

$$W_k = W_0 - F \cdot s$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{\rho \cdot cw \cdot A \cdot v^2}{2} \cdot s - \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

Detta var vad jag kom fram till i lumpen på Ing 3 och det visar hur kulan bromsas med avseende på sträckan den gått

$$v = \frac{v_0 \cdot \sqrt{m \cdot (m + \rho \cdot A \cdot s \cdot cw)}}{m + \rho \cdot A \cdot s \cdot cw}$$

$$F = \frac{\rho \cdot cw \cdot A \cdot v^2}{2}$$

$$F = m \cdot a$$

Detta var vad jag kom fram till senare i livet efter lumpen och det blir en differential ekvation

$$a = -\frac{\rho \cdot cw \cdot A \cdot v^2}{2 \cdot m}$$

$$s''(t) = -\frac{\rho \cdot cw \cdot A \cdot s'(t)^2}{2 \cdot m}$$

$$x'(t)^2 + y'(t)^2 = s'(t)^2$$

Nedan är om man uttrycker ovan diff ekvation som ett system av andra ordningens ekvationer med x och y

$$x''(t) = -\frac{\rho \cdot cw \cdot A \cdot (x'(t)^2 + y'(t)^2)}{2 \cdot m} \cdot \cos\left(\operatorname{atan}\left(\frac{y'(t)}{x'(t)}\right)\right)$$

$$y''(t) = -\frac{\rho \cdot cw \cdot A \cdot (x'(t)^2 + y'(t)^2)}{2 \cdot m} \cdot \sin\left(\operatorname{atan}\left(\frac{y'(t)}{x'(t)}\right)\right) - g$$

$$k1 = \frac{A}{2 \cdot m}$$

A = tvärsnitts arean på kula  
m = massa på kula

$$\rho = \frac{p}{(273.14 + T) \cdot R}$$

$\rho$  = Densitet på luft  
p = tryck vid jordytan  
T = temperatur vid jordyta  
R = 286.9015

$$k2 = \frac{\rho \cdot g}{p}$$

g = Gravitation vid jordyta  
9.81 m/s<sup>2</sup>

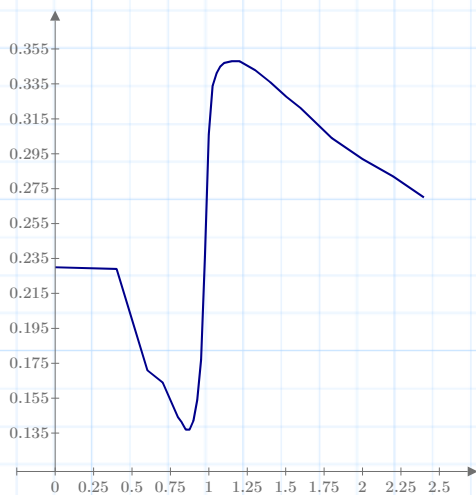
$$\rho_0(h) = \rho \cdot e^{-k2 \cdot h}$$

Densitet på luft vid höjd  
över jordyta

$$v_{ljud} = \sqrt{1.4 \cdot (273.14 + T) \cdot R}$$

Ljudhastighet i luft vid  
temperatur på jordytan

A := READPRN("cdlaupa.txt")



cw värde som funktion av  
mach talet som är v/vljud

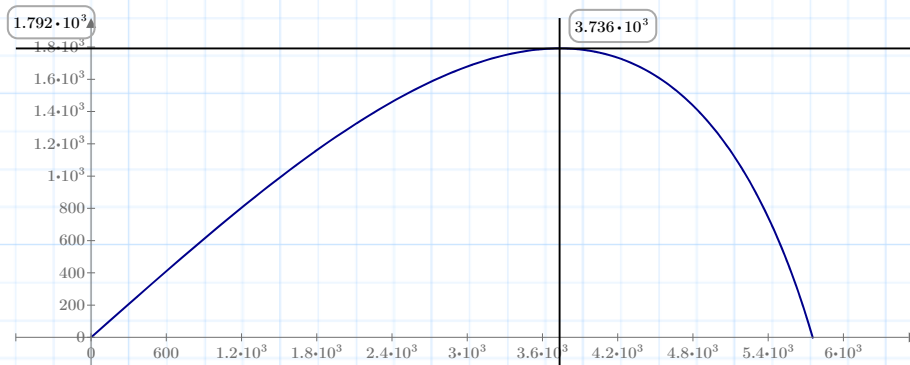
$$x''(t) = -k1 \cdot \rho_0(y(t)) \cdot cw \left( \frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{v_{ljud}} \right) \cdot (x'(t)^2 + y'(t)^2) \cdot \cos \left( \text{atan} \left( \frac{y'(t)}{x'(t)} \right) \right)$$

$$y''(t) = -k1 \cdot \rho_0(y(t)) \cdot cw \left( \frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{v_{ljud}} \right) \cdot (x'(t)^2 + y'(t)^2) \cdot \sin \left( \text{atan} \left( \frac{y'(t)}{x'(t)} \right) \right) - g$$

$$x(0) = 0 \quad y(0) = 0 \quad x'(0) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \quad y'(0) = v_0 \cdot \sin(\alpha)$$

$m := 0.01944$	Massa på kulan (kg)
$d := 8.59$	Diameter på kula (mm)
$T := 15$	Temperatur vid jordyta (grader)
$p := 101325$	Atmosfärstryck vid jordyta (Pa)
$v_0 := 830$	Utgångshastighet (m/s)
$\alpha := 34.7$	Elevationsvinkel (Deg)

$C_0 = 5754.8$	Dmax (m)
$C_1 = 34.7$	Elevationsvinkel (Deg)
$C_2 = 1791.6$	Max stighöjd (m)
$C_3 = 3736$	Avstånd till max stighöjd (m)



### Fysiken bakom ballistiken

$$F = \frac{c_w \cdot \rho \cdot A \cdot V^2}{2}$$

Kraften på kulan med luftmotstånd.  $V$  är absolut hastighet som delas upp i  $V_x$  och  $V_y$ .  $V_x^2 + V_y^2 = V^2$

$$F = m \cdot a$$

Newtons andra lag massan gånger accelerationen

$$x'(t) = V_x$$

$$y'(t) = V_y$$

$$x''(t) = a_x$$

$$y''(t) = a_y$$