



Månadens problem – Maj 2023

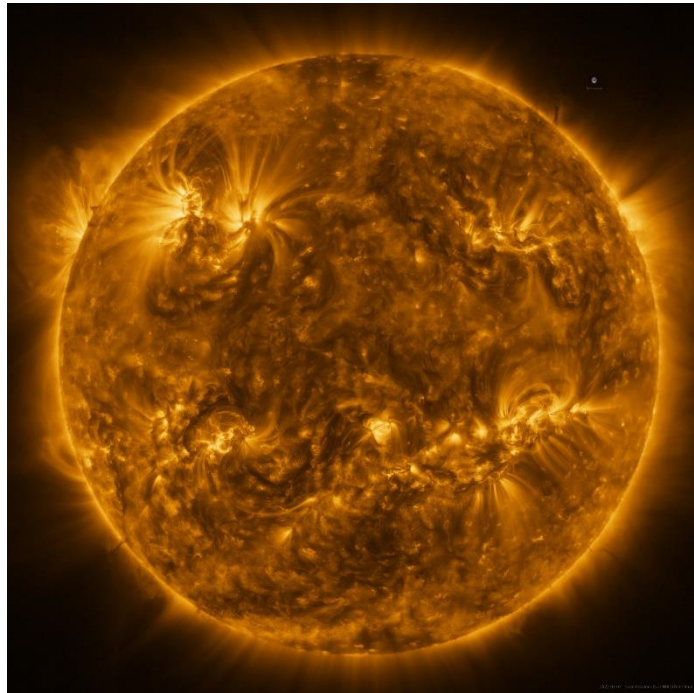


Bild av solen med Solar Orbiter (från nasa, <https://www.nasa.gov/solar-orbiter>).

Det kräver mycket energi att accelerera raketerna både i rymden och i jordens gravitationsfält. Till exempel kräver en raketuppskjutning väldigt mycket energi. Även om vi bortser från luftmotstånd så krävs energin $W = \int_R^\infty \frac{GMm}{r^2} dr = \frac{GMm}{R}$ för ett objekt med massan m som avlägsnas från jordradien $R = 6,3 \cdot 10^6$ m från jorden med massan $M = 6,0 \cdot 10^{24}$ kg och $G = 6,674 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg² (som ingick i månadens problem i december 2022). För en rymdfarkost med massan $m = 10^3$ kg krävs energin 63 GJ, vilket motsvarar c:a ett ton bränsle med energitätheten c:a 60 MJ/kg (t.ex. metan) eller 2 ton etanol. För att komma upp i rymden behövs alltså avsevärt mycket mer bränsle än det du skall transportera. Vid ett praktiskt uppskjut kan man förstås inte tillföra all energi på en gång utan man behöver föra med sig bränslet under delar av uppskjutningen, vilket kommer att kräva ytterligare energi.

Väl utanför jordens gravitationsfält går det att accelerera rymdraketer på lite olika sätt. Det enklaste är att man använder rea-drift där man sprutar bränsle bakåt och därmed själv accelererar framåt.

- Hur stor andel av en raket med massan 1 ton-raket behöver vara bränsle, om du vill accelerera från stillastående till $2,5 \cdot 10^3$ m/s och bränsle kastas bakåt med hastigheten $1,0 \cdot 10^3$ m/s?

Ett annat sätt att accelerera i rymden är att använda farten från en himlakropp, t.ex. månen, och "ta spjörn" mot dess gravitationskraft. Denna metod kallas för *sling-shot (slangbella)* och kräver en del precision för att lyckas. Metoden är en viktig del av alla rymdfärder som gjort till t.ex. Mars och uppskjutningar av rymdsonder som utforskar solsystemet. Även andra himlakroppar än månen har använts, t.ex. används *sling-shot* effekten med Merkurius för att bromsa in rymdsonden *Solar Orbiter* för att komma extremt nära solen på ett ordnat sätt och undersöka solens egenskaper på så nära håll som möjligt.

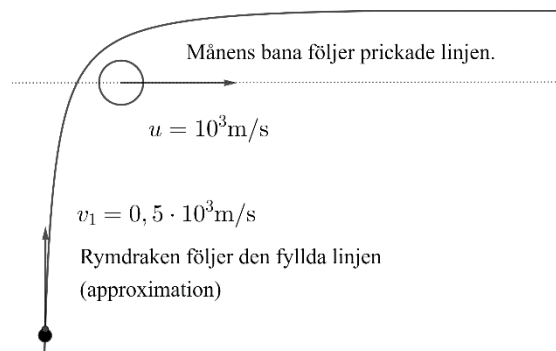
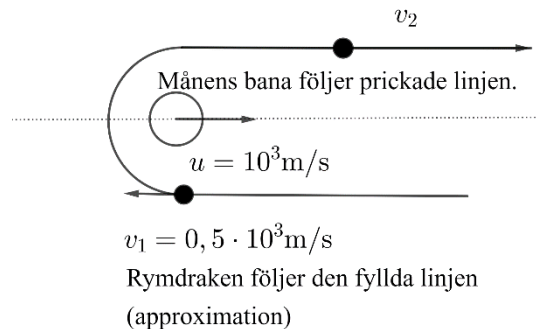
Låt oss studera två exempel där vi använder oss av en *sling-shot* med månen som rör sig med hastigheten c :
 $u = 1,0 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ i sin bana runt jorden:

Först: En rymdraket som kommer in med hastigheten $v_1 = 0,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ rakt motsatt månen. Antag att raketen rör sig mot månen i samma riktning som månen och efter att det kommit ut från månens gravitationsfält så rör den sig åter i samma riktning som månen rör sig*.

b) Vilken hastighet får raketen efter passagen?

Sedan: En rymdraket som kommer in med hastigheten $v_1 = 0,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ vinkelrätt mot månen. Antag att raketen rör sig i månens gravitationsfält och kommer ut i samma riktning som månen rör sig.

c) Vilken hastighet får raketen efter passagen?



För att i praktiken använda sig av *sling-shot* måste man förstås **veta** vilken riktning som raketerna kommer ut med. De banor som beskriver farkostens bana ges av s.k. hyperbler som förutom hastigheten i månens referenssystem även beror på hur nära himlakroppen raketerna passerar.

d) Förklara varför det är lättare att göra en *sling-shot* med en stor planet än med månen. Förklara också, med hjälp av relevanta fakta om månen från din formelsamling, varför en *sling-shot* med en stor hastighet, t.ex. $v_1 = 5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$, tillsammans med månen inte skulle ge någon stor effekt.

*Det är inte en fysikaliskt möjlig bana för raketerna att röra sig in och ut parallellt med månens hastighet enbart med hjälp av gravitationskraften. Men i räkneexemplet kan vi anta det.