

(Z) VOORWOORD

Dit is één van de samenvattingen fysica ter voorbereiding van het examen fysica. De samenvattingen voor het examen fysica zijn opgedeeld in...

DEEL 1 = Hoofdstuk 6/7

--> Let op! Hoofdstuk 6 is géén examenleerstof meer!

DEEL 2 = Hoofdstuk 8

DEEL 3 = Hoofdstuk 9

(Y) FOUTEN

Melden via Smartschool

(X) INHOUDSTAFEL

Volgende pagina

Inhoud

9) Elektromagnetische inductie.....	3
9.1) Inleiding.....	3
9.2) Elektromagnetische inductie.....	3
9.2.1) Experimenten	3
9.2.2) Magnetische flux	3
9.2.3) Zin van de inductiestroom	3
9.2.4) Algemene inductiewet: grootte van de inductiespanning.....	6
9.2.5) Wervelstromen/foucaultstromen	6
9.2.6) Voorbeeldoefeningen: kennis/inzicht	6
9.3) Elektrische energie opwekken	9
9.3.1) Elektriciteitsnet	9
9.3.2) De spanningsgenerator	10
9.3.3) De transformator	11
9.4) Einde schooljaar fysica	12

9) Elektromagnetische inductie

9.1) Inleiding

*We weten uit de vorige 2 hoofdstukken dat elektrische stroom een magnetisch veld kan veroorzaken.

⇔ Een magnetisch veld kan ook elektrische stroom veroorzaken (ontdekking v. Faraday).

--> Dit fenomeen noemen we elektromagnetische inductie!

9.2) Elektromagnetische inductie

9.2.1) Experimenten

*Als je een spoel en een staafmagneet t.o.v. elkaar beweegt, verandert de spanning steeds door- dat het magnetisch veld steeds verandert

--> Als de verandering in het magnetisch veld groter is, dan spanning groter = EM-inductie

→ Dankzij spanning ontstaat stroom, deze stroom noemen we de **inductiestroom**.

→ Flashback fysica module 2: Spanningsbronnen (batterijen) leveren stroom!

9.2.2) Magnetische flux

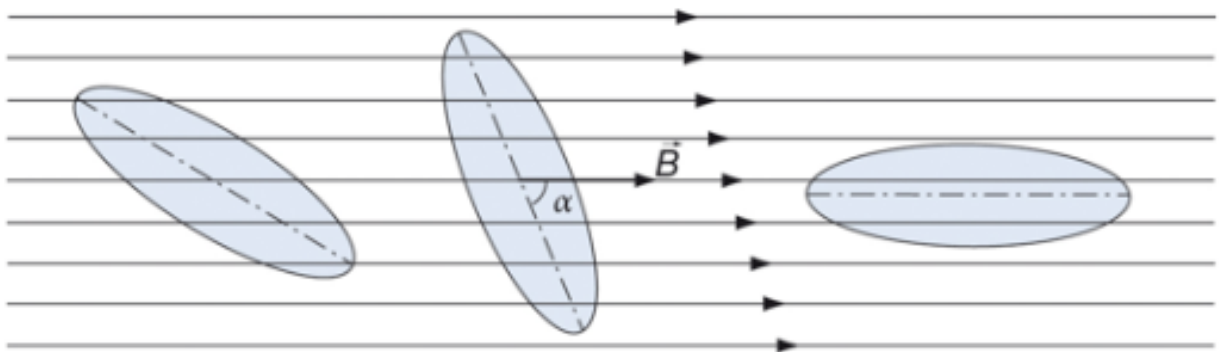
*De magnetische flux Φ drukt het aantal aantal magnetische veldlijnen uit dat door een winding (van een spoel gaat).

--> $\Phi = |B| \cdot A \cdot \sin \alpha$

--> De magnetische flux is de grootte van de veldsterkte vermenigvuldigt met de oppervlakte van één winding van de spoel vermenigvuldigd met de hoek die de spoel maakt met de veldlijnen.

--> Een spoel is rond; één winding is dus een cirkel --> $A = \pi r^2$

--> eenheid: $1 \text{ Wb (weber)} = 1 \text{ Tm}^2$



9.2.3) Zin van de inductiestroom

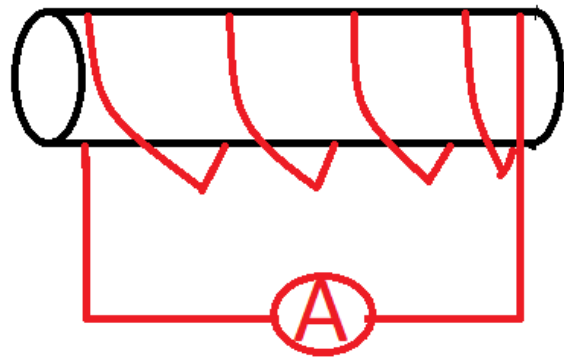
*Zoals je weet zal elektromagnetische inductie ook een inductiestroom opwekken.

Maar in welke zin?

--> Herinner jezelf de wet van behoud van energie: energie kan nooit gemaakt worden of verloren gaan, het kan enkel van vorm veranderen.

*Zie volgende pagina voor uitleg.

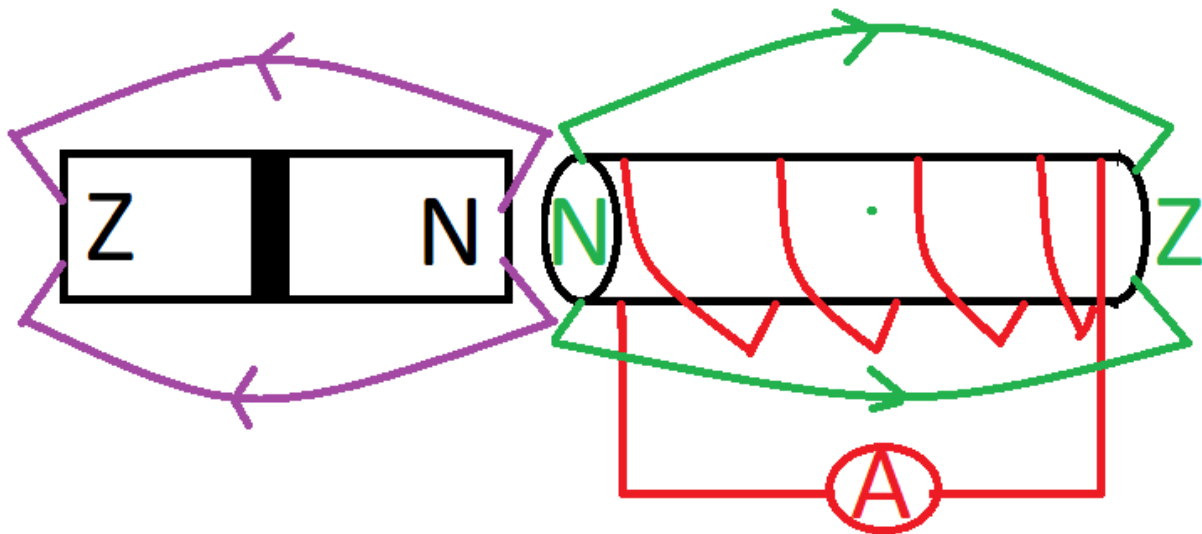
CASUS 1: De magneet en spoel zitten nog apart.



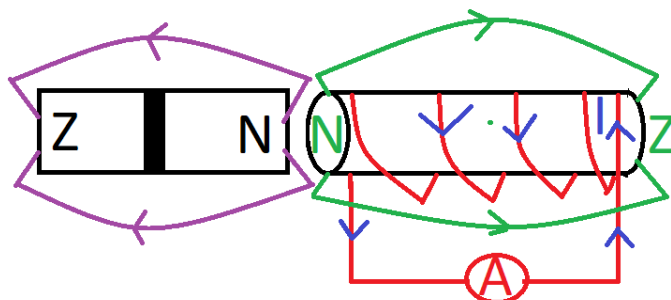
Alles oké, ze zitten nog apart, maar nu gaan we met de staafmagneet naderen...

CASUS 2: We naderen met de staafmagneet...

We weten nu dat we met een magnetisch veld nu ook elektrische energie kunnen opwekken, als we met een staafmagneet de spoel naderen wordt het magnetisch veld verhoogd. Wacht? Als het magnetisch veld wordt verhoogd, dan zou de energie dus verhoogd worden. Dan wordt er uit het niks ergens energie gecreëerd waar er géén energie was? Dat is tegen de wet van behoud van energie! De spoel gaat nu een magnetisch veld in tegengestelde zin als die van de magneet. Hij zal dus links een noordpool ontwikkelen en rechts een zuidpool. **De inductiespanning werkt dus altijd haar ontstaan tegen.**

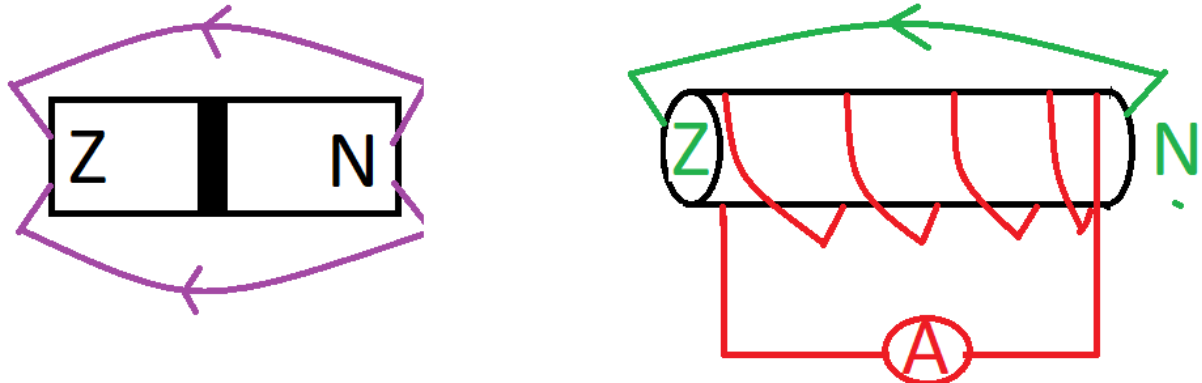


Je kan nu ook de richting van de inductiestroom bepalen door de 2^{de} rechterhandregel toe te passen: je wijst je duim naar de noordpool, je kromt je vingers, de vingers geven nu de zin van je(inductie)stroom aan.

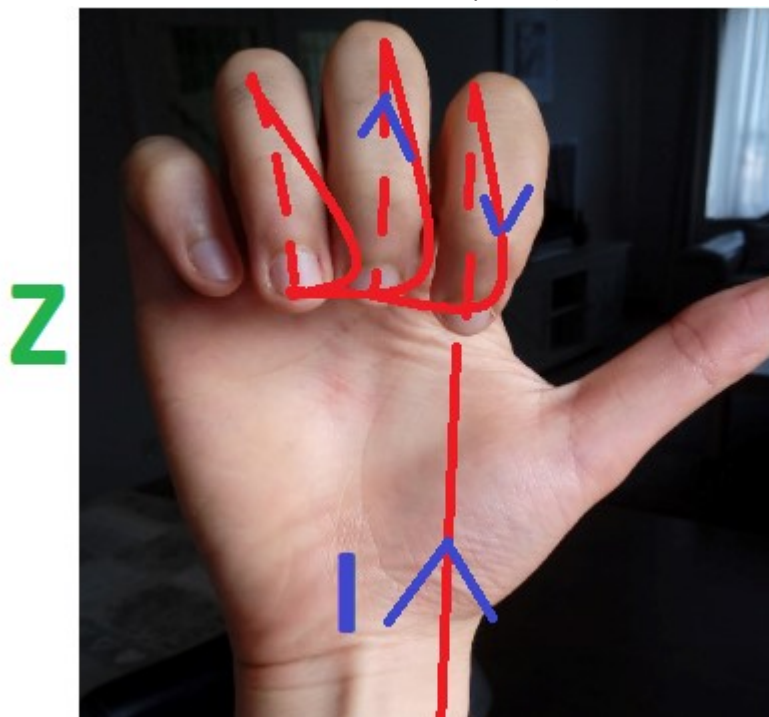


CASUS 3: We verwijderen de staafmagneet van de spoel

Nu heeft de spoel een magnetisch veld opgewekt tegengesteld aan die van de staafmagneet, echter doen we de staafmagneet weg. Als het veld dan zou weggaan dan verliezen we energie, wat niet nog steeds niet kan in de fysica. De spoel zal nu een magnetisch veld maken in dezelfde zin als die van de staafmagneet om 'het verlies' tegen te werken.

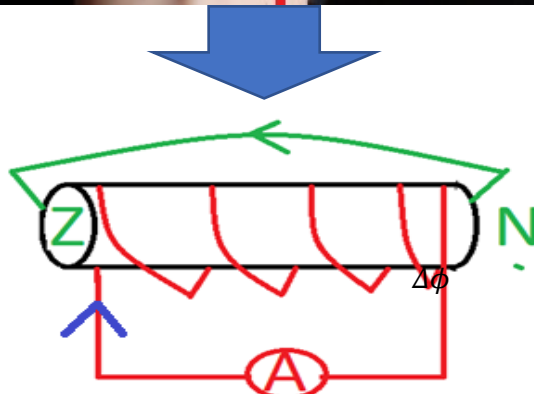


Je kan nu met de 2^{de} rechterhandregel de richting en zin van de inductiestroom bepalen, je wijst je duim in de richting van de noordpool en kromt je vingers; je gekromde vingers geven de inductiestroom nu aan. Ik doe het voor op foto (ik ben een veels te goed mens voor jullie).



N

Stroom gaat achter mijn vingers door (stippelijntjes!) en gaat dus achter de spoel door, daarom situeert de stroomzin zich op de plek die ik daar heb gezet.



9.2.4) Algemene inductiewet: grootte van de inductiespanning

*In 9.2.2 hebben we het begrip flux ingevoerd: het aantal magnetische veldlijnen door een dwarse doorsnede van de spoel.

--> We weten: hoe sneller de flux (veldsterktes/m²) verandert, hoe groter de inductiespanning

--> Dus: $U \sim \frac{1}{\Delta t} \rightarrow$ *Hoe hoger de tijd waarin de fluxverandering optreedt, hoe trager de fluxverandering is, hoe kleiner de inductiespanning. En omgekeerd.*

--> We kunnen aantonen: De inductiespanning is recht evenredig met de totale fluxverandering ϕ

--> Dus: $U \sim |\Delta\phi|$

--> De fluxverandering is ook evenredig met het aantal windingen (N)

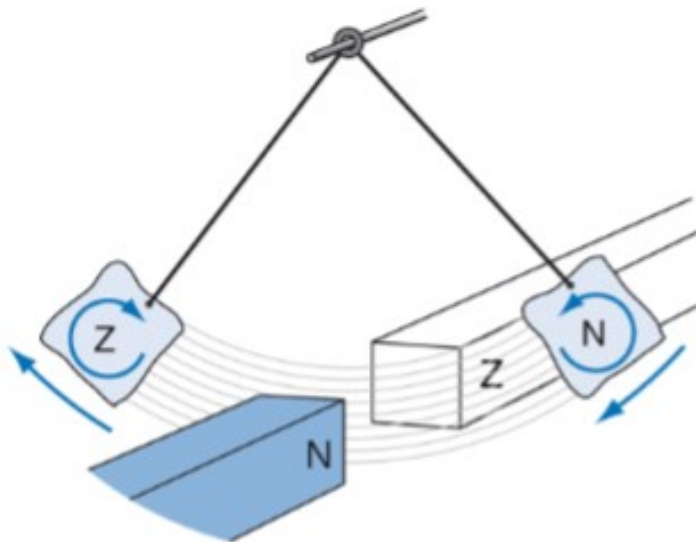
➔ Besluit (1): $U = N \cdot \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$

--> De inductiestroom werkt haar ontstaan altijd tegen (wet van Lenz)

➔ Besluit (2): $U = -N \cdot \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$

--> Dit noemen we de algemene inductiewet

9.2.5) Wervelstromen/foucaultstromen



Als we een aluminium plaat tussen de polen van een elektromagneet laten slingeren, wordt ze opeens héél erg snel gedempt.
--> De aluminium plaat werkt zoals één winding in een spoel. Ze zal dus een inductiestroom opwekken. Volgens de wet van Lenz werkt de inductiespanning haar ontstaan tegen dus zal de plaat een noordpool opwekken om ze tegen te werken, de plaat zal stilvallen. Als de plaat dan verwijderd wordt ontstaat een zuidpool.

--> Toepassingen: remmen van trams en treinen, inductiekookplaten (kinetische E omgezet in warmte E --> benut voor het koken).

--> Hinderlijk: transformatoren, dynamo's, motoren --> oplossing?

➔ Oplossing = kern van transformatoren vervaardigen uit lamellen of dunne weekijzeren plaatjes, van elkaar gescheiden door isolatie.

9.2.6) Voorbeeldoefeningen: kennis/inzicht

*Oefening 1: Omschrijf de begrippen magnetische veldsterkte en flux. Zijn de grootheden vectorieel of scalair? Welke van de twee grootheden is een kenmerk van een punt in een veld?

--> Veldsterkte = maat voor magnetische krachtwerking in punt

--> Flux = maat voor aantal veldlijnen door oppervlakte --> sterk magnetisch veld = meer veldlijnen = meer flux

--> Magnetische veldsterkte = vectorieel

--> Magnetische flux = scalair (er is géén vector die zegt hoeveel veldlijnen je per oppervlak hebt).

*Oefening 2: Een cirkelvormige winding bevindt zich in een magnetisch veld met veldsterkte \vec{B} . In welk van onderstaande gevallen ontstaat een inductiestroom?



- a) Het veld B wordt uitgeschakeld
- b) Het veld B wordt sterker
- c) De winding wordt vervormd
- d) De winding wordt gedeeltelijk uit het veld verplaatst.

--> Je herinnert je de algemene inductiewet: $U_i = -N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

--> Echter weet je ook dat: $\phi = B \cdot A \cdot \sin \alpha$

→ Dus: om een inductiestroom te verkrijgen moet je magnetische flux (ϕ) veranderen, je magnetische flux is op zijn beurt afhankelijk van de magnetische veldsterkte en de oppervlakte. Wanneer wordt een inductiestroom opgewekt, hmmm?

--> a) Ja, er is een verandering in B, dus is er een verandering in ϕ .

--> b) Ja, idem a

--> c) Er is een verandering in A, dus ook een verandering in ϕ .

--> d) Ja, idem c

→ In alle 4 gevallen wordt dus een inductiestroom opgewekt.

*Oefening 4: Beschouw deze drie opstellingen:

a) Hoefijzer draait tegenover een spoel

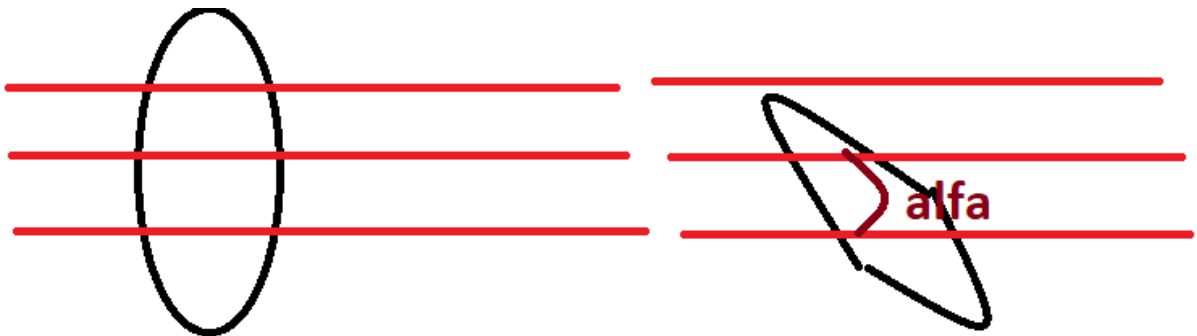
b) Magneet schommelt aan een veer

c) Spoel draait in een magnetisch veld

--> Wanneer wordt een inductiestroom gemaakt?

--> a/b) Als de hoofijzer draait/schommelt, beweegt het constant, als het constant beweegt, dan verandert B (de veldsterkte) constant, als deze verandert, verandert ϕ ook. Als er een flux ontstaat, wordt er een inductiestroom gemaakt.

--> c) Als een spoel draait in een magnetisch veld, verandert α constant. In een gedraaide spoel kunnen immers minder veldlijnen dan door een spoel die een rechte hoek met de veldlijnen vormt (zie foto hieronder). --> $\phi = B \cdot A \cdot \sin \alpha$



*Oefening 7: een spoel met N windingen is verbonden met een spanningsbron. Door de spoel loopt een constante stroom I. Geef voor elke uitspraak aan of ze juist of fout is en verbeter indien nodig.

- a) De flux door de spoel verhoogt als de lengte van de spoel toeneemt en het aantal windingen gelijk blijft.

$$\rightarrow \text{Flux} = \phi = B \cdot A \rightarrow B = \mu \cdot \frac{NI}{l} \text{ (hoofdstuk 7: veldsterkte door een spoel)}$$

--> Als de lengte (l) toeneemt, verlaagd B, dus verlaagt de flux, verhoogt niet.

- b) De flux door een spoel verhoogt als de stroomsterkte door de spoel toeneemt.

--> Juist: zie formule antwoord a; als I toeneemt, neemt B toe, neemt de flux toe.

- c) De flux door een spoel verhoogt als je een ijzeren staaf in de spoel brengt.

--> Juist: ijzer = ferromagnetisch en heeft dus een hoge permeabiliteit (μ), als deze verhoogt, dan verhoogt de magnetische veldsterkte (zie formule antwoord a)

*Oefening 8: Een koperen ring wordt opgehangen aan een staafje en voor een magneet geplaatst.

- a) Wat gebeurt er met de ring als je hem nadert met de noordpool van de magneet? Verklaar.

--> De ring zal een noordpool maken die de veldsterkte van de magneet tegenwerkt (wet van Lenz), de magneet wordt afgestoten.

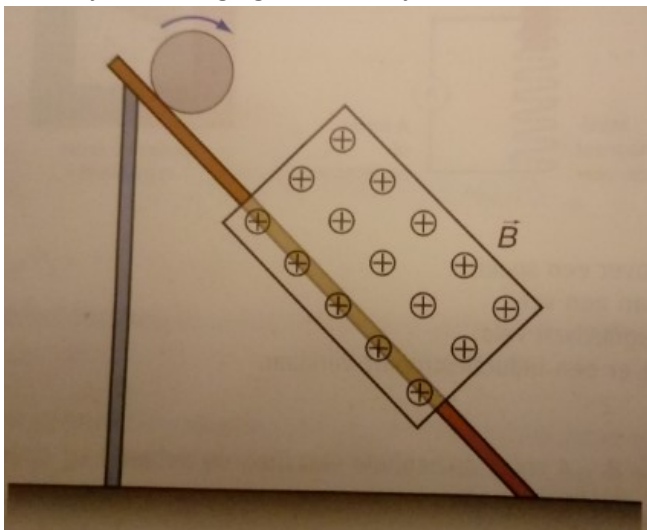
- b) Wat gebeurt er met de ring als je de magneet stilhoudt in de ring? Verklaar.

--> Als er geen beweging is, verandert het magnetisch veld niet, als het magnetisch veld niet verandert ontstaat er géén flux. Als er géén flux is, is er géén inductiestroom (fjieuw, dat waren veel afleidingen), als er géén inductiestroom is, dan kan de wet van Lenz géén inductiestroom tegenwerken (want aahja, er is geen stroom). Er gebeurt niks.

- c) Wat gebeurt er als je de ring verwijdert? Verklaar.

--> Als je de ring verwijdert, dan zal de ring een magnetisch aanmaken in dezelfde zin als de magnetisch veld van het staafmagneet (wet van Lenz!)

*Oefening 9: Een houten plank is opgesteld onder een bepaalde helling. Een gedeelte van de helling bevindt zich in een sterk magnetisch veld. Een aluminium schijf rolt van de helling naar beneden. Beschrijf de beweging van de schijf.



De aluminium schijf wekt een magnetisch veld op tegengesteld aan het magnetisch veld in het rechthoekje (wet van Lenz --> het magnetisch veld van het schijfje zijn dus puntjes; komen uit het blad). Hierdoor wordt het schijfje afgeremd eenmaal het het magnetisch veld binnenkomt.

*Oefening 10: Een spoel bevindt zich in een magnetische veld met veldsterkte B. De hoek tussen het kader en het magnetisch veld bedraagt 45° .

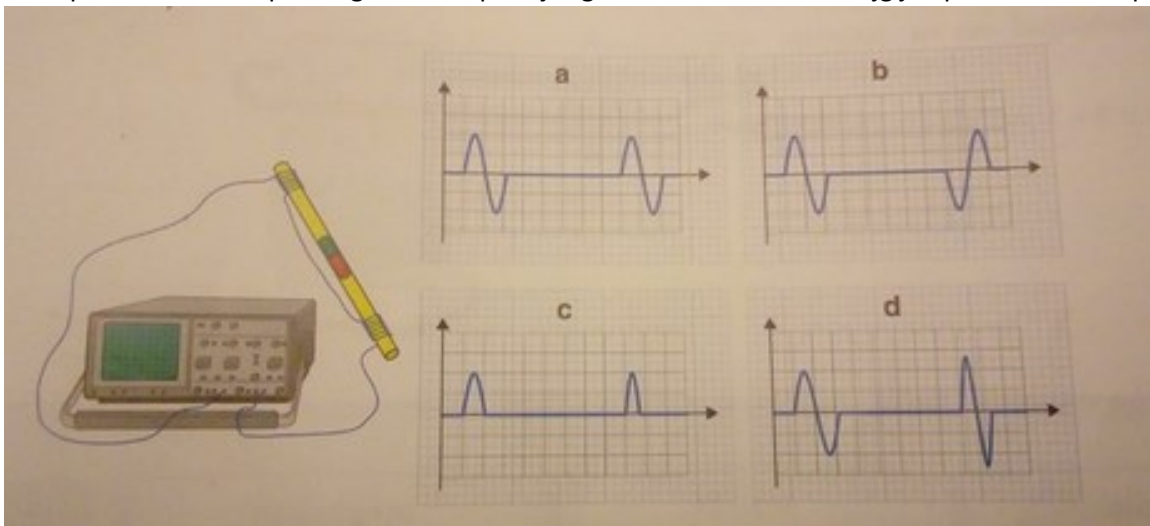
--> Juist of fout?

--> a) Alleen als de spoel naar de loodrechte stand gedraaid wordt, ontstaat een inductiespanning.

- > Neen, bij elke draaiing ontstaat een inductiespanning omdat zo de flux afhankelijk is van de hoek α , als de hoek verandert, dan verandert de flux (flux = $B \cdot A \cdot \sin \alpha$), als de flux verandert, ontstaat een inductiespanning: $U_i = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
- > b) Er treedt een inductiespanning op zolang de fluxverandering duurt
--> Juist, inductiespanning is afhankelijk van de fluxverandering.
- > c) Er treedt alleen een inductiespanning op bij fluxvermeerdering van de spoel.
--> Neen, de flux mag ook verminderen, de enige voorwaarde is dat de flux verandert, daarom staat die delta voor de Φ !
- > d) Verandering van de middenstof in de spoel heeft een invloed op de flux door de spoel.
--> Als de middenstof verandert, verandert μ , als dit verandert, verandert de magnetische veldsterkte ($B = \mu \cdot \frac{NI}{l}$), als die verandert, dan verandert de magnetische flux ($\Phi = |B| \cdot A \cdot \sin \alpha$), als de flux verandert, dus de stelling is juist.

*Oefening 12: (Vlaamse fysica-olympiade) Rond een schuin geplaatste holle plastic buis bevindt zich aan elk uiteinde een spoeltje. De twee spoeltjes zijn op dezelfde manier gewikkeld en in serie geschakeld.

Door de buis laat men een cilindervormige permanente magneet naar beneden vallen. Met een computer wordt de spanning over de spoeltjes gemeten. Welk beeld krijg je op de oscilloscoop?



We kunnen al met zekerheid zeggen...

c = KO --> wisselspanning = sinusfunctie = periodiek met schommelingen, dit is hier niet zo.

b = KO --> Sinusfunctie is periodiek, deze functie is niet periodiek (maar gespiegeld)

a = KO --> Als deze juist zou zijn, dan veranderde er niks, dan zou men niks naar beneden laten hebben gevallen.

d = OK --> Omdat er iets naar beneden valt erin, verandert de flux (want: B verandert), doordat de flux verandert, verandert de inductiestroom. Dit zien we aan verandering van de amplitude van onze sinusfunctie!

9.3) Elektrische energie opwekken

9.3.1) Elektriciteitsnet

*Elektriciteit = basis van onze industrie

--> Elektriciteitsnet: (1) Elektriciteitscentrale met spanningsgenerator: wekt elektrische E op.

(2) In de 1^{ste} transformator wordt spanning aangepast

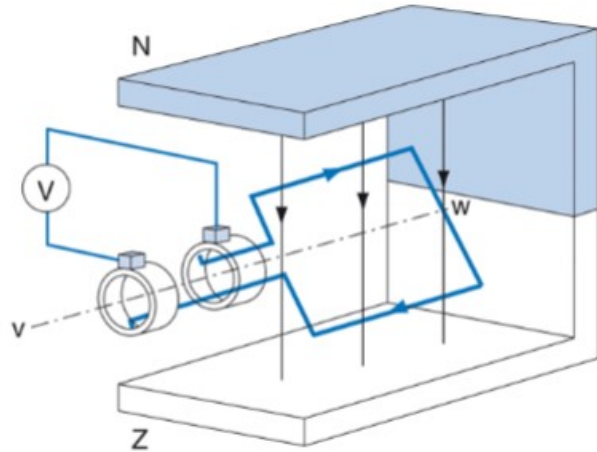
(3) Via hoogspanningsleidingen gaat de elektriciteit naar de 2^{de} transformator

- (4) Daar wordt de spanning aangepast tot netspanning: 230 V.
 (5) Daarna komt de elektriciteit tot aan de gebruiker.
 --> We verdiepen ons nu in de generator en transformator

9.3.2) De spanningsgenerator

*In een elektriciteitscentrale is een dynamo die bewegingsenergie (mechanische energie) omzet naar elektrische energie een spanningsgenerator (net zoals de dynamo van je fiets bijvoorbeeld).

Hierlangs staat een spanningsgenerator opgesteld: Een magnetische veldsterkte B gaat van de noord- naar de zuidpool, de winding zal onder invloed van de Lorentzkracht ($F = BIL \cdot \sin \alpha$) draaien, echter als het draait dan verandert de hoek α steeds, als deze hoek verandert, verandert de flux ($\phi = B \cdot A \cdot \sin \alpha$) (want: er kunnen minder veldlijnen door de winding), als deze flux verandert, verandert gelijk ook de geïnduceerde spanning ($U = -N \cdot \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$). Door deze constante verandering (omdat de spanningsgenerator draait) wordt een **wisselspanning** opgewekt.



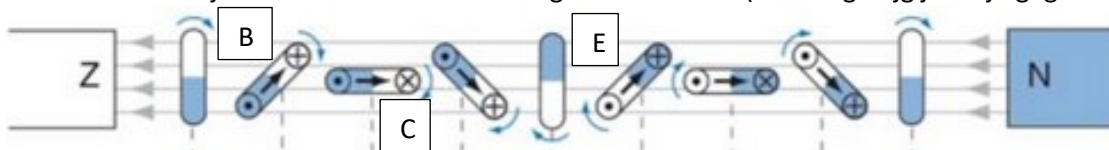
Let op:

De spanningsgenerator lijkt zéér fel op de elektromotor! Het verschil ligt in de functie!

--> De spanningsgenerator wil kinetische energie omzetten naar elektrische energie.

--> De elektromotor wil elektrische energie omzetten naar kinetische energie (herinner jezelf het proefje).

*Schematisch kan je het draaien van de winding zo voorstellen (tekening krijg je altijd gegeven):



--> Als tekening draait van B naar C dan neemt de flux toe (er kunnen méér veldlijnen door de winding (zie tekening eerder deze pagina)

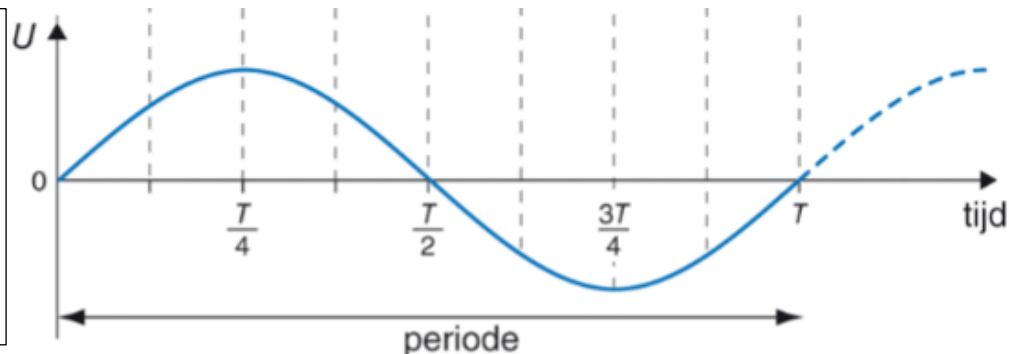
--> Als de flux afneemt, neemt de geïnduceerde spanning toe.

--> Van C naar E stijgt de flux weer, maar in tegengestelde zin (winding wordt nu 180° gedraaid).

--> Bij E is de spanning opnieuw 0, nu herhaalt het proces zich.

--> Dit kan men plotten in een grafiek, men verkrijgt een sinusfunctie:

Want:
generator draait de hele tijd!
1 periode wordt uitgedrukt in Hz (Herz)



*Wisselspanning (en de stroomsterkte die hier met gevolg uit voortkomt) wordt beschreven door een sinusfunctie, echter is men vaak geïnteresseerd in de effectieve waarde van deze spanningen/stromen.

--> De effectieve waarde is gelijk aan de waarde van de spanning die een geleider (die gelijkstroom levert) met éénzelfde ontwikkelde warmtehoeveelheid als een wisselstroomgeleider zou geven.

--> Experimenteel vindt men:

effectieve spanning --> $U_e = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$ (uw max is de top van uw sinusfunctie)

effectieve stroom --> $I_e = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$ (max is opnieuw de top van uw sinusfunctie)

--> Voorbeeldoefening: Via het net werd vroeger een wisselspanning van 110 V geleverd, dit was de effectieve spanning van de wisselstroom. Hoe groot was de maximale waarde die deze spanning bereikte?

→ Gegeven: $U_e = 110 \text{ V}$

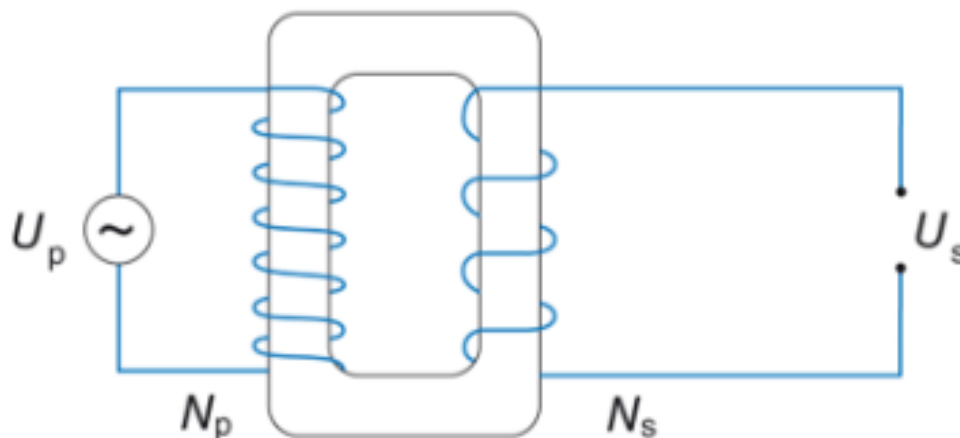
→ Gevraagd: U_{max}

→ Oplossing: $U_e = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \Leftrightarrow U_{max} = U_e \cdot \sqrt{2} = 110 \text{ V} \cdot \sqrt{2} = 156 \text{ V}$ (Afronden op 3BC)

9.3.3) De transformator

*Nadat elektrische energie gegenereerd is door de spanningsgenerator, moet ze getransformeerd worden (voor huishoudelijk gebruik/ander gebruik) door de transformator. We bekijken de werking van een transformator nu.

-->



--> Twee spoelen zijn gewikkeld rond een ijzeren kern

--> Eerste spoel = primaire spoel \Leftrightarrow tweede spoel = secundaire spoel

--> Stroom door primaire spoel veroorzaakt magnetisch veld ($B = \mu \cdot \frac{NI}{l}$) in ijzeren kern.

--> Als magnetisch veld wordt opgewerkt, verandert flux ($\Phi = |B| \cdot A \cdot \sin \alpha$) in secundaire spoel.

--> Door deze fluxverandering wordt een spanning U_s geïnduceerd: $U = -N \cdot \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t}$

*Men kan experimenteel aantonen dat de verhouding tussen de geïnduceerde spanningen, de windingen (N) en de stroomsterkten van de primaire- en secundaire kring wordt weergegeven door de formule: $\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$

--> Hoe groter $N(s)/N(p)$, hoe groter $U(s)$ --> Dus: hoe meer windingen de secundaire kring heeft, hoe groter de spanning door de secundaire kring.

--> In de ideale transformator is het ontwikkeld vermogen ($P = U \cdot I$) gelijk aan 1.

$$\frac{P_p}{P_i} = \frac{U_p \cdot I_p}{U_s \cdot I_s} = \frac{N_p \cdot N_s}{N_s \cdot N_p} = 1$$

*Toepassingen op de spanningsgenerator:

- > (1) Spanning optransformeren (hoger maken): in een elektriciteitscentrale wordt ze opgetransformeerd tot 300 000 kV, dit realiseert men door de windingen van de secundaire stroomkring groter te maken.
 - > Elektriciteit wordt via hoogspanningskabels vervoert (300 000 kV) dus, dit heeft als voordeel dat er weinig energie verloren gaat. In elke wijk staat een transformator die de spanning aftransformeert voor huishoudelijk gebruik (zie toepassing 2).
- > (2) Spanning aftransformeren tot laagspanning (bv. voor huishoudelijk gebruik; 230 V)
 - > Dit realiseert men door de windingen van de primaire stroomkring groter te maken.
- > (3) Stroom optransformeren: elektrisch lassen of booglassen

9.4) Einde schooljaar fysica

*Dit was het laatste van dit schooljaar fysica, je hebt alles overleefd! Van kernfysica tot elektriciteit tot magnetisme. Alles is voorbij! Hier nog wat educatieve memes voor dit examen.

