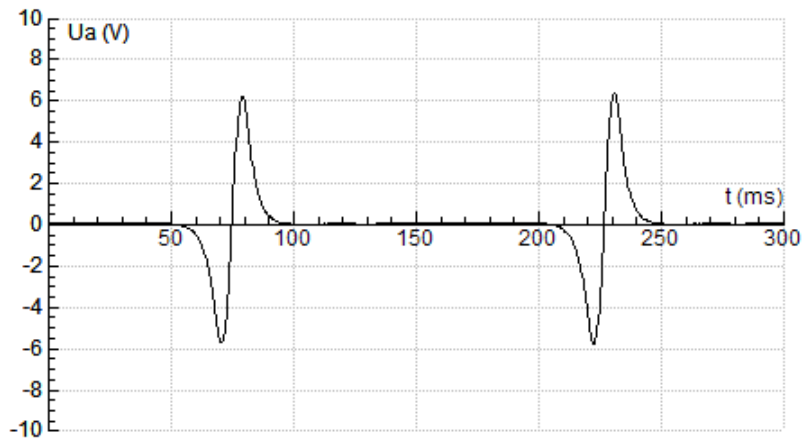


Opgaven 8.1 – Inductiespanning

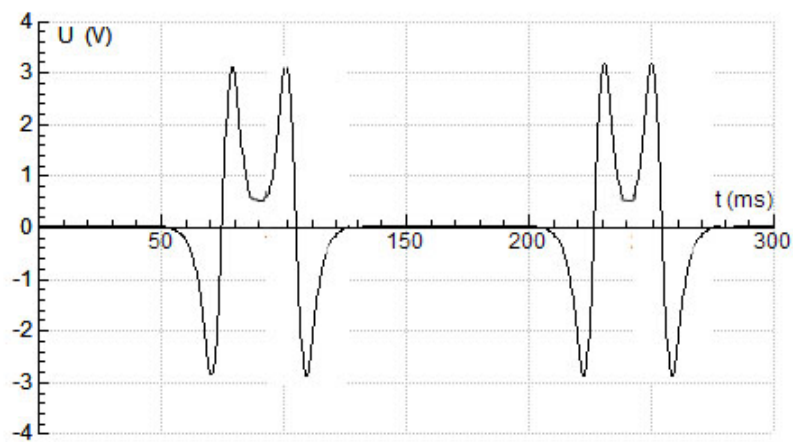
- 1 a De spanning wordt 2× zo hoog.



- b Ook nu is de spanning 2× zo hoog en de pieken volgen elkaar 2× zo snel op.



- c Na 0,25T volgt een tweede piek die andersom staat. De pieken vloeien in elkaar over.

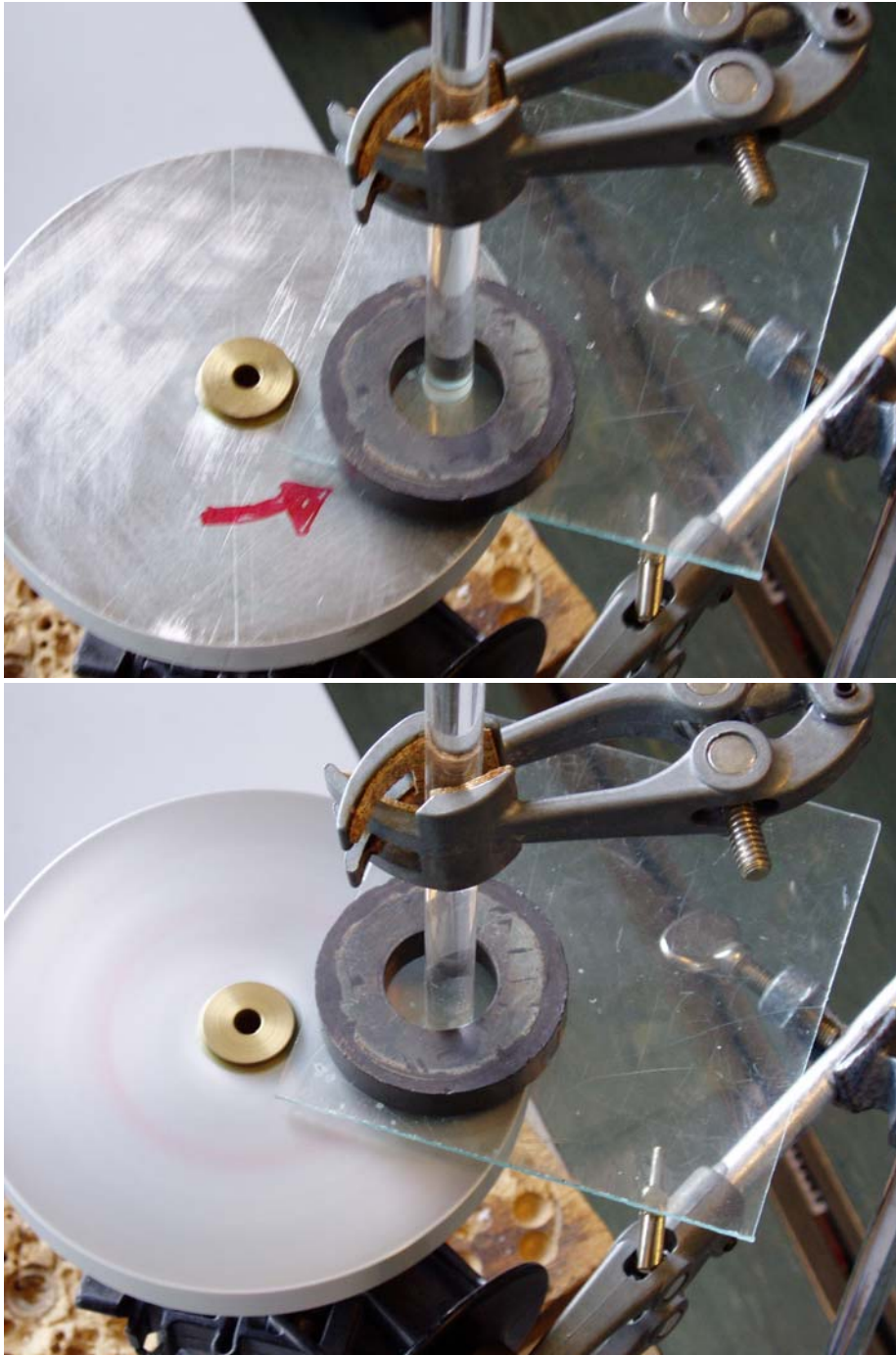


2

De ringmagneet gaat niet zweven. Dat lijkt alleen maar zo, want hij ondervindt van de vinger zoveel wrijving dat hij niet omlaag zakt.

De ring wordt alleen meegesleept, zoals op deze twee foto's te zien is. Hij ligt hier op een schijfje perspex dat 1 mm boven de schijf wordt vastgehouden.

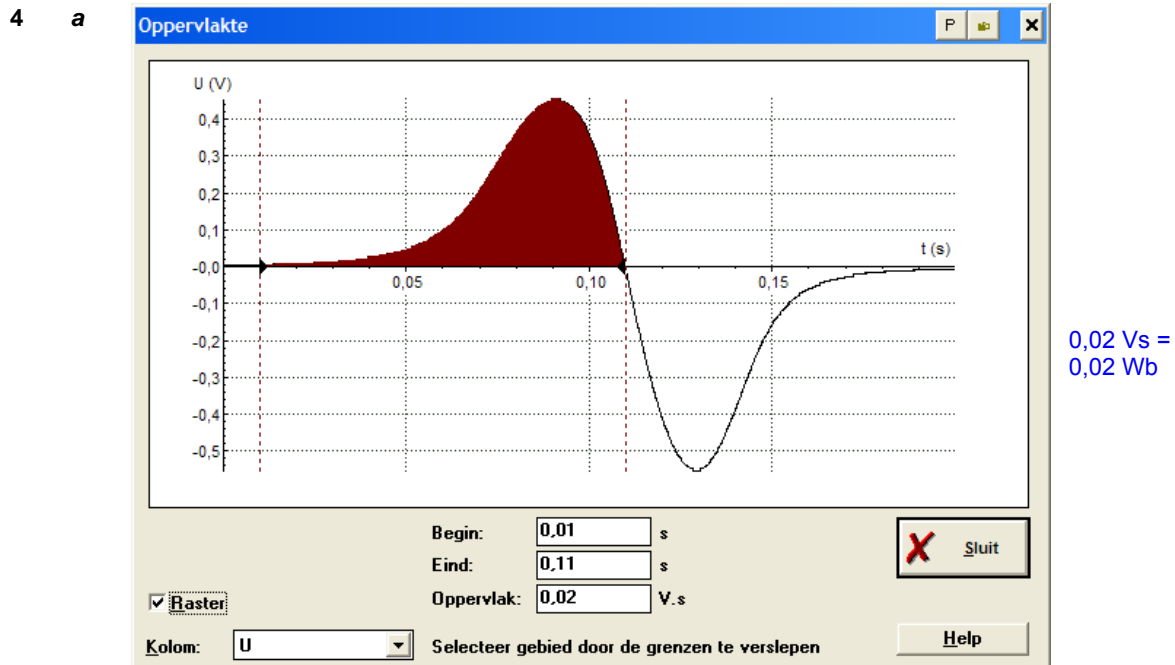
Op de eerste foto staat de schijf stil, op de tweede draait hij.



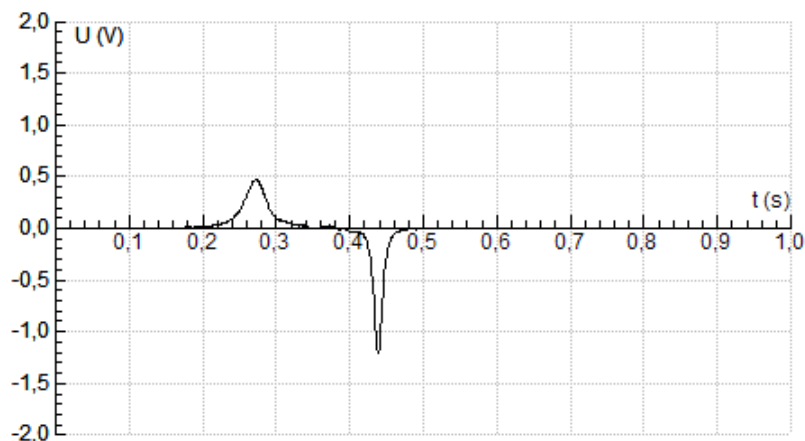
De vraag zou moeten luiden: 'Waarom wordt de ringmagneet meegesleept?'

We hebben hier te maken met het omgekeerde van Proef 6. Daar werd een schijf aluminium meegesleept door een draaiende magneet. Ook nu moet je denkbeeldige ringen aanbrengen in het aluminium. Als zo'n ring de magneet nadert, wordt hij afgestoten door de magneet, maar via actie/reactie wordt ook de magneet afgestoten door de schijf.

- 3 **a¹** De spoel krijgt rechts een noordpool als de magneet daar naar binnen gaat. Daar
a² hoort van rechts gezien een tegenwijzerstroom bij, dus flitst de rode led.
 Als de magneet de spoel verlaat krijgt die rechts een zuidpool ⇒ wijzerstroom ⇒ de
 groene led flitst. -
- b** De spoel krijgt nu links een zuidpool, dus weer rechts een noordpool. De flitsvolgorde
 is dus hetzelfde. -



- b** De flux van de magneet is 200× zo klein omdat er 200 windingen gebruikt worden. 1·10⁻⁴ Wb
- 5 **a** De tweede piek is smaller doordat de snelheid van de magneet bij het verlaten van de
 spoel groter is geworden. -
- b** Zo'n grafiek ziet er bijvoorbeeld zo uit:



- Tijdens het verblijf van de magneet in de lange spoel verandert er geen flux.
- 6 -
$$U_{\text{ind,gem}} = 2000 \cdot \frac{0,03 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4}}{0,01} = 1,5 \text{ V}$$
 1,5 V
- 7 - Ja. Er loopt alleen geen stroom als het rad de spoel nadert, maar als die zich van de
 spoel verwijderd. Het effect daarvan is afstoting. -
- 8 **a** Je hoeft maar één kwart van de periode te bekijken.

$$Q = 4 \cdot (0,1^2 + 0,2^2 + 0,3^2) \cdot 100 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$
 2,8·10⁻³ J

b $2,8 = I_{\text{eff}}^2 \cdot 100 \cdot 0,6 \Rightarrow I_{\text{eff}} = 0,22 \text{ A}$ en $U_{\text{eff}} = 0,22 \cdot 100 = 22 \text{ V}$

0,22 A

22 V

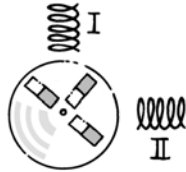
Opgaven 8.2 – De transformator

- 9** - De eerste transformator brengt de spanning omlaag van 230 V naar bijvoorbeeld 12 V. De tweede brengt de spanning weer omhoog naar 230 V en die staat dan dus op de onbeschermd pootjes van de stekker. -
- 10** - Bereken eerst het vermogen: $P = 8 \cdot 1 = 8 \text{ W}$

$$I_p = \frac{P}{U_p} = \frac{8}{230} = 0,035 \text{ A}$$
 0,035 A
- 11 a**
$$I_p = \frac{500}{230} = 2,17 \text{ A}$$
 2,17 A
- b** $I_s^2 \cdot 100 = 500 \Rightarrow I_s = 2,24 \text{ A}$ en $U_s = 2,24 \cdot 100 = 224 \text{ V}$
 2,24 A
 224 V
- c** $N_p : N_s = 230 : 224 = 1 : 1$
 Je hebt dus te maken met een scheidingstransformator/ 1 : 1
- 12 a** $I_s = \frac{600}{5} \cdot 2,4 = 288 \text{ A}$ $2,9 \cdot 10^2 \text{ A}$
- b** De spijker wordt heet en daardoor neemt zijn weerstand toe. Beide stroomsterktes worden daardoor kleiner. -
- 13 a** $I_p = \frac{20}{230} = 0,087 \text{ A}$ en $I_s = \frac{20}{12} = 1,7 \text{ A}$ 0,087 A
 1,7 A
- b** De draden naar de lamp moeten zo kort mogelijk zijn want daar loopt de grootste stroom door. -
- 14 a**
- | U_p
(V) | I_p
(A) | P
(W) | $N_p : N_s$ | U_s
(V) | I_s
(A) | R_s
(Ω) | R_p
(Ω) |
|--------------|--------------|------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| 230 | 4,35 | 1000 | 10 : 1 | 23 | 43,5 | 0,53 | 53 |
| 230 | 0,008 | 1,8 | 38 : 1 | 6 | 0,3 | 20 | 30 k |
| 2,0 | 20 | 40 | 1 : 50 | 100 | 0,40 | 250 | 0,10 |
| 200 | 0,50 | 100 | 2 : 1 | 100 | 1,00 | 100 | 400 |
| 0,10 | 1 | 0,1 | 1 : 100 | 10 | 0,01 | 1000 | 0,1 |
| 200 | 1 | 200 | 100 : 1 | 2 | 100 | 0,02 | 200 |
- b** -
- c** $R_p = \frac{U_p}{I_p}$ $R_s = \frac{U_s}{I_s}$ en stel $N_p : N_s = N \Rightarrow R_p = \frac{N \cdot U_s}{\frac{1}{N} \cdot I_s} = N^2 \cdot R_s$ -
- d** $5 = N^2 \cdot 125 \Rightarrow N = 0,2 = 1 : 5$ 1 : 5
- 15 a** $I_s = \frac{30}{12} = 2,5 \text{ A}$ 2,5 A
- b** De weerstand van de kabel is $1,0 \Omega \Rightarrow U_{\text{verlies}} = 2,5 \text{ V}$ 2,5 V
- c** $U_s = 12 + 2,5 = 14,5 \text{ V}$ 14,5 V
- d** $880 : N_s = 230 : 14,5 \Rightarrow N_s = 55,5 \Rightarrow 56 \text{ windingen} (\Rightarrow 14,6 \text{ V})$ 56
- e¹** $P_{\text{verlies}} = I^2 \cdot 1 = 2,5^2 \cdot 1 = 6,3 \text{ W}$ 6,3 W
- e²** $\text{verlies} = \frac{6,25}{36,25} \cdot 100 = 17\%$ 17%
- f** Met de transformator in de schuur heb je minder verlies, maar je hebt dan wel een kabel door de tuin lopen waar 230 V op staat. -

Opgaven hoofdstuk 8

- 16 a** We gaan ervan uit dat er 'mooie' hoeken gebruikt zijn, zoals 90° en 120° .
b Meet de periode en de tijd tussen de pieken:
c $T \approx 165 \text{ ms}$
 $\Delta t_1 \approx 40 \text{ ms} \approx 0,25T \Rightarrow 90^\circ$
 $\Delta t_2 \approx 85 \text{ ms} \approx 0,5T \Rightarrow 180^\circ$
 $\Delta t_{I \rightarrow II} \approx 40 \text{ ms} \Rightarrow 90^\circ$



- 17 a** Als S gesloten is, is er geen verandering van flux, dus staat de wijzer op nul. Het openen van S heeft het omgekeerde effect van sluiten, dus gaat de wijzer naar links. Als S open is, verandert er weer geen flux en staat de wijzer op nul.
b Het veld wordt dan niet vanaf nul opgebouwd. Er is daardoor een kleinere $\Delta\Phi$ in de formule van Faraday:

$$U_{\text{ind}} = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

en dus een kleinere inductiespanning. Het lampje licht dus minder fel op.

- c** Bij snel lostrekken van het sluitstuk krijg je een kleine Δt en een grote inductiespanning.

18 a



- b** De patronen worden smaller en hoger doordat de snelheid van de magneet toeneemt.

De Δt in $U_{\text{ind}} = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ wordt steeds kleiner.

- c** De middelste spoel is andersom gewikkeld.

d
$$v_1 = \frac{0,50}{0,1440 - 0,0210} = 4,065 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{0,70}{0,2770 - 0,1440} = 5,263 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = 5,263 - 4,065 = 1,198 \text{ m/s}$$

Om Δt te bepalen, moet je eerst de tijdstippen t_1 en t_2 bepalen die bij de middens van de 50 cm en 70 cm horen:

$$t_1 = \frac{0,0210 + 0,1440}{2} = 0,0825 \text{ s}$$

$$t_2 = \frac{0,1440 + 0,2770}{2} = 0,2105 \text{ s}$$

$$\Delta t = 0,2105 - 0,0825 = 0,128 \text{ s}$$

$$g = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1,198}{0,128} = 9,4 \text{ m/s}^2$$

9,4 m/s²

- 19 - De inductiewet van Faraday is:

$$U_{\text{ind}} = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

De vier regels zijn:

Een inductiespanning is groter als je

- | | | |
|---|---------------------------------|---|
| 1 een sterkere magneet neemt | grote $\Delta\Phi$ in de teller | - |
| 2 een spoel met meer windingen kiest | grote N | |
| 3 het toerental opvoert | kleine Δt in de noemer | |
| 4 een ijzeren kern in de spoel aanbrengt. | grote $\Delta\Phi$ in de teller | |

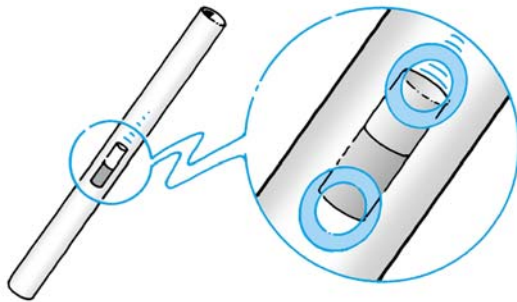
- 20 a Ja er ontstaat spanning want het sluiten van de linker kring zorgt voor een magnetisch veld. Dat veld wordt door het ijzer doorgegeven aan de rechter spoel. -

- b Er gaat nu in de rechter spoel een stroom lopen. Volgens de wet van Lenz wordt de oorzaak van die stroom tegengewerkt en dus zullen de spoelen van elkaar weg schieten. -

- 21 a De ringen die hier getekend zijn, kun je in gedachte rondom in het aluminium gebruiken.

Als de noordpool zo'n ring nadert, zorgt hij ervoor dat die ring zelf een noordpool wordt \Rightarrow afstoting, dus afremming.

De zuidpool van de magneet verlaat de andere ring en zorgt ervoor dat daar óók een noordpool ontstaat \Rightarrow aantrekking, dus ook afremming.



- b Alleen bij de zaagsnede zijn de denkbeeldige ringen onbruikbaar, maar op alle andere plaatsen gaat de redering nog steeds op. -

- c De soortelijke weerstand van koper is kleiner dan die van aluminium, dus zijn de inductiestromen groter. -

- d $E_z \rightarrow E_k + E_t$ (warmte) -

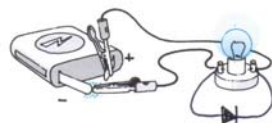
- e Als de buis supergeleidend is, zal de magneet niet meer vallen maar blijft hij in de buis zweven. -

- 22 a Je hebt in feite te maken met een spoel van één winding. Als er stroom verbroken wordt, probeert de spoel de stroom in stand te houden (wet van Lenz). -

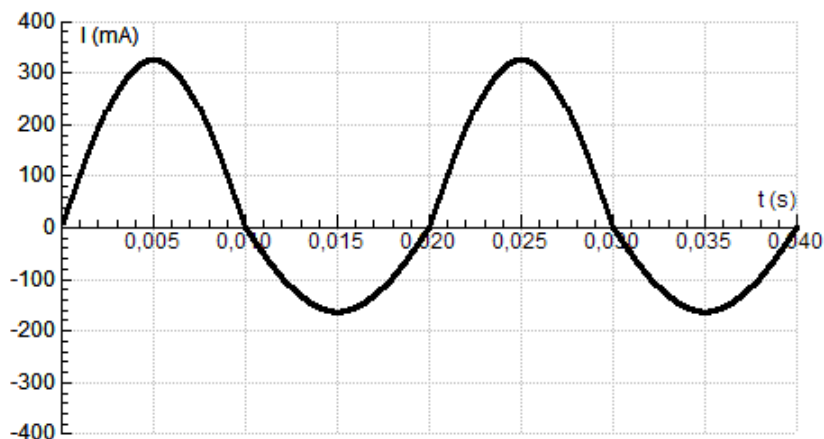
- b De flux in de spoel is nu veel groter dan de flux in de kring met het lampje. Met jouw twee handen aan de krokodillenbekken heb je een gesloten kring. De stroom door de spoel blijft nu door jou lopen. -

- c Als je de diode bij het lampje gebruikt, zie je geen vonk en bij een spoel voel je geen schok.

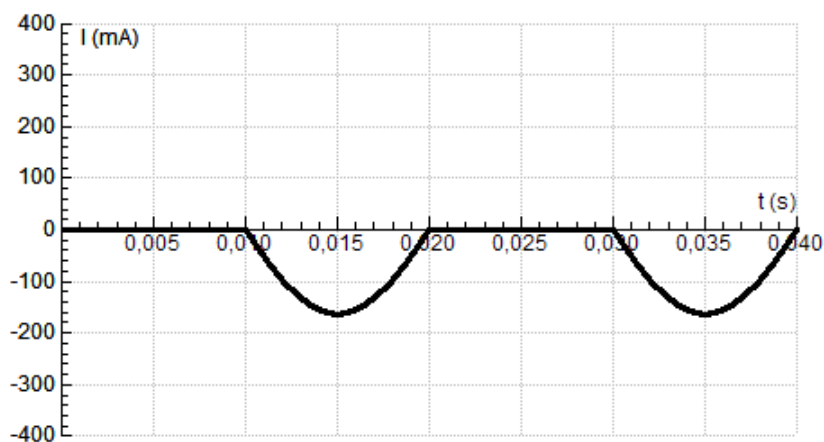
De diode is in sperrichting aangesloten op de batterij.



- 23 a** Of je nu een magneet langs een spoel beweegt (of er door laat vallen) of dat je de spoel over de magneet laat zwaaien, het effect is hetzelfde: -
Eerst neemt de flux in de spoel toe en vervolgens wordt die flux weer afgebroken.
-
- b** Bij het terugzwaaien hebben de grafieken dezelfde vorm. Alleen de groottes van de pieken zullen wat kleiner zijn, want bij iedere passage wordt er wat trillingsenergie omgezet in licht. -
-
- c** De kuil in de derde grafiek is het gevolg van afkoelen van het lampje als I even nul is. Bij een grote amplitude, dus bij een grote v_{\max} krijgt de gloeidraad geen tijd om af te koelen. -
-
- d** De spoel S_1 ondervindt een lorentzkracht, want daarin loopt stroom. In S_2 wordt alleen spanning opgewekt. -
-
- e¹** De lorentzkracht is bij deze proef altijd afremmend. Als die kracht naar links gericht is, zwaait de spoel dus naar rechts. -
-
- e²** De tijdstippen 0,3 s en 0,5 s horen bij dezelfde passage. De spoel ging naar rechts, dus was de lorentzkracht naar links gericht. -
-
- e³** De lorentzkracht op de spoel en de magnetische kracht op de kern vormen een actie/reactie-paar. De kern ondervond dus een kracht naar rechts. -
-
- 24 a** Als de stroom met de klok mee gaat dan is $I > 0$
 $U_{\max} = 230 \cdot \sqrt{2} = 325 \text{ V}$
 $I_{\max,1} = 325/1 = 325 \text{ mA } I > 0$
 $I_{\max,2} = 325/2 = 163 \text{ mA } I < 0$



b



c Bij een complete sinus is de effectieve stroomsterkte $\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\max}$
 Nu wordt in de helft van de periode geen energie geleverd, dus is de effectieve stroomsterkte twee keer zo klein. -

25 a De spoel is een smoorspoel waarin voortdurend een tegenwerkende inductiespanning wordt opgewekt. Doordat de kern niet gesloten is, krijg je niet het effect van de transformator waar $U_{\text{ind}} = U_{\text{bron}}$. -

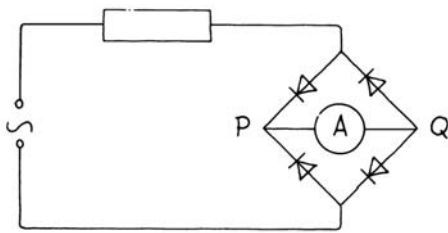
Met ijzer in de spoel wordt dat effect versterkt en wordt de tegenwerkende inductiespanning dus groter $\Rightarrow I$ wordt kleiner.

b Bij het naar binnen gaan, wordt de lichtsterkte eventjes kleiner want de flux wordt groter en de spoel probeert dat te verhinderen.

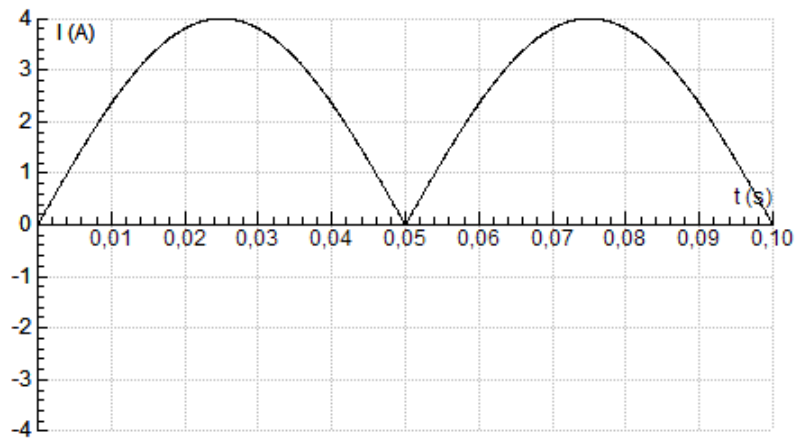
Die inductiestroom sterft uit en daarna brandt het lampje weer even fel als tevoren. -

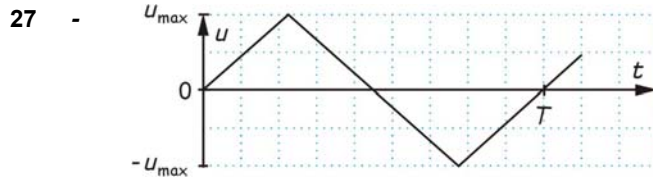
Als je het ijzer weghaalt, verzwak je de flux. De spoel zal dat proberen te verhinderen. Als je het ijzer zéér snel wegtrekt, krijg je een sterke flits waarbij het lampje zelfs kan doorbranden.

26 a



b $I_{\max} = 20/5 = 4 \text{ A}$





De formule voor $U(t)$ is:

$$U(t) = \frac{4 \cdot U_m}{T} \cdot t \quad \text{dus} \quad U^2 = \frac{16 \cdot U_m^2}{T^2} \cdot t^2$$

Voor de energieomzetting in de tijd dt geldt:

$$dE = \frac{U^2}{R} dt$$

Voor een kwart periode geldt dus:

$$E = \frac{16 \cdot U_m^2}{R \cdot T^2} \int_0^{0,25T} t^2 dt = \frac{16 \cdot U_m^2}{R \cdot T^2} \left[\frac{1}{3} t^3 \right]_0^{0,25T} = \frac{1}{3} \cdot \frac{U_m^2}{R} \cdot \frac{1}{4} T = \frac{1}{R} \cdot U_{\text{eff}}^2 \cdot \frac{1}{4} T \Rightarrow$$

$$U_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{3} U_m^2 \Rightarrow U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot U_m$$

28 - $F = B \cdot I \cdot \ell \Rightarrow T = N \cdot A^{-1} \cdot m^{-1} = \text{kg} \cdot m \cdot s^{-2} \cdot A^{-1} \cdot m^{-1} = \text{kg} \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$

$$\Phi = B \cdot A \Rightarrow W_b = T \cdot m^2 = \text{kg} \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$$

$$E = U \cdot Q \Rightarrow V = J \cdot C^{-1} = N \cdot m \cdot (A \cdot s)^{-1} = \text{kg} \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m \cdot A^{-1} \cdot s^{-1} = \text{kg} \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$$

$$\Delta \Phi = U \cdot \Delta t \Rightarrow W_b = V \cdot s = \text{kg} \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$$

29 a Uit de wet van Lenz volgt dat de kleine spoel probeert te ontsnappen uit het veld van de grote spoel.

b $R = 45 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{3,1 \cdot 10^{-2}}{0,40 \cdot 10^{-6}} = 3,49 \cdot 10^{-2} \Omega$ 3,5 · 10⁻² Ω

c¹ $I = \frac{U}{R} = \frac{3,1}{3,49 \cdot 10^{-2}} = 88,9 \text{ A}$ 89 A

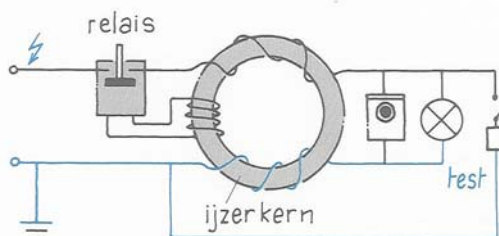
c² $I = 89 + 1,1 = 90 \text{ A}$ 90 A

d $I_p : I_s = 25 : 500 \Rightarrow I_p > \frac{90}{20} = 4,5 \text{ A}$ > 4,5 A

e De grote stroom door het draadje zorgt ervoor dat er voldoende opwaartse kracht is. Als die stroom wegvalt, komt de spoel in een sterker veld. Daardoor wordt de inductiespanning groter en brandt het lampje door.

30 a De twee draden van aan- en afvoerstroom zijn tegengesteld gewikkeld. Hun magnetische velden in de ijzeren kern heffen elkaar dus op als die stromen even groot zijn.

De testknop zit in de figuur niet op de goede plaats. Het moet zo:



b Als je op de testknop drukt, gaat de afvoerstroom niet rondom de ijzeren kern en wordt het magnetische veld van de aanvoerstroom niet gecompenseerd.

31	a	$I_p = \frac{100}{230} = 0,438 \text{ A}$	0,44 A
	b	$I_s = 1100 \cdot 0,438 = 4,8 \cdot 10^2 \text{ A}$	$4,8 \cdot 10^2 \text{ A}$
	c	Bij een stel serieweerstanden wordt het meeste vermogen opgewekt in de grootste weerstand.	-
	d ¹	Ja. De secundaire spanning is maar $230/1100 = 0,21 \text{ V}$ Je handen staan parallel aan het draadstuk. De weerstand van je handen en de rest van je lichaam is zo groot dat er geen 480 A door jou gaat stromen.	-
32	d ²	Ja. Die secundaire spanning verandert niet.	-
	a	$P_{\text{verlies}} = 3,5 \cdot 10^6 \text{ W} = I^2 \cdot 5 \Rightarrow I = 8,37 \cdot 10^2 \text{ A}$	$8,4 \cdot 10^2 \text{ A}$
	b	$P = 100 \cdot 10^6 = I_{\text{centrale}} \cdot 12 \cdot 10^3 \Rightarrow I_c = 8,33 \cdot 10^3 \text{ A}$ en $p = 100 \cdot 10^6 = I_{\text{kabel}} \cdot U \Rightarrow U = 1,195 \cdot 10^5 \text{ V}$	120 kV
	c	Bij S: $U = 1,195 \cdot 10^5 - 8,37 \cdot 10^2 \cdot 5,0 = 115 \text{ kV} \Rightarrow$ transformatieverhouding is $115 \cdot 10^3 : 20 \cdot 10^3 = 5,8 : 1$	5,8 : 1
d	Al: $A = 48 \cdot 5,4 \cdot 10^{-6} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ en $\rho = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$ staal: $A = 7 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ en $\rho = 180 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$ te verwaarlozen		
	$5,0 = 27 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{\ell}{2,6 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \ell = 4,8 \cdot 10^4 \text{ m}$	$4,8 \cdot 10^4 \text{ m}$	
		Als je het staal wel meerekent en de formule voor parallelle weerstanden gebruikt, vind je 49 km i.p.v. 48 km.	
33	a	Als de transformatoren ijzer zouden bevatten, zou het metaal van de kogel geen effect meer hebben.	-
	b	De twee transformatoren mogen samen geen signaal geven als er geen kogel gevonden wordt. Door het tegengesteld wikkelen zorg je ervoor dat de twee spanningen elkaar opheffen.	-

Toets	
1	De bobine van een auto
a	$U = \frac{10500}{244} 250 = 1,08 \cdot 10^4 \text{ V}$ 10,8 kV
b¹	Door de zelfinductie in de primaire spoel duurt het even voor de stroomsterkte de waarde van 4 A heeft. -
b²	Op $t = 0,016 \text{ s}$; $0,041 \text{ s}$... dus als de stroom verborgen wordt. -
b³	Bij een hoog toerental heeft de primaire stroom de waarde van 4 A nog niet bereikt. -
c	Er zijn $4 \times 4000 = 16000$ vonken per minuut $\Rightarrow \Delta t = \frac{60}{16000} = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ 3,75 ms
2	Een driehoeksstroom
a	$\Phi = 0,025 \cdot 2,0 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 7,0 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}$ 7,0 · 10⁻⁶ Wb
b	$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{1,8 - (-1,8)}{(16 - 7) \cdot 10^{-3}} = 4,0 \cdot 10^2 \text{ A/s}$ 4,0 · 10² A/s
c¹	$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,025 \cdot 4 \cdot 10^2 = 10 \text{ T/s}$ 10 T/s
c²	Erratum: er wordt gevraagd naar U_{eff}, dat moet U_{ind} zijn. Aflazen: $U_{\text{ind}} = 0,9 \text{ V}$ 0,9 V
c³	$U_{\text{ind}} = N \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$ dus $0,9 = N \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \Rightarrow N = 6 \cdot 10^2$ 6 · 10²
3	Een transformatorhuisje
a¹	
a²	$I_s = \frac{1,0 \cdot 10^6}{230} = 4,35 \cdot 10^3 \text{ A} \Rightarrow N_p : N_s = 4,35 \cdot 10^3 : 170 = 26 : 1$ 26 : 1 Je kunt ook de primaire spanning bij het transformatorhuisje uitrekenen, die is 5,9 kV.
b¹	$P_{\text{verlies}} = 170^2 \cdot 2,0 = 58 \text{ kW}$ 58 kW
b²	percentage = $\frac{58 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 10^6 + 58 \cdot 10^3} \cdot 100 = 5,5\%$ 5,5%
c	$P_{\text{station}} = 1,0 \cdot 10^6 + 58 \cdot 10^3 = U_s \cdot 170 \Rightarrow U_s = 6,2 \text{ kV}$ 6,2 kV