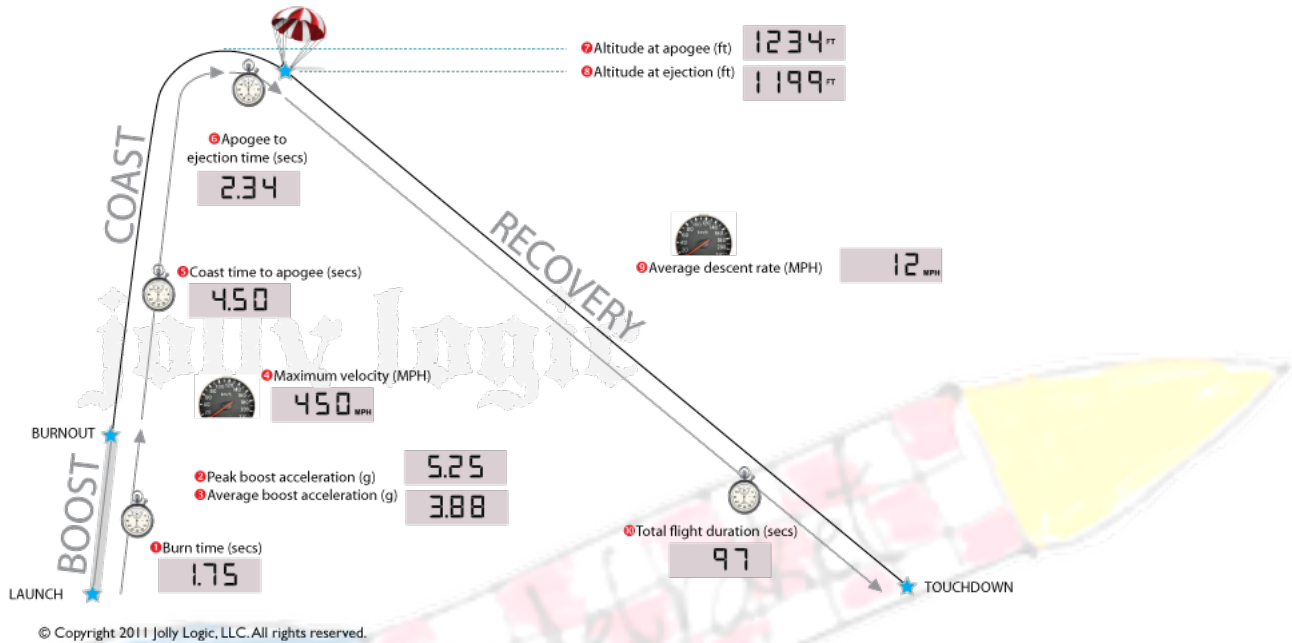


Om raketopsendelser.

En modelraket affyres fra jorden og går igennem følgende trin på vejen.



1) Launch.

Motor tændes og afbrændingsgassen driver raketten opad i 1-2 sekunder indtil burnout. Hermed udsættes raketten for den største acceleration. Den tid dette tager kaldes for boosttime eller thurstime.

2) Coast.

Raketten har nu sin hastighed opad, og er herefter kun påvirket af luftmodstand og tyngdekraften.

3) Apogee.

Dette er raketens max højde. Tiden det tager raketten at nå hertil, kaldes Coast to Apogee time. Netop når raketten opnår sin maksimale højde har den hastigheden 0 m/s.

4) Ejection.

Nu driver raketten en kort tid nedad før raketmotoren brænder sin sidste udstødningsgas op igennem røret, hvorved toppen springer af, og faldskærmen (forhåbentlig) folder sig ud. Denne kaldes ejection time.

5) Recovery.

Her gennemgår raketten sin sidste fase. Raketten vil både bevæge sig lodret nedad, men samtidigt blive påvirket af en vind fra siden. Hastigheden raketten bevæger sig lodret nedad i, kaldes for descent rate. Denne afhænger ikke af hvor langt til siden raketten lander.

Eksempelvis vil en raket der bevæger sig fra 100 m. højde og ned på 20 sekunder, have en Descent rate på $\frac{100m}{20s} = 5 \frac{m}{s}$

Acceleration.

Regn nu den gennemsnitlige acceleration ud for din raket i Boostfasen. Husk at raketens masse m , skal angives i kg.

$$a_{avg.} = \frac{p}{m \cdot t} - 9,82 \frac{m}{s^2} = \frac{\quad}{\quad} \frac{m}{s^2}$$

Eksempel.

Raketens masse er $m = 100 \text{ g} = 0,100 \text{ kg}$

Motoren er en B4-4, med impuls på $4 \text{ N}\cdot\text{s}$ og en burningperiod på $1,2 \text{ s}$.

$$a_{avg.} = \frac{p}{m \cdot t} - 9,82 \frac{m}{s^2} = \frac{4 \text{ N}\cdot\text{s}}{0,100 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ s}} - 9,82 \frac{m}{s^2} = \mathbf{23,5 \frac{m}{s^2}}$$

Højden.

Raketens højde udregnet i 2 skridt.

Højden, h_1 efter boostfasen og højden h_2 som er højden opnået under coast.

Maksimum højde $h_{\max} = h_1 + h_2$

1) Højden h_1 efter boostfasen udregnes vha. formlen.

$$h_1 = \frac{1}{2} \cdot a_{avg.} \cdot t^2 = \frac{\quad}{\quad} \text{ m}$$

Indsæt dine resultater ovenfra og udregn h_1

Udregn herefter hastigheden af raketten umiddelbart efter boostfasen ved at bruge formlen:

$$v = \sqrt{2 \cdot a_{avg.} \cdot h_1} = \frac{\quad}{\quad} \frac{m}{s}$$

Man kan omregne fra meter pr. sekund til km/t ved at gange med 3,6.

Eksempel.

Vi fandt ovenfor at $a_{avg.} = 23,5 \frac{m}{s^2}$ for vores raket med en B4-4 motor.

Ifølge tabellen er thrusttime var $1,2 \text{ s}$

$$h_1 = \frac{1}{2} \cdot a_{avg.} \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 23,5 \frac{m}{s^2} \cdot (1,2 \text{ s})^2 = \mathbf{19,6 \text{ m}}$$

Raketten har i boostfasen opnået hastigheden

$$v = \sqrt{2 \cdot a_{avg.} \cdot h_1} = \sqrt{2 \cdot 23,5 \frac{m}{s^2} \cdot 19,6 \text{ m}} = 30,4 \frac{m}{s} = 110 \text{ km/t}$$

Så raketten har accelereret fra 0 – 110 km/t på 1,2 sek.... Det er noget hurtigere end en Tesla!

- 2) Højden h_2 udregnes ved at udnytte at raketten i Coastfasen kun er påvirket af tyngdekraften, men den afhænger selvfølgelig af hvor stor fart raketten har efter boostfasen. Overvej om raketten bliver påvirket af andet undervejs.

$$h_2 = \frac{v^2}{2 \cdot 9,82 \frac{m}{s^2}} = \underline{\hspace{2cm}} m$$

Regn nu din rakets sluthøjde ud ved at lægge de to højder sammen.

$$h_{max} = h_1 + h_2 = \underline{\hspace{2cm}} m$$

Overvej om dit resultat er realistisk.

Er der yderligere faktorer du har undladt som taler for at resultatet er til den lave eller den høje side....?

Eksempel.

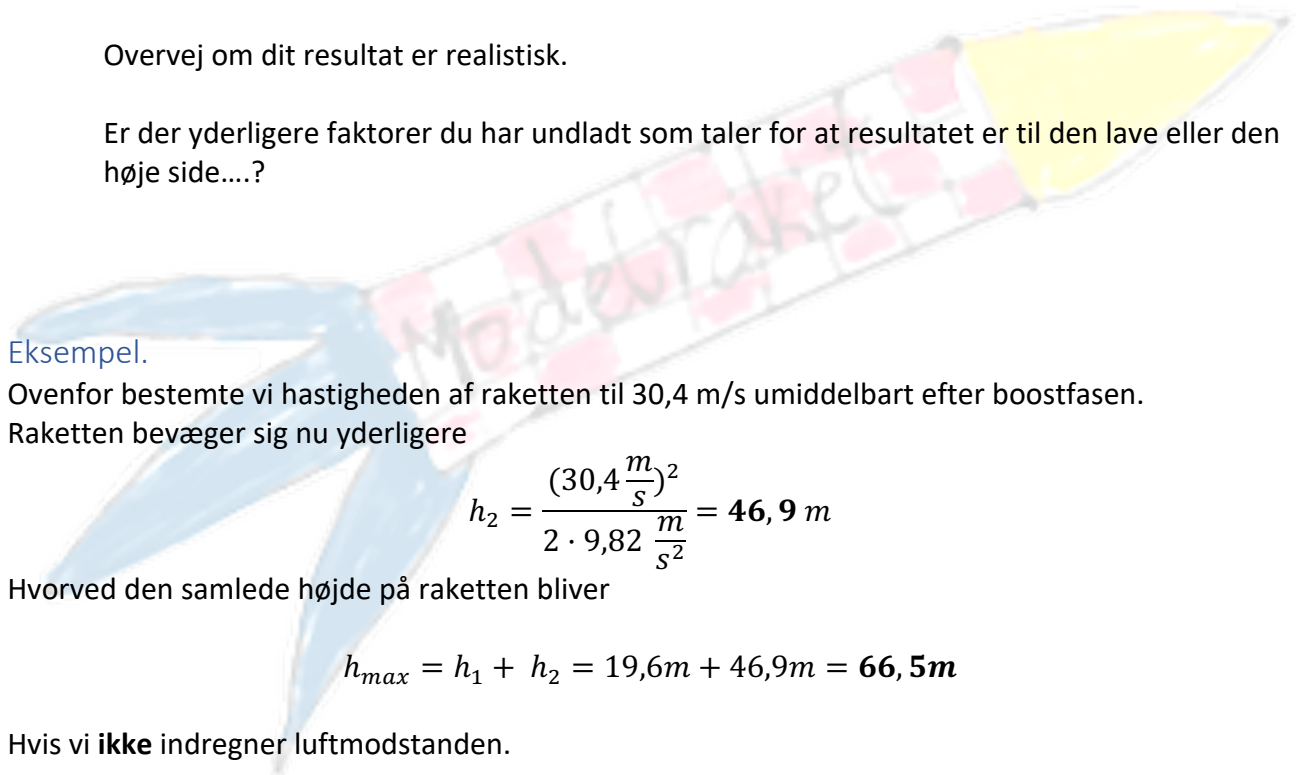
Ovenfor bestemte vi hastigheden af raketten til 30,4 m/s umiddelbart efter boostfasen. Raketten bevæger sig nu yderligere

$$h_2 = \frac{(30,4 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 9,82 \frac{m}{s^2}} = \mathbf{46,9 m}$$

Hvorved den samlede højde på raketten bliver

$$h_{max} = h_1 + h_2 = 19,6m + 46,9m = \mathbf{66,5m}$$

Hvis vi **ikke** indregner luftmodstanden.



Luftmodstand.

I praksis betyder luftmodstanden alligevel noget.

Luftmodstanden er nedenfor angivet i en tabel for en raket under opsendelse.

Hastighed i m/s	0	3,27	5,98	9,23	13,8	20,2	25,1
Luftmodstand milliNewton	0	2,2	7,6	18,0	40,2	85,9	144

Tegn grafen for luftmodstanden (y) som funktion af hastigheden (x).

Hvis vi skal bruge denne sammenhæng, betyder det at jo større hastigheden er, desto større er luftmodstanden. Men det vokser *ikke* som en ret linje.

Hvilken sammenhæng er der mellem luftmodstanden og hastigheden?

(få et computerprogram til beregne en forskrift for sammenhængen mellem luftmodstanden (y) og hastigheden (x))

Hvis denne luftmodstand passer med din raket. Hvor stor bliver luftmodstanden på din raket, når den flyver hurtigst? (Sæt den hastighed du har udregnet ovenfor, ind i forskriften for funktionen)

I kan i vedhæftede excelark lege med forskellige procentsatser for vindmodstanden og se hvor meget mindre sluthøjden bliver.