

INLEIDING

Ik hou van belachelijke vragen omdat niemand het antwoord hoeft te weten, en het dus best oké is als je ervan in de war raakt.

Ik heb natuurkunde gestudeerd, en daarom wordt van mij verwacht dat ik veel weet, zoals de massa van een elektron, of waarom je haar omhoog blijft staan als je er met een ballon tegenaan wrijft. Als je me vraagt hoeveel een elektron weegt krijg ik een wat onrustig gevoel, alsof het een quiz is en ik het lastig ga krijgen als ik het antwoord niet weet zonder het op te zoeken.

Maar als je me vraagt hoeveel alle elektronen wegen in een tuimelaar, een dolfijnensoort, dan ligt de zaak anders. Niemand weet dat getal zo uit zijn hoofd – tenzij hij een extreém coole baan heeft – wat betekent dat het niet erg is als je je verward en een beetje dom voelt en wat tijd nodig hebt om dingen op te zoeken. (Het antwoord, voor het geval iemand het je ooit vraagt, is ongeveer een half pond.)

Soms blijken simpele vragen onverwacht moeilijk te zijn. Waarom gáát je haar eigenlijk rechtop staan als je er met een ballon over wrijft? Het gebruikelijke antwoord uit de natuurkundeles is dat elektronen van je haar overspringen naar de ballon, waardoor je haar positief geladen blijft. De geladen haren stoten elkaar af en steken uit.

Alleen... waarom springen elektronen van het haar over naar de ballon? Waarom gaan ze niet in omgekeerde richting?

Dat is een goede vraag, en het antwoord is dat niemand het weet. Natuurkundigen hebben geen goede algemene theorie voor de reden waarom sommige materialen elektronen van hun oppervlak afstoten als er contact is, terwijl andere materialen die juist oppikken. Dit verschijnsel, dat wrijvingselektriciteit wordt genoemd, maakt deel uit van het allermooiste onderzoek.

Voor het beantwoorden van serieuze en domme vragen wordt dezelfde soort wetenschap gebruikt. Het verschijnsel van wrijvingselektriciteit is belangrijk om te begrijpen hoe in een storm bliksem ontstaat. En natuurkundigen tellen de sub-

atomaire deeltjes in een organisme als ze een model opstellen van stralingsgevaaren. Als je probeert domme vragen te beantwoorden, kun je in aanraking komen met serieuze wetenschap.

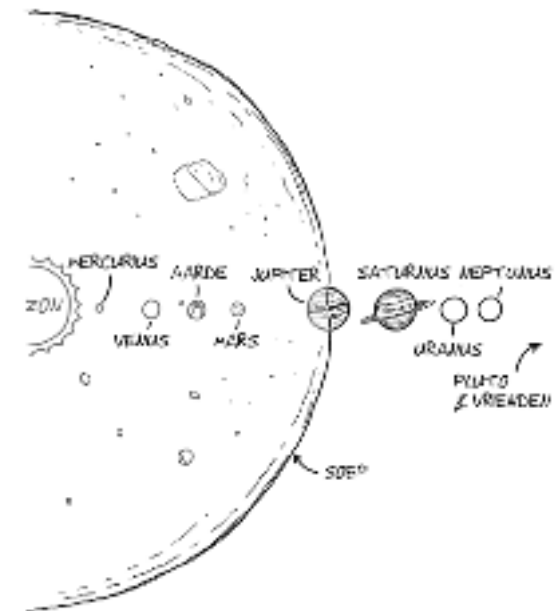
Zelfs als de antwoorden geen enkel nut hebben, is het leuk om ze te weten. Dit boek dat je vasthoudt weegt ongeveer evenveel als de elektronen in twee dolfijnen. Die informatie heeft waarschijnlijk geen enkel nut, maar ik hoop dat je er hoe dan ook plezier aan beleeft.

1 IN DE SOEP

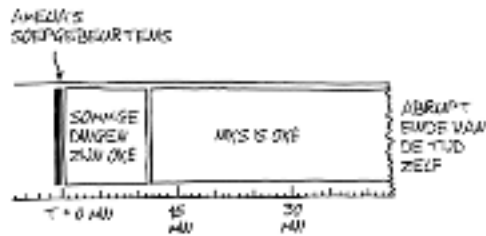
V. Wat gebeurt er als het zonnestelsel tot aan Jupiter wordt opgevuld met soep?

– Amelia, vijf jaar

Zorg er alsjeblieft voor dat iedereen veilig uit het zonnestelsel is voordat je het met soep begint te vullen.

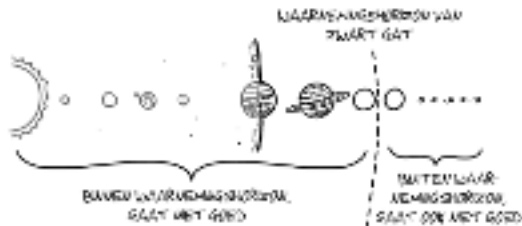


Als het zonnestelsel tot aan Jupiter vol soep zit, gaat het voor sommige mensen een paar minuten goed. In het uur daarop gaat het beslist voor niemand meer goed. En daarna eindigt de tijd.



Om het zonnestelsel te vullen is ongeveer 2×10^{39} liter soep nodig. Als het tomaatsoep is, komt dat neer op ongeveer 10^{42} calorieën, meer energie dan de zon in haar hele bestaan heeft geproduceerd.

De soep zal zo zwaar zijn dat er niks aan zijn enorme aantrekkingskracht kan ontsnappen; de soep zal een zwart gat zijn. De waarnemingshorizon van het zwarte gat, de regio waar de aantrekkingskracht zo sterk is dat zelfs licht niet kan ontsnappen, strekt zich uit tot de omloopbaan van Uranus. Pluto zit eerst buiten de waarnemingshorizon, maar dat betekent niet dat hij kan ontsnappen. Hij krijgt alleen nog de kans om een radioboodschap uit te zenden voordat hij wordt opgezogen.



Hoe zal de soep er vanbinnen uitzien?

Je wilt dan niet op het oppervlak van de aarde staan. Zelfs als we aannemen dat de soep synchroon draait met de planeten in het zonnestelsel, met kleine draaikolken rond elke planeet zodat de soep stilstaat waar hij hun oppervlak raakt, dan nog wordt iedereen op de planeet binnen enkele seconden verpletterd door de druk van de zwaartekracht van de aarde. De zwaartekracht van de aarde is misschien niet zo sterk als die van een zwart gat, maar nog steeds sterk genoeg om een hele zee van soep zo hard omlaag te trekken dat je tot pulp wordt fijn gedrukt. De druk van onze gewone oceaan met water kan dat immers al doen onder de zwaartekracht van de aarde, en Amelia's soep is heel wat dieper dan een oceaan.



Als je tussen de planeten zweeft, ver van de zwaartekracht van de aarde, ben je eigenlijk een tijdje oké, wat wel een beetje raar is. Zelfs als je niet doodgaat door de soep, zit je immers nog steeds in een zwart gat. Moet je dan niet ogenblikkelijk sterven aan... iets?

Vreemd genoeg, nee! Normaal gesproken word je door getijkrachten uit elkaar getrokken als je dicht bij een zwart gat komt. Maar de getijkrachten zijn zwakker bij grote zwarte gaten, en het zwarte gat van de Jupitersoep is ongeveer 1/500 van de massa van de Melkweg. Dat is zelfs naar astronomische maatstaven een enorm monster. Het is in grootte vergelijkbaar met de grootste bekende zwarte gaten. Amelia's soepergrote zwarte gat is zo groot dat de verschillende delen van je lichaam ongeveer dezelfde aantrekkingskracht voelen, zodat je weinig merkt van de getijkrachten.



Ook al vóél je de zwaartekracht van de soep niet, toch trekt die je steeds sneller aan, en zo begin je onmiddellijk in de richting van het middelpunt te duikelen. Na een seconde ben je al 20 kilometer gevallen en reis je 40 kilometer per seconde, sneller dan de meeste ruimtevaartuigen. Maar omdat de soep met je mee valt, voelt het alsof er niks aan de hand is.



Als de soep in elkaar zakt naar het middelpunt van het zonnestelsel, worden de moleculen samengeperst en stijgt de druk. Het duurt een paar minuten voordat de druk zo hoog is dat je erdoor wordt geplet. Als je in een soort soepbathyscaaf zit, een drukbestendig toestel waarin mensen in diepe oceaantrongen kunnen afdalen, hou je het misschien 10 tot 15 minuten uit.

Je kunt niks doen om aan de soep te ontsnappen. Alles in de soep stroomt inwaarts in de richting van de singulariteit. In het gewone heelal worden we allemaal voorwaarts gesleept door de tijd zonder een mogelijkheid om te stoppen of even terug te gaan. Binnen de waarnemingshorizon van een zwart gat stopt de tijd in zekere zin met vóórwaarts stromen en begint inwaarts te stromen. Alle tijdlijnen komen bij elkaar in het middelpunt.

Vanuit het gezichtspunt van een waarnemer die de pech heeft in ons zwarte gat te zitten, duurt het ongeveer een halfuur tot de soep en alles erin naar het middelpunt valt. Daarna werkt onze definitie van tijd – en ons begrip van natuurkunde in het algemeen – niet meer.

Buiten de soep loopt de tijd door en komen er problemen bij. Het zwarte gat van soep gaat de rest van het zonnestelsel opslokken, te beginnen met bijna onmiddellijk Pluto en kort daarna de Kuiper gordel. In de loop van de volgende paar duizend jaar beschrijft het zwarte gat een grote baan door de Melkweg, terwijl het sterren opslokt en zich nog verder in alle richtingen verspreidt.



Dan blijft er nog één vraag over: wat voor soep is dit eigenlijk?

Als Amelia het zonnestelsel vult met bouillon, en er drijven planeten in, is het dan planetensoep? En als er al noedels in de soep zitten, wordt het dan planetennoedelsoep, of zijn de planeten meer een soort croutons? Als je noedelsoep maakt en iemand sprenkelt er wat steentjes en modder in, is het dan echt moddernoedel-

soep, of is het gewoon noedelsoep die vies is geworden? Moeten we vanwege de aanwezigheid van de zon spreken van sterrensoep?

Het internet is dol op discussies over soepcategorien. Gelukkig kan de natuurkunde opheldering geven in de discussie over dit specifieke geval. Natuurkundigen denken dat zwarte gaten niet de eigenschappen behouden van de materie die erin valt. Ze noemen dit de 'no hair-stelling', omdat een zwart gat geen onderscheidende kenmerken of duidelijke karakteristieken zou hebben. Op een handvol simpele variabelen na, zoals massa, draaiing en elektrische lading, zijn alle zwarte gaten identiek.

Met andere woorden, het maakt niet uit wat voor ingrediënten je in een zwart soepgat stopt. Het recept levert altijd hetzelfde resultaat op.



2 HELIKOPTERGRIP

V. Wat als je aan je handen aan een helikopterblad hangt, en iemand zet hem aan?

– Corban Blanset

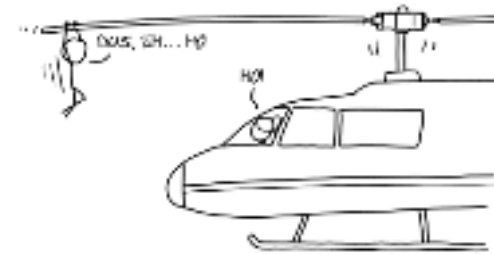
Je stelt je misschien een cool moment uit een actiefilm voor, zoals dit:



Als dat zo is, staat je een teleurstelling te wachten. Wat er echt gebeurt, ziet er meer uit als dit:

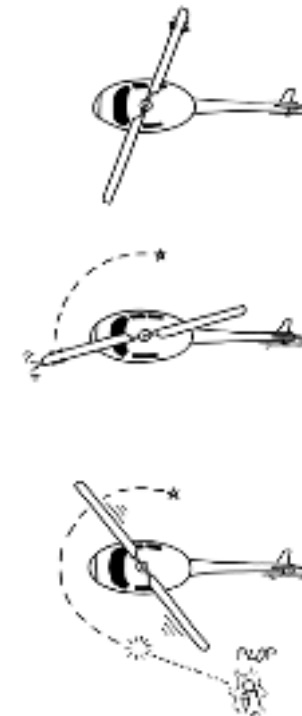


Het duurt even voordat de rotor van een helikopter op gang komt. Als de rotor in beweging komt, duurt het nog 10 tot 15 seconden voordat hij zijn eerste rondje heeft gemaakt. Je hebt dus nog even een ongemakkelijk moment van oogcontact met de piloot voordat je uit het zicht draait.



Gelukkig draai je waarschijnlijk geen tweede keer voor de piloot langs omdat je nogal snel gaat vallen.

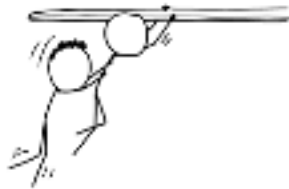
Het is al moeilijk genoeg om je vast te houden aan het gladde oppervlak van het rotorblad als hij stilstaat, maar zelfs als je een comfortabel houvast vindt, verlies je waarschijnlijk je grip nog voordat het blad één rondje heeft gemaakt.



De rotorbladen zijn vrij groot, waardoor ze langzamer lijken te bewegen dan ze in werkelijkheid doen. We zijn het niet gewend dat grote dingen zo snel rondgaan. Als hij op de helipad staat en de rotor langzaam ronddraait, ziet de helikopter er misschien lieflijk uit, als een mobiel die boven de wieg van een baby bungelt. Maar als je je probeert vast te houden aan het uiteinde van de rotor, word je verrassend hard weggeslingerd.

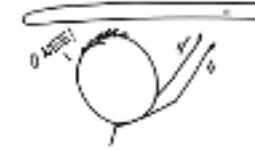
Het kan 5-10 seconden duren vanaf het moment dat de rotor in beweging komt tot het moment dat hij zijn eerste halve rondje maakt. Als je er dan nog aan hangt, zwaai je al merkbaar naar buiten, en voel je een extra gewicht van 5 tot 10 kilo door de middelpuntvliedende kracht. Gelukkig zitten de meeste helikopterrotors laag bij de grond waardoor je de val waarschijnlijk wel overleeft met hooguit wat lichte verwondingen en een gekneusd gevoel van eigenwaarde.

Als je je toch weet vast te houden, zal het snel erger worden. Tegen de tijd dat het blad een heel rondje heeft gemaakt, trekt de middelpuntvliedende kracht nog harder aan je dan de zwaartekracht, waardoor je ver naar buiten zwaait. De extra kracht is het equivalent van het gewicht van iemand anders die zich aan je vastklampt.*



Zelfs als je een echt goede grip hebt, heb je waarschijnlijk moeite om je vast te houden. Als je de rotor het hele rondje wilt vasthouden, moet je een systeem bedenken waarmee je je handen vastklemt aan het blad.

BEN JE HET ZAK DAT DIT STEEDS
MEER GEBEURT ALS JE AAN EEN HELI-
KOPTERBLAD WILT BANGEN HANGEN?

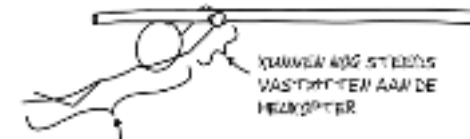


PROBIEER NU OMZIE ANNAHE
BOVENSTE BESTE HAANDANKERS



BOVENSTE BESTE HAANDANKERS
WANTROE KOOPT IEMAND ZIE?

Als de rotor in zijn normale tempo blijft versnellen, en je blijft op de een of andere manier vasthangen, dan zwaai je na nog een heel rondje bijna recht naar buiten, terwijl je handen een veelvoud van je eigen lichaamsgewicht moeten vasthouden. Als je dit 20 seconden volhoudt, maakt de rotor een omwenteling per seconde, waardoor er een kracht van enkele tonnen op je handen komt te staan. Na 30 seconden ben je hoe dan ook je grip op de helikopter kwijt. Als je handen nog aan de rotor vastzitten, zitten ze niet meer vast aan je lichaam.



ZIT MET MEER VAST
AAN DE HELIKOPTER

Deze ervaring is trouwens niet fijner voor de helikopter dan voor jou. De rotor kan namelijk niet blijven versnellen zoals bij een normale start. Als er zoveel kracht op je handen staat, dan geldt dat ook voor de helikopter. De rotor van een helikopter is ontworpen om vele tonnen aan spanning aan te kunnen, maar die spanning is zorgvuldig verdeeld over de bladen. Als het ene blad meer kracht uitoefent dan het andere, wordt de helikopter heen en weer geslingerd, zoals een wasmachine die niet in evenwicht is.

Als je slechts een paar ons gewicht aan de basis van een blad toevoegt, kan dat

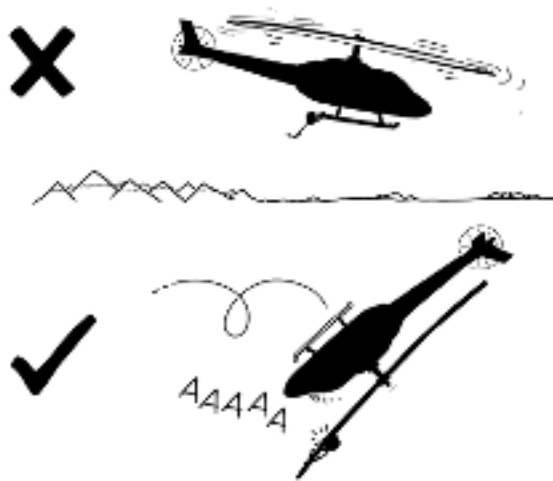
* Kies best een helikopter met voldoende ruimte tussen de hoofdrotor en de staartrotor, anders moet je er echt goed in worden om op het juiste moment pull-ups te doen.

oncomfortabel sterke trillingen veroorzaken (of neutraliseren). Als je het gewicht van een mens aan het uiteinde van een blad toevoegt, gaat de helikopter kantelen en trekt hij zichzelf kapot lang voordat hij op snelheid is.



Bij nader inzien is dit misschien écht een goed moment in een actiefilm. Ken je de scène waarin de schurk in een helikopter ontsnapt, en de held rent en springt en aan een van de landingsbalken bungelt?

Als ze echt willen voorkomen dat de schurk ontsnapt...



... moeten ze gewoon een beetje hoger grijpen.

3 KOUDE GEVAREN

V. Is het gevaarlijk om dicht bij een groot object te staan met een temperatuur van 0 kelvin?

– Christopher

Je hebt dus besloten een ultrakoude kubus van ijzer in je woonkamer te installeren.



Punt één: raak het beslist niet aan. Zolang je de drang om het aan te raken weerstaat, kan het eerst waarschijnlijk niet veel kwaad.



Koude en warme dingen zijn heel verschillend.^[bronvermelding vereist] Als je bij een erg warm object staat, kun je heel snel doodgaan – meer hierover vind je op bijna elke