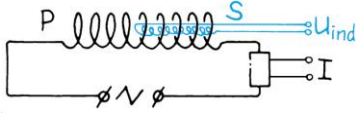


**1 Een driehoekstroom**

We sturen een driehoekstroom  $I(t)$  door een spoel P en vangen het veld  $B(t)$  op in een spoeltje S. Voor  $B(t)$  geldt:

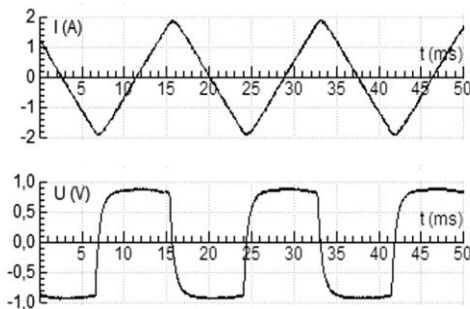
$$B(t) = 0,025 \cdot I(t) \quad B \text{ in T en } I \text{ in A.}$$

Het oppervlak van S is  $1,4 \text{ cm}^2$ .



- a Bereken  $\Phi$  door één winding van S als  $I = 2,0 \text{ A}$ .

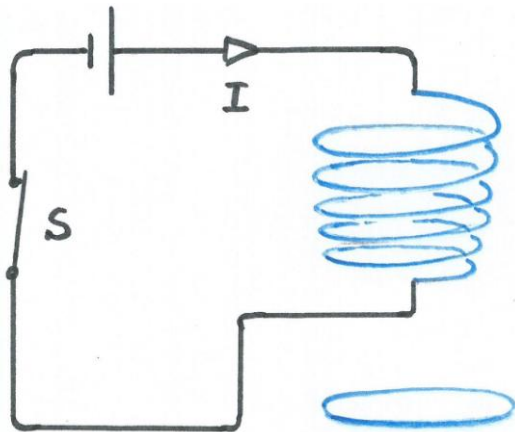
► We meten  $I$  door P en  $U_{\text{ind}}$  in S.



- b Bepaal  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  en bereken  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  op  $t = 13 \text{ ms}$ .  
 c<sup>1</sup> Bepaal  $U_{\text{ind}}$  op  $t = 13 \text{ ms}$ .  
 c<sup>2</sup> Hoeveel windingen heeft S ongeveer?

**2 Spoelen**

Onder een stroomvoerende spoel ligt een aluminium ring.



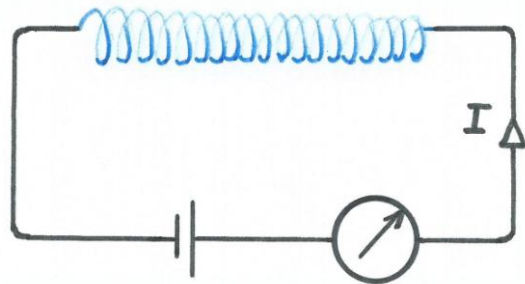
- a Leg uit wat er gebeurt als we S openen.

► Voor het magnetisch veld  $B$  in een lange spoel geldt:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{\ell}$$

Hierin is  $\mu_0$  een natuurconstante,  $N$  het aantal windingen,  $I$  de stroomsterkte en  $\ell$  de lengte van de spoel.

- b<sup>1</sup> Welke eigenschap van de spoel komt niet in de formule voor?  
 b<sup>2</sup> Wat zal de voorwaarde zijn dat een spoel 'lang' is?  
 b<sup>3</sup> Bepaal de eenheid van  $\mu_0$  in basiseenheden van het SI.  
 ► We trekken deze spoel sterk uit elkaar:



- c<sup>1</sup> Reageert de meter? Zo ja, hoe?  
 c<sup>2</sup> Leg uit of de stroomsterkte na enige tijd wachten veranderd is. Zo ja, hoe?

**3 Nog meer spoelen**

Een antennespoel voor AM met 120 windingen ontvangt een flux  $\Phi$ . Voor één winding geldt:

$$\Phi(t) = 1 \cdot 10^{-9} \sin(5 \cdot 10^6 \cdot t)$$

- a<sup>1</sup> Geef de formules voor  $\Phi'(t)$  en  $U_{\text{ind}}(t)$ .  
 a<sup>2</sup> Hoe groot is de maximale  $U_{\text{ind}}$ .  
 ► Een spoel met 40 windingen en  $r = 3,6 \text{ cm}$  omvat een  $B$ -veld dat eenparig afneemt.  
 Op  $t = 0 \text{ s}$  geldt:  $B = 0,32 \text{ T}$  en  $U_{\text{ind}} = 65 \text{ mV}$ .  
 b Bereken het tijdstip waarop  $B = 0 \text{ T}$ .

De antwoorden staan op de volgende pagina's.

## De antwoorden van de toets

## 1 Een driehoekstroom

- a**  $\Phi = B \cdot A = 0,025 \cdot 2,0 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 7,0 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}$
- b**  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{1,8 - (-1,8)}{(16 - 7) \cdot 10^{-3}} = 4,0 \cdot 10^2 \text{ A/s}$  en  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,025 \cdot 4 \cdot 10^2 = 10 \text{ T/s}$
- c**<sup>1</sup> Aflezen:  $U_{\text{ind}} = 0,9 \text{ V}$
- c**<sup>2</sup>  $U_{\text{ind}} = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  en  $\Phi = B \cdot A \Rightarrow$
- $$U_{\text{ind}} = N \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \text{ dus } 0,9 = N \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \Rightarrow N = 6 \cdot 10^2$$

## 2 Spoelen

- a** Er gaat een stroom lopen in de ring. Het  $B$ -veld in de spoel wijst naar beneden en dat veld verdwijnt. De ring gaat proberen dat veld vast te houden met een inductiestroom die dezelfde richting heeft als de stroom in de spoel. Misschien zie je de ring nog even opspringen, want het veld in de spoel verdwijnt niet onmiddellijk.
- b**<sup>1</sup> Het oppervlak  $A$  van de spoel zit niet in de formule.
- b**<sup>2</sup> Een spoel is 'lang' als de lengte  $\ell$  veel groter is dan de diameter  $D$  van het oppervlak.
- b**<sup>3</sup> De basiseenheden zijn  $\text{kg}$ ,  $\text{m}$ ,  $\text{s}$  en  $\text{A}$ .  
Uit de gegeven formule volgt:  $[\mu_0] = [B] \cdot [\ell] \cdot [I]^{-1}$   
 $N$  is een getal en heeft geen eenheid;  $[\ell] = \text{m}$ ;  $[I] = \text{A}$ ;  $[B]$  volgt uit de formule voor de lorentzkracht.  
 $F_L = B \cdot I \cdot \ell \Rightarrow \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = [B] \cdot \text{A} \cdot \text{m} \Rightarrow [B] = \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$  Invullen geeft:  
 $[\mu_0] = \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$   
In tabel 7A vind je:  $[\mu_0] = \text{H} \cdot \text{m}^{-1}$  Hierin is  $H$  de eenheid van de zelfinductie  $L$  die je in tabel 4 kunt vinden. Hiermee kun je controleren dat  $[\mu_0] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$  correct is.
- c**<sup>1</sup>  $\ell$  wordt groter dus  $B$  wordt kleiner. Daardoor wordt de flux  $\Phi$  in de spoel kleiner. Volgens de wet van Lenz gaat de spoel proberen die afname tegen te gaan met een sterkere stroom. De meter gaat dus meer aanwijzen.
- c**<sup>2</sup> Dat effect sterft uit zodat de meter na enige tijd weer zijn oude uitslag heeft.

## 3 Nog meer spoelen

- a**<sup>1</sup>  $\Phi'(t) = 5 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-9} \cdot \cos(5 \cdot 10^6 \cdot t) = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(5 \cdot 10^6 \cdot t)$   
 $U_{\text{ind}}(t) = N \cdot \Phi'(t) = 120 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(5 \cdot 10^6 \cdot t) = 0,6 \cdot \cos(5 \cdot 10^6 \cdot t)$
- b**<sup>2</sup>  $U_{\text{ind, max}} = 0,6 \text{ V}$
- b** Het oppervlak van de spoel is  $A = \pi \cdot (3,6 \cdot 10^{-2})^2 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$   
 $U_{\text{ind}} = N \cdot \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = N \cdot \left| \frac{A \Delta B}{\Delta t} \right| = N \cdot \left| \frac{A(0,32 - 0)}{\Delta t} \right| = 65 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$   
 $\Delta t = \frac{40 \cdot 4,0 \cdot 10^{-3} \cdot 0,32}{65 \cdot 10^{-3}} = 0,80 \text{ s}$