1)

a. Elektrisk felt midt på øverste sidekant av kvadrat A:
Bidragene fra de to positive punktladningene er her like store men motsatt rettet og kansellerer derfor hverandre. De to negative punktladningene bidrar med like store men motsatt rettede horisontalkomponenter, og like store vertikalkomponenter som begge peker nedover. Avstanden fra et hjørne til det aktuelle stedet er $\sqrt{a^2 + (a/2)^2} = \sqrt{5}a/2$. Komponenter nedover finner vi ved å multiplisere hvert feltbidrag med en faktor $\cos(\arctan(1/2)) = \cos(26.565°) = 0.8944$. Feltstyrken midt mellom de to positive punktladningene blir derfor

$$E_\mathrm{A} = 2 \cdot \frac{0.8944q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot 5a^2/4} = 2.1 \text{ GV/m}$$

b. Elektrisk felt midt på øverste sidekant av kvadrat D:
De to øverste gir et felt mot høyre, mens de to nederste sammen gir et felt mot venstre, men som er mindre enn feltet fra de to øverste. Alt i alt et felt rettet mot høyre. Felt mot høyre fra de to øverste:

$$2 \cdot \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot a^2/4} = 11.52 \text{ GV/m}.$$

Komponenter fra de to nederste i retning mot venstre finner vi ved å multiplisere hvert feltbidrag med en faktor $\sin(\arctan(1/2)) = \sin(26.565°) = 0.4472$. Feltbidrag mot venstre samlet fra de to nederste:

$$2 \cdot \frac{0.4472q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot 5a^2/4} = 1.03 \text{ GV/m}$$

Alt i alt:

$$E_\mathrm{D} = 10.49 \text{ GV/m}.$$

c. Potensial midt på nederste sidekant av kvadrat C:

$$V_\mathrm{C} = \frac{2q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot a/2} - \frac{2q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot \sqrt{5}a/2} = \frac{4q}{4\pi\varepsilon_0 a}\left(1 - 1/\sqrt{5}\right),$$

som med tallverdier innsatt gir $V_\mathrm{C} = 3.18$ V.

---

2)

a. $\boldsymbol{E} = E_0(3\hat{x} + 2\hat{y})$. Vinkel θ mellom positiv x-akse og $\boldsymbol{E}$: $\theta = \arctan(2/3) = 33.69° \simeq 34°$.
b. Elektrisk feltstyrke: $E = E_0 \cdot \sqrt{9+4} = 90$ V/m.

---

3)

a. $q = p/d = 1.080 \cdot 3.33564 \cdot 10^{-30}/1.275 \cdot 10^{-10} = 2.825 \cdot 10^{-20}\text{ C} \simeq 0.18e$.
b. Netto kraft på en dipol i et uniformt felt er null.
c. $\tau_\mathrm{max} = pE_0 = 1.44 \cdot 10^{-26}$ Nm.
d. Dreiemoment: $\tau = pE_0 \sin\phi \simeq pE_0\phi$. Treghetsmoment (mhp akse gjennom massesenteret): $I_0 = 1u \cdot (35d/36)^2 + 35u \cdot (d/36)^2 = 0.9722u \cdot d^2$. Vinkelakselerasjon: $\alpha = d^2\phi/dt^2$. Newtons 2. lov for rotasjon: $-pE_0\phi = I_0 d^2\phi/dt^2$, dvs $d^2\phi/dt^2 + (pE_0/I_0)\phi = 0$. Dette er ligningen for en enkel harmonisk oscillator, med vinkelfrekvens $\omega_0 = \sqrt{pE_0/I_0}$, og dermed periode $T = 2\pi\sqrt{I_0/pE_0}$. Med tallverdier innsatt: $T = 0.27$ ns.

---

4)

a. Kretsen er en seriekobling av R og parallellkoblingen (de fire lengst til høyre) av R og $R + R + R = 3R$. Kretsens totale (”ekvivalente”) resistans blir dermed

$$R_\mathrm{tot} = R + (1/R + 1/3R)^{-1} = R + 3R/4 = 7R/4 = 175\ \Omega.$$

b. Effekttap: $P = V_0 I = V_0^2/R_{\text{tot}} = 0.823$ W. Tre uker er $3600 \cdot 24 \cdot 21 = 1814400$ sekunder. Elektrisk energi tapt som varme: $Q = Pt = 1.49$ MJ. (Eventuelt 0.41 kWh.)

---

5)
a. $I(t) = I_0 \exp(-t/RC)$ med $I_0 = V_0/R = 0.12$ A. Vi skal finne tidspunktet t som oppfyller $\exp(-t/RC) = 1/10$, dvs $t = RC \ln 10 = 23$ s.
b. $U = CV_0^2/2 = 0.100 \cdot 12.0^2/2 = 7.2$ J.
c. $U_R = \int_0^\infty V_R(t)I(t)dt = \int_0^\infty RI(t)^2 dt = (V_0^2/R)\int_0^\infty \exp(-2t/RC)dt = V_0^2 C/2 = 7.2$ J.

---

6)
a. Elektrisk kraft QE_0 og magnetisk kraft QvB_0 virker her i motsatt retning. Ingen avbøyning når $E_0 = vB_0$, dvs $v = E_0/B_0 = 80.0/0.345 = 232$ m/s.
b. Den magnetiske kraften QvB forårsaker sirkelbevegelse med radius R, og dermed sentripetalakselerasjon v^2/R, dvs $QvB = Mv^2/R$, som gir $R = Mv/QB$. Innsetting av tallverdier gir

$$R = 4 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \cdot 232/2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.345 = 14\ \mu\text{m}.$$

---

7)
a. $m = NIA = 450 \cdot 3.3 \cdot 9.0 \cdot 10^{-4} = 1.34$ A m^2.
b. $\tau_{\max} = mB_0 = 1.3365 \cdot 0.95 = 1.27$ N m.

---

8) Horisontal komponent: $B_\parallel = \sqrt{B_\text{N}^2 + B_\text{E}^2} = 22.84\ \mu$T. Total feltstyrke: $B = \sqrt{B_\perp^2 + B_\parallel^2} = 47.39\ \mu$T. Vinkel mellom $\boldsymbol{B}$ og loddlinjen: $\theta = \arctan(B_\parallel/B_\perp) = \arctan(22.84/41.52) = 28.8°$.

---

9)
a. Potensialforskjell mellom platene: $V = Ed = (Q/A\varepsilon_0)d$. Gir kapasitans $C = Q/V = \varepsilon_0 A/d$.
b. Total omsluttet fluks: $\phi = NBA = \mu_0 N^2 AI/\ell$. Gir induktans $L = \phi/I = \mu_0 N^2 A/\ell$.
c. K2 gir $-L\,dI/dt - Q/C = 0$, som med $I = dQ/dt$ gir $d^2Q/dt^2 + Q/LC = 0$. Dette er ligningen for en enkel harmonisk oscillator med vinkelfrekvens $\omega = 1/\sqrt{LC}$, dvs periode $T = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{LC}$. (Eventuelt, hvis vi setter inn uttrykkene for C og L: $2\pi NA/c\sqrt{\ell d}$, der vi brukte at lysfarten i vakuum er $c = 1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$.)

---

10) Kirchhoffs spenningsregel (K2) gir $V_0 \cos\omega t = Q/C$, og dermed $I(t) = dQ/dt = -V_0\omega C \sin\omega t$. Følgelig en strømamplitude

$$I_0 = V_0 C\omega = 9.8 \text{ A}.$$

---

11) K2 gir $V_0 \cos\omega t = L\,dI/dt$, som betyr at vi må ha $I(t) = (V_0/\omega L)\sin\omega t$. Følgelig en strømamplitude

$$I_0 = V_0/\omega L = 0.64 \text{ mA}.$$

---

12) $V_0 = NBA\omega = 8168$ V $\simeq 8.2$ kV. (Se f eks side 67 i forelesningsnotatene.)
