**PhET-simulatie opdracht: Krachten en beweging**

Voor 4havo/vwo. Door Rolf Schön, Gerrit van der Veen College, Amsterdam.

**Leerdoelen**

1. bewegingen met en zonder wrijving kunnen voorspellen

2. de wetten van Newton toepassen en kunnen uitleggen

**1. Voorbereiding**

1.1 Ga naar <https://phet.colorado.edu/nl/simulation/forces-and-motion-basics> en start de simulatie. Kies het onderdeel “Versnelling”.

1.2 Het poppetje kan tegen de doos (of andere voorwerpen of combinaties ervan) aanduwen en deze verschuiven. Je kunt verschillende grootheden (krachten, som van de krachten, waarden, massa’s, snelheid en versnelling) laten zien door deze aan te vinken. Bovendien kun je zowel de wrijving van de ondergrond als de kracht van het poppetje instellen.  
Probeer een aantal functies uit en speel een paar minuten met de knoppen totdat je weet wat hun functie is.

1.3 Ga met de oranje refresh-knop (helemaal aan de rechterkant) terug naar de beginstand van de simulatie. Zet de wateremmer op de doos.

**2. Opdrachten**

2.1 We hebben nu wrijving op het oppervlak. Als de doos (nog steeds met glas er bovenop) stil staat duw dan eerst zachtjes (met een kracht kleiner dan 350 newton) tegen de doos en glas aan. Je ziet krachtpijltjes voor de duwkracht en de (tegenwerkende) wrijvingskracht.  
 a. Leg uit waardoor de wrijvingskracht altijd gelijk is aan de duwkracht tegen doos en emmer vóór deze in beweging komen.  
 b. Verklaar waarom de derde wet van Newton hiermee niets te maken heeft.

2.2 Voorspel vervolgens hoe de wateroppervlak in de emmer er uit gaat zien als het poppetje met een kracht groter dan de wrijvingskracht tegen de doos aan duwt.  
Maak een schets naar welke kant (links of rechts) de wateroppervlak in de emmer zal hellen tijdens het duwen van de doos.

2.3 Duw nu met het poppetje tegen doos en glas. Wat gebeurt uiteindelijk (bij een kracht groter dan 375 newton) met het wateroppervlak? Leg uit waarom dit gebeurt. Komt dit overeen met je voorspelling? En welke van de wetten van Newton heeft met dit gedrag van het water te maken?

2.4 We kijken nu naar de invloed van de wrijving. Ga weer terug naar de beginstand van de simulatie (oranje knop) en zet opnieuw de wateremmer op de doos. Zet de wrijving even uit (schuifknop helemaal naar links: “geen wrijving”).  
Voorspel wat er met de doos (en het wateroppervlak in de emmer) zal gebeuren als je

a. er straks een kort duwtje aan geeft en

b. datzelfde mét wrijving (op ongeveer een kwart tussen “geen” en “veel”) zou doen.

2.5 Voer de duw in deze twee situaties uit. Beschrijf in twee zinnen wat er gebeurt en gebruik hierbij de begrippen “traagheid”, “wrijving” en “constante snelheid”. Leg uit waardoor dit verschil tot stand komt.

**3. Tenslotte**

3.1 Wat vond je verwarrend of onduidelijk aan deze simulatie?

3.2 Wat vond je het leukst aan deze simulatie? En wat het meest verrassend?

3.3 (optioneel) Probeer ook nog andere combinaties van voorwerpen. Zet ook een vinkje bij de massa’s en de versnelling. Helpt dit om te begrijpen wat er gebeurt?