Task for lecture 7

- consider the case described in the attached pdf file.
  (described in English in after the tasks)

  Solve the task using a multi variable Newtons method.(Chap 9.7, **Newt**)

- for $d = 30$, determine L_0 for $n = 5.0$,$n = 2.0$,$n = 1.0$,$n = 0.5$,$n = 0.2$ and $n = 0.1$.
  - You can use $a = 40$ and $H = 500$ as initial values.
  - Estimate the other values from the drawing.

- Consider which values makes sense to print, and print these in a nice table.

- Evaluate the results.(Reconsider which values you need to print)

The case concerns high voltage cables suspended between two pylons as indicated in the drawing. The cable is attached to insulators which in turn are attached to the pylons. The insulators are assumed to be attached in the same horizontal plane.

Figure 1: Geometry and notation for the high voltage cables.

Material constants:

v	:Insulators weight	$v = 120kg$
k	:Length of the insulators	$k = 2.5m$
w	:Weight of the cable/meter(resting)	$w = 4.0kg/m$
α	:Elasticity coefficient of the cable	$\alpha = 2 \cdot 10^{-7}kg^{-1}$

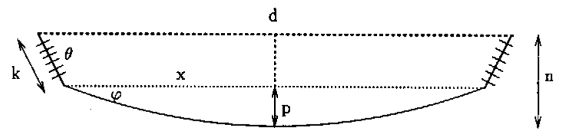
Variables(see figure):

d	:Distance between the pylons
L_0	:Resting length of the cable
L	:Suspended length of the cable
n	:"Sagging" of the cable from the insulators attachment points
p	:"Sagging" of the cable from the cables attachment points
x	:Half the distance between the cables attachment points
θ	:Angle between insulator and the horizontal plane
φ	:Angle between cable and the horizontal plane, at the cables attachment points
a	:Parameter in the catenary equation for the cable
H	:String tension in the cable

Equations 10-17 are relational equations between the variables and material constants. There are several approximations in the equations, for example the string tension is not constant through the cable. The errors from the approximations are ignored for the purpose of the exercise.

3 Højspændingskabler

En (del af en) højspændingsledning er opspændt mellem to master som angivet på tegningen. Ledningen hænger i isolatorer, som selv hænger i masterne. Isolatorerne antages at være ophængt i samme vandrette plan.



Figur 1: Geometri og notation for problemet med højspændingskabler

Materialekonstanterne er:

v	: Isolatorernes vægt.	$v = 120$ kg
k	: Isolatorernes længde.	$k = 2.5$ m
w	: Ledningens vægt pr. løbende meter (ustrakt).	$w = 4.0$ kg/m
α	: Ledningens elasticitetskoefficient.	$\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$ kg^{-1}

De variable er (se tegningen):

- d : Afstanden mellem masterne.
- L_0 : Ledningens længde i ustrakt tilstand.
- L : Ledningens længde i ophængt tilstand.
- n : Ledningens nedhæng fra isolatorernes ophængningspunkter.
- p : "Pilhøjden" i fagsprog. Ledningens nedhæng fra sine ophængningspunkter.
- x : Den halve afstand mellem ledningens ophængningspunkter.
- θ : Vinklen mellem isolator og vandret plan.
- φ : Vinklen, som ledningen i sit ophængningspunkt danner med vandret plan.
- a : Parametren i kædeligningen for ledningen.
- H : Trækkraften (snorspændingen) i ledningen.

Et typisk problem er: Givet d og n bestem den tilsvarende ledningslængde L_0.

Sammenhængen mellem ovenstående størrelser er givet ved følgende ligninger:

$$p = a\left(\cosh\frac{x}{a} - 1\right) \quad \text{Kædeligningen} \tag{10}$$

$$L = 2a\sinh\frac{x}{a} \quad \text{Buelængden} \tag{11}$$

$$d = 2x + 2k\cos\theta \tag{12}$$

$$n = p + k\sin\theta \tag{13}$$

$$\tan\varphi = \sinh\frac{x}{a} \quad \text{Hældning i ledningens ophæng} \tag{14}$$

$$\tan\theta = \left(1 + \frac{v}{wL_0}\right)\tan\varphi \quad \text{Ligevægt i ledningens ophæng} \tag{15}$$

$$L = L_0(1 + \alpha H) \tag{16}$$

$$H = \frac{wL_o}{2\sin\varphi} \quad \text{Snorspændingen i ledningens ophæng} \tag{17}$$

Der er flere tilnærmelser i ovenstående ligninger: Snorspændingen er ikke konstant gennem ledningen, og kædeligningen er ikke eksakt opfyldt for en elastisk ledning. Fejlen fra disse tilnærmelser ignoreres.

H=5

(a) For $d = 30$ meter bestem L_0 for $n = 5.0$, 2.0, 1.0, 0.5, 0.2, 0.1 (meter). Skitsér L_0 som funktion af n. $a = 40$ og [redacted] er brugbare startgæt i de fleste tilfælde. De øvrige kan aflæses af tegningen.

(b) Ledningen brister, hvis trækkraften H overstiger en kritisk grænse H_b.

Bestem for $H_b = 8000$ kg og $d = 30$ m værdierne for L_0 og n svarende til brudgrænsen.

(c) Ledningen skal føres over en fjord. Afstanden mellem masterne er nu $d = 1000$ m, og isolatorernes ophængningspunkter er begge 100 m over vandoverfladen.

Find for samme brudgrænse som ovenfor den størst opnåelige afstand mellem vandoverfladen og ledningens laveste punkt.

(d) Beskriv en metode til bestemmelse af den størst opnåelige afstand mellem 2 master, når det antages, at der er plads til ubegrænset nedhæng.