

Bijlage 1b: resultaten uit de literatuur

Achtergrond voor de opleider

Informatie bij de situaties van de vragenlijst

A

Landheer ea. (Nederland): 4HV (pre mechanica-onderwijs) 15% correct en 5HV (post mechanica-onderwijs) 50% correct. Meer dan 80% (4HV) en zo'n 45% (5HV) kiest voor een kracht in de richting van de snelheid: een kracht 'van het voorwerp' als gevolg van de eerder gegeven trap, de 'kracht in een voorwerp, die het voorwerp in beweging houdt'

Deze opvatting ook gevonden door Viennot (Frankrijk) en Hestenes (USA). Sterke overeenkomst met de 'impetus' in de theorieën in de Middeleeuwen, met een Aristotelisch uitgangspunt: voor een 'gedwongen' beweging, zoals die van een weggegooid steen, is een voortdurende kracht nodig in de bewegingsrichting. Afwijkend van Aristoteles is echter dat er in plaats van een externe oorzaak ook een interne oorzaak kan zijn die de beweging in stand houdt. Helmholtz in 1857 gaat over over op energie en energiebehoud, maar noemt het boek bij gebrek aan een nieuw begrip niet de wet van het behoud van energie, maar *Gesetz der Erhaltung der Kraft*. Zo'n 50 jaar geleden werd op de HBS nog steeds het begrip 'levende kracht' gebruikt, wat niet anders was dan kinetische energie.

B

Clement (USA): studenten (engineering majors) > 50% (of: ruime meerderheid) tekent kracht omhoog groter dan zwaartekracht bij beweging omhoog. Beweging omlaag alleen zwaartekracht. Bevestigd door onderzoek in Noorwegen en Nederland, maar hier bij een minderheid (Nederland 6V: 30% niet correct).

Redenering volgens Viennot: de werper geeft aan de bal een zekere hoeveelheid kracht in opwaartse richting en deze kracht van de bal doet hem verder omhoog gaan, de kracht van de bal wordt tegengewerkt door de zwaartekracht en door deze tegenwerking verbruikt, met de afname van de kracht van de bal neemt de snelheid af, is de kracht geheel verbruikt dan is de snelheid nul en is het hoogste punt bereikt, nu werkt alleen nog de zwaartekracht op de bal waardoor deze valt.

De 'kracht van de bal' heeft een duidelijke functie, namelijk om het intuïtieve verband tussen snelheid en kracht te handhaven – daar komen we straks bij enkele volgende vragen op terug.

C

Van Genderen (Nederland): 3V 10% correct, 4V 30% correct. Bij ongelijke partners in de wisselwerking oefent de grootste/sterkste partner de grootste kracht uit. Komt ook voor bij een auto die tegen een stilstaande auto botst: de stilstaande auto 'moet de klap opvangen' of de rijdende auto 'rijdt zich te pletter'.

D

Minstrell (USA): hoogste klas highschool 50% incorrect – de tafel 'doet niets' en oefent dus geen kracht uit. De tafel wordt gezien als een 'passieve ondersteuning'.

E

Van Genderen (Nederland): 3V en 4V. Eerste bewering: zo'n 20% correct met weinig verschil tussen beide groepen. Denkbeeld: de tegenwerkende kracht moet worden overwonnen door een grotere kracht, met motiveringen als 'anders zou de caravan niet rijden', 'anders zouden ze stilstaan'. Tweede bewering: 3V 15% en 4V 60% correct. Motivering van het niet gelijk zijn van de beide krachten is bij 3V vergelijkbaar met motivering bij eerste bewering: dit wijst erop dat reactiekracht als tegenkracht (op de caravan) wordt gezien. Motivering van het correcte antwoord bij 4V verwijst lang niet altijd naar actie/reactie-principe. Afwijkende motiveringen zijn onder andere dat auto en caravan even ver van elkaar blijven of dat anders de trekhaak zou breken – de gelijkheid van krachten lijkt hier gebaseerd te zijn op het ten opzichte van elkaar in rust blijven van auto en caravan.

F

Van Genderen (Nederland): 3V en 4V 15% correct. Vergelijk E.

G

Van Genderen (Nederland): 4H 30% correct (met relatief veel leerlingen uit 4M of doublure 4H). Motivering van het niet gelijk zijn van de twee krachten: 'als de krachten gelijk waren zou je niet vooruit komen' en 'de tegenwerkende krachten worden opgeheven, hierna moet er nog een kracht zijn voor de voortbeweging'. Een aanzienlijk aantal leerlingen – zo'n 15% - brengt het verschil tussen de krachten duidelijk in verband met snelheid: 'een beetje groter of veel groter, het ligt eraan hoe hard je vooruit gaat', 'veel groter want je fietst redelijk hard, als de krachten gelijk waren was er evenwicht en sta je stil, bij een beetje groter kom je langzaam vooruit'. Deze antwoorden bevestigen de in veel ander onderzoek geconstateerde koppeling tussen kracht en snelheid: een duidelijke verwoording van wat leerlingen uit de direct ervaring van alledag evident lijkt – hoe meer kracht bij het fietsen, des te groter de snelheid.

Terugkoppeling naar B: Ook daar zien we deze relatie tussen kracht en snelheid – de snelheid neemt bij het omhoog bewegen af, dus moet ook de omhoog gerichte 'kracht van de bal' (of het verschil tussen deze 'kracht van de bal' en de zwaartekracht) afnemen.