RYCHLOST PŘI DOPADU

Felix Baumgartner je rakouský parašutista a extrémní skokan. Je známý svými téměř kaskadérskými seskoky, které se snaží neustále překonávat. Za podpory týmu vědců a sponzora Red Bull hodlá seskočit volným pádem z výšky téměř 37 km a atakovat tak světový rekord v seskoku a navíc za překonání rychlosti zvuku. V červenci roku 2012 uskutečnil Baumgartner druhý ze dvou plánovaných testovacích seskoků, z výšky asi 30 km. Odhaduje se, že jeho volný pád trval 3 min 48 sec, než se mu rozevřel padák. Dosáhl rychlosti 863 km/h.

Z fyziky víme, že velikost zrychlení *g* je zhruba 10 m/s². Z toho plyne, že rychlost volně padajícího tělesa vzroste za každou sekundu o 10 m/s. To, že Baumgartnerova rychlost byla mnohem menší než 2280 m/s bylo způsobeno odporem vzduchu. V hodinách fyziky se odpor vzduchu velmi často zanedbává, ale ve skutečnosti Baumgartner nepadal s konstantním zrychlením.

A. Příprava

1) Vezměte si do rukou kvádr vyrobený slepením plastových folií (nebo jiný lehký předmět). Pusťte jej a pozorujte, jak padá k zemi. Zakreslete své pozorování do grafu závislosti výšky na čase.

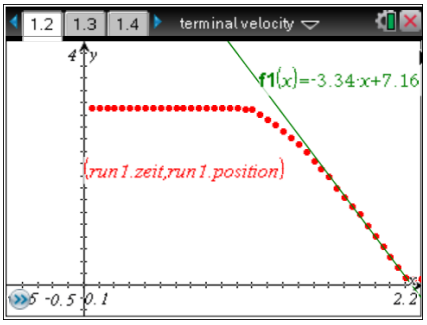
2) Poté slepte dva objekty použité v předchozím bodě k sobě a opět jej pusťte z výšky. Myslíte si, že tyto dva předměty budou padat rychleji, pomaleji nebo stejnou rychlostí jako jeden předmět?

3) Jaký je podle vás matematický vztah mezi rychlostí pádu a počtem předmětů?

B. Pozorování experimentu

Předběžné experimenty:

1) Prohlédněte si obrázek vpravo zachycující graf vzdálenosti závislé na čase.
2) Jednotlivé tečky odpovídají sesbíraným měřením času a výšky během pádu tělesa z úkolu A1. Popište detailně pohyb.
3) Čára odpovídá lineární funkci f1(x) = -3.34 x + 7.16. Co značí koeficient *x*?



C. Naměření dat v laboratoři

1) Pod čidlo pohybu umístěte lehké předměty, upusťte je a pozorujte sbíraná data.

2) Určete rychlost pádu předmětu pomocí strmosti závislosti vzdálenost – čas. Pozorujte dvě odlišná místa v grafu: (a) oblast vzrůstající strmosti na počátku a (b) poté lineární oblast.

3) Změňte záměrně hmotnost padajícího předmětu a opakujte přechozí bod, abyste zjistili vztah mezi hmotností upuštěného objektu a konečnou rychlostí při pádu.

Please, cite this work as:

Urban-Woldron, Hildegard (2014). Terminal Velocity. pp1-2. Available at http://comblab.uab.cat

This work is under a Creative Commons License BY-NC-SA 4.0 Attribution-Non Commercial-Share Alike. More information at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein Project N. 517587-LLP-2011-ES-COMENIUS-CMP

4) Nakreslete schematicky těleso z bodu A1). Vysvětlete, proč na těleso působí pouze dvě síly. Matematicky, odpor prostředí může být vyjádřen jako: $F_{odp} = - bv$ nebo $F_{odp} = - cv^2$. Konstanty *c* a *b* se nazývají koeficienty odporu, které závisejí na velikosti a tvaru předmětu.

5) *Rozšíření*: Vyrobte malý padák a s pohybovým čidlem analyzujte odpor vzduchu a konečnou rychlost, jestliže se tíha tělesa zvyšuje.

D. Vyhodnocení získaných dat

1) Co zjistíte, jestliže získanou křivku vzdálenosti na čase chcete proložit pouze lineární regresí (ve které oblasti)?
2) Pro každé měření sestavte graf závislosti konečné rychlosti v_T(y-osa) jako funkce tíhy předmětu (osa x).
3) Zjistěte, který vztah více odpovídá skutečnosti: $v_T \sim m$ nebo $v_T^2 \sim m$ a vyberte mezi dvěma modely odporové síly. Vysvětlete, jak vám k tomuto rozhodnutí pomohlo vyhodnocení grafů.
4) Vysvětlete, proč je v okamžiku dopadu (konečné rychlosti) odporová síla rovna tíze padajícího tělesa.
5) Jak souvisí doba pádu s tíhou (*mg*) padajícího tělesa (odporová síla)? Jestliže předmět o hmotnosti *m* padá v čase *t*, jak dlouho bude padat předmět o hmotnosti *4m*, jestliže víme, že předměty se budou pohybovat konečnou rychlostí.

E. Pochlubte se svými výsledky

Zamyslete se nad pozorováním vašich provedených experimentů a diskutujte správnost následujících tvrzení.

a) Bez odporu vzduchu by fotbalový míč a list papíru padaly stejnou rychlostí.

b) U konečné rychlosti směřuje výslednice sil nahoru.

c) U padajících objektů je druhá mocnina konečné rychlosti úměrná hmotnosti. Proto je konečná rychlost předmětu o hmotnosti 30 g asi třikrát větší než konečná rychlost předmětu o hmotnosti 10 g.

d) Pád předmětu o hmotnosti 40 g by trval polovinu času co předmět o m = 10 g.

e) V konečné rychlosti je odpor prostředí roven síle působící dolů, a proto je výslednice sil nulová.

f) V konečné rychlosti je výslednice sil konstantní.