

Wrijvingsexperimenten op de ijsbaan

Een combinatie van lucht-, rol-, schuif- en glijwrijving is bij iedere snelheidssport van belang. Ook bij langebaanschaatsen. Met enkele relatief eenvoudige experimenten die op iedere ijsbaan uit te voeren zijn, is het mogelijk een indruk te krijgen van enkele factoren die van invloed zijn op zowel lucht-wrijving (frontale oppervlak, snelheid) als glijwrijving (ijs- en schaatskwaliteit). Alleen de invloed van de luchtdichtheid en de ijstemperatuur is moeilijk aan te tonen op de ijsbaan.

■ Paul Neuraj / Technische Universiteit Eindhoven

Experimenten op een ijsbaan passen uitstekend in het NiNa-examenprogramma omdat er voor de leerlingen sprake is van een duidelijke en herkenbare context.

Door deze herkenbare context van de beweging van hun eigen lichaam sluiten de experimenten zeer goed aan bij de belevingswereld van leerlingen, en wordt hun fysische intuïtie aangesproken en benut.

De experimenten zijn oorspronkelijk ontwikkeld op het Sint-Joriscollege Eindhoven en worden daar gebruikt voor de praktische opdracht. Het project is echter uit te breiden, zelfs tot de omvang van een profielwerkstuk. Binnen het huidige project wordt bijvoorbeeld nog geen aandacht besteed aan modelleren of een uitgebreide foutenanalyse.

Momenteel zijn vijf experimenten uitgewerkt en herhaaldelijk uitgevoerd door leerlingen (vooral van het Sint-



De wrijvingskracht kan afgelezen worden op de veerunster.

Joriscollege Eindhoven maar ook van het Augustinianum Eindhoven en het Beatrixcollege Tilburg).

Om docenten kennis te laten maken met dit project is er een werkgroep gepland op de Woudschotenconferentie natuurkunde op 13 en 14 december. Meer informatie hierover is te vinden op www.tue.nl/schaatsproject of via p.j.neuraj@tue.nl.

Naar de ijsbaan

Voor het uitvoeren van de experimenten gaan we steeds een dag naar de ijsbaan, waar de leerlingen zelf het ijs op gaan om te schaatsen en te meten. Vier experimenten worden tussen 10.00 uur en 15.00 uur in de vorm van een stationspracticum in groepjes van vier tot zes leerlingen uitgevoerd. Het laatste experiment, een videometing, wordt met de hele groep gelijktijdig gedaan.

Bij één van de experimenten wordt een leerling aan een veerunster langzaam met constante snelheid vooruit getrokken. De af te lezen trekkracht is dan gelijk aan de wrijvingskracht. Aangezien luchtwrijving bij lage snelheid te verwaarlozen is, kan de afgelezen waarde gelijk worden gesteld aan de glijwrijving.

Bij drie van de vier andere experimenten wordt op verschillende manieren een plaats-tijd-diagram gemaakt van een schaatser tijdens het uitglijden. Eén



Met behulp van een geheugenstopwatch kunnen de tijdsintervallen tussen twee pionnen steeds gemeten worden.

keer door eenvoudig de tijdstippen te meten waarop merkpunten gepasseerd worden, eenmaal met behulp van een afstandssensor en eenmaal aan de hand van videobeelden.

Bij een laatste experiment wordt gekeken hoever een schaatser uitglijdt bij verschillende beginsnelheden en schaatshoudingen.

De deelnemende leerlingen streven er naar om een zo goed mogelijke waarde van de wrijvingskracht te krijgen uit de metingen. Gezien de opzet van dit practicum zal dat niet meevallen, wat precies de bedoeling is. Er zijn nogal wat foutenbronnen die invloed hebben op de uitkomst naast de schaatsvaardigheden en de kwaliteit van de ijsvloer, die zelfs gedurende een dag sterk verschillend kan zijn.

Computermetingen met een sensor gericht op een metalen plaat op een luchtkussenbaan zijn niet te vergelijken met dezelfde metingen aan een schaatser op een ijsbaan. Videometingen aan een legoblokje in het laboratorium zijn iets anders dan metingen aan een schaatser die over 25 m uitglijdt.

Het belangrijkste voordeel van de metingen op de ijsbaan is wel dat de leerlingen aan hun eigen beweging aan het meten zijn. Als tijdens het uitglijden hun tijd tussen merkstreep 10 en 15 groter is dan tussen merkstreep 15 en 20 concluderen ze dat ze fout gemeten hebben, in tegenstelling tot vergelijkbare uitkomsten bij het experiment met een knikker in een horizontale rail. Als de sensormeting minder netjes is dan bij de luchtkussenbaan op school zullen ze naar oorzaken gaan zoeken. Ook als ze verder uitglijden bij een kleinere beginsnelheid zullen ze al naar redenen gaan zoeken voordat er door een docent om gevraagd is.

Met één filmpje zijn meteen meerdere meetseries beschikbaar.



Met een afstandssensor kan meteen een x,t -grafiek gemaakt worden.

Gedurende deze dag is het niet nodig om leerlingen er aan te herinneren dat ze moeten werken of hen aan te sporen iets extra's te doen. Ze meten zolang ze de tijd krijgen (en soms nog wat meer) en discussiëren tijdens de lunch gewoon door over hun uitkomsten en meetmethodes.

Verwerken op school

Aan het einde van de dag hebben ze een enorme hoeveelheid metingen die in de daarop volgende weken op school uitgewerkt worden. Hierbij maken ze gebruik van programma's als Excel en Coach. Ook gaan ze ook met foto's (met het nodige knip- en plakwerk) hun frontale oppervlak bepalen.

In deze periode blijkt ook dat computermetingen niet per definitie exact goed zijn. Het kan zelfs gebeuren dat leerlingen uit de experimenten een waarde krijgen voor de glijwrijving die groter is dan de totale wrijving. Of een wrijving die leidt tot een versnelling. En van dat laatste zullen ze nu niet zeggen "dat klopt toch want ik heb het gemeten" maar "dat kan niet, ik ging echt niet sneller op het eind".

Deze aanwakking van hun fysieke intuïtie (boerenverstand zo je wilt) is een van de meest waardevolle aspecten van deze set experimenten.

Dit practicum heeft niet tot doel om tot een goede waarde van de wrijvings-

kracht te komen onder verschillende omstandigheden maar om inzicht te krijgen in meetmethodieken en om te laten zien dat experimenten niet altijd de mooie grafieken opleveren die ze uit de boeken gewend zijn. Ook niet als de metingen verricht worden met behulp van een computer.

Ook wordt duidelijk dat meer meetpunten niet per definitie leidt tot betere resultaten. Bij videometing maakt het voor het x,t -diagram niet uit of je ieder beeldje als meetpunt neemt of ieder derde beeldje. Het v,t -diagram ziet er in het laatste geval meestal veel beter uit.

Het wrijvingsexperiment op de ijsbaan is al met al veel meer dan een mooie herhaling van de mechanica. Het geeft leerlingen de kans om kennis te maken met allerlei aspecten van het 'zelf metingen doen'. Met name het aspect van het omgaan met onnauwkeurigheden zit op een zeer elegante manier in deze experimenten verwerkt. De context van dit specifieke onderwerp sluit zodanig aan bij de belevingswereld van de leerlingen dat leerlingen een zeker gevoel voor de juistheid van hun metingen automatisch hebben. Hun fysieke intuïtie wordt daardoor aangesproken en aangewakkerd, wat ook buiten deze experimenten zeer waardevol is.

↪ **Paul Neuraj** is docent natuurkunde aan het Sint-Joriscollege te Eindhoven en daarnaast werkzaam als aansluitingsdocent/vaksteunpuntcoördinator aan de TU/e.

