+5 Meten aan een vallende slinky

NVOX, **34**, nr. 9 november 2009, p. 404

De windingen van een hangende slinky voeren vlak na het loslaten allemaal een verschillende beweging uit. De beweging van het zwaartepunt is echter een 'gewone' vrije val.

Het raadsel van Maarten

Tijdens het afscheid van Ineke Frederik op 5 juni 2008 in Delft gaf Maarten van Woerkom ons een raadsel op: 'Wat voor beweging voert de onderkant van een hangende slinky uit vlak na het loslaten?' We mochten kiezen uit: a) hij gaat eerst omhoog; b) hij gaat meteen omlaag; c) hij blijft in rust.
Vrijwel niemand − of helemaal niemand, dat weet ik niet meer − gaf het goede antwoord. Met een ultrasnelle film toonde hij aan dat het laatste antwoord het goede is − zeer contra-intuïtief. Achteraf had ik het moeten weten, want in 1995 werd er al over geschreven in het onvolprezen blad *The Physics Teacher*[1,2].

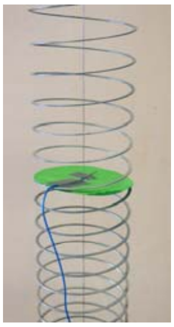
Meten aan de vallende slinky

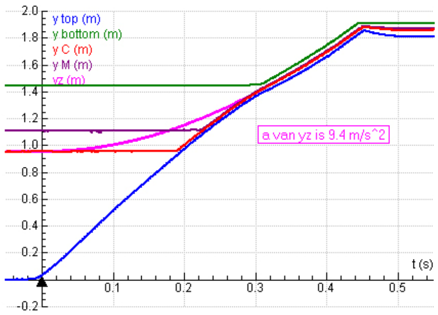
Door een variant te gebruiken van de valsensor[3] die bij CMA de biezeveld-sensor wordt genoemd, heb ik aan vier windingen gemeten hoe die in beweging komen. Ook lukte het om een formule af te leiden waarmee tegelijk de $y(t)$-grafiek van het zwaartepunt in beeld kan worden gebracht. De foto's tonen hoe sleep-contacten verbonden zijn met een lange draad constantaan waarover 5 V staat. De vier spanningen worden toegevoerd aan de ingangen van CoachLab.

De afstanden y worden gemeten vanuit het ophangpunt van de slinky. Bij de afgebeelde meting hoort:

- de blauwe lijn bij de bovenste winding;
- de groene lijn bij de onderste winding;
- de paarse lijn bij de middelste winding;
- de oranje lijn bij de winding die *bij de start* het zwaartepunt is;
- de roze lijn bij het zwaartepunt *tijdens de val*. Met functiefit blijkt het om een parabool te gaan met een versnelling van 9,4 m/s^2.

Je ziet dat een winding pas in beweging komt als het deel erboven helemaal in elkaar gekrompen is.





Formules

In het *NVON-maandblad* heeft Henk Mulder al eens aandacht besteed aan de hangende slinky[4]. Hij verwaarloost de dikte van de windingen en komt tot de conclusie dat voor de afstand z_n van winding n¸ gemeten vanaf de onderkant, geldt:

$$z_n = k \cdot n^2$$

French[5] verwaarloost die dikte niet en leidt in *The Physics Teacher* deze formule af:

$$z_n = \frac{L_0}{N} n + \frac{(L - L_0)}{N^2} n^2$$

Hierin is L de lengte van de hangende slinky (bij mijn slinky 1,45 m); L_0 de lengte als hij niet uitgerekt is (0,06 m) en N het aantal windingen (84).
Volgens Hosken[6] geldt voor het zwaartepunt *bij rust*:

$$z_c = \frac{L_0}{2} + \frac{(L - L_0)}{3} \quad \text{(de c staat voor centre of mass)}$$

Met behulp van deze formules heb ik voor het zwaartepunt van de *vallende* slinky afgeleid:

$$z_c = \frac{L_0}{2} + (L - L_0) \cdot \left(\frac{n^2}{N^2} - \frac{2n^3}{3N^3} \right) \quad \text{met} \quad \frac{n}{N} = \sqrt{\frac{L - L_0 - y_{top}}{L - L_0}}$$

Voor y_c geldt: $y_c = L - z_c$. Wie hier meer over wil weten, moet maar een e-mail sturen.

Een model voor de vallende slinky

Als het lukt om een model te maken waarmee de vorm van de blauwe lijn voorspeld kan worden, dan wordt dat op onze site geplaatst.

1. Neem een abonnement via www.aapt.org.
2. Newburgh en Andes, *TPT* **33**, 10, 1995, p. 586.
3. *Stevin vwo deel 1*, p. 38.
4. *NVON-maandblad* **14**, 5, 1989, p. 192; zie ook *Vol van natuurkunde*, de bloemlezing uit zijn werk, p. 165.
5. French, *TPT* **32**, 4, 1994, p. 244.
6. Hosken *TPT* **32**, 7, 1994, p. 327.