

Eksamen i Fys1120 H2024

Magnetisk felt i og rundt en kort solenoide

Vi skal i denne oppgaven studere det magnetiske feltet inne i og rundt en solenoide med strøm I og antall vindinger $M = 5$. Vi studerer først en enkelt sirkulær krets. Deretter setter vi sammen M kretser for å lage en modell for en solenoide.

Oppgave (a)

En sirkulær krets med radius a ligger i xy -planet med sentrum i origo. Det går en strøm I gjennom kretsen i positiv rotasjonsretning. Vis at det magnetiske feltet i origo blir

$$\vec{B}(0,0,0) = \frac{\mu_0 I}{2a} \hat{z}$$

(Svar her)

Eksempel

Som hjelp til å løse oppgaven nedenfor kan du ta utgangspunkt i dette eksempelet.

Bidraget til det magnetiske feltet $d\vec{B}$ i punktet $\vec{r}$ fra et strømelement $I\Delta\vec{l}_i$ i punktet $\vec{r}_i$ er gitt av funksjonen

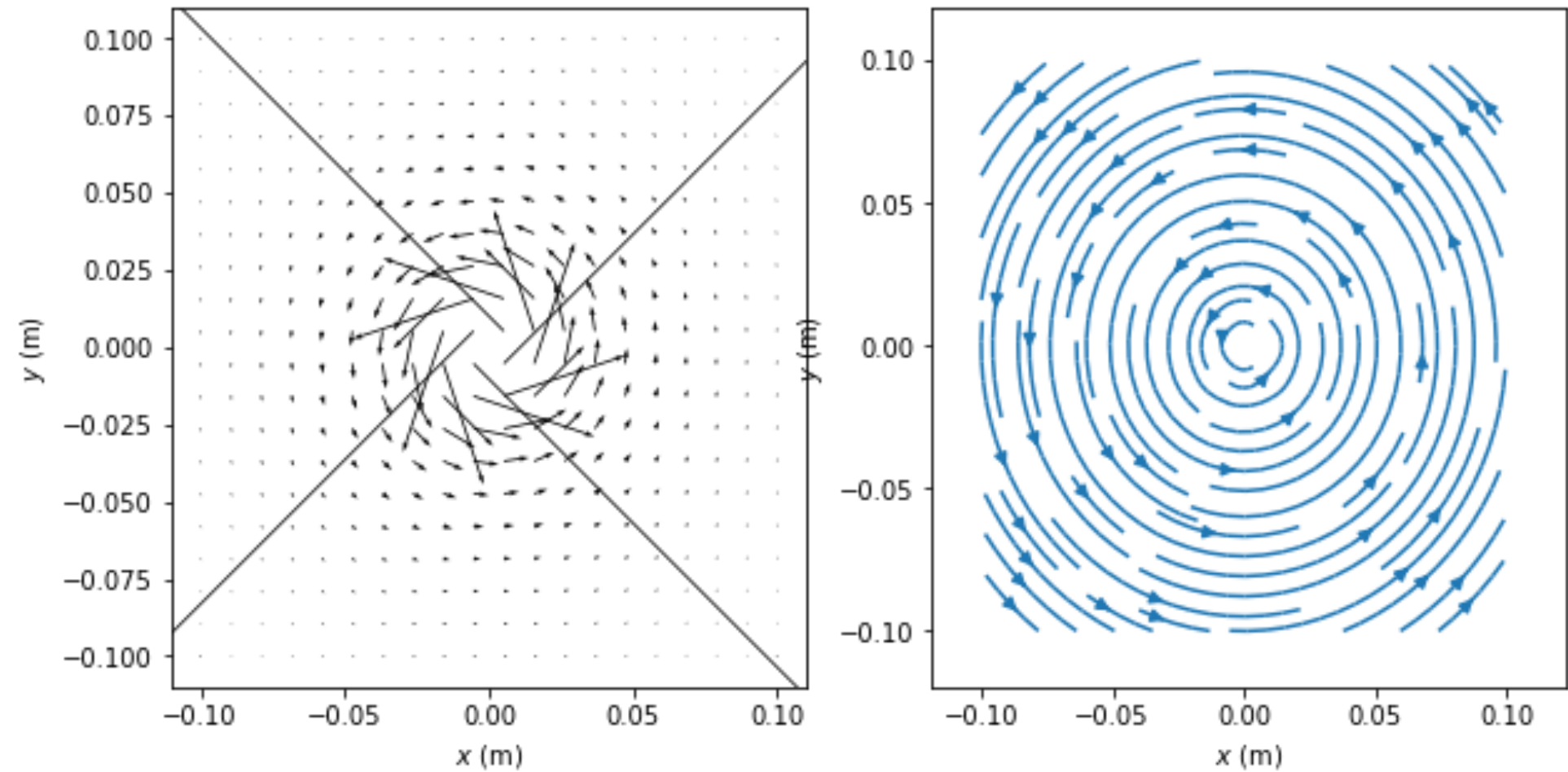
```
dBfield(r,ri,Idl)
```

```
In [10]: import numpy as np
def dBfield(r,ri,Idl):
    mu0 = 1.257e-6
    R = r - ri
    return mu0/(4*np.pi)*np.cross(Idl,R)/np.linalg.norm(R)**3
```

Det magnetiske feltet fra et strømelement $I dl$ i origo rettet langs z -aksen kan visualiseres i xy -planet ved

```
In [23]: import matplotlib.pyplot as plt
Idl = 1.0*np.array([0,0,1])
ri = np.array([0,0,0])
a = 0.1 # m
Lx, Ly, Nx, Ny = a,a,20,20
x = np.linspace(-Lx,Lx,Nx)
y = np.linspace(-Ly,Ly,Ny)
rx,ry = np.meshgrid(x,y,indexing='ij')
Bx = np.zeros_like(rx)
By = np.zeros_like(ry)
for ix in range(Nx):
    for iy in range(Ny):
        r = np.array([rx[ix,iy],ry[ix,iy],0])
        Bx[ix,iy],By[ix,iy],Bz = dBfield(r,ri,Idl)
plt.figure(figsize=(10,5))
plt.subplot(1,2,1)
plt.quiver(rx,ry,Bx,By)
plt.xlabel("$x$ (m)", plt.ylabel("$y$ (m)")
plt.subplot(1,2,2)
plt.streamplot(rx.T,ry.T,Bx.T,By.T)
plt.xlabel("$x$ (m)", plt.ylabel("$y$ (m)"))

Out[23]: (Text(0.5, 0, '$x$ (m)'), Text(0, 0.5, '$y$ (m)'))
```



En sirkulær strømkrets

Vi ser først på et system som består av en sirkulær krets med strøm I og radius a som ligger i xy -planet med sentrum i origo.

Oppgave (b)

Skriv en funksjon `Bcircle(r,r0,a,I,N)` som finner det magnetiske feltet $\vec{B}(\vec{r})$ i punktet $\vec{r}$ fra en sirkelformet krets med en strøm I som har en radius a og ligger i et plan parallellt med xy -planet med sentrum i punktet $\vec{r}_0$. Her er N antall diskrete elementer som brukes til å beskrive sirkelen. Det er tilstrekkelig å bruke f.eks. $N = 100$.

```
In [ ]: # Svar
```

Oppgave (c)

Sjekk funksjonen din ved å sammenlikne resultatet fra funksjonen med det eksakte resultatet fra oppgave (a) ved å bruke $a = 0.1$ m, $I = 1$ A.

```
In [ ]: # Svar
```

Oppgave (d)

Visualiser det magnetiske feltet i xz -planet. Velg et utsnitt som du anser som passende.

```
In [ ]: # Svar
```

En kort solenoide

Vi skal nå se på en kort solenoide som består av M sirkulære kretser som ligger i plan parallele med xy -planet. De har radius a og sentrum på z -aksen. Kretsene er plassert ut slik at de er jevnt fordelt fra $z = a$ til $z = -a$. Den samme strømmen I går i positiv retning i alle de M kretsene.

Oppgave (e)

Skriv en funksjon `Bsolenoid(r,a,I,N,M)` som finner det magnetiske feltet $\vec{B}(\vec{r})$ fra en solenoide som beskrevet ovenfor og som består av M sirkulære kretser. Tallet N angir antall elementer som brukes til å beskrive hver enkelt sirkulære krets.

```
In [ ]: # Svar
```

Oppgave (f)

Bruk funksjonen `Bsolenoid` til å visualisere det magnetiske feltet i xz -planet for $M = 5$. Velg et utsnitt som du mener er passende.

```
In [ ]: # Svar
```

Oppgave (g)

Plot det magnetiske feltet i z -retningen langs tre linjer som er parallele med z -aksen, dvs. $B_z(0,0,z)$, $B_z(a/3,0,z)$ og $B_z(2a/3,0,z)$, i området fra $z = -a$ til $z = a$. Kommenter resultatet. Stemmer dette med hva du forventer for en solenoide?

```
In [ ]: # Svar
```

(Svar her med tekst)

```
In [ ]:
```