

Waterweerstand

Inhoudsopgave

| | | |
|---|------------------------------|---|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 2 | Theorie | 1 |
| 3 | Verkennen opstelling | 3 |
| 4 | Onderzoeksvragen en werkplan | 5 |
| 5 | Metingen | 5 |
| 6 | Rapportage | 6 |

1 Inleiding

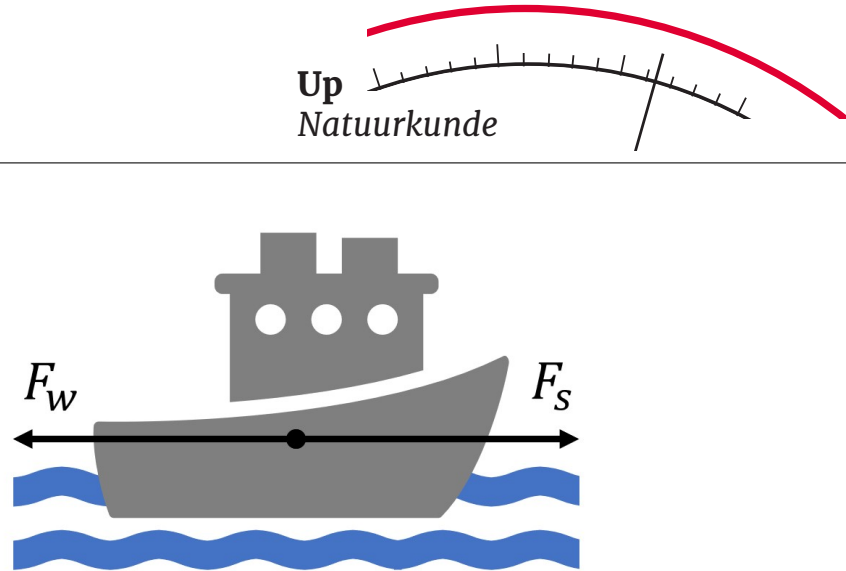
Een bewegend vaartuig ondervindt altijd weerstand van het langsstromende water: het water oefent een wrijvingskracht uit op de scheepswand. Hoe groter deze wrijvingskracht is, des te groter is de stuwkracht die nodig is om het schip met een bepaalde snelheid te laten varen. Of des te kleiner is de vaarsnelheid bij een bepaalde stuwkracht. Bij het ontwerpen van schepen is dus kennis nodig over de eigenschappen van de wrijvingskracht die het water op een schip uitoefent.

2 Theorie

Om je goed voor te bereiden op het experiment wordt eerst de theorie bestudeerd.

2.1 Wrijvingskracht

Bij een beweging met constante snelheid is de netto-kracht op een vaartuig nul, zoals weergegeven in figuur 1. Als we de andere wrijvingskrachten (zoals bijvoorbeeld de lucht-wrijvingskracht) buiten beschouwing laten, is de voorwaarts gerichte stuwkracht F_s op het vaartuig gelijk aan de achterwaarts gerichte wrijvingskracht F_w van het water op het vaartuig. Deze situatie is vergelijkbaar met bijvoorbeeld het evenwicht tussen de voorwaarts gerichte stuwkracht op een voertuig als een fiets of auto en de achterwaarts gerichte lucht- en rolwrijvingskracht bij het rijden met een constante snelheid.



Figuur 1: Bij een constante snelheid is de netto-kracht op een vaartuig nul: de voorwaarts gerichte stuwkracht F_s is even groot als de achterwaarts gerichte wrijvingskracht F_w . Daarbij laten we de achterwaarts gerichte luchtwrijvingskracht op het vaartuig buiten beschouwing.

Opdracht 1: Waterweerstand

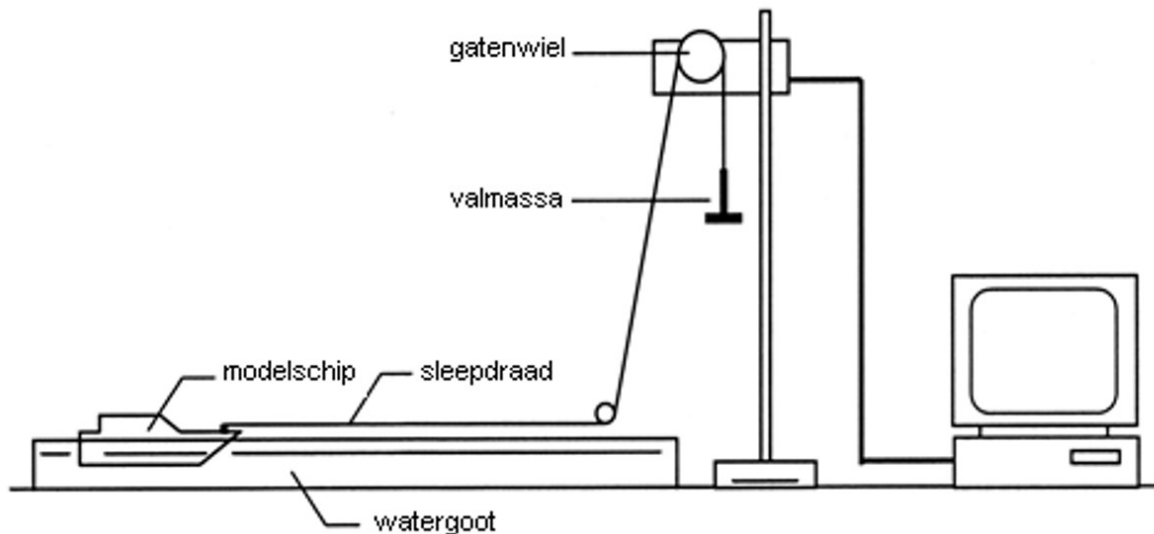
Bij een beweging met constante snelheid is zowel bij een vaartuig als bij een voertuig sprake van een krachtenevenwicht. In beide gevallen zijn de voorwaarts gerichte stuw-kracht en de achterwaarts gerichte wrijvingskracht even groot. Het karakter van de wrijvingskracht is echter in beide situaties verschillend.

- Met welke wrijvingskracht is de wrijvingskracht van het water op een schip het best te vergelijken: met de luchtwrijvingskracht of met de rolwrijvingskracht op een rijdend voertuig? Leg uit waarom.
- Van welke factoren hangen de luchtwrijvingskracht en de rolwrijvingskracht op een rijdend voertuig af?
- Welke veronderstellingen kun je hieruit afleiden over de factoren die invloed hebben op de grootte van de waterwrijvingskracht op een vaartuig?



Figuur 2: De waterwrijvingskracht op een bewegend vaartuig hangt af onder andere af van de grootte van het schip, van de boegvorm en van de vaarsnelheid.

Een onderzoek naar het wel of niet juist zijn van deze veronderstellingen is in het open water zelf moeilijk uit te voeren. Het meten van de krachten op een bewegend vaartuig is lastig. De veronderstellingen zijn makkelijker te controleren met metingen van de waterwrijvingskracht op modelschepen in een sleeptank.



Figuur 3: Sleptank voor het onderzoek naar de factoren die invloed hebben op de waterwrijvingskracht op een vaartuig.

3 Verkennen opstelling

Je gaat nu aan de slag met de opstelling waarbij je eerst zal lezen over hoe de opstelling werkt en daarna een aantal proefmetingen zal uitvoeren. Op deze manier begrijp je goed hoe de opstelling werkt. Daarna ga je, op basis van deze kennis, het werkplan opstellen.

3.1 De opstelling

Sleptank In figuur 3 is de sleptank weergegeven. Deze meetopstelling bestaat uit een lange, smalle waterbak met aan een van de uiteinden een voortstuwingsmechanisme. Het voortstuwingsmechanisme bestaat uit een sleepdraad met valmassa over een katrol in de vorm van een ‘gatenwiel’. De valmassa trekt het scheepsmodel door de sleptank. De voorwaarts gerichte stuwkracht F_s op het scheepsmodel hangt af van de valmassa m .

De beweging van het scheepsmodel is met de computer te registreren door gebruik van het gatenwiel als plaatsensor. De computer meet bij een ronddraaiend gatenwiel het aantal gepasseerde ‘spaken’ n als functie van de tijd. Na een ijking kan de computer uit deze metingen de plaats s van het scheepsmodel ten opzichte van het startpunt als functie van de tijd t berekenen en op het beeldscherm zichtbaar maken. Uit deze plaatsregistratie is met de computer de snelheid v van het scheepsmodel te bepalen.

Opdracht 2: Kracht en beweging

In de sleptank start het scheepsmodel vanuit stilstand onder invloed van de kracht die de valmassa er op uitoefent.

- Leg uit waarom het scheepsmodel in deze meetopstelling na enige tijd met een constante snelheid v_e zal varen. Schets in een s,t -diagram en in een v,t -diagram de plaats s en de snelheid v van het scheepsmodel als functie van de tijd t .
- Leg uit hoe in deze meetopstelling na het constant worden van de snelheid de waterwrijvingskracht F_w op het scheepsmodel te bepalen is.

Modelschepen Voor het onderzoek zijn twee modelschepen beschikbaar, vergelijkbaar met de schepen op de foto in figuur 2 een model met een platte vierkante boeg en een model met een spitse boeg. Ook de andere eigenschappen van de beide modelschepen – zoals diepgang, massa en afmetingen – zijn verschillend.

3.2 Proefmeting

Voordat je nu in het volgende onderdeel bij opdracht 7 je werkplan kunt uitvoeren, is eerst een verkenning van de meetopstelling en de meetmethode nodig. Bij opdracht 3 voer je een ijking van de plaatssensor uit. Bij opdracht 4 doe je enkele oriënterende metingen om een indruk te krijgen van de reproduceerbaarheid van een meting van de vaarsnelheid.

Opdracht 3: Plaatssensor

De plaats van het scheepsmodel in de sleeptank wordt geregistreerd met de computer, waarbij het gatenwiel dienst doet als plaatssensor. Dit meetinstrument moet echter eerst geijkt worden.

- **IJking**

De plaatssensor is op twee verschillende manieren te ijken. De nauwkeurigheid van deze twee ijkmethoden is verschillend. Bij de eerste ijkmethode laat je een bekende (vooraf gemeten) lengte van de sleepdraad (bijvoorbeeld 1,00 m) over het gatenwiel ‘lopen’, waarbij de computer het bijbehorende aantal passerende spaken telt.

Ook bij de tweede ijkmethode laat je de sleepdraad over het gatenwiel ‘lopen’ en telt de computer het aantal passerende spaken, maar nu meet je achteraf de bijbehorende lengte van de gepasseerde sleepdraad. In beide gevallen is nu de ‘afstand per spaak’ te berekenen en in de computer in te voeren. Bedenk welke van de twee ijkmethoden het nauwkeurigst is. Voer daarna de ijking van de plaatssensor uit.

- **Controle**

Na het ijken van de plaatssensor is een controle gewenst: is de plaatssensor correct geijkt, en levert de computerregistratie dus een juiste waarde van de vaarsnelheid? Een snelle manier van controleren is het maken van een vergelijking tussen twee manieren om de constante vaarsnelheid van het modelschip te bepalen: uit een rechtstreekse meting en uit een computerregistratie.

Voer een dergelijke controle uit. Bedenk daarbij eerst hoe deze controle het best kan plaatsvinden, rekening houdend met de beweging die het modelschip uitvoert en de omstandigheden waaronder een rechtstreekse meting van de vaarsnelheid het meest nauwkeurig is.

Opdracht 4: Vaarsnelheid

De beweging van het scheepsmodel in de sleeptank kan op een ongewenste manier worden beïnvloed door kleine, vrijwel onzichtbare golven. Dit kan tot variaties in de gemeten vaarsnelheid leiden. Met andere woorden: de metingen zijn dan niet goed reproduceerbaar. In deze opdracht ga je na of die variaties optreden, hoe groot ze zijn, en hoe hun invloed te verkleinen is.

- **Meting**

Registreer de beweging van een scheepsmodel en bepaal de (constante) vaarsnelheid v . Herhaal deze metingen (bij dezelfde instelling van de stuwkracht) een aantal keer. Laat steeds eerst het water in de sleeptank voldoende ‘tot rust komen’. Wat is je conclusie: zijn de metingen voldoende reproduceerbaar?

- **Meetmethode**

Bedenk hoe je een meting van ‘de’ vaarsnelheid v het beste zou kunnen uitvoeren. Hoe groot is dan ruwweg de meetonzekerheid in deze metingen?

4 Onderzoeksvragen en werkplan

Na de theoretische voorbereiding en het verkennen van de opstelling kun je nu de onderzoeksvraag en een werkplan op te stellen.

Opdracht 5: Onderzoeksvragen

Formuleer de onderzoeksvraag die je met deze opstelling wilt beantwoorden. Gebruik hiervoor de kennis die je hebt opgedaan in de voorbereiding. Je moet de onderzoeksvraag kunnen beantwoorden met deze opstelling. Stel voor de onderzoeksvraag een hypothese op. De hypothese is wat je verwacht dat het antwoord zal zijn op de onderzoeksvraag.

Opdracht 6: Werkplan

Stel nu het werkplan op waarin in ieder geval de volgende punten behandeld worden:

- De onderzoeksvraag en hypothese.
- De grootheden die gevarieerd worden.
- De grootheden die gemeten worden en hoe deze metingen gedaan worden.
- Het aantal metingen.
- Hoe de data weergegeven wordt.

Laat het werkplan controleren voordat je verder gaat.

5 Metingen

Nadat je de voorbereiding hebt uitgevoerd en het werkplan is goedgekeurd door de docent of assistent, kan je het experiment gaan uitvoeren.

Opdracht 7: Metingen

Zoek met behulp van de meetopstelling volgens je werkplan een antwoord op de onderzoeksvraag en controleer de opgestelde hypothese.

6 Rapportage

Afhankelijk van wat je docent van je verwacht rapporteer je met een schriftelijk verslag of een presentatie over het onderzoek. Zorg ervoor dat in dit verslag of deze presentatie de volgende onderdelen duidelijk naar voren komen:

- De onderzoeksvraag en hypothese.
- Een beschrijving en een uitleg van de werking van de meetopstelling.
- Grafische weergave van de meetresultaten.
- Verwerking en interpretatie van de meetresultaten.
- Het antwoord op de onderzoeksvraag verkregen door de meetresultaten.