

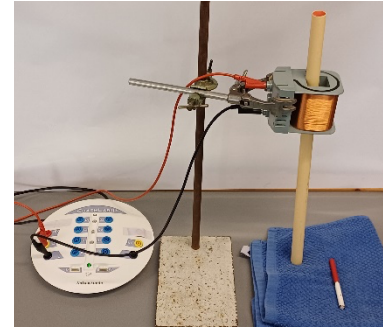
Practicum Inductiespanning

Inductiespanning

Algemene beschrijving

Omschrijving

Michael Faraday en Joseph Henry toonden rond 1830 aan dat een veranderd magnetisch veld een geïnduceerde spanning in een spoel kan veroorzaken. Wanneer de spoel een gesloten stroomkring betreft kan er zelfs een stroom in de spoel gaan lopen (ondanks dat er geen fysieke spanningsbron is aangesloten op de spoel). Met de opstelling in de figuur hiernaast kan een inductiespanning over de spoel worden gemeten. Van welke factoren is de geïnduceerde spanning afhankelijk



Welk wiskundig model kunnen we opstellen? Hoe kunnen we experimenteel toetsen of dit model klopt?

Leerdoelen inhoud

- Natuurkunde is modellen maken.
- Wat zijn modellen en hoe worden die door natuurkundigen gebruikt om te voorspellen?
- Welke factoren beïnvloeden de inductiespanning? Hoe kom je tot een simpele maar misschien nog niet perfecte formule?
- Onafhankelijke en afhankelijke variabelen.

Leerdoelen vaardigheid

- Model-denken

Voorkennis

- Bewegende lading wekt een magnetisch veld op.
- Een magneet wordt omringd door een magnetisch veld dat niet homogeen is.
- Vallende voorwerpen worden versneld tot het moment dat de luchtwrijving op het voorwerp gelijk is aan de zwaartekracht.

Benodigheden

- Twee spoelen (met een verschillend aantal windingen (bijvoorbeeld 600 en 1200 windingen)) die kunnen worden aangesloten op een Coach-Lab Interface
- Twee magneten (met een verschillende magnetische veldsterkte maar met dezelfde massa, lengte en dikte)
- Stroomdraden
- PVC-buis
- Statief met klemmen
- Coach-Lab

Docentenhandleiding

- Evt. een theedoek zodat er bij de val niets wordt beschadigd

Metten met Coach

Zie bijlage A.

Klassikale introductie van het practicum

- Herinner leerlingen aan een eerder experiment waarbij ze hebben gezien dat bewegende lading een magnetisch veld opwekt (bijvoorbeeld het experiment van Ørsted).

Uitvoering/verwerking

1. Klassikale introductie (zie hierboven).
2. Klassikaal: Laat een magneet door een spoel vallen en laat de leerlingen de (U_{ind}, t) -grafiek zien die gemaakt is in Coach.
3. In groepjes (10 minuten): Laat leerlingen een lijst maken met grootheden waar ze denken dat de opgewekte inductiespanning van afhankelijk is. Laat ze met de genoteerde grootheden een voorstel noteren voor de formule $U_{\text{ind}} = \dots$
 - a. Ondanks dat deze demo gaat over het model voor de inductiespanning is het uiteraard ook mogelijk om de leerlingen (die snel klaar zijn) alvast na te laten denken over een verklaring van de grafiekvorm. Wat is de betekenis van een negatieve en positieve spanning (waarom meten we ze bij deze demo allebei)? Wat zegt het snijpunt met de x-as ons? Waarom zijn de pieken niet even hoog? Etc.
4. Klassikaal: Inventariseer en maak een lijst op het bord met grootheden waar de opgewekte inductiespanning volgende leerlingen van afhankelijk is.
5. Klassikaal (of in groepjes (10 minuten)): Vraag leerlingen welke grootheden we met de beschikbare spullen kunnen onderzoeken/variëren. Hoe pakken we dit aan? Als we één grootheid variëren, hoe houden we de andere grootheden dan constant?
6. Klassikaal: verander, indien mogelijk, een aantal grootheden. Laat de magneet weer door de spoel vallen en kijk hoe de waarde voor U_{ind} verandert. Wordt deze groter of kleiner?
 - a. Het aantal windingen van de magneet is goed te variëren. Meer windingen resulteert in een grotere inductiespanning.
 - b. De sterkte van het magnetisch veld is alleen goed te variëren als het mogelijk is om twee magneten te gebruiken met een verschillende magnetische veldsterkte maar met dezelfde massa, dikte en lengte. Omdat de magneten vallen (en er dus een fluxverandering is) zullen leerlingen concluderen dat een grotere magnetische veldsterkte resulteert in een grotere inductiespanning.
 - c. De snelheid waarmee de magneet door de spoel beweegt (of tijd die de magneet in de spoel zit) is goed te veranderen. Je kunt dit doen door de magneet een zetje te geven óf door de spoel wat lager te zetten. In het laatste geval kan het zijn dat je door de ‘terugslag’ van de magneet op de theedoek meerdere pieken ziet (magneet beweegt weer een stukje terug in de spoel). Een hogere snelheid (en kortere tijd dat de magneet in de spoel zit) resulteert in een grotere inductiespanning.

7. In groepjes (5 minuten): laat leerlingen met de gevonden resultaten een eindformule voor U_{ind} noteren.
8. Klassikaal: inventariseer en maak samen een klassikale eindformule voor U_{ind} . Waarschijnlijk komen ze op: $U_{ind} \sim NBv$ of $U_{ind} \sim \frac{NB}{t}$
 - a. Magnetische veldsterkte: Leerlingen komen vaak wel op het idee dat de inductiespanning *iets* te maken heeft met de magnetische veldsterkte. Waarschijnlijk komen ze niet op het idee dat de opgewekte inductiespanning afhangt van de fluxverandering.
 - i. Opper dit idee, vraag leerlingen hoe we dit zouden kunnen controleren en voer deze controle uit óf
 - ii. Hou twee magneten met verschillende magnetische veldsterkte één voor één (stil) op dezelfde afstand van de spoel... De veldsterkte is nu anders maar er wordt toch geen inductiespanning opgewekt. Wat zegt deze observatie ons? Hoe passen we ons model aan?
 - b. Snelheid en tijd: bespreek met de leerlingen welk voorstel de voorkeur heeft: $U_{ind} \sim v$ of $U_{ind} \sim \frac{1}{t}$. Welke grootte is nauwkeuriger te meten? Kunnen we aannemen dat de snelheid tijdens de (korte) val constant is? Om welke snelheid gaat het überhaupt (de gemiddelde snelheid die de magneet heeft in de spoel? De snelheid waarmee de magneet de spoel íngaat of uitgaat?)?
9. Klassikaal: Noteer in overleg met de klas eventuele aanpassingen aan het model (nadat bovenstaande is besproken). Met oog op de vervolgo opdracht (werkblad 2) is het belangrijk dat leerlingen de juiste formule noteren in hun schrift: $U_{ind} \sim N \frac{d\varphi}{dt}$ met $\varphi = B_{\perp} \cdot A$.
10. Bespreek dat natuurkundig onderzoek vaak start op de manier waarop wij deze demo hebben aangepakt. Er wordt een observatie gedaan, er worden voorstellen voor modellen gedaan, er worden experimentele toetsen uitgevoerd en modellen worden weer aangepast.

Tips

- Eén van de applets van Phet is zeer geschikt om leerlingen te laten zien wat wordt bedoeld met een variërend aantal veldlijnen dat door de spoel prikt tijdens het vallen: [Faraday's Law \(colorado.edu\)](https://phet.colorado.edu/).

Organisatie

- Benodigde tijd: 50 minuten (klassikale intro, uitvoering/verwerking)
- Na de demo en bespreking kan het bijbehorende werkblad gemaakt worden (in een volgende les of als huiswerk).
- Leerlingen werken in groepjes van drie.

Voorbeeld resultaten

Leerlingen noemen qua variabelen bijvoorbeeld de volgende grootheden:

- Sterkte magneet
- Straal spoel
- Valtijd/snelheid/afstand
- Massa magneet
- Aantal windingen
- Lengte magneet
- Stroomrichting

Voorbeeld van een whiteboard van leerlingen.

Inductie spanning

$$U_{ind} = -B \cdot v \cdot N = -N \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \rightarrow -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$\Phi = \text{flux (maat voor aantal veldlijnen dat door de spoel prikt)} = B \cdot A \cdot \cos(\alpha)$

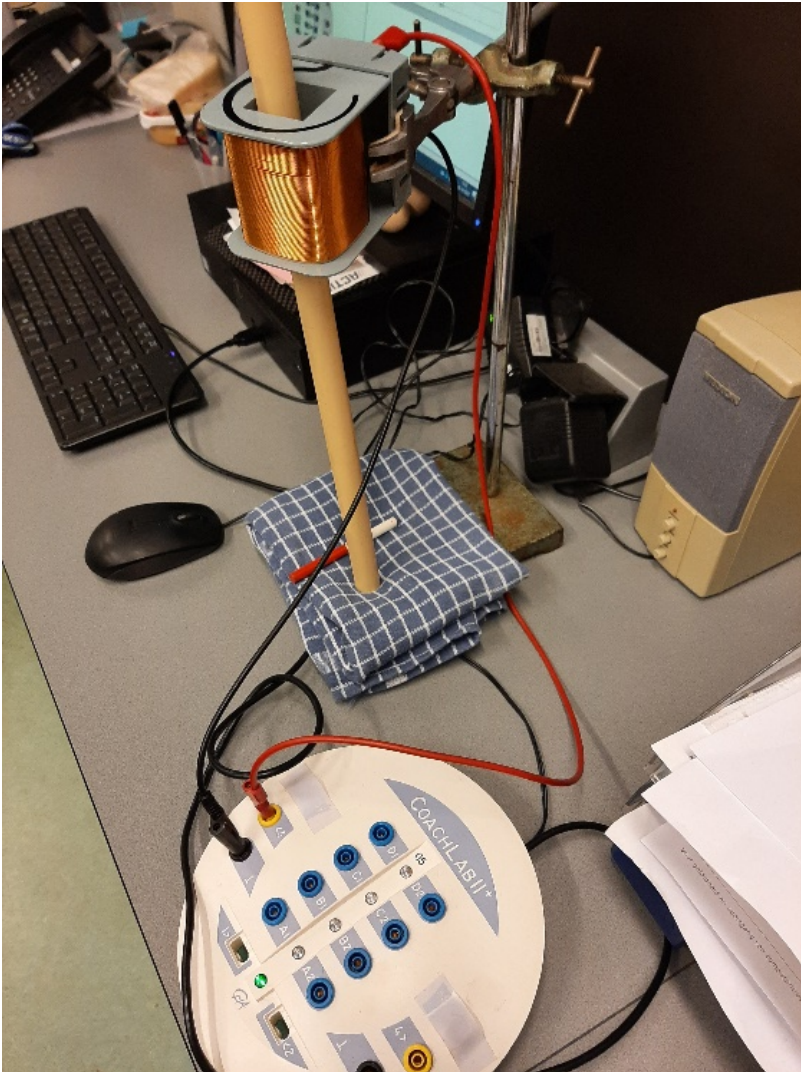
als de graaf de x-as snijdt zit de magneet in het midden van de spoel

U is afhankelijk van:

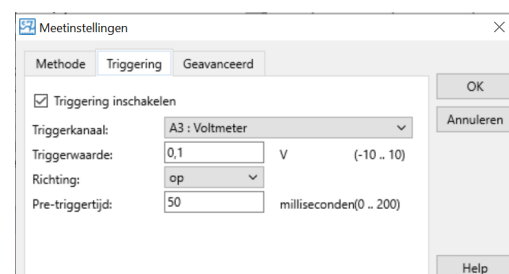
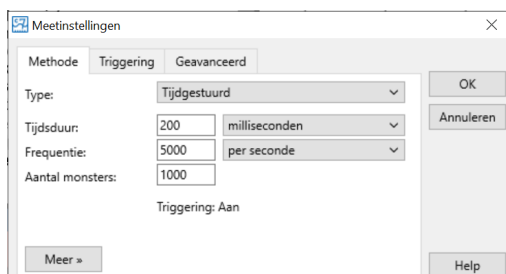
Onze hypothese =

- B - magnetisme
- l - afstand t.o.v. de spoel/snelheid
- I - stroomrichting

- Maak de opstelling die je ziet in de afbeelding hieronder:



- Open het bijgevoegde bestand in Coach 7: Magnetische inductie.cmr7
- Ga naar 'meetinstellingen' en stel de volgende gegevens in:



- Start de meting door op de groene driehoek te klikken.
- Laat de magneet door de spoel vallen (de meting start automatisch als aan de triggervoorwaarde wordt voldaan).