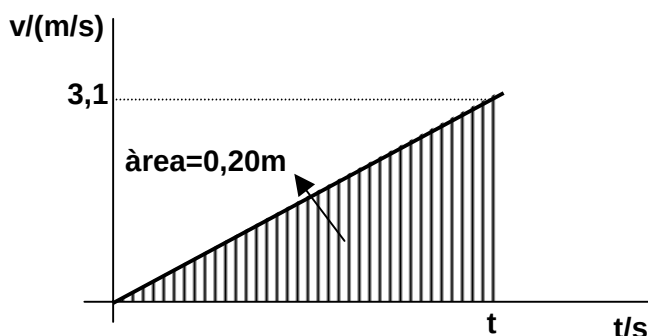
En primer lloc s'ha de calcular la velocitat de salt. Com que es coneix l'acceleració de la gravetat ($-9,8\text{m/s}^2$) i l'altura màxima ($+0,50\text{ m}$) es pot calcular la velocitat en el moment d'enlairar-se del terra utilitzant la gràfica v-t tal com mostra la figura 1. La velocitat d'enlairament resulta ser de $3,1\text{ m/s}$ i el temps de pujada de $0,31\text{ s}$.



$$0,50 = \frac{1}{2} \cdot v_0 \cdot \frac{v_0}{9,8} \rightarrow v_0 = 3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Figura 1

A continuació, es pot calcular l'acceleració cap amunt que ha tingut el cos per saltar amb aquesta velocitat. Ha accelerat durant 0,2 m assolint una velocitat de $3,1\text{ m/s}$. La gràfica v-t corresponent (figura 2) permet calcular el temps necessari, que és $0,13\text{ s}$, i l'acceleració, que és de 24 m/s^2 .



$$0,20 = \frac{1}{2} \cdot t \cdot 3,1 \rightarrow t = 0,13\text{s}$$

$$a = \text{pendent} = \frac{3,1}{0,13} \approx 24 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Figura 2

Arriba a terra, sense ajupir-se, amb una velocitat de $3,1\text{ m/s}$ i frena en una distància de 10 cm . L'acceleració de frenada és de 48 m/s^2 en un temps de $0,064\text{ s}$.

Forces en un salt

Suposant una massa de 60 kg

En repòs sobre la bàscula:

1. La força resultant sobre la bàscula és zero i la bàscula fa una força $N=P$. Marcarà 588N

En saltar cap amunt:

Suposant l'acceleració del salt cap amunt de 24 m/s^2

2. La força resultant sobre la bàscula i la força que fa la bàscula sobre el cos (normal) són:

$$F_{\text{Res}} = N - P$$

$$N = ma + mg = 60\text{kg} \cdot 24 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 60\text{kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2028\text{N}$$

Si es saltés d'aquesta manera sobre la bàscula, aquesta sortiria d'escala. És com si l'alumne tingués una massa de 207 kg

En mantenir-te l'aire:

3. La força en que reben les soles de les sabates és zero, ja que en l'aire les sabates estan caient igual que l'alumne.

En tornar a caure sobre el terra:

Suposant que l'acceleració de frenat és de 48 m/s^2

4. La força resultant sobre la bàscula va cap amunt i val: $F_{\text{Res}} = N - P$ i la força que fa la bàscula sobre el cos (normal) és:

$$N = ma + mg = 60\text{kg} \cdot 48 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 60\text{kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3468\text{N}$$

la qual equival al pes d'un alumne de 354 kg

Respostes al qüestionari

Acceleracions en un salt

1. Si es fa una estimació de la distància de frenat, en arribar, després del salt, de nou a terra, i se suposa que és de l'ordre de 10 cm (aquest valor no es mesura ja que mesurar-lo seria una mica complicat), calcula l'acceleració de frenat.

La resposta està explicada en l'apartat de "resultats esperats".

Forces en un salt

1. Per què el salt ha de ser moderat?
Per evitar que la bàscula surti d'escala.