

# Løsningsforslag oblig 1 Mat 1110 vår 2018

## Oppgave 1

a) Teksten sier at

$$\begin{cases} x_{n+1} = 9y_n \\ y_{n+1} = x_n \\ z_{n+1} = y_n \end{cases} \quad \text{dvs.} \quad \begin{cases} x_{n+1} = 0x_n + 9y_n + 0z_n \\ y_{n+1} = x_n + 0y_n + 0z_n \\ z_{n+1} = 0x_n + y_n + 0z_n \end{cases}$$

Altså:

$$\begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \\ z_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 9 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix} = \underline{\underline{A \cdot \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix}}}$$

b) Eigenverdier

$$\begin{pmatrix} 0 & 9 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \lambda \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{cases} 0x + 9y + 0z = \lambda x \\ x + 0y + 0z = \lambda y \\ 0x + y + 0z = \lambda z \end{cases}$$

dvs.

$$\begin{cases} -\lambda x + 9y + 0z = 0 \\ x - \lambda y + 0z = 0 \\ 0x + y - \lambda z = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \begin{vmatrix} -\lambda & 9 & 0 \\ 1 & -\lambda & 0 \\ 0 & 1 & -\lambda \end{vmatrix} &= -\lambda \cdot \begin{vmatrix} -\lambda & 0 \\ 1 & -\lambda \end{vmatrix} - 9 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -\lambda \end{vmatrix} + 0 \cdot \begin{vmatrix} 1 & -\lambda \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \\ &= -\lambda \cdot \lambda^2 - 9 \cdot (-\lambda) + 0 \\ &= -\lambda^3 + 9\lambda = -\lambda(\lambda^2 - 9) \\ &= -\lambda(\lambda - 3)(\lambda + 3) = 0 \quad \text{gir} \quad \lambda = \begin{cases} 3 \\ -3 \\ 0 \end{cases} \end{aligned}$$

Eigenverdiene er  $\lambda_1 = 3$ ,  $\lambda_2 = -3$  og  $\lambda_3 = 0$

(Oppg. 1 forts.)

Egenvektorer til  $\lambda_1 = 3$ 

$$\begin{pmatrix} 0 & 9 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = 3 \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{cases} 9y = 3x & \text{I} \\ x = 3y & \text{II} \\ y = 3z & \text{III} \end{cases}$$

III sier  $y = 3z$ I og II sier  $x = 3y$ , dvs.  $x = 9z$ 

$$\text{Løsn. } \begin{pmatrix} 9a \\ 3a \\ a \end{pmatrix} \quad a \neq 0$$

Egenvektorer til  $\lambda_2 = -3$ 

$$\begin{pmatrix} 0 & 9 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = -3 \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{cases} 9y = -3x & \text{I} \\ x = -3y & \text{II} \\ y = -3z & \text{III} \end{cases}$$

III sier  $y = -3z$ I og II sier  $x = -3y$ , dvs.  $x = 9z$ 

$$\text{Løsn. } \begin{pmatrix} 9b \\ -3b \\ b \end{pmatrix} \quad b \neq 0$$

Egenvektorer til  $\lambda_3 = 0$ 

$$\begin{pmatrix} 0 & 9 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = 0 \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{cases} 9y = 0 & \text{I} \\ x = 0 & \text{II} \\ y = 0 & \text{III} \end{cases}$$

I og III sier  $y = 0$ II sier  $x = 0$ 

$$\text{Løsn. } \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ c \end{pmatrix} \quad c \neq 0$$

Hvis tilstanden en sesong er på formen  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ k \end{pmatrix}$  der  $k \neq 0$ ,så har vi kun gamle kaniner. Disse får ikke unger, og alle er døde neste år. Tilstanden neste sesong er altså

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Dette svarer til at tilstanden  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ k \end{pmatrix}$  er en egenvektor for  $A$  med egenverdi 0.

(Oppg. 1 forts.)

$$c) A \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 45 \\ 18 \\ 5 \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{pmatrix} 0 & 9 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 45 \\ 18 \\ 5 \end{pmatrix}$$

$$\text{dvs.} \quad \begin{cases} 9y = 45 \\ x = 18 \\ y = 5 \end{cases} \quad \text{Løsning:} \quad \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18 \\ 5 \\ t \end{pmatrix} \quad (t \text{ fri variabel})$$

Dette betyr at vi ikke kan regne oss bakover i tiden på en entydig måte, dvs.  $A$  er ikke inverterbar.

Vi kan også sjekke dette ved å finne  $\det(A) = 0$

d) Søyene i  $M$  velges som egenvektorer for  $A$  tilhørende  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ :

$$M = \begin{pmatrix} 9 & 9 & 0 \\ 3 & -3 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

e) Skriver startvektoren  $\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$  som en linearkombinasjon av egenvektorer for  $A$ :

$$\begin{pmatrix} 3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9a \\ 3a \\ a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 9b \\ -3b \\ b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ c \end{pmatrix}$$

Dette gir

$$\begin{cases} 9a + 9b = 18 & \text{I} \\ 3a - 3b = 0 & \text{II} \\ a + b + c = 0 & \text{III} \end{cases} \quad \begin{pmatrix} \text{II sier } a = b \\ \text{I sier da } a = b = 1 \\ \text{III sier da } c = -2 \end{pmatrix}$$

Konklusjon:

$$\begin{pmatrix} 18 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 9 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} \quad \text{Stemmer!}$$

Vi får nå, for  $n > 0$ :

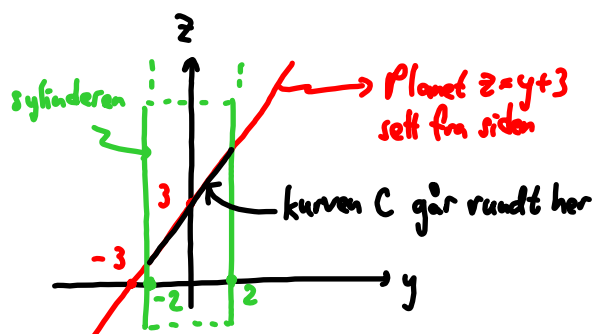
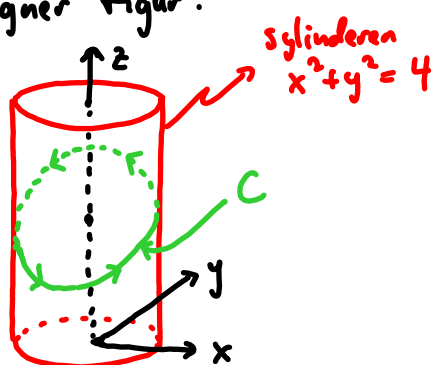
$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix} &= A^n \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = A^n \cdot \left[ \begin{pmatrix} 9 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 9 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} \right] \\ &= A^n \begin{pmatrix} 9 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} + A^n \begin{pmatrix} 9 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix} + A^n \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} \\ &= 3^n \cdot \begin{pmatrix} 9 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} + (-3)^n \begin{pmatrix} 9 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix} + 0^n \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} = \underline{\underline{\begin{pmatrix} 9 \cdot 3^n + 9 \cdot (-3)^n \\ 3 \cdot 3^n - 3 \cdot (-3)^n \\ 3^n + (-3)^n \end{pmatrix}}} \end{aligned}$$

Oppgave 2

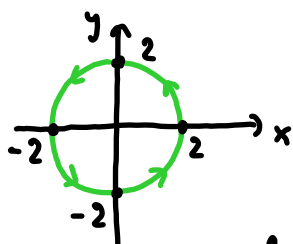
Se egen fil.

Oppgave 3

a) Tegner figur:



"Skyggen" (projeksjonen) av C ned i xy-planet:



Parametrisering av C:

$$\begin{cases} x(t) = 2 \cos t \\ y(t) = 2 \sin t \\ z(t) = 2 \sin t + 3 \end{cases} \quad t \in [0, 2\pi)$$

dvs.  $\underline{\underline{\vec{r}(t) = 2 \cos t \vec{i} + 2 \sin t \vec{j} + (2 \sin t + 3) \vec{k}}}$

$$\begin{aligned} b) \int_C \vec{F} \cdot d\vec{r} &= \int_0^{2\pi} \vec{F}(\vec{r}(t)) \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} dt \\ &= \int_0^{2\pi} [2 \cos t, 2 \sin t, 2 \cos t] \cdot [-2 \sin t, 2 \cos t, 2 \cos t] dt \\ &= \int_0^{2\pi} (-4 \sin t \cos t + 4 \sin t \cos t + 4 \cos^2 t) dt \\ &= 4 \cdot \int_0^{2\pi} \cos^2 t dt = 2 \int_0^{2\pi} (1 + \cos 2t) dt \\ &= 2 \left[ t + \frac{1}{2} \sin 2t \right]_0^{2\pi} = 2 [(2\pi + 0) - (0 + 0)] = \underline{\underline{4\pi}} \end{aligned}$$

Formelsamling:

$$\cos 2t = 2 \cos^2 t - 1$$

gir

$$\cos^2 t = \frac{1}{2} (1 + \cos 2t)$$

c) Siden integralet av  $\vec{F}$  rundt den lukkede kurven C ikke er 0, kan ikke  $\vec{F}$  være konservativ.

Oppgave 4

$$a) \begin{cases} x_{n+1} = 40x_n + y_n \\ y_{n+1} = -x_n + 40y_n \end{cases} \quad \text{gir} \quad \begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 40 & 1 \\ -1 & 40 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} = M \cdot \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix}$$

for  $n = 0, 1, 2, \dots$

b) Eigenverdier

$$\begin{pmatrix} 40 & 1 \\ -1 & 40 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{cases} 40x + y = \lambda x \\ -x + 40y = \lambda y \end{cases}$$

$$\text{dvs.} \quad \begin{cases} (40 - \lambda)x + y = 0 \\ -x + (40 - \lambda)y = 0 \end{cases}$$

$$\begin{vmatrix} 40 - \lambda & 1 \\ -1 & 40 - \lambda \end{vmatrix} = (40 - \lambda)^2 + 1 = \lambda^2 - 80\lambda + 1601 = 0$$

$$\text{gir } \lambda = \frac{80 \pm \sqrt{6400 - 4 \cdot 1601}}{2} = \frac{80 \pm \sqrt{-4}}{2} = \frac{80 \pm \sqrt{4} \cdot \sqrt{-1}}{2}$$

$$= \frac{80 \pm 2i}{2} = \begin{cases} 40 + i \\ 40 - i \end{cases}$$

Eigenverdier:  $\lambda_1 = 40 + i$  og  $\lambda_2 = 40 - i$

Egenvektorer til  $\lambda_1 = 40 + i$ 

$$\begin{pmatrix} 40 & 1 \\ -1 & 40 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = (40 + i) \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{cases} 40x + y = (40 + i)x & \text{I} \\ -x + 40y = (40 + i)y & \text{II} \end{cases}$$

I sier  $y = ix$  (Begge sier)  
 II sier  $-x = iy$  (det samme)      Løsn.  $\begin{pmatrix} a \\ ia \end{pmatrix}$   $a \neq 0$

Egenvektorer til  $\lambda_2 = 40 - i$ 

$$\begin{pmatrix} 40 & 1 \\ -1 & 40 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = (40 - i) \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{cases} 40x + y = (40 - i)x & \text{I} \\ -x + 40y = (40 - i)y & \text{II} \end{cases}$$

I sier  $y = -ix$  (Begge sier)  
 II sier  $x = iy$  (det samme)      Løsn.  $\begin{pmatrix} b \\ -ib \end{pmatrix}$   $b \neq 0$

(Oppg. 4 forts.)

$$c) \begin{pmatrix} 2 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ ia \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b \\ -ib \end{pmatrix} \quad \text{gir} \quad \begin{cases} a + b = 2 & \text{I} \\ ia - ib = 80 & \text{II} \end{cases}$$

I sier  $b = 2 - a$ II sier da  $ia - i(2 - a) = 80$ , dvs.  $2ia - 2i = 80$ ,som gir  $2ia = 80 + 2i$ 

$$ia = 40 + i \quad (\text{ganger med } -i \text{ på begge sider})$$

$$a = -40i - i^2 = 1 - 40i$$

I gir da  $b = 2 - a = 2 - (1 - 40i) = 1 + 40i$ 

Konklusjon:

$$\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - 40i \\ 40 + i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 + 40i \\ 40 - i \end{pmatrix} \quad \text{stemmer!}$$

Dette gir

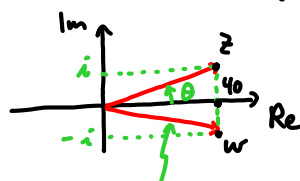
$$\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} = M^n \cdot \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} = M^n \left[ \begin{pmatrix} 1 - 40i \\ 40 + i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 + 40i \\ 40 - i \end{pmatrix} \right]$$

$$= M^n \cdot \begin{pmatrix} 1 - 40i \\ 40 + i \end{pmatrix} + M^n \begin{pmatrix} 1 + 40i \\ 40 - i \end{pmatrix}$$

Egenvektorer

$$= (40 + i)^n \cdot \begin{pmatrix} 1 - 40i \\ 40 + i \end{pmatrix} + (40 - i)^n \cdot \begin{pmatrix} 1 + 40i \\ 40 - i \end{pmatrix}$$

$$\text{Her ser vi at } y_n = \underline{(40 + i)^{n+1} + (40 - i)^{n+1}} \quad (\text{for } n \geq 0)$$

d) Skriver  $z = 40 + i$  og  $w = 40 - i$  på polar (eksponentiell) form:

$$\text{Lengde} \\ \sqrt{40^2 + 1^2} = \sqrt{1601}$$

$$\text{Ser at } \theta = \arccos\left(\frac{40}{\sqrt{1601}}\right)$$

$$= \arccos\sqrt{\frac{1600}{1601}}$$

$$\text{Så } z = \sqrt{1601} e^{i\theta}, \quad w = \sqrt{1601} e^{-i\theta}$$

Innsatt i uttrykket for  $y_n$  fra c) gir dette:

$$y_n = z^{n+1} + w^{n+1} = (\sqrt{1601} e^{i\theta})^{n+1} + (\sqrt{1601} e^{-i\theta})^{n+1}$$

$$= (\sqrt{1601})^{n+1} [e^{i(n+1)\theta} + e^{-i(n+1)\theta}]$$

$$= (1601)^{(n+1)/2} \cdot [e^{i(n+1)\theta} + e^{-i(n+1)\theta}]$$

$$= (1601)^{(n+1)/2} \cdot 2 \cos[(n+1)\theta], \quad \text{der } \theta = \arccos\sqrt{\frac{1600}{1601}}$$

$$\begin{aligned} & e^{iu} + e^{-iu} \\ &= \cos u + i \sin u + \cos(-u) + i \sin(-u) \\ &= \cos u + i \sin u + \cos u - i \sin u \\ &= 2 \cos u \end{aligned}$$

(Oppg. 4 forts.)

Utryddelse:  $y_n = 0$  gir  $\cos[(n+1)\theta] = 0$

Dette skjer når

$$(n+1)\theta = \frac{\pi}{2}, \text{ dvs. } n+1 = \frac{\pi}{2\theta}$$

$$n = \frac{\pi}{2\theta} - 1 \approx 61,8$$

Så i følge modellen er de slemme billene utryddet etter 62 uker.