**Rollende voorwerpen**

[onderwerpsymbool: mechanica]

[voor icoontjes]

Tijd

30-50 minuten

Bereik

Vanaf klas 4

Begrippen: potentiële en kinetische energie, traagheidsmoment, translatie-energie

[inleidend kader]  
Laat je een stel ronde voorwerpen van een helling rollen, dan doen de massa en de maat er niets toe, maar dat de vorm *wel*. Dit is lastig te begrijpen of uit de waarnemingen af te leiden, wat leerlingen stimuleert om systematisch onderzoek voor te stellen om ordening aan te brengen. In de demonstratie kan de docent de planning, uitvoering en interpretatie in goede banen leiden. De proef is geïnspireerd door een oude wetenschapsquiz-vraag: rollen een gekookt en een rauw ei even snel?

[65\_WS\_1] [NB. Er staat in dropbox ook een reserve-foto 65\_WS\_R die Henny op deze plaats beter vindt; bij voldoende ruimte WS\_1 bij uitvoering plaatsen en WS\_R hier]

*Welk rollend voorwerp is het eerst beneden?*

**Nodig**Van alles wat rollen kan. Lange brede plank (zo mogelijk met randjes); statieven. Blok en kussen met dezelfde breedte als de plank. Weegschaal; stopwatch; meetlat.   
Idealiter: massieve en holle cilinders en bollen van gelijke grootte maar verschillende massa, en van hetzelfde materiaal maar verschillende grootte (bijvoorbeeld practicumsets voor dichtheidsmetingen).

**Voorbereiding**  
Maak van de plank en statieven een goed waarneembare helling, leg het blok bovenaan en het kussen onderaan. Leg ronde voorwerpen van uiteenlopende massa, grootte en vorm bovenaan de helling, tegen het blok, naast elkaar.   
Oefen het wegtrekken van het blok zo, dat alle voorwerpen tegelijkertijd beginnen te rollen.

**Uitvoering**(Predict.) De klas weet vast al, dat alle voorwerpen even snel vallen. Maar geldt dat ook voor *rollende* voorwerpen? Leg uit dat je straks het blok zult wegtrekken, zodat alle voorwerpen naar beneden komen. Zullen ze allemaal naast elkaar blijven? Waarom wel, of waarom niet?

(Observe.) Trek vervolgens het blok weg. Idealiter rolt alles door elkaar: er is duidelijk verschil, maar welk voorwerp eerder is zie je niet. Enige systematiek is duidelijk nodig, een heldere aanpak ook. De leerlingen kunnen die vast grotendeels bedenken, en meehelpen met de uitvoering.

Enkele suggesties:

* Onderzoek (eerst) eenvoudige vormen: holle en volle bollen en cilinders zijn het eenvoudigst.
* Isoleer relevante factoren: leerlingen kunnen massa en straal bedenken, voeg er desnoods zelf 'vorm' aan toe, en 'hol of vol'.
* De meeste leerlingen begrijpen wel dat je mogelijke factoren één voor één moet variëren, wil je eerlijk meten: laat ze zelf bedenken hoe, en dat verantwoorden, maar help met concretiseren. Een verzameling cilinders en bollen bekijken kan al helpen.
* Leg twee voorwerpen bovenaan tegen elkaar en laat los. Eerst de een voorop, dan de ander. Is er een sneller, dan loopt die uit (dit is soms efficiënter dan een stopwatch).
* Verdeel de taken: een plan maken dat met alle factoren rekening houdt is te lastig voor de meeste leerlingen, maar planning van onderzoek of de massa bij cilinders iets uitmaakt lukt vaak wel.

(Explain.) Bespreek welke van de voorspellingen is of zijn uitgekomen. Evalueer de gegeven verklaringen. Leg zo nodig uit wat natuurkundigen er van denken.

**Natuurkundige achtergrond**

[hiernaast 65\_tabel plaatsen, **boven**schrift:]

*Traagheidsmoment I van enkele eenvoudige vormen (met massa m, straal R): I= ½ C.m.R2.*

Bij het rollen wordt potentiële energie omgezet in deels translatie- deels rotatie-energie, volgens:

*Ep = Ek,r + Ek,t*<=> *m.g.h = ½ I.ω2 + ½ m.v2* .

Traagheidsmoment I is voor eenvoudige vormen evenredig met massa *m* en straal *R* in het kwadraat (zie de tabel):

*I = C.m.R2*, waarbij *C* door de vorm wordt bepaald.

Dus (met *v = ω.R*): *v(h) = √(2gh/(1+C)*)

Kortom: de snelheid bij gegeven hoogte, dus ook de gemiddelde snelheid na daling over die hoogte, *hangt niet af van massa of straal, alleen van de 'vorm'*. Het voorwerp waarvan de massa het dichtst bij de rotatie-as zit ontvangt relatief de meeste translatie-energie en 'wint'. Alle bollen rollen even snel, alle buizen , alle schijven en alle ballen ook. Maar bollen rollen sneller dan schijven, schijven sneller dan ballen, en buizen zijn het laatst beneden.

**Verder onderzoek**

Er bestaan practicumsets die bijvoorbeeld een holle en volle cilinder bevatten van gelijke massa en straal. Sommige waarden in de tabel zou je daarmee kunnen verifiëren. Maar hier is de theorie minder belangrijk dan het systematisch meten, en daar een aanpak voor bedenken.

**Tips**Met materiaal uit een dichtheidspracticum set is aannemelijk te maken dat, achtereenvolgens, massa, materiaal en straal geen invloed hebben op de roltijd in het geval van massieve cilinders. Een bezoek aan een lokale bouwmarkt kan additioneel bruikbaar materiaal opleveren.

[Kadertje aan het eind]

Deze proef is eerder gepubliceerd in *NVOX* (Dekkers en Van Rens, 1999)