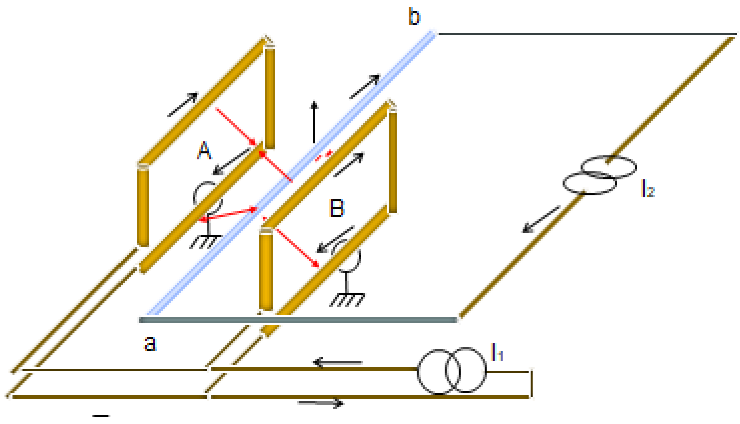
Elektromagnetische inductie

Ziehier een heel andere eenvoudige uitleg over het bijna door niemand volledig begrepen fenomeen van de elektro magnetische inductie, de grondslag van alle magnetische krachten die veroorzaakt worden door elektronen in beweging, met als voornaamste toepassing de elektrische motoren. Maar ook alle andere magnetische verschijnselen zijn door de hier beschreven uitleg te verklaren en ook wiskundig te bewijzen.

De wetten van Maxwell, Faraday, Ampére, Biot-Savart , Tesla en zo voort zijn allemaal eenvoudig uit te leggen door te steunen op twee eenvoudige wetten, namelijk de wet van Coulomb en de relativiteit wet van Einstein die de Coulomb wet heeft aangevuld ingeval van ladingen in beweging.

De louter experimentele wet van coulomb is namelijk $F_E = \frac{Q_1.Q_2}{4.\pi.\varepsilon.r^2}$. Hierin is Q_n ladingen of een groep afgezonderde elektronen, ε is de permitivity constante bestaande uit $\varepsilon_0.\varepsilon_r$ met $\varepsilon_0 = 8.8542\,.\,10^{-12}\left[\frac{F}{m}\right]$ in open lucht of vacuum en ε_r een relatieve constante afhankelijk van het materiaal ten opzichte van lucht. Wanneer in een formule een natuurconstante voorkomt betekent dat men niet begrijpt waarom dat zo is! Maar welke leraar heeft dat ooit durven zeggen in de klas. Noteer dat $4.\pi.r^2$ de omtrek van een bol is, en dat men dus de natuurconstante zo gekozen hebben dat de oppervlakte van een bol (en ook de omtrek van een cirkel) men er gemakkelijk kan uithalen. Maar dat is puur wiskunde en heeft geen enkele fysische verklaring.
$F_E = Elektro - statische - kracht[N]$ dus voor ladingen die stilstaan.
Noteer dat deze getallen vectoren zijn en dus ook vectoriëel moeten opgeteld worden.
Einstein heeft deze wet aangevuld ingeval de ladingen in beweging zijn en deze luidt $F_M = \frac{Q_1.Q_2.v_1.v_2}{4.\pi.\varepsilon.r^2.c^2}$.
Hierin is v_n de snelheden van de bewegende elektronen (stroom) en c de snelheid van het licht, ongeveer 300000km/s. De totale kracht is dus $F_T = F_E + F_M$ .Maar in vele gevallen is $F_E = 0$, immers in een draad zijn er, in rust, evenveel elektronen als protonen, en beide ladingen heffen elkaar op zodat wel degelijk $F_E = F_{elektr} - F_{proton} = 0$ maar niet F_M die louter rekening houdt met de vrije elektronen in beweging.
Noteer dat magneten zich op een gelijkaardige manier gedragen, meer nog dat er geen verschil is tussen een magneet en een mooi opgerolde draad doorlopen door een stroom.
Hebben magneten dan een eeuwig durende kracht uit het niets?
Natuurlijk niet, als we twee magneten uit elkaar willen houden hebben we een (spier)kracht nodig die juist even groot is als de kracht tussen de magneten. Het is omdat magneten (in een motor, of ergens anders)vast geankerd zijn (aan de grond of vast gemaakt aan een frame) dat zij het frame verbuigen en zich als een veer gedragen die een zekere trekkracht heeft.
Nu hebben we nog een andere wet nodig, namelijk de wet van Ampére, die afgeleid is uit de wet van Coulomb, die zegt dat twee draden die parallel lopen en door een stroom doorlopen worden elkaar aantrekken als de stromen in beide draden in dezelfde richting lopen en elkaar afstoten wanneer de stromen in tegenovergestelde richting lopen. In formule vorm $F_D = \frac{\mu.I_1.I_2.l}{2.\pi.d}$. (Merk op de gelijkenis met de wet van Coulomb). Hierin is $\mu = \mu_0.\mu_r$ een constante waarin $\mu_0 = 4.\pi.10^{-7}[H/m]$ en μ_r relatieve materiaal waarde ten opzichte het luchtledige. Noteer dat dit een volkomen nutteloze constante is vermits $\mu.\varepsilon = \frac{1}{c^2}$ en we ε en c hiervoor al gedefinieerd hebben. Ook hier zijn dit vectoren en moeten we rekening houden met de richting (of cos(θ)) tussen de twee draden. En als ze loodrecht op elkaar staan dan is θ=90° of cos(θ)=0 en dus ook $F_d = 0$.
OK, dit gezegd zijnde gaan we nu eens zien wat er gebeurt wanneer we de volgende opstelling hebben zoals afgebeeld in Figuur 1.



Figuur 1

Hierin is een stroombron een generator van elektronen in een bepaalde richting. Indien we aannemen dat de weerstand van een draad veel maal kleiner is dan de weerstand *R* dan is een stroombron niets anders dan $\frac{V}{R} = I[A]$.
Bekijken we Figuur 1 dan zien we dat een stroombron is aangesloten aan twee draden die een rechthoek vormen ,maar door dezelfde stroom doorlopen worden. Deze twee draden zijn stevig, wel is waar geïsoleerd, aan de grond (of frame) verbonden. Daar tussenin hangt een vrij opgehangen draad die ook door een stroom doorlopen wordt hetzij in dezelfde richting of in tegenovergestelde richting dan de twee andere (vaste) draden.
Als we eerst aannemen dat in de losse draad de stroom in dezelfde richting stroomt als in de bovenste gedeelten van de vaste draden dan, mits toepassing van de wet van Ampére, zien we dat deze de losse draad aantrekken, maar de onderste draadgedeelte deze losse draad afstoten. Vermits het vectoren zijn moeten we dit vectorïeel optellen zoals aangeduid in Figuur 1. Met andere woorden de losse draad wordt met een kracht F_{MT} naar boven gestuwd. F_{MT} is de totale vectorïele som van de vier coulomb krachten van bewegende elektronen.
Noteer dat de opstaande stukken draad geen bijdrage leveren vermits deze loodrecht op de losse draad staan en dan is, zoals hierboven aangehaald, $cos(\theta = 90°) = 0$ en dus $F_D = 0$. De juiste cijfers invullen is een louter wiskundig probleem, om de exacte kracht te bepalen waarmee de losse draad naar omhoog wordt gestuwd.
Noteer als in de losse draad de stroom in de andere richting gaat, de losse draad naar beneden wordt gestuwd.
Noteer dat als ik in plaats van één winding voor gelijk welke draad *n*-windingen gebruik dat de krachten met *n* worden vermenigvuldigd. En als ik die draad rond een kern draai die een andere μ_r waarde heeft, waarvan sommige ferriet materialen een waarde tussen 80 tot 3000 hebben, wordt hierdoor deze kracht ook met deze term vermenigvuldigd.

Epiloog

Wat ik hier wil benadrukken is dat ik, in heel mijn uitleg, in het geheel geen elektrisch veld of magnetisch veld heb nodig gehad, en ik dat dus als zinloos geklets beschouw. Alles is even goed (zelfs beter) uit te leggen zowel de fysische betekenis als de wiskundige uitwerking zonder een obscure magnetische of elektrische velden theorie te moeten bij sleuren.(Ook al geeft deze theorie dezelfde resultaten). Maar wat lading eigenlijk is kan ik ook niet verklaren en blijft vandaag nog voor heel de wereld een onverklaarbare eigenschap van de natuur.

Jan Spaenjers

Annex

Coulomb kracht tussen paralellen draden

Proberen we even een opstelling te maken van twee paralellen draden waarin de stromen I_1, I_2 lopen zoals te zien is in Figuur 1.en trachten we de kracht (F_M), met de wet van Coulomb (voor bewegende ladingen) uit te rekenen welke bestaat tussen deze twee draden, of meer precies de kracht van draad met de stroom I_1 ten overstaan van een punt op de draad met stroom I_2. En natuurlijk is daarna ook omgekeerd, die natuurlijk dezelfde berekening is maar dan bekeken vanuit de draad met stroom I_2 .

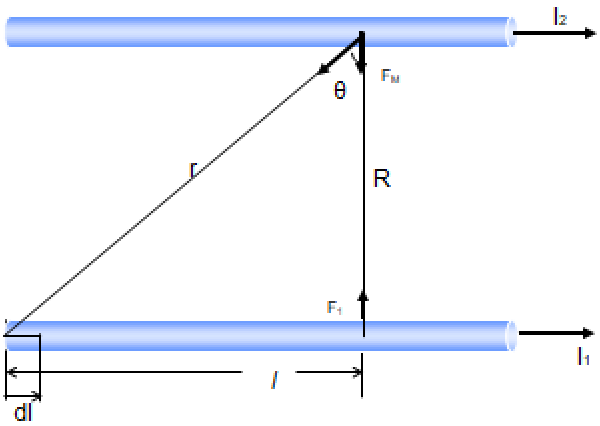


Fig 1

Twee parallele draden doorlopen door I1 en I2

Figuur 1

We nemen aan dat de lengte (l) vele malen groter is dan de afstand (R) tussen de draden.

We beginnen met de overbekende Coulomb formule die luidt als volgt: $F_M = \frac{Q_1.Q_2.v^2.\hat{\mathrm{r}}}{4.\pi.\varepsilon.r^2.c^2}$. Hierin is r̂ een richting coëfficiënt waar we hier in deze opstelling wel degelijk rekening moeten mee houden.

Vermits $u_0 = \frac{1}{\varepsilon_0.c^2}$ kunnen we de formule vereenvoudigen tot

$F_M = \frac{\mu_0.Q_1.Q_2.v^2.\hat{\mathrm{r}}}{4.\pi.r^2}$ en vermits we niet geïnteresseerd zijn in de draad met stroom I_2 met een lengte l en de (drift)snelheid in beide draden hetzelfde is brengen we dit naar voor en bekomen we $\frac{F_M}{Q_2.v^2} = \frac{\mu_0.Q_1.\hat{\mathrm{r}}}{4.\pi.r^2}$.

Nu beschouwen we een infinitief klein stukje draad dl waarop een infinitief kleine kracht dF_M zal uit geoefend worden, en daarna gaan we dat stukje draad verlengen van dl tot l. Dit wordt in de wiskunde het differentiëren en daarna integreren van het probleem genoemd om het te kunnen berekenen. En we gaan proberen de kracht F_M te berekenen op een willekeurig punt P van draad met stroom I_2.

Of $\frac{d(F_M)}{Q_2} = \frac{u_0.d(Q_1).v^2\hat{\mathrm{r}}}{4.\pi.r^2}$. Nu zien we dat in deze formule er twee variabele elementen in staan namelijk $d(Q_1)$ en r . We moeten daarom een relatie vinden tussen $d(Q_1)$ en r zodat we daarna deze differentiaal kunnen integreren, voor alle punten P van draad met I_2 .

Nu weten we dat $Q = I.t$ over de ganse lengte l van de draad, maar over de lengte dl zal er dus maar een lading van $dQ = It.dl/l$ zijn, (de volledige lading ($I.t$) maal een klein stukje van de lengte dl gedeeld door de totale lengte).

Onze formule wordt dus $\frac{d(F_M)}{Q_2.v^2} = \frac{u_0.I_1..t.dl.\hat{r}}{4.\pi.r^2.l}$ We moeten nu nog een relatie tussen r en l vinden.

In Figuur 1 zien we dat $r.sin(\theta) = R$ dus $r = \frac{R}{sin(\theta)}$ en natuurlijk $r^2 = \frac{R^2}{sin^2(\theta)}$ en langs de andere kant zien we dat $\frac{R}{l} = cotg(\theta)$ of $l = \frac{R}{cotg(\theta)} = \frac{R.sin(\theta)}{cos(\theta)}$ en daaruit volgt ook dat voor $dl = R.d.\left(cotg(\theta)\right)$.

Nu moeten we onze wiskunde boeken napluizen en daarin vinden we (ik kan dat ook bewijzen) dat $d\left(cotg(\theta)\right) = \frac{d(\theta)}{sin^2(\theta)}$.

Stoppen we al deze kennis in onze formule dan bekomen we $\frac{d(F_M)}{Q_2.v^2} = \frac{u_0.I_1..t.R.d(\theta).sin^2(\theta).\hat{r}}{4.\pi.R^2.sin^2(\theta).l} = \frac{u_0.I_1..t.d(\theta).\hat{r}}{4.\pi.R.l}$

Maar dit is in de richting van $\hat{r}$, maar wat we nodig hebben is de richting loodrecht tussen de draden. En alleen $\hat{r}.sin(\theta)$ is van belang, dus schrijven we $\frac{d(F_M)}{Q_2.v^2} = \frac{u_0.I_1..t.\hat{r}.sin(\theta).d(\theta)}{4.\pi.R.l}$.

Integreren we nu tussen $\theta = 0° \; en \; 90°$ wat overeen komt met $l = 0 \; en \; \infty$ dan hebben we:

$\frac{\int d(F_M)}{Q_2.v^2} = \int_{0°}^{90°} \frac{u_0.I_1..t.\hat{r}.sin(\theta).d(\theta)}{4.\pi.R.l} = \frac{u_0.I_1..t.\hat{r}.cos(\theta)I_{0°}^{90°}}{4.\pi.R.l}$. Nu is $cos(\theta)_{0°}^{90°} = 1$ en verder uitgewerkt is dan $F_M = \frac{Q_2.v^2u_0.I_1..t.\hat{r}.1}{4.\pi.R.l} = \frac{I_2.v^2u_0.I_1..t.\hat{r}.}{4.\pi.R.l}$

Met $v = \frac{l}{t}$ en $Q = I.t$ bekomen we $F_M = \frac{I_2.t.l^2u_0.I_1..t.\hat{r}.}{t^2 4.\pi.R.l} = \frac{I_1.I_2.l.u_0.\hat{r}}{4.\pi.R}$

Vermits dit de kracht is tussen draad met I_2 ten opzichte van een punt op I_1 gebeurt natuurlijk het omgekeerde ook zodat de wederzijdse kracht tussen draad met I_1 en met I_2 het dubbele is en dan wordt de uiteindelijke uitdrukking.

$$\boxed{F_{M1,2} = \frac{I_1.I_2.l.u_0.\hat{r}}{2.\pi.R}}$$

(Men zal merken dat deze benadering sterk gelijkt op de wet van Biot en Savart, maar zonder beroep te doen op een $B\ veld$).

Noteer als de draden met lengte l niet oneindig lang zijn dan zal ook de hoek θ geen *0°* zijn maar een (zeer) kleine waarde hebben die dan in aanmerking moet genomen worden in de grenzen tot waar de integraal moet uitgevoerd worden.

Besluit

Men ziet hier weer dat men dit kan bereiken zonder éénmaal het magnetisch veld of elektrisch veld er bij te sleuren. Eens te meer is hier bewezen dat de velden theorie een overbodige nutteloze redenering is om **fysische** verschijnselen zoals kracht tussen draden aan te tonen en wiskundig te berekenen. Ik vraag me nog steeds af wanneer ze dit nu eens in de scholen, gaan invoeren in plaats van ons te overladen met mysterieuze magnetische velden die geen enkele leraar fatsoenlijk kan uitleggen, laat staan dat de leerlingen het begrijpen.

Begrijp me niet verkeerd de wetten van Maxwell die het verband leggen tussen Elektrische velden en Magnetische velden volgens de velden theorie gebaseerd op gradiënten ten opzichte van tijd en afstand zijn juist, (en ik heb ze gedurende mijn loopbaan verscheidene keren gebruikt), maar eerder van toepassing voor het hoger en universiteit onderwijs als je wel degelijk verder je wilt verdiepen in vectoren leer in drie dimensies en de pure wiskundige regels volgt maar je geen enkele verklaring geeft over de fysische verschijnselen die er gebeuren.

Jan Spaenjers