

Løs  $\frac{\partial u}{\partial x} = 2 \frac{\partial u}{\partial t} + u$ , hvor  $u(x, 0) = 6e^{-3x}$

Der prøves her at at løse denne med separation af variable hvilket betyder vores resultat bliver af formen

$$U = X \cdot T$$

Dette betyder også at

$$\frac{dU}{dx} = \frac{dX}{dx} \cdot T$$

$$\frac{dU}{dt} = X \cdot \frac{dT}{dt}$$

Dette indsættes så ind i vores ligning:

$$\frac{dX}{dx} \cdot T = 2 \cdot X \cdot \frac{dT}{dt} + X \cdot T$$

Her er u også substituere ud med  $u = XT$

$$\frac{dX}{dx} \cdot \frac{1}{X} = 2 \cdot \frac{1}{T} \frac{dT}{dt} + 1$$

Her er variablerne nu separeret og det kan nu sættes lig med 1 konstant

$$X' \cdot \frac{1}{X} = k$$

$$T' \cdot 2 \cdot \frac{1}{T} + 1 = k$$

$$X' = kx$$

$$T' = T \cdot \left( \frac{k-1}{2} \right)$$

Vi har her 2 differentialligninger som kan løses individuelt

Den første:

$$X' = kx$$

Her kan man at løsningen er:

$$X(x) = C_1 e^{kx}$$

Den næste

$$T' = T \cdot \left( \frac{k-1}{2} \right)$$

Her kan en løsning ses ligesom før

$$T(t) = C_2 e^{\frac{k-1}{2} \cdot t}$$

Vi har nu fra tidligere at løsningen ville være produktet af disse 2 funktioner

$$U = X(x) \cdot T(t)$$

$$U(x,t) = C_1 e^{kx} \cdot C_2 e^{\frac{k-1}{2} \cdot t}$$

$$U(x,t) = e^{kx + \frac{k-1}{2} \cdot t} \cdot C_1 \cdot C_2$$

Vi kalder nu  $C_1 \cdot C_2$  for  $C$

$$U(x,t) = e^{kx + \frac{k-1}{2} \cdot t} \cdot C$$

Vi kan nu undersøge det nærmere ved at kigge på startbetingelsen

$$V(x, 0) = 6e^{-3x}$$

$$C \cdot e^{kx + \frac{k-1}{2} \cdot 0} = 6e^{-3x}$$

$$C \cdot e^{kx} = 6 \cdot e^{-3x}$$

Vi ser her at

$$C = 6$$

$$k = -3$$

Vi kan nu skrive løsningen op

$$V(x, t) = 6 \cdot e^{-3x + \frac{-3-1}{2} \cdot t}$$

$$V(x, t) = 6e^{-3x - 2t}$$


---



---

**2-13****VERIFICATION OF SOLUTIONS**

Verify (by substitution) that the given function is a solution of the PDE. Sketch or graph the solution as a surface in space.

**2-5****Wave Equation (1) with suitable  $c$** 

2.  $u = x^2 + t^2$

Vi har her Wave equation (1):

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

Her finder vi først den dobbelt afledte i forhold til  $x$  og  $t$

$$u = x^2 + t^2$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 2x$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 2$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 2$$

Dette kan så indsættes

$$2 = 2c^2$$

$$\underline{\underline{c=1}}$$

Det er derfor en løsning når  $c=1$

## 5-13

## DEFLECTION OF THE STRING

Find  $u(x, t)$  for the string of length  $L = 1$  and  $c^2 = 1$  when the initial velocity is zero and the initial deflection with small  $k$  (say, 0.01) is as follows. Sketch or graph  $u(x, t)$  as in Fig. 291 in the text.

5.  $k \sin 3\pi x$

Vi har fra bogen at en streng som er spændt ud med længden  $L$  og som ikke har nogen start hastighed, men har en start afvigelse kan findes som:

$$u(x, t) = \underbrace{f^*(x - ct) + f^*(x + ct)}_2$$

Hvor  $f^*(x)$  er

$$f^*(x) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot \sin\left(\frac{n\pi}{L} x\right)$$

Hvor vi igen har at:

$$B_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \cdot \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx$$

Hvor  $L$  er længden

Vi skal derfor først finde  $B_n$

$$f(x) = k \sin(3\pi x)$$

$$B_n = 2 \int_0^1 k \sin(3\pi x) \cdot \sin(n\pi x) dx$$

$$B_n = 2k \cdot \int_0^1 \sin(3\pi x) \cdot \sin(n\pi x) dx$$

Vi har her at:

$$\sin(3\pi x) \cdot \sin(n\pi x) = \frac{\cos(3\pi x - n\pi x) - \cos(3\pi x + n\pi x)}{2}$$

$$\sin(3\pi x) \cdot \sin(n\pi x) = \frac{\cos(\pi x \cdot (3-n)) - \cos(\pi x \cdot (3+n))}{2}$$

$$B_n = 2k \cdot \int_0^1 \frac{\cos(\pi x \cdot (3-n)) - \cos(\pi x \cdot (3+n))}{2} dx$$

$$B_n = k \cdot \int_0^1 \cos(\pi x \cdot (3-n)) - \cos(\pi x \cdot (3+n)) dx$$

$$B_n = \frac{k}{\pi} \cdot \left( \frac{\sin(\pi x \cdot (3-n))}{3-n} - \frac{\sin(\pi x \cdot (3+n))}{3+n} \right) \Big|_0^1$$

$$B_n = \frac{k}{\pi} \cdot \left( \frac{\sin(\pi \cdot (3-n))}{3-n} - \frac{\sin(\pi \cdot (3+n))}{3+n} - \frac{\sin(0)}{3-n} - \frac{\sin(0)}{3+n} \right)$$

$$B_n = \frac{k}{\pi} \cdot \left( \frac{\sin(\pi \cdot (3-n))}{3-n} - \frac{\sin(\pi \cdot (3+n))}{3+n} \right)$$

Her eftersom at sinus til pi ganget med et helt tal altid giver 0 og n er et helt tal giver dette altid 0

$$B_n = 0$$

Men eftersom at der står 3-n gælder det ikke for  $n=3$  og det skal derfor undersøges

$$B_3 = 2 \int_0^1 k \cdot \sin(3\pi x) \cdot \sin(3\pi x) dx$$

$$B_3 = 2k \cdot \int_0^1 \sin^2(3\pi x) dx$$

$$B_3 = 2k \cdot \int_0^1 \frac{1 - \cos(6\pi x)}{2} dx$$

$$B_3 = 2k \cdot \left( \frac{x}{2} - \frac{\cos(6\pi x)}{12\pi} \right) \Big|_0^1$$

$$B_3 = 2k \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{\cos(6\pi)}{12\pi} + \frac{\cos(0)}{12\pi} \right)$$

$$B_3 = 2k \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{12\pi} + \frac{1}{12\pi} \right)$$

$$B_3 = k$$

Vi har nu at alle  $B_n$  er 0, bortset fra  $B_n$  hvilket også betyder:

$$f^*(x) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cdot \sin\left(\frac{n\pi}{L} x\right) = k \cdot \sin(3\pi x)$$

Ud fra dette har vi så også vores funktion som kommer til at hede:

$$v(x, t) = \frac{f^*(x-ct) + f^*(x+ct)}{2}$$

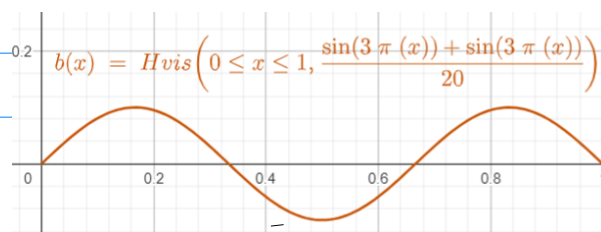
$$v(x, t) = \frac{k \left( \sin(3\pi(x-ct)) + \sin(3\pi(x+ct)) \right)}{2}$$

Vi kan så her indsætte  $k$  til at være 0,01 og  $c=1$

$$v(x, t) = \frac{\sin(3\pi(x-t)) + \sin(3\pi(x+t))}{20}$$

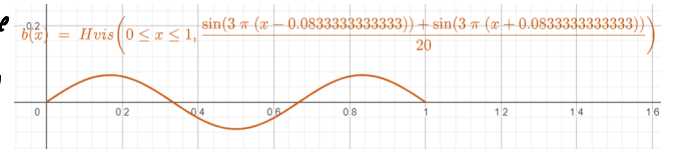
Den kan her ses tegnet med forskellige værdier for  $t$

$t = 0$





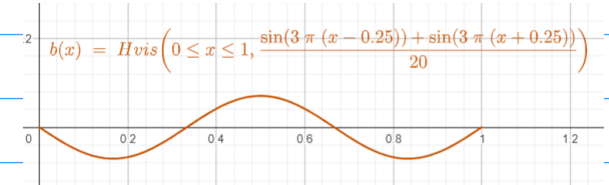
$$t = \frac{1}{12}^{\circ}$$



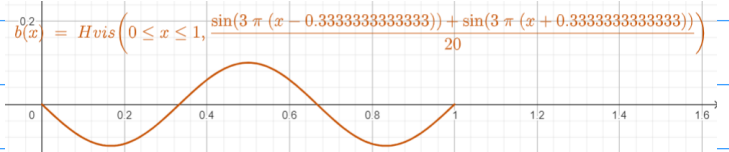
$$t = \frac{1}{6}^{\circ}$$



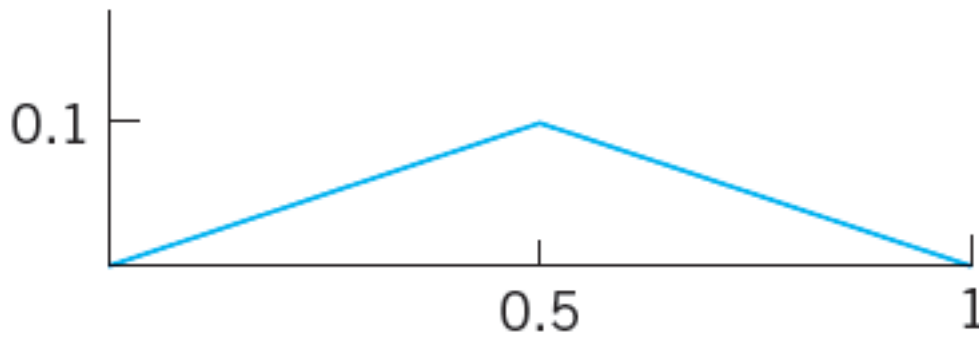
$$t = \frac{3}{12}^{\circ}$$



$$t = \frac{1}{3}^{\circ}$$



9.



Vi har nu denne som vi kan beskrive som:

$$f(x) = \begin{cases} 0,2x, & 0 \leq x < 0,5 \\ 0,2 - 0,2x, & 0,5 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

Ligesom før skal vi først finde  $B_n$

$$B_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \cdot \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx$$

$$B_n = 2 \left( \int_0^{0,5} 0,2x \cdot \sin(n\pi x) dx + \int_{0,5}^1 (0,2 - 0,2x) \cdot \sin(n\pi x) dx \right)$$

$$B_n = 2 \cdot \left( 0,2 \cdot \int_0^{0,5} x \cdot \sin(n\pi x) dx + 0,2 \cdot \int_{0,5}^1 (1 - x) \cdot \sin(n\pi x) dx \right)$$

$$B_n = 0,4 \cdot \left( \int_0^{0,5} x \cdot \sin(n\pi x) dx + \int_{0,5}^1 \sin(n\pi x) dx - \int_{0,5}^1 x \cdot \sin(n\pi x) dx \right)$$

Vi kigger her nærmere på det ene integral

$$\int x \cdot \sin(kx) dx$$

Det integral er løst utallige gange i tidligere opgave så svaret skrives bare op her

$$\int x \cdot \sin(kx) dx = \frac{\sin(kx) - kx \cdot (\cos(kx))}{k^2} + C$$

$$B_n = 0,9 \cdot \left( \frac{\sin(n\pi x) - n\pi x \cdot (\cos(n\pi x))}{n^2 \pi^2} \right) \Big|_0^{0,5}$$

$$- \frac{\cos(n\pi x)}{n\pi} \Big|_{0,5}^1 - \frac{\sin(n\pi x) - n\pi x \cdot (\cos(n\pi x))}{n^2 \pi^2} \Big|_{0,5}^1$$

$$B_n = 0,9 \cdot \left( \frac{\sin(0,5 \cdot n\pi) - 0,5 n\pi \cdot (\cos(0,5 n\pi))}{n^2 \pi^2} \right)$$

$$- \frac{\cos(n\pi)}{n\pi} + \frac{\cos(0,5 n\pi)}{n\pi}$$

$$+ \frac{n\pi \cdot (\cos(n\pi))}{n^2 \pi^2} + \frac{\sin(0,5 n\pi) - 0,5 n\pi \cdot (\cos(0,5 n\pi))}{n^2 \pi^2}$$

$$B_n = 0,9 \cdot \left( \frac{\sin(0,5 \cdot n\pi)}{n^2 \pi^2} - \frac{0,5 \cdot \cos(0,5 n\pi)}{n \pi} - \frac{\cos(n\pi)}{n \pi} + \frac{\cos(0,5 n\pi)}{n \pi} + \frac{\cos(n\pi)}{n \pi} + \frac{\sin(0,5 \pi n)}{n^2 \pi^2} - \frac{0,5 \cdot \cos(0,5 n\pi)}{n \cdot \pi} \right)$$

$$B_n = 0,4 \cdot \left( \frac{2 \cdot \sin(0,5 \pi n)}{n^2 \pi^2} \right)$$

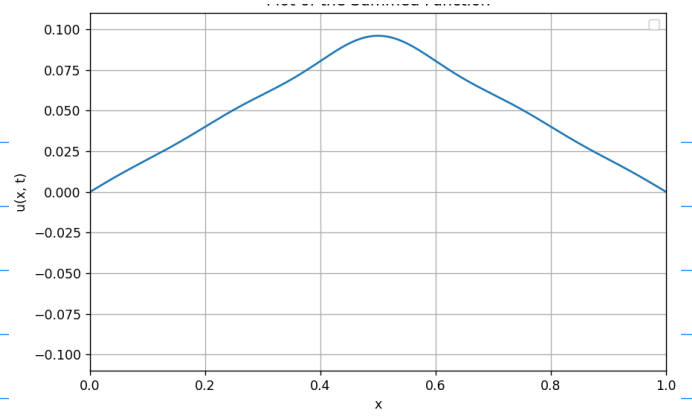
$$B_n = \frac{0,8}{n^2 \cdot \pi^2} \cdot \sin(0,5 \pi n)$$

Vi kan nu opskrive løsningen:

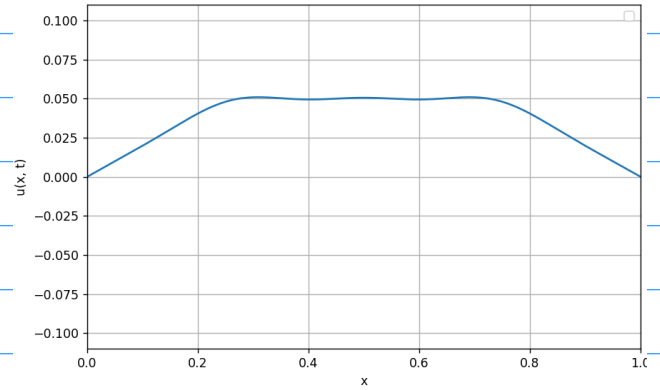
$$\begin{aligned} U(x,t) &= \frac{0,8}{\pi^2} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(0,5 n\pi)}{n^2} \cdot \cos(n \cdot \pi \cdot t) \cdot \sin(n\pi x) \\ &= \frac{0,8}{\pi^2} \cdot \left( \cos(\pi t) \cdot \sin(\pi x) - \frac{1}{9} \cos(3\pi t) \cdot \sin(3\pi x) + \dots \right) \end{aligned}$$

Vi kan nu tegne dette:

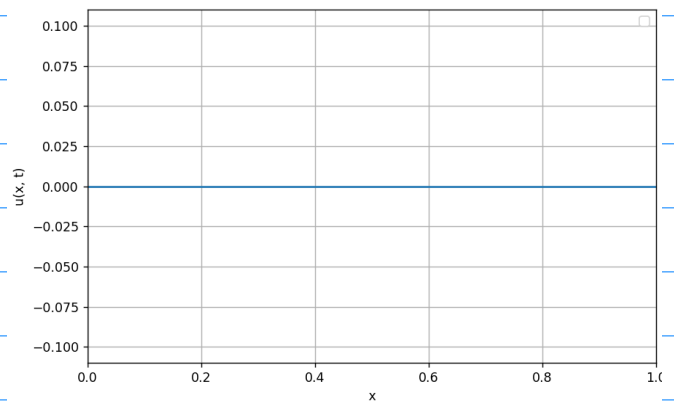
$$t = 0$$



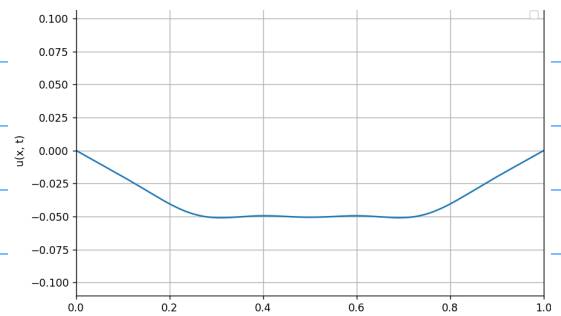
$$t = \frac{1}{4}$$



$$t = \frac{1}{2}$$



$$t = \frac{3}{4}$$



$$t = 1$$

