Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003 Elektrisitet og magnetisme
Vår 2006

Løsningsforslag til øving 1

Veiledning 12. januar

Aller først et par kommentarer angående notasjon: Mens vektorer på tavla blir angitt med en pil over symbolet, brukes typisk **fete** symboler i trykte notater, som her. Det betyr at $\boldsymbol{F}$ angir vektoren (f.eks. en kraft), og da både dens størrelse F og retning. Enhetsvektorer, dvs (dimensjonsløse) vektorer med lengde 1, angis med en ˆ over symbolet. Da har vi f.eks. sammenhengene $\boldsymbol{F} = |\boldsymbol{F}|\hat{F} = F\hat{F}$. Videre vil vi skrive de ulike *komponentene* av en vektor med en senket indeks, f.eks. F_x for x-komponenten av $\boldsymbol{F}$. Vi skal altså ikke bruke notasjonen $F_x = dF/dx$, slik dere muligens kommer til å gjøre i noen av matematikkfagene.

Oppgave 1

a) Riktig svar er B:

$$A = |\boldsymbol{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{7.1^2 + 1.3^2} = 7.2$$

b) Riktig svar er C:
Vektoren $\boldsymbol{A}$ har negativ x-komponent og negativ y-komponent, hvilket betyr at den ligger i 3. kvadrant. La oss først bestemme vinkelen θ mellom negativ x-akse og $\boldsymbol{A}$. Vi har da

$$\tan\theta = \frac{|A_y|}{|A_x|} = \frac{2.3}{3.7}$$

som gir $\theta = 32$ grader. Den søkte vinkelen, når vi går mot urviseren fra positiv x-akse til $\boldsymbol{A}$, må da bli lik $180 + \theta = 212$ grader.

c) Riktig svar er A:
La oss sette $\boldsymbol{C} = \boldsymbol{B} - \boldsymbol{A}$. Da er

$$C_x = B_x - A_x = -10.7$$

$$C_y = B_y - A_y = 3.9$$

slik at absoluttverdien til $\boldsymbol{C}$ blir

$$C = |\boldsymbol{C}| = \sqrt{C_x^2 + C_y^2} = \sqrt{10.7^2 + 3.9^2} = 11.4$$

d) Riktig svar er D:

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = A_x B_x + A_y B_y = 6.1 \cdot (-9.8) + (-5.8) \cdot 4.6 = -86.5$$

e) Riktig svar er D:

$$\int_0^1 \left(x - x^2\right) \, dx = |_0^1 \left(\frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{3}x^3\right) = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

f) Riktig svar er C:

$$\frac{dr}{dx} = \frac{1}{2} \cdot 2x \cdot \frac{1}{\sqrt{x^2+1}} = \frac{x}{r}$$

g) Riktig svar er B:

$$\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B} = \hat{x} \times \hat{y} = \hat{z} = (0,0,1)$$

Oppgave 2

a) Med 0.20 g pr cm og lengde 100 cm blir trådens masse

$$m = \mu \cdot L = 0.20 \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}} \cdot 100 \text{ cm} = 20 \text{ g}$$

Trådens volum er

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{20\,\mathrm{g}}{8.92\,\mathrm{g/cm}^3} = 2.24\,\mathrm{cm}^3$$

slik at *tverrsnittet* er

$$t = \frac{V}{L} = \frac{2.24\,\mathrm{cm}^3}{100\,\mathrm{cm}} \simeq 0.022\,\mathrm{cm}^2$$

evt. 2.2 mm^2.
Jeg innrømmer uten forbehold at begrepet *tykkelse* ikke passet så godt her, i og med at det er en *endimensjonal* størrelse. En alternativ løsning på dette punktet vil derfor være å anta sirkulært tverrsnitt og regne ut trådens diameter:

$$d = \sqrt{\frac{4t}{\pi}} \simeq 0.17\,\mathrm{cm} = 1.7\,\mathrm{mm}$$

b) Med variabelt tverrsnitt $t(x)$ må vi summere opp små massebiter $dm = \rho \cdot t(x) \cdot dx$, dvs vi må *integrere*:

$$m = \int dm = \int \rho \cdot t(x) \cdot dx$$

Her har jeg foreløpig ikke spesifisert noen integrasjonsgrenser, men det er klart at jeg skal integrere "over hele trådens utstrekning". Det siste integralet i ligningen over skal gjøres med hensyn på posisjonen x, og dermed gir grensene seg selv, nemlig $x = 0$ som nedre grense og $x = L$ som øvre grense:

$$m = \int_0^L \rho \cdot t_0 \left(1 - \left(\frac{x - L/2}{L}\right)^2\right) \cdot dx$$

$$
\begin{aligned}
&= \rho t_0 |_0^L \left(x - \frac{1}{3L^2} (x - L/2)^3 \right) \\
&= \rho t_0 \left(L - \frac{1}{3L^2} \left(L^3/8 + L^3/8 \right) \right) \\
&= \frac{11}{12} \rho t_0 L
\end{aligned}
$$

Med tallverdier:

$$
m = \frac{11}{12} \cdot 8.92 \cdot 0.03 \cdot 100 \simeq 24.5
$$

som blir i enheten gram, ettersom vi har bare har brukt enhetene g og cm underveis.

c) Midlere (dvs gjennomsnittlige) masse pr kobberatom blir

$$
\langle m \rangle = \frac{63 \cdot 69.17 + 65 \cdot 30.83}{100} \cdot 1.67 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg} = 1.06 \cdot 10^{-25}\,\mathrm{kg}
$$

De 29 elektronene i hvert kobberatom har tilsammen masse

$$
29 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31}\,\mathrm{kg} = 2.6 \cdot 10^{-29}\,\mathrm{kg}
$$

så disse kan trygt neglisjeres.

d) Antall kobberatomer i tråden blir

$$
N = \frac{0.020}{1.06 \cdot 10^{-25}} \simeq 1.89 \cdot 10^{23}
$$

Dette tilsvarer

$$
\frac{1.89 \cdot 10^{23}}{6.02 \cdot 10^{23}}\,\mathrm{mol} \simeq 0.31\,\mathrm{mol}
$$

e) Protonene i tråden har tilsammen ladning

$$
Q_p = N \cdot 29 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \simeq 877\,\mathrm{kC}
$$

Elektronene i tråden har like stor ladning, men med motsatt fortegn,

$$
Q_e = -Q_p
$$

Trådens totale ladning er null.

Oppgave 3

a) Uniform ladning σ_0 pr flateenhet og areal πR^2 gir total ladning

$$
Q = \sigma_0 \pi R^2
$$

Her kunne en kanskje tenke seg at ei slik skive vil ha to sider, og dermed en overflate med totalt areal $2\pi R^2$. Men isåfall ville det ha vært opplyst om at skiva hadde en viss tykkelse, og at ladningen befant seg på overflaten av skiva. Men for all del: *Spør* hvis du er i tvil om hvordan oppgaven skal tolkes!

b) Med ladningstetthet som avtar lineært med avstanden r fra skivas sentrum:

$$\begin{aligned}
Q &= \int dq = \int_0^R \sigma_0 \left(1 - r/R\right) \cdot 2\pi r \cdot dr \\
&= 2\pi\sigma_0|_0^R \left(r^2/2 - r^3/3R\right) \\
&= 2\pi\sigma_0 \left(R^2/2 - R^2/3\right) \\
&= \frac{1}{3}\pi\sigma_0 R^2
\end{aligned}$$