

VELOCITAT TERMINAL

En *Felix Baumgartner* és un paracaigudista Austríac especialitzat en la modalitat de Salt BASE. És reconegut pels seus trucs de naturalesa particularment perillosa, que ha realitzat durant la seva carrera. Amb un grup de científics i Red Bull com a sponsor planeja fer una caiguda lliure de 36.576 km, el rècord més alt intentant trencar la barrera del so registrat en paracaigudisme. El 25 de juliol de 2012 *Baumgartner* va completar el segon dels dos salts planejats saltant des de 29459 km d'alçada. S'estima que la caiguda lliure va durar 3 minuts i 48 segons abans que el paracaigudes es desplegués. La velocitat màxima que va assolir va ser de 239,61 m/s.

En física sabem que l'acceleració g és aproximadament 10 m/s^2 . Això vol dir que la velocitat d'un cos en caiguda lliure augmenta 10 m/s cada segon. El fet que la velocitat màxima de *Baumgartner* fos molt més baixa que 2280 m/s és degut a la resistència de l'aire. Encara que la resistència de l'aire sovint s'ignora a les classes de física, *Baumgartner* no va caure indefinidament amb acceleració constant.

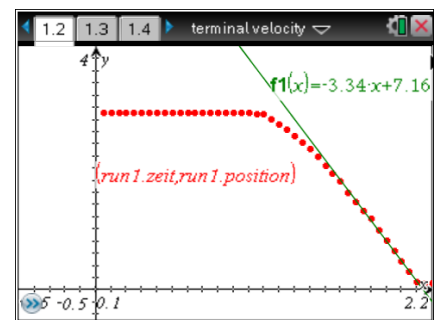
A. Preparació

- 1) Agafa un ortoedre fet de làmines de plàstic (o algun altre objecte amb poca massa). Deixa'l anar i mira com cau a terra. Fes un gràfic altura vs. temps corresponent a la caiguda.
- 2) Després enganxa dues peces iguals utilitzada en l'apartat anterior, i deixa-les anar. Què creus que passarà? Cauran més ràpid, més lent o igual que quan només teníem 1 objecte?
- 3) Quina relació matemàtica predius que hi haurà entre la velocitat de caiguda i el número d'objectes units?

B. Observació d'un experiment

Experiments preliminars:

- 1) Estudia la foto de la dreta on es mostra un gràfic distància vs. temps.
- 2) Els punts representen les dades corresponents al temps i l'alçada durant la caiguda descrita en A1. Descrue el moviment en detall.
- 3) La línia representa un funció lineal $f_1(x) = -3.34 x + 7.16$. Què indica el coeficient de x ?



C. Modelar la situació al laboratori

- 1) Deixa caure un objecte amb poc pes i registra'n les dades amb un sensor de moviment.
- 2) Determina la velocitat de l'objecte en caiguda lliure a partir del pendent del gràfic distància vs. temps. Observa les dues parts diferents dels gràfic: (a) una regió al principi on augmenta el pendent i (b) després una part lineal.

Si us plau, cita aquesta pràctica com:

Urban-Woldron, Hildegard (2014). Velocitat terminal. pp1-2. Disponible a <http://comblab.uab.cat>

Aquesta feina està sota una Llicència Creative Commons BY-NC-SA 4.0 Atribució-No Comercial-Compartir Igual. Més informació a <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

- 3) Varia la massa de l'objecte de caiguda d'una forma controlada i repeteix el pas 2) per explorar la relació entre la massa dels objectes estudiats i la velocitat terminal.
- 4) Dibuixa un diagrama de cos lliure (diagrama de forces) de l'objecte descrit a A1). Explica, per què hi ha només dues forces actuant sobre l'objecte. Matemàticament la resistència aerodinàmica es pot descriure utilitzant $F_{\text{drag}} = -bv$ o $F_{\text{drag}} = -cv^2$. Les constants b i c s'anomenen coeficients de resistència aerodinàmica i depèn de la mida i la forma de l'objecte.
- 5) *Extensió*: Fes un paracaigudes petit i utilitza el sensor de moviment per analitzar la resistència de l'aire i la velocitat terminal mentre vas augmentant el pes del cos suspès en el paracaigudes.

D. Avaluar les dades obtingudes

- 1) Què pots dir de la regressió lineal feta en el tram lineal del gràfic distància vs. temps?
- 2) Dibuixa un gràfic per a la velocitat terminal v_t (eix y) en funció de la massa m dels objectes utilitzats.
- 3) Determina quina relació és més apropiada: $v_T \sim m$ o $v_T^2 \sim m$ i escull un dels dos models de resistència aerodinàmica. Explica com has pres aquesta decisió a partir dels gràfics.
- 4) Explica per què mentre el cos té una velocitat terminal, la resistència aerodinàmica és igual al pes de l'objecte que cau.
- 5) Com és que el temps de caiguda es relaciona amb el pes (mg) del cos de caiguda (resistència aerodinàmica)? Si un objecte de massa m cau en un temps t , quant temps trigaria un objecte de massa $4m$ a caure, assumint que els objectes s'estan movent sempre a velocitat terminal?

E. Mostra els teus resultats

Pensant en les teves observacions, digues si són certes o falses les següents premisses. Justifica la teva resposta.

- a) Sense resistència d'aire, una pilota de futbol i una fulla de paper caurien a la mateixa velocitat.
- b) Quan un objecte va a velocitat terminal, hi ha una força neta que apunta cap amunt.
- c) Pels objectes en caiguda, la velocitat terminal al quadrat és proporcional a la massa. Per tant, la velocitat terminal d'un objecte de 30 g és aproximadament 3 cops més gran que la velocitat terminal d'un objecte de 10 g.
- d) La caiguda d'un objecte amb una massa de 40g trigaria la meitat de temps que la caiguda d'un objecte de 10 g.
- e) A la velocitat terminal, la resistència de l'aire concorda amb la força que apunta cap avall, és a dir, no hi ha força neta.
- f) A la velocitat terminal, la força neta és constant.