

## Gravitation och fritt fall

Begreppet fritt fall ger omedelbart associationer till bilden av den österrikiske äventyraren Felix Baumgartner, som den 14 oktober 2012 blev först i världen med att hoppa från en heliumballong från 38 969,4 meters höjd och falla cirka 36,5 km ned mot jorden utan hjälp av någon flygmaskin. Som högst uppnådde den fyrtiotåriga Extremsportaren en hastighet på 1 357,6 km/h. Ett av hans mål var att bryta ljudvallen på 1,25 Mach (ljudets hastighet är cirka 1 235 km/h), vilket han utan tvivel lyckades med. Cirka 2 500 meter över marken utlöste han sin fallskärm för att bromsa farten och landade slutligen säkert på jorden.

Det är knappast nödvändigt att ta de risker som Baumgartner gjorde för att undersöka och förstå principen med fritt fall och förknippade parametrar, lagar och beräkningar. En enkel konstruktion räcker bra.

### Historik

Redan år 55 f.Kr. förklarade den romerske poeten och filosofen Lucretius att fallande föremål endast bromsas upp av hydrodynamiskt eller aerodynamiskt motstånd och att lätta föremål därför faller långsammare men att alla föremål faller lika fort i ett vakuum.

Enligt den grekiske filosofen Aristoteles (384–322 f.Kr.) måste tyngre föremål falla snabbare mot jorden än lättare föremål eftersom de sjunker i vatten, medan lättare föremål stiger mot ytan. Inte förrän år 1554 lyckades Giovanni Battista Benedetti (1530–1590) motbevisa Aristoteles antagande. Han bevisade att två identiska sfärer som är nära sammankopplade med varandra med hjälp av en stång (utan massa) faller med samma hastighet.

Tesen om att en kropp rör sig med en konstant hastighet när den faller kommer också från Aristoteles. Inte förrän 1590 lyckades Galileo Galilei (1564–1642) bestämma lagarna för fritt fall: i ett vakuum faller alla kroppar med samma hastighet, oavsett form, sammansättning eller massa. Deras fallhastighet står i proportion till falltiden, medan fallavståndet är proportionellt mot falltiden i kvadrat. Det här innebär att accelerationen är lika stor för alla kroppar vid samma punkt. År 1659 bekräftade Robert Boyle genom experiment att kroppar med olika stor massa faller med samma hastighet i ett vakuum.

### Definitioner

”Fritt fall” beskriver den acceleration hos ett föremål som enbart beror på tyngdkraften. Personer som hoppar ut från ett flygplan bromsas upp av aerodynamiskt motstånd när de faller. Ett äkta ”fritt fall” skulle bara vara möjligt i ett vakuum där inga andra krafter än gravitationen kan verka. En testmiljö för den här typen av försök finns på NASA:s Glenn Research Center i Cleveland i Ohio, USA.

### Ekvationer

**Fritt fall (utan friktion):** Kraften som verkar på en fallande kropp anges med beteckningen  $F$  och mäts i newton. En newton utgörs av kroppens massa ( $i$  kg) och accelerationen ( $i$  m/sek<sup>2</sup>), där accelerationen är lika stor som jordens gravitationsfaktor.

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



Kroppar med olika stor massa faller med samma hastighet i ett vakuum. Därför ser den allmänna principen för fritt fall ut som följer:

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

Beräkningen är med andra ord oberoende av kroppens vikt. Det är svårt att föreställa sig, men i ett vakuum faller en flodhäst lika snabbt som en mask.

$h$  = kroppens höjd vid tidpunkten  $t$ ,  $h_0$  = ursprunglig höjd utan initial hastighet,  $g$  = acceleration i fritt fall,  $t$  = falltid i sekunder.

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

definierar det avstånd som en kropp i fritt fall rör sig under tiden  $t$  när den släpps från stillastående läge.

Tyngdaccelerationen är 9,81 m/sek<sup>2</sup>.

$V = gt$  är den ekvation som används för att beräkna hastigheten under fritt fall. I den här ekvationen motsvarar  $V$  fallhastigheten i meter per sekund,  $g$  är gravitationsaccelerationen i meter per sekund i kvadrat och  $t$  är falltiden i sekunder.

Vi har inget vakuum där vi kan utföra våra försök, men måste ändå ta hänsyn till den atmosfäriska friktionen. Det här innebär att vi inte kan få fram den korrekta accelerationen för fritt fall med våra experiment.

## Fall med aerodynamiskt motstånd

Två motsatta krafter verkar på ett fallande objekt: tyngdkraften och dragkraften (i ett vakuum är dragkraften = 0).

Med hjälp av de här variablerna kan vi räkna ut ett föremåls högsta hastighet. Faktum är att den högsta hastigheten uppnås exakt i det ögonblick då båda de motsatta krafterna är lika starka, vilket leder till att föremålet inte längre accelererar i fallet. En högre maximal hastighet kan uppnås i ett fall med aerodynamiskt motstånd, antingen genom att det aerodynamiska motståndet minskar eller genom att kroppens massa ökar. Följande gäller för fall med aerodynamiskt motstånd: ju tyngre föremålet är desto högre är dess högsta fallhastighet (om form och ytegenskaper antas vara identiska).

Felix Baumgartner försökte minska det aerodynamiska motståndet i sin skyddsväst för att uppnå överljudshastighet så snabbt som möjligt. Därefter ökade han motståndet genom att utlösa sin fallskärm, så att farten minskade innan han nådde marken.

## Kända namn på området

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

## Du kan hitta informativa webbplatser med hjälp av följande sökord

- Fritt fall
- Glenn Research Center
- Parabolisk flygning
- Aerodynamiskt motstånd

