



## Månadens problem – MAJ 2020



Del av Maribo-meteoriten. Bild tagen från <http://www.lolland-astronomi.dk/maribo-meteoritten.htm>

Meteoriter är stenar som kommer in mot jorden från rymden. De påverkas av luftmotståndet från jordens atmosfär. Stenens yttre delar blir då så varma att de förångas (både smälter och förångas). Även luften som omger meteoren blir mycket varm och joniseras, vilket leder till ett ljussken som kallas stjärnfall. En del rymdstenar når ända ner till jordytan utan att fullständigt förångas, och de kallas då meteoriter. En sådan meteorit observerades i Sverige 2009, och hittades senare i Maribo i Danmark med den blygsamma massan 25 g. Vid inträdet i atmosfären har stenens vikt uppskattats till 30 kg.

Luftmotståndet är helt avgörande för att förstå vad som händer med fallande kroppar, såsom meteoriter. Vi studerar här två fallande kroppar med luftmotstånd för att undersöka hur luftmotståndet påverkar 1) en sten som släpps från hög höjd i atmosfären och 2) en meteorit som faller mot jorden. Som modell för atmosfären tänker vi oss att den är en 10 km hög luftpelare med konstant densitet ( $1,2 \text{ kg/m}^3$ ). Egentligen avtar atmosfärens densitet exponentiellt ut mot rymden, så att många meteoriter förångas redan i den tunna atmosfären 40–100 km över marken.

En bra modell för luftmotstånd är:

$$F = 0,5CA\rho v^2,$$

där  $A$  är tvärsnittsarean,  $\rho$  är luftens densitet och  $v$  är objektets hastighet. För runda objekt är  $C = 0,5$ .

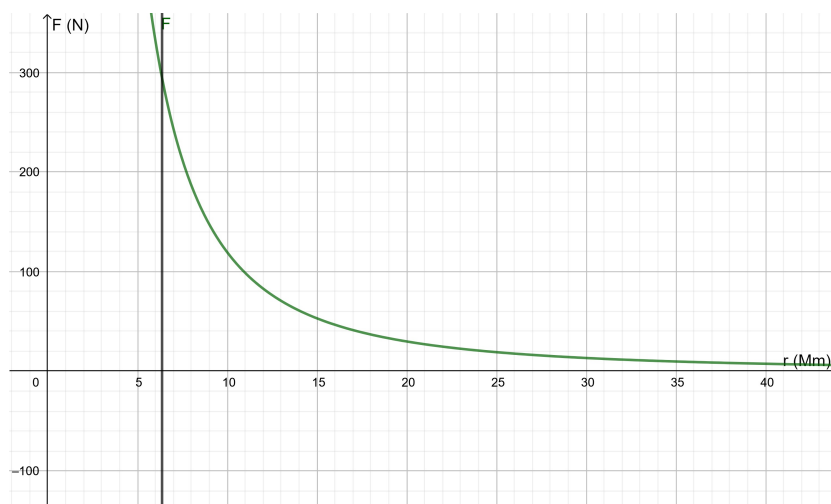
Stenarna i uppgifterna nedan har följande egenskaper när de släpps:

massa: $m = 30$ kg
radie: $R = 0,13$ m
temperatur: $T = 200$ K
smälttemperatur: $T_s = 1700$ K
specifik värmekapacitet: $0,50$ kJ/kg
specifik smältentalpitet: $250$ kJ/kg
specifik ångbildningsentalpitet: $3000$ kJ/kg

### 1. Uppgifter för sten som släpps

- Stenen släpps  $10$  km över marken. Beräkna stenens hastighet när den slår i marken. Använd parametrar som getts ovan.
- Beräkna den största temperatur stenen kan ha vid nedslaget.

Skillnaden mellan en sten som kommer från rymden och en sten som släpps högt upp i atmosfären är att rymdstenen (meteoriten) kommer att ha en mycket stor hastighet när den kommer in i atmosfären på grund av jordens gravitation. Gravitationskraften från jorden på stenen ges av Newtons gravitationslag  $F = \frac{GmM}{r^2}$ , där  $r$  är avståndet mellan stenen och jordens centrum,  $m$  stenens massa,  $M$  jordens massa och  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ , vilket för vår sten ger följande graf:



### 2. Uppgifter för sten som kommer från rymden

- Beräkna det arbete som jordens gravitationskraft uträttar på stenen från  $c:a$   $30$  Mm till  $6,4$  Mm (jordradien). Grafisk lösning godtas.
- Vilken hastighet är den minsta hastighet en meteorit har när den kommer in i jordens atmosfär?
- Är det möjligt att luftmotståndet kan ha förångat nästan hela stenen på väg in? Motivera med beräkningar.



Månadens problem arrangeras av lektorsgruppen inom Svenska Fysikersamfundet. Se [www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris](http://www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris) för mer information. Där finns också gamla Wallenbergs fysikpris-tävlingar med många fler problem att arbeta med. Synpunkter eller frågor? Hör gärna av dig till [manadensproblem@fysikersamfundet.se](mailto:manadensproblem@fysikersamfundet.se)