

## Bijlage 2: protocol

Een mechanica-les in een 4-havo klas. In de voorafgaande les hebben de leerlingen een speciaal ontwikkelde video bekeken, die gaat over de krachten die werken op een rijdende fiets. Het onderstaande protocol begint als de leraar de video wil samenvatten en verder uitwerken met behulp van de bekende luchtkussenbaan. Zijn inleidende vraag gaat over de krachten die werken op de ruiters wanneer die stil ligt op de nog niet werkende luchtkussenbaan. Deze vraag is alleen maar bedoeld om de al bekend veronderstelde statische krachtwerking weer in de herinnering van de leerlingen terug te roepen. Dan ontspint zich de volgende discussie die ongeveer twintig minuten in beslag neemt.

- 1 D We beginnen eventjes zo: het ging dus in die film over krachten die bij fietsen werken. [Wijst het ruitertje aan] Nou heb ik hier een soort fiets. Nou wilde ik eerst vragen, wat voor krachten er op dit ding werken. Probeer maar even: welke krachten denk je dat er op dit moment werken? Werken er krachten op?
- 2 Eric De zwaartekracht.
- 3 D De zwaartekracht, zegt Eric. Eh... als nou alleen die zwaartekracht werkt, wat gebeurt er dan? Even afgezien van deze situatie, alleen de zwaartekracht.
- 4 Eric Dan gaat ie naar beneden.
- 5 D Dan gaat hij naar beneden. Evert-Jan, wat zouden er nog meer voor krachten werken?
- 6 Evert-Jan Ehhh... tja...
- 7 D Wat voorkomt dat hij naar beneden valt?
- 8 Evert-Jan Die buis.
- 9 D Ja, die buis. Dus die buis moet een tegenkracht leveren dat-ie niet naar beneden valt. Even voor de volledigheid: welke richting heeft die zwaartekracht. Eric?
- 10 [medeleerling (bij wijze van grap): Naar boven...]
- 11 Eric Eh nee, naar beneden.  
[even hilariteit in de klas]
- 12 D En Onno, die kracht van die buis is dus naar boven toe. Ja?
- 13 Jet Hoezo dat dan?!
- 14 Onno Nou, anders valt-ie naar beneden.
- 15 D Anders valt-ie naar beneden, zegt hij. Dus: als dat ding niet op de buis ligt en ik laat hem los, dan werkt alleen de zwaartekracht; valt-ie naar beneden toe. Als dat die buis hem wil tegenhouden dan moet-ie hem naar boven drukken.
- 16 Jet Maar die buis drukt toch niet...?
- 17 D Die buis drukt niet...
- 18 Jet Nee...
- 19 Onno Tja, die buis hangt daar gewoon.
- 20 Jet ...die is daar gewoon.
- 21 [gestommel van enkele medeleerlingen met als gevoelsinhoud: 'Nou ja zeg. Niet zo moeilijk doen. Neem dat nou maar gewoon aan.']
- 22 D Als je dit ding los laat, valt hij naar beneden, werkt er een kracht op.
- 23 Jet Ja-ah, als die buis weg is.
- 24 D Ja. Als je hem nu in je vingers houdt – ik kan hem er niet zo makkelijk vanaf halen. Als je zo'n ding in je vingers houdt. [Pakt een klein gewichtje] Dit ding ook, hè. Als je het los laat valt hij naar beneden. [Zet het gewichtje op de toppen van wijs- en middelvinger] Nou wil ik het tegenhouden. Bij zo'n licht ding voel je niet veel, maar als je hier een zwaar gewicht op zet, voel je het met je vingers.
- 25 Jet Hmm...
- 26 D Dat komt omdat je tegendruk moet uitoefenen. Je moet dus wel degelijk, als je hier [vingertoppen] een zwaar gewicht op zet...
- 27 Jet [onderbreekt] Ja-ah, als je dat zelf doet!
- 28 D ...ik heb hele dunne vingers en dit is een heel zwaar gewicht. Dan gaan mijn vingers naar beneden. [Laat dit zien] Als ik hem op z'n plaats wil houden, dan moet ik 'm omhoog drukken. Dat doet die buis ook, alleen zie je dat niet. Je ziet niet dat die buis het doet, die buis beweegt verder niet. Maar als ik dit ding met mijn vingers op zijn plaats wil houden dan moet ik hem omhoog drukken.
- 29 Camiel Ja maar, die buis kan toch niet omhoog drukken.
- 30 D Nee... maar dat doet die buis dus ook.
- 31 Camiel Ja maar, dat kan-ie toch niet.
- 32 D Jawel, dat kan-ie wel.
- 33 Camiel Jij kan met je vingers omhoog drukken maar die buis niet.
- 34 D [D probeert een redenering op te zetten, maar daarnaast willen verschillende leerlingen hun zegje doen: verwarring over het probleem] Ik pak er even wat anders bij. [D loopt naar het kabinet. Ondertussen blijft een aantal leerlingen door elkaar heen praten. D komt met een groot stuk schuimrubber terug] Even wat anders. Ik pak even een ander materiaal – buigzamer dan metaal. We zetten het even hiervoor. [D plaatst het op de demonstratietafel] Goed, ik probeer jullie dus nu te overtuigen dat die buis een kracht omhoog uitoefent. Tenminste: ik was het net met Onno eens, Jet was het er niet mee eens, we gaan kijken of we het eens kunnen worden. [D legt een gewichtje op het stuk schuimrubber, waardoor dit ongeveer 1 cm ingedrukt wordt] Als ik dat ding hierop leg, dan wordt-ie ingedrukt, hè? Ik moet eigenlijk iets zwaarders hebben...
- 35 Jet Nou ik geloof je wel, hoor...

36 D Ja? Dat geloof je wel... [Gegrinnik in de klas] Als je nou... eh... Dus: dat schuimrubber wordt ingedrukt, je legt er iets zwaars op. Als je er nou niks zwaars op legt, ik duw hem in en laat hem los. [D doet dit ook met zijn wijsvinger] Wat gebeurt er dan?

37 Jet Dan komt-ie weer omhoog.

38 D Dan komt-ie weer omhoog. Hoe komt dat dan?

39 Jet Jah, omdat je er niks op legt. [In de trant van: '... natuurlijk']

40 D Ja-ah, maar wat doet-ie dan – als hij omhoog komt...? Dan drukt hij toch omhoog...?

41 Jet [Verbaasd-verward] Huh?

42 D [Met iets meer nadruk] Dan drukt hij toch omhoog...?

43 Jet Nee, hij komt gewoon terug in zijn oorspronkelijke staat.

44 Klas [Reageert hier (direct) op met de gevoels-inhoud: 'Oh-oh, wat doet ze moeilijk zeg']

45 Jet [Niet van haar stuk te krijgen] Nee, ik vind dat er niets mee te maken hebben hoor.

46 D Nee? Ik druk hem in, ik leg er iets op [Doet dit ook] ... en hij duwt het omhoog, dan is dat een kracht omhoog...?

47 Jet ... Tja, dat vind ik heel raar hoor.

48 D Ja?

49 Jet Ja! Dat is... [Ondertussen beginnen enkele medeleerlingen zich te roeren. Jet, iets minder zeker van zichzelf, maar wel volhardend] Dat is niet... ja, nee... dat is niet een kracht. Ik vindt het niet echt een kracht.

50 D Als jij iets, iets omhoog wilt duwen, dan moet je daarvoor kracht uitoefenen. En nu: [D duwt gewichtje in het schuimrubber] hij duwt hem in en hij duwt hem weer omhoog. [D laat het gewichtje terugveren]

51 Jet Jah...

52 D ... en dat vind je geen kracht...?

53 Jet Nee.

54 D Dat vind je geen kracht... want dat is toch hetzelfde... Vind je dit dan wel een kracht? Als-ie naar beneden valt.

55 Jet [Beslist] Ja-ah, dat is de zwaartekracht.

56 D Dus: de beweging naar beneden komt wel door een kracht, maar als hij omhoog beweegt [D laat het gewichtje nog eens omhoog veren door het schuimrubber] is dat niet door een kracht...?

57 Jet Nee.

58 Klas [Nu ronduit gelach (niet negatief) als commentaar]

59 D [Blijft serieus] Als ik nu... Ik gooi hem omhoog hè, zo: [D doet dat] ... hoep [en vangt het gewichtje weer op]

60 Jet [Begint om de aandoenlijkheid van de situatie te schateren]

61 D Is dat een kracht of niet?

62 Jet Van je hand wel, ja.

63 D Van mijn hand wel. En nu laat ik het door het schuimrubber doen [D laat het gewichtje nog eens omhoog veren door het schuimrubber] en dan is het geen kracht meer...?

64 Jet [Moet er nog steeds een beetje om lachen] Nee!

65 D Wat is nou het verschil?

66 Jet [Weer serieus] Nee, die beweging gaat vanzelf. Dat is gewoon zo. [Er wordt om gelachen] Ja, ik vind dat raar hoor!

67 D Dus omdat het vanzelf gaat, is het naar jouw gevoel geen kracht...? Als hij vanuit zichzelf nu een mep zou geven, dan zou dat een kracht zijn.

68 Jet Ja.

69 D Ja ja... Goed. Daar komen we dus niet zo erg goed uit. Volgens mij is er dus wel een kracht, als je hem indrukt en Jet vindt dat nog steeds geen kracht. Ik laat dat even zo. Laat ieder er dan voorlopig maar over denken hoe die wil. Ik zou wel willen weten wat de anderen vinden. Wie is het nou met Jet eens, dat eigenlijk... Gewoon, niet voor de flauwekul... Als ik nou dit indruk en ik laat hem los en ik zeg: daar is nou een kracht werkzaam, wie vindt dat Jet gelijk heeft, ze zegt: eigenlijk vind ik dat nou geen kracht. Eerlijk zeggen, wie vindt dat? [Jet]

70 D Wie vindt dat ik gelijk heb? Je mag het ook niet-weten of zo. Wie vindt dat ik gelijk heb? [8 à 9 vingers] Wie weet het niet? [Onno, Camiel en Johan (weifelend) – 1 à 2 hebben geen vinger opgestoken]

71 D Jullie weten het niet, jullie twijfelen wie er gelijk heeft. Oké, nou prima. Dat laten we even zo [naar Jet toe]. Misschien dat het me later lukt je toch nog te overtuigen.  
Eh... het verschil tussen het schuimrubber en het metaal is dan, volgens mij, dat je dat metaal niet zo goed kunt zien inveren, maar dat dat ook die veerkracht heeft waardoor het terug kan drukken. Dus het metaal is harder en – dat zeg ik dan – het wordt naar beneden gedrukt, maar het veert terug en geeft daardoor een tegenkracht. Goed.  
Da's eigenlijk wel leuk dat we het nog niet eens zijn.

## Opdracht

Analyseer deze praktijksituatie: wat is hier aan de hand?

Bespreek je analyse met je groep.