

NATIONALE

NATUURKUNDE OLYMPIADE

Eindronde - practicumtoets A

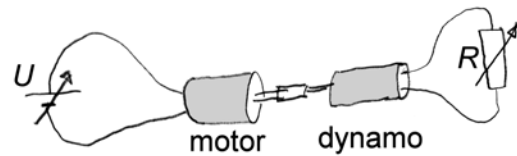
9 juni 2007

beschikbare tijd: 2x2 uur

# Rondom het rendement van een motor-dynamo-duo.

## Inleiding

Door aan een motor een elektrisch vermogen aan te bieden, kan hij een mechanisch vermogen leveren. Door dit mechanische vermogen weer aan een dynamo aan te bieden, wordt dit vermogen weer omgezet in elektrisch vermogen. Het is duidelijk dat deze omzettingen niet zonder verlies van vermogen gebeuren.



De motor zal bij elke aangeboden spanning een maximaal rendement leveren bij een bepaalde belasting. Die belasting wordt door de dynamo gegeven.

De dynamo krijgt het mechanische vermogen aangeleverd. Het rendement van de dynamo hangt af van de door het motor aangeleverde vermogen (aan de ene kant) en de belastingsweerstand (aan de andere kant).

## Benodigheden:

- Een motor, via de assen verbonden met een identieke motor die als dynamo dienst doet.
- Een variabele spanningbron (gestabiliseerd), die van 0 tot maximaal 6 volt kan leveren met een maximale stroomsterkte van 2A.
- Een variabele weerstand van  $1 \Omega$  tot  $50 \Omega$ .
- Snoertjes (10 stuks)
- 2 ampèremeters (0 – 2A) en 2 voltmeters (0 – 6V)

## Opdrachten:

Vooraf: Gebruik geen grotere spanning dan 6V. Zorg er verder voor dat de weerstand waarmee je de dynamo belast niet kleiner wordt dan  $1 \Omega$ .

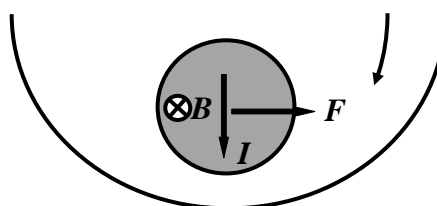
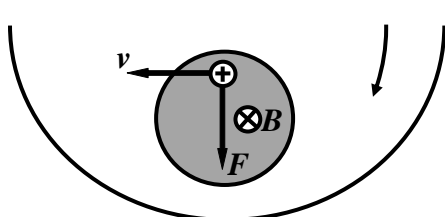
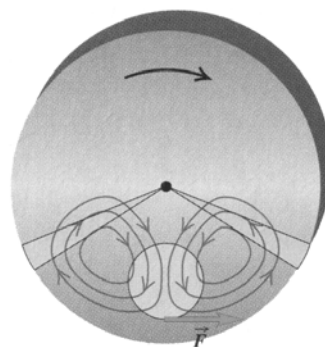
- Bepaal het maximale rendement van het motor-dynamo-duo bij een aan de motor aangeboden spanning van 3,5 V. Maak hiertoe een grafiek van het rendement als functie van de belastingsweerstand. Bedenk zelf hoe en wat je moet meten. Zorg dat duidelijk is wat je doet en waarom.
- Doe een gefundeerde uitspraak over de relatie tussen de aangeboden spanning aan de motor en de belastingsweerstand bij de dynamo voor het maximale rendement. Doe de hierbij benodigde metingen.

## Magnetische veldsterkte als functie van de afstand

### Inleiding

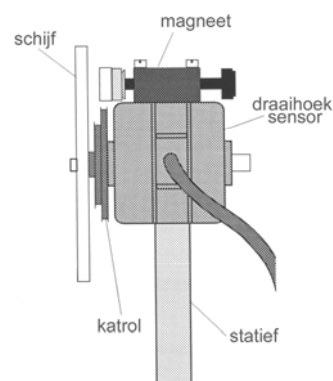
In de bekende voorbeelden van inductie spanningen en inductie stromen loopt de opgewekte stroom veelal door een circuit bestaande uit draden en andere (losse) componenten. Het is echter ook mogelijk dat als een geleider door een magneetveld beweegt (of zich in de buurt van veranderende magneetvelden bevindt) de inductie stromen door de geleider zelf stromen. Men spreekt dan over wervel stromen, in het Engels *eddy currents* genoemd.

Als voorbeeld staat hiernaast een geleidende schijf die met een zekere (hoek)snelheid ronddraait. Loodrecht op deze schijf, het papier in, heerst een lokaal magnetisch veld, aangegeven door het rondje onderaan in de figuur. Doordat er lading in een magneetveld beweegt, zal er op de lading in dit magneetveld een (Lorentz)kracht gaan werken. Deze kracht zorgt voor een radiale beweging van de lading en deze stroom zal rond moeten lopen omdat er geen ladingsophoping ontstaat. Dit is schematisch weergegeven in de figuur. Op deze radiale stroom zal ook een Lorentzkracht worden uitgeoefend. Deze is, ongeacht de draairichting, tegengesteld aan de draairichting en remt de beweging dus af. Beide stappen staan hieronder nogmaals schematische weergegeven.



### Experimentele opstelling

In de meetopstelling kan een geleidende schijf, evenals in het voorbeeld hierboven, in een vertikaal vlak ronddraaien. Aan de schijf is een katrol bevestigd. De schijf kan in beweging gebracht worden door een gewichtje, dat middels een touwtje met de katrol is verbonden, te laten vallen. Een magneetje kan op verschillende afstanden van de schijf worden gepositioneerd. De schijf is gemonteerd aan een zgn. draaihoeksensor. Deze is via een interface met de computer verbonden en meet de hoek of hoeksnelheid van de schijf als functie van de tijd. Als de straal  $r$  van de katrol bekend is, kan de snelheid van de vallende massa dus ook te bepaald worden. Hiernaast staat een zijaanzicht van de beschreven opstelling.



### Experiment

Bij geschikt gekozen gewichtje ( $m$ ) en afstand van magneet tot schijf ( $d$ ) zullen, na het loslaten van het gewichtje, de schijf en het gewichtje versnellen totdat er een evenwicht ontstaat tussen de zwaartekracht op het gewichtje, de tegenwerkende Lorentzkracht in de schijf en een (constant

veronderstelde) wrijvingskracht. De snelheid van het gewichtje wordt dan constant. Dit is te zien in de grafiek van de (hoek)snelheid tegen de tijd. Bij een grotere massa  $m$  zal deze (constante) snelheid groter zijn. Door de massa  $m$  te variëren en de bijbehorende eindsnelheid  $v$  te meten kan de relatie tussen  $m$  en  $v$  worden gevonden. Dit blijkt een lineair verband te zijn. De richtingscoëfficiënt van de grafiek van de snelheid  $v$  tegen de massa  $m$  is een functie van de magnetische veldsterkte  $B$ . Dat de grafiek niet door de oorsprong gaat, komt door de wrijvingskracht.

Door voor verschillende afstanden  $d$  de magnetische veldsterkte  $B$  te bepalen (uiteeraard op een constante na), is de relatie tussen  $d$  en  $B$  te bepalen.

## Theorie

Voor de beweging van de draaiende schijf geldt:

$$I \cdot \alpha = (m \cdot g - m \cdot a) \cdot r - M_f - M_B$$

Hierin is  $I$  het traagheidsmoment van de schijf,  $\alpha$  de hoekversnelling van de schijf,  $a$  de versnelling van het gewichtje,  $M_f$  het moment van de wrijvingskracht en  $M_B$  het moment van de magnetische kracht.

We nemen dus aan dat de wrijvingskracht een niet verwaarloosbare constant moment op de schijf uitoefent. De grootte van de inductiestroom is evenredig met de grootte van het magneetveld en de hoeksnelheid, de Lorentzkracht is evenredig met de inductiestroom en het magneetveld. Dit samen levert:

$$M_B = c \cdot B^2 \cdot \omega$$

Ingevuld in de eerste vergelijking levert dit:

$$I \cdot \alpha = (m \cdot g - m \cdot a) \cdot r - M_f - c \cdot B^2 \cdot \omega$$

Bij het vallen van de massa zal na enige tijd een constante snelheid  $v_e$  bereikt worden. In dat geval is zowel de hoekversnelling  $\alpha$  als de versnelling  $a$  nul dus vinden we voor de snelheid:

$$v_e = \left( \frac{g \cdot r^2}{c \cdot B^2} \right) \left[ m - \frac{M_f}{g \cdot r} \right]$$

## Opdracht

Toon experimenteel aan dat er in deze opstelling tussen het omgekeerde van de magnetische veldsterkte ( $1/B$ ) en de afstand  $d$  een lineair verband is. Bepaal zelf hoeveel en welke metingen je daarvoor uitvoert. De afstand tussen de magneet en de schijf mag niet meer dan 4 mm worden.

Laat in je uitvoering duidelijk zien wat je allemaal meet en waar je je meetwaarden gevonden hebt. Geef bijvoorbeeld duidelijk aan welke waarden je middels de computer hebt gevonden.

## Materialen

Je hebt de volgende materialen tot je beschikking:

- Meetcomputer, interface en draaihoeksensor.
- Meetopstelling waarbij de draaihoeksensor aan een statief is gemonteerd. De schijf met katrol is aan de draaihoeksensor bevestigd.
- De magneet is ook aan de draaihoeksensor bevestigd en kan op verschillende afstanden van de schijf geplaatst worden.
- Schuifmaat.
- Verschillend massa's.