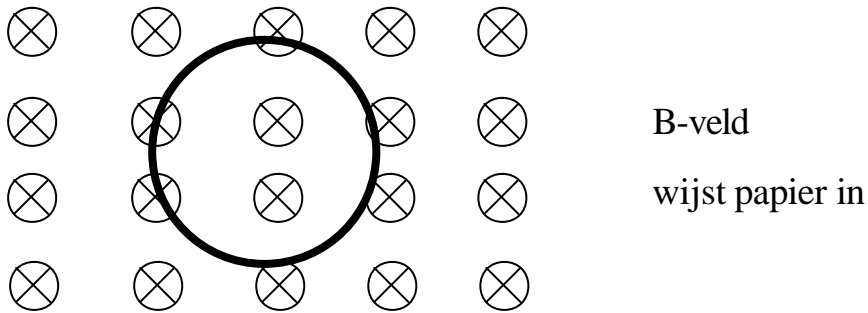


## 2. Opgave Elektrodynamica: Licht en Duisternis

Inleveren uiterlijk 1 juli (en geen dag later)

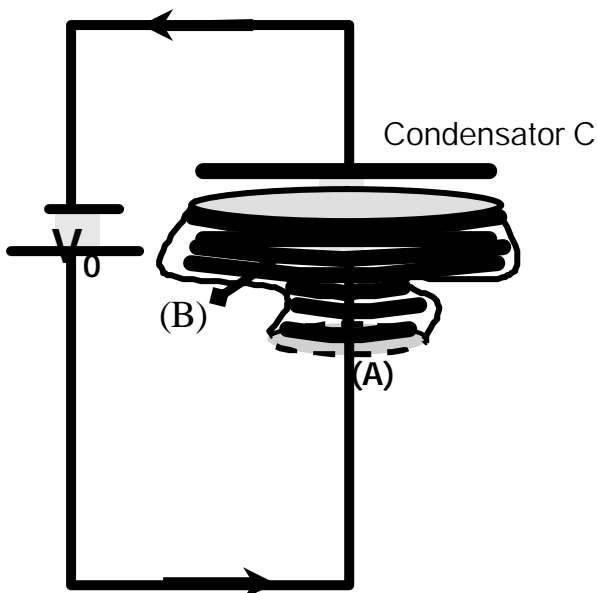
### Faraday

In een tijdsafhankelijk uniform magneetveld is een draadlus met totale weerstand  $R$  geplaatst, zie figuur.



a) Er is een tijdsafhankelijke flux, dus een EMK en er loopt een stroom door de draadlus. Er is geen bewegende lading dus er is geen Lorentzkracht die de EMK veroorzaakt'. Wie of wat levert hier de EMK? Laat dat expliciet zien en leid de Wet van Faraday af.

### Maxwell



Een ideale (geen randeffecten) plaatcondensator wordt opgeladen. Er loopt een stroom  $I(t)$ . Het magneetveld rond de draad bij (A) kun je eenvoudig berekenen met de Wet van Ampère:

$$\oint_A \vec{B}(t) \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_A \vec{J}(t) \cdot d\hat{o} = \mu_0 I(t)$$

In dit geval hebben we als oppervlak A gekozen. Dat is de cirkel waar de stroom als het ware doorheen prikt. We hadden net zo goed het oppervlak wat kunnen oprekken om ballon (B) te verkrijgen:

$$\oint_B \vec{B}(t) \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_B \vec{J}(t) \cdot d\hat{o}$$

b) Leg uit/laat zien dat we nu een probleem hebben. (de kringintegraal van het magneetveld loopt nog steeds langs oppervlak A).

Om de Wet van Ampère te repareren gaan we maar eens wat proberen.

c) Leg uit dat onderstaande uitdrukking geen soelaas biedt. Ofwel, laat zien dat het WEL uitmaakt of je het gewone oppervlak A of ballonoppervlak B gebruikt voor de oppervlakte integralen. (Let op: de kringintegraal van het magneetveld neem je uiteraard gewoon altijd rond oppervlak A.).

$$\oint_A \vec{B}(t) \cdot d\vec{l} - \mu_0 \epsilon_0 \int \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int J(t) \cdot d\hat{o}$$

d) Laat zien dat onderstaande uitdrukking wel een consistent resultaat oplevert. Ofwel, laat zien dat het NIET uitmaakt of je het gewone oppervlak A of ballonoppervlak B gebruikt voor de oppervlakte integralen.

$$\oint_A \vec{B}(t) \cdot d\vec{l} - \mu_0 \epsilon_0 \int \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \cdot d\hat{o} = \mu_0 \int J(t) \cdot d\hat{o}$$

## EM-GOLVEN

We beschouwen vervolgens een elektromagnetische (EM) golf in vacuüm die zich voortplant in de  $z$  richting, met elektrische componenten:

$$E_x(z,t) = E_y(z,t) = E_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}kz - \omega t\right)$$

Met  $k$  het golfgetal en  $\omega$  de hoekfrequentie. Er geldt  $\omega / k = c$ , de lichtsnelheid.

e) Leid het bijbehorende magnetische  $B$ -veld af.

f) Laat zien dat het elektrische veld en het magneetveld in fase zijn en loodrecht op elkaar staan. Hoe noemen we dit soort golven ook wel?