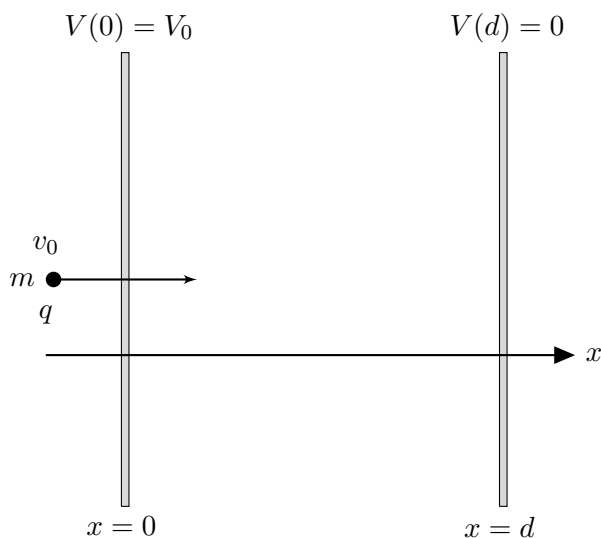


## TFE4120 Elektromagnetisme

### Øving 3

#### Oppgave 1

To plane metallplater med avstand  $d$  har en jevnt fordelt negativ romladningstetthet  $\rho$  mellom seg. Mediet mellom platene har dessuten relativ permittivitet  $\epsilon_r = 1$ . Den ene platen er tilkoblet jord (potensial lik 0) mens den andre platen har et positivt potensial  $V_0$ .



Oppgitte tallverdier:  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{F/m}$ ,  $V_0 = 10 \text{V}$ ,  $d = 1 \text{cm}$ ,  $\rho = -10^{-5} \text{C/m}^3$ .

- a) Finn potensialet mellom platene som funksjon av  $x$  når vi antar at platene har uendelig stor utstrekning.

*Tips:* Poissons ligning gir en 2. ordens differensialligning i en variabel. Løs denne med grensebetingelsene  $V(0) = V_0$  og  $V(d) = 0$ .

- b) Finn det elektriske feltet som funksjon av  $x$ .
- c) For hvilken verdi av  $x$  har potensialet sitt minimum? Finn  $V_{\min}$ . (Svar:  $V_{\min} = -9.57 \text{V}$ .)
- d) Skissér potensialet  $V(x)$ , og  $\hat{x}$ -komponenten av det elektriske feltet, som funksjon av  $x$ .

- e) Gjennom et lite hull i den ene platen (se figuren) skytes det ved  $t = 0$  inn et elektron med starthastighet  $v_0$ . Elektronets ladning er  $q = -1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$  og massen er  $m = 9.11 \cdot 10^{-31}\text{kg}$ . Vi antar at hullet i platen er så lite at det ikke endrer feltfordelingen mellom platene.

Hvor stor hastighet må elektronet ha for at det skal nå den andre platen?

(Svar:  $v_0 \geq 2.6 \cdot 10^6\text{m/s}$ .)

- f) Frivillig, for matte-fans: Hvor lang tid bruker elektronet på å nå den andre platen når vi antar at starthastigheten er  $v_0 = 3 \cdot 10^6\text{m/s}$ ?

(Svar:  $t = 5.4 \cdot 10^{-9}\text{s}$ )

*Tips:* Newtons 2. lov gir en 2. ordens inhomogen differensialligning med konstante koeffisienter. Ved å løse denne differensialligningen finner vi posisjonen  $x(t)$  til elektronet som funksjon av tid. For å finne tiden elektronet bruker må vi løse ligningen  $x(t) = d$  med hensyn på  $t$ . Ved å innføre en passende substitusjon kan denne ligningen overføres til en andregradsligning.

## Oppgave 2

Mediet mellom platene i forrige oppgave tas bort, og området fylles i stedet med luft. Det oppstår gjennomslag i luften når feltstyrken overskrider  $E_{\text{tl}} = 3 \cdot 10^6\text{V/m}$ .

- a) Hva er den største spenningen som kan påtrykkes mellom platene?

(Svar:  $3 \cdot 10^4\text{V}$ .)

- b) Det er behov for å påtrykke en høyere spenningen enn dette. Du velger å fylle mellomrommet mellom platene med porselen, som tåler en feltstyrke på  $E_{\text{tp}} = 6 \cdot 10^6\text{V/m}$  og som har relativ permittivitet  $\epsilon_r = 7$ . Dessverre har du ikke tilgang på porselen som er 1cm tykt men har et stykke med tykkelse  $d_1 = 0.9\text{cm}$ , som du legger mellom platene slik at ved den ene platen ligger det et lag med luft med tykkelse  $d - d_1 = 0.1\text{cm}$ .

Hvor stor spenning kan man nå påtrykke mellom platene?

(Svar:  $6857\text{V}$ .)

- c) Hvorfor hjalp det ikke å fylle med porselen (i forrige deloppgave der ikke porselenet var tykt nok)? Gi en mikroskopisk tolkning av situasjonen. (Stikkord: Orientering av dipoler.)