

+ 4 De bungee jumper

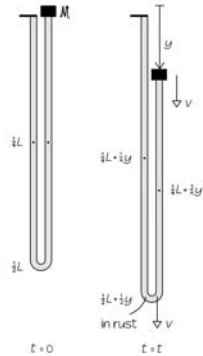
NVOX, 29, nr. 3 maart 2004, p. 148

In *The Physics Teacher* beweerden Kagan en Kott¹ dat de versnelling van een bungee jumper groter is dan $9,8 \text{ m/s}^2$. Die bewering kan met een proef bevestigd worden².

Energiebehoud

De jumper met massa M valt aan een touw met massa m en lengte L . Het linker deel van de figuur geeft de beginsituatie weer op $t = 0$ s; het rechter deel hoort bij het tijdstip t als de jumper de afstand y heeft afgelegd.

Het linker deel van het touw zit aan een brug vast en is in rust; het rechter deel van het touw en de jumper hebben dan de snelheid v .



Met de opstelling die hiernaast staat, is y gemeten. Eén van de kettingen zat aan een krachtmeter vast zodat tegelijk de kracht op de brug kon worden vastgelegd.



In het onderste punt van het touw is dus wat gek aan de hand: het linker deel van dat punt (als je dat al zeggen kunt) is in rust en het rechter deel beweegt met de snelheid v .

Via energiebehoud kan worden afgeleid:

$$v^2 = gy \frac{4ML + 2mL - my}{mL - my + 2ML}$$

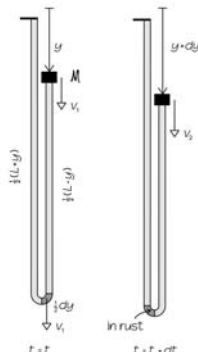
Hieruit kan door te integreren geen $y(t)$ -formule worden afgeleid. Door te differentiëren naar t via de kettingregel vind je:

$$a = g \left(1 + \frac{my(4ML + 2mL - my)}{2(mL - my + 2ML)^2} \right)$$

Denk eens na over deze twee bijzondere gevallen: $m = 0$ en $M = 0$ bij $y = L$.

De versnelling neemt toe tijdens de val

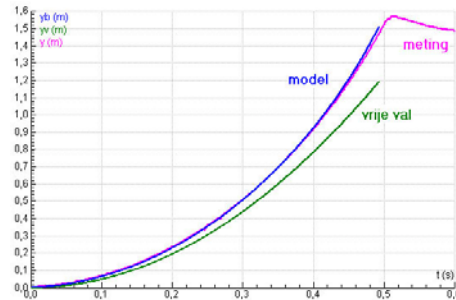
De volgende figuur geeft de situatie weer op twee tijdstippen die kort na elkaar liggen. In de tijd dt neemt y toe met de afstand dy en de snelheid groeit rechts aan van v_1 tot v_2 . Tegelijk komt links onderaan een stukje touw met de lengte $\frac{1}{2}dy$ tot rust dat rechts beweegt met de snelheid v_1 .



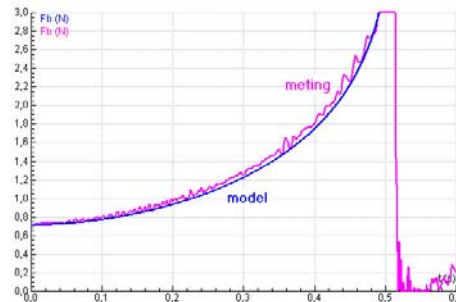
De massa van dat stukje is $r \cdot \frac{1}{2} dy$ met $r = m/L$. Voor deze gebeurtenis geldt volgens de tweede wet van Newton:

$$F dt = r \cdot \frac{1}{2} dy \cdot v_1$$

De opwaartse kracht F die hiervoor nodig is, wordt door *beide* helften van het touw geleverd. Volgens actie/reactie wordt de kracht op de jumper dus groter dan Mg en zijn versnelling groter dan g . De meting bewijst dat:



Op de brug werkt dus een kracht die steeds groter wordt – afgezien nog van het feit dat er steeds meer stil hangend touw aan de brug komt te hangen.



Een model voor de vallende bungee jumper

Op onze site worden de formules afgeleid. Bij de practica met Coach 6 vind je de metingen en het model waarmee de grafieken hierboven gemaakt zijn.

1. *The Physics Teacher* **34**, 6, 1996, p. 368, D. Kagan and A. Kott, 'The Greater-Than- g Acceleration of a Bungee Jumper'.
2. *The Physics Teacher* **41**, 4, 2003, p. 238, Hubert Biezeveld, 'The Bungee Jumper: A Comparison of Predicted and Measured Values'.