TFY4104 Fysikk Eksamen 6. desember 2018

Løsningsforslag Oppgave 26 – 50 ElMag

26) C:

$$E = q/4\pi\varepsilon_0 d^2 - q/4\pi\varepsilon_0 (2d)^2 = 3q/16\pi\varepsilon_0 d^2$$

27) B:

$$V = q/4\pi\varepsilon_0 d - q/4\pi\varepsilon_0 (2d) = q/8\pi\varepsilon_0 d$$

28) A: Her sammenlignes $Q/4\pi\varepsilon_0 r^2$ og $2Q/4\pi\varepsilon_0 (2r)^2$, og vi ser at sistnevnte er halvparten så stor som førstnevnte. Dermed blir rett svar 50 V/m.

29) A: De to horisontale trådene tilsvarer positiv ladning λa i posisjon $y = a/2$ og negativ ladning $-\lambda a$ i posisjon $y = -a/2$, dvs et dipolmoment λa^2 i positiv y-retning. De to vertikale tilsvarende et like stort dipolmoment i positiv x-retning. Vektorsummen av disse to blir et totalt dipolmoment diagonalt oppover mot høyre, med absoluttverdi $\sqrt{2}\lambda a^2$.

30) D: Dipolmomentet peker i retning $\hat{x} + \hat{y}$, slik at $\tau \sim (\hat{x} + \hat{y}) \times \hat{z} = -\hat{y} + \hat{x}$.

31) E: En liten ladning $\lambda d\xi$ i posisjon ξ bidrar i posisjon x med feltet $dE = \lambda d\xi/4\pi\varepsilon_0 (x-\xi)^2$. Totalt felt i x blir da

$$E = \int dE = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0} \int_0^L \frac{d\xi}{(x-\xi)^2} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{x-L} - \frac{1}{x} \right),$$

som med innsetting av oppgitte tallverdier gir $E = 525$ V/m.

32) A: Dette er to like store men motsatt rettede dipoler, totalt null dipolmoment.

33) D: De to positive ladningene bidrar til sammen med et felt som peker diagonalt oppover mot høyre. Det samme gjør de to negative ladningene, siden bidraget fra ladningen oppe til høyre er større enn bidraget fra ladningen nede til venstre. Alt i alt et felt som peker diagonalt oppover mot høyre.

34) C:

$$U = \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} \left(-4 + 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \right),$$

som med innsetting av oppgitte tallverdier blir -5.2 J.

35) D:

$$V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a} \left(-4/\sqrt{2} - 4/3\sqrt{2} + 4/\sqrt{10} + 4/\sqrt{10} \right),$$

som med innsetting av oppgitte tallverdier blir -0.84 MV.

36) B: Metallstykket er et ekvipotensial, da $E = 0$ inni metallet og $\boldsymbol{E}$ står normalt på metallets overflate i alle posisjoner på overflaten. Dvs, feltstyrken er ulik null på overflaten av metallstykket.

37) A: Hvert plan bidrar med like stor feltstyrke overalt, med retninger slik:
Positivt plan: Felt oppover på oversiden, nedover på undersiden.
Negativt plan: Omvendte retninger.
Ovenfor alle tre plan er feltet summen av et bidrag oppover og to nedover, i alt et nedover. I rommet mellom det positive planet og det øverste negative planet er feltet summen av tre bidrag nedover, i alt tre nedover. I rommet mellom de to negative planene er feltet igjen summen av to bidrag nedover og et bidrag oppover, i alt et nedover. Og endelig, helt nederst er feltet summen av to bidrag oppover og et nedover, i alt et oppover. Figur A passer bra med dette.

38) C: Her er det bare alternativ C som har riktig enhet. Med litt regning: $E_r = -dV/dr = 2\alpha V_0 r \exp(-\alpha r^2)$, $dE_r/dr \sim \exp(-\alpha r^2)(1-2\alpha r^2) = 0$ for $r = 1/\sqrt{2\alpha}$.

39) E: Felt inni skiva: $E = E_0/\varepsilon_r = E_0 - E_i$, dvs $E_i = E_0(1-1/\varepsilon_r)$. Dette er det induserte feltet, slik at vi samtidig har $E_i = \sigma_i/\varepsilon_0$, felt fra to ladde plan $\pm\sigma_i$ (ladning pr flateenhet), mellom planene, dvs her inni skiva. Dermed er $\sigma_i = \varepsilon_0 E_0(1-1/\varepsilon_r)$, som med gitte tallverdier $E_0 = 55.1$ kV/m og $\varepsilon_r = 4.50$ gir 379 nC/m^2.

40) B: Total motstand: $R/2 + (1/R + 1/(3R/2))^{-1} + 2R = 5R/2 + 3R/5 = 31R/10$. Total strøm: $I = 10V_0/31R = 2.0$ A.

41) C: $C = \varepsilon_r \varepsilon_0 A/d = 5.2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 2630 \cdot 5.0/0.22 \cdot 10^{-9} = 2.8$ kF.

42) A: Potensialforskjell mellom indre kule og ytre kuleskall (med $a = 5.0$ cm): $V = \int_a^{2a} E(r)dr = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}(1/a - 1/2a)$. Da er $C = Q/V = 8\pi\varepsilon_0 a = 11$ pF.

43) E: $Q(t) = V_0 C(1-\exp(-t/RC))$. Hvis $Q = 3V_0C/4$, er $\exp(-t/RC) = 1/4$, dvs $t = RC \ln 4$ som med gitte verdier blir 61 s.

44) B: Med stasjonære forhold er kondensatorene "ferdig ladet opp", og det går ingen likestrøm gjennom disse. Da er dette en krets med tre seriekoblede motstander R, slik at $I = V_0/3R = 30/3 \cdot 64 = 0.16$ A.

45) E: Magnetfelt fra lang rett leder: $B(x) = \mu_0 I/2\pi x$, der x er avstanden fra lederen. Dermed: $\phi = \int B dA = \int_a^{2a} (\mu_0 I/2\pi x) \cdot a dx = (\mu_0 I a/2\pi) \ln 2$. Her

har vi delt opp omsluttet areal i smale striper med lite areal $dA = adx$. Vi finner $M = \phi/I = \mu_0 a \ln 2/2\pi = 35$ nH.

46) D: Med svak demping er $f \simeq f_0 = \omega_0/2\pi = 1/2\pi\sqrt{LC}$, som med gitte verdier for L og C gir $f = 1.4$ kHz.

47) D: N2: $qv_0B = mv_0^2/r$, dvs $r = mv_0/qB$. En figurbetraktning viser at $\sin\theta = a/r$, slik at $\theta = \arcsin(aqB/mv_0)$, som med gitte tallverdier blir 6.2°.

48) B: Vinkelen er gitt ved $\tan\phi = B_{||}/B_\perp$, med $B_{||} = \sqrt{B_N^2 + B_Ø^2} = 13592$ nT og (oppgitt) $B_\perp = 50082$ nT. Dermed: $\phi = \arctan(13592/50082) = 15.2°$.

49) C: Maksimal magnetisering, dvs alle magnetiske dipoler (spinn) i samme retning som det ytre magnetfeltet B, oppnås når B er tilstrekkelig stor. Med B så stor at argumentet x til arctan-funksjonen blir mye større enn 1, blir $\arctan(x) \simeq \pi/2$, slik at maksimal magnetisering er $\pi M_0/2$.

50) C: $F = IhB = (V/R)hB = (vBh/R)hB = vB^2h^2/R$.