

Zwaartekracht en vrije val

Bij de term vrije val komt gelijk het beeld naar voren van de Oostenrijkse avonturier Felix Baumgartner die op 14 oktober 2012 als eerste persoon ter wereld vanaf een hoogte van 38 969,4 meter uit een heliumballon sprong en ongeveer 36,5 km naar beneden viel zonder gebruik te maken van enig luchtvaartuig. De maximale snelheid die door de 43-jarige sportman werd bereikt was 1 357,6 km/uur. Een van zijn doelen was om de geluidsbarrière te doorbreken bij Mach 1,25 (de snelheid van het geluid is ongeveer 1 235 km/uur) en dat is hem zeker gelukt. Toen hij zich op ongeveer 2 500 meter boven de grond bevond, trok hij aan het trekkoord van zijn parachute om af te remmen en uiteindelijk landde hij veilig op de grond.

Maar het is niet nodig om de risico's te nemen die Baumgartner nam om experimenteel onderzoek te doen naar het principe van vrije val en de hiermee gerelateerde parameters, wetten en berekeningen en te begrijpen hoe dit werkt. Een simpel bouwwerk volstaat.

Geschiedenis

In het jaar 55 v.Chr. legde de Romaanse dichter en filosoof Lucretius al uit dat vallende objecten alleen worden afgeremd door hydrodynamische of aerodynamische weerstand, en dat lichte lichamen daarom langzamer vallen, maar dat alle lichamen in het luchtledige even snel moeten vallen.

De Griekse filosoof Aristoteles (384-322 v.Chr.) was van mening dat zware lichamen sneller naar de aarde moesten vallen dan lichtere lichamen, omdat ze in water zinken terwijl lichtere lichamen naar de oppervlakte gaan. Pas in 1554 werd deze veronderstelling door Giovanni Battista Benedetti (1530-1590) ontkracht. Hij toonde aan dat twee identieke ballen die d.m.v. een (massaloz) stang aan elkaar worden bevestigd met dezelfde snelheid naar beneden vallen.

Het idee dat een lichaam tijdens het vallen met een constante snelheid naar beneden gaat, komt ook van Aristoteles. Pas in 1590 stelde Galileo Galilei (1564-1642) de wetten van de vrije val op: in het luchtledige vallen alle lichamen even snel, ongeacht hun vorm, samenstelling of massa. De snelheid waarmee ze vallen staat in verhouding tot de daaltijd, terwijl de valafstand in verhouding staat tot het kwadraat van de daaltijd. Dit betekent dat de versnelling voor alle lichamen gelijk is op hetzelfde punt. In 1659 bevestigde Robert Boyle met experimenten dat lichamen met een verschillende massa in het luchtledige even snel vallen.

Definities

'Vrije val' beschrijft de versnelling van een voorwerp die uitsluitend wordt veroorzaakt door de zwaartekracht. Mensen die uit een vliegtuig springen worden tijdens het vallen afgeremd door de aerodynamische weerstand. Een echte 'vrije val' zou alleen mogelijk zijn in het luchtledige waarbij de zwaartekracht de enige aanwezige kracht is. Het Glenn Research Center van de NASA in Cleveland (Ohio) is een testomgeving voor dit soort experimenten.

Vergelijkingen

Vrije val (zonder wrijving): De kracht die op een vallend lichaam inwerkt wordt F genoemd en wordt in newton gemeten. Een newton bestaat uit de massa van het lichaam (in kg) en de versnelling (in m/sec^2), waarbij de versnelling gelijk is aan de gravitatieconstante van de aarde.

$$\text{Newton} = \text{kg} * m/sec^2$$



Lichamen met een verschillende massa vallen in het luchtledige even snel. Daarom is de algemene vergelijking van vrije val als volgt:

$$h = h_0 - 1/2 gt^2$$

Met andere woorden, de berekening hangt niet af van het gewicht van het lichaam. Het lijkt misschien raar, maar in het luchtledige zal een nijlpaard even snel vallen als een regenworm.

h = hoogte van het lichaam op tijdstip t , h_0 = beginhoogte zonder beginsnelheid, g = valversnelling, t = valtijd in seconden.

$$s = h - h_0 = 1/2 gt^2$$

bepaalt de afstand die door een lichaam in vrije val wordt afgelegd in tijd t als het wordt losgelaten zonder impuls.

De zwaartekrachtversnelling is $9,81 \text{ m/sec}^2$.

$V = gt$ is de vergelijking die wordt gebruikt om de snelheid tijdens een vrije val te berekenen. In deze vergelijking is V de valsnelheid in meters per seconde, g is de zwaartekrachtversnelling in meters per seconde kwadraat en t is de valtijd in seconden.

We hebben geen vacuümomgeving om onze experimenten in uit te voeren en moeten daarom rekening houden met atmosferische wrijving. Dit betekent dat we met onze experimenten niet te weten kunnen komen wat de juiste versnelling voor vrije val is.

Dalingen met aerodynamische weerstand

Een vallend object heeft te maken met twee tegenovergestelde krachten: zwaartekracht en trekkracht (in een vacuümomgeving is de trekkracht 0).

Van deze variabelen kunnen we de maximale snelheid van een voorwerp afleiden. De maximale snelheid wordt namelijk precies bereikt op het moment dat beide tegenovergestelde krachten even sterk zijn, waardoor de val van het voorwerp niet meer wordt versneld. Tijdens een val met aerodynamische weerstand kan er een grotere maximale snelheid worden bereikt door de aerodynamische weerstand te verminderen of de massa van het lichaam te vergroten. Het volgende is van toepassing op vallen met aerodynamische weerstand: Hoe zwaarder het voorwerp is, hoe groter zijn maximale valsnelheid (ervan uitgaand dat de vorm en oppervlakte-eigenschappen niet veranderen).

Felix Baumgartner probeerde de aerodynamische weerstand van zijn beschermende pak te verminderen om zo snel mogelijk supersonische snelheden te bereiken. Daarna vergrootte hij de weerstand door de parachute te openen om de snelheid te verminderen voordat hij de grond bereikte.

Mensen die gekoppeld worden aan dit onderwerp

- Galileo Galilei
- Isaac Newton
- Robert Boyle
- Giovanni Battista Benedetti

Aan de hand van de volgende trefwoorden kunt u zoeken naar informatieve website:

- Vrije val
- Glenn Research Center
- Paraboolvlucht
- Aerodynamische weerstand

