Wanneer kikkers vliegen

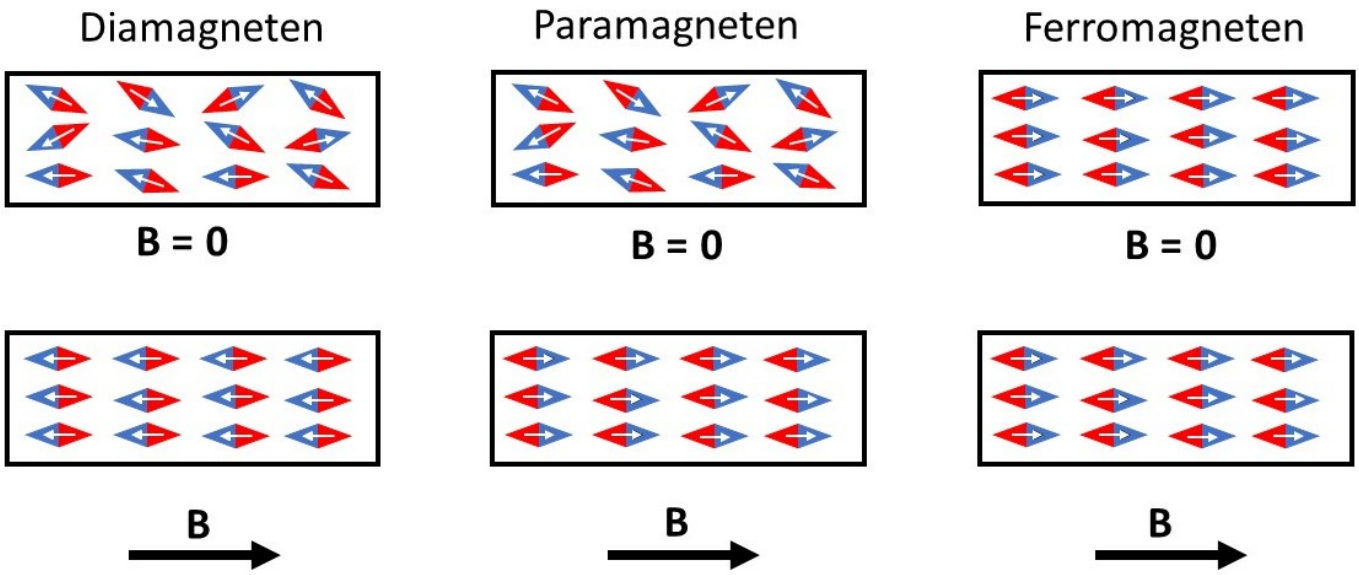
De Ig Nobelprijs is een jaarlijkse prijs voor onderzoek dat mensen laat lachen, maar dat stiekem ook interessante consequenties kan hebben. In 2000 werd de prestigieuze prijs uitgereikt aan onderzoekers die bewezen dat je met magneten kikkers kunt laten zweven.

Afbeelding 1. Een roodoogmakikikker in Costa Rica. Afbeelding gemaakt door Zdeněk Macháček.

Voordat we het specifiek over zwevende kikkers kunnen hebben, moeten we begrijpen hoe magneten überhaupt een object kunnen laten zweven. Alle magnetische fenomenen worden

veroorzaakt door bewegende elektrische ladingen. Als je op atomaire schaal naar een magnetisch materiaal zou kijken, dan zou je allemaal bewegende ladingen waarnemen. Alles is namelijk gemaakt van atomen, en in atomen zitten negatief geladen elektronen die rond de positief geladen atoomkern bewegen. Op macroscopische schaal zijn deze bewegende ladingen zo klein dat we atomen behandelen als magnetische dipolen. Normaal gesproken heffen al deze dipolen in een stof elkaar op, omdat atomen op willekeurige wijze georiënteerd zijn, maar als er een extern magnetisch veld aanwezig is, krijgt de stof een *magnetische polarisatie*. Dit betekent dat alle magnetische dipolen in dezelfde richting georiënteerd zijn, en dat zorgt ervoor dat de stof magnetisch wordt. Het effect is vergelijkbaar met elektrische polarisatie, waarbij elektrische ladingen in de richting van een elektrisch veld georiënteerd zijn.

Bij magnetische polarisatie zijn er echter twee opties. De magnetische polarisatie kan in dezelfde richting georiënteerd zijn als het externe magnetische veld, waarbij de stof wordt aangetrokken door het veld; dat noemen we **paramagnetisme**. De magnetische polarisatie kan echter ook tegengesteld gericht zijn aan het externe veld, waardoor de stof wordt afgestoten door het veld; dat noemen we **diamagnetisme**. Zowel paramagneten als diamagneten zijn afhankelijk van een extern magnetisch veld. Zonder extern veld zijn zulke stoffen niet magnetisch. Er is nog een derde categorie stoffen, de zogeheten **ferromagneten**. Voorbeelden van ferromagneten zijn ijzer en nikkel. Dergelijke stoffen behouden hun magnetisme, zelfs als er geen extern magnetisch veld aanwezig is. Voor die stoffen wordt de magnetisatie niet bepaald door het huidige magnetische veld, maar door de ‘geschiedenis’ van het voorwerp.



Afbeelding 2. Verschillende soorten magnetisme. Als er geen extern magnetisch veld B aanwezig is, dan zijn de magnetische dipolen in diamagnetische en paramagnetische stoffen willekeurig georiënteerd. Als er een extern magnetisch veld aanwezig is, vindt er magnetische polarisatie plaats. Als de polarisatie tegenovergesteld gericht is aan het externe veld, dan is er sprake van diamagnetisme. Als de polarisatie en het externe veld dezelfde richting hebben, dan is er sprake van paramagnetisme. Bij ferromagnetische stoffen is de magnetische polarisatie altijd aanwezig, ook al is er geen extern magnetisch veld.

Wat heeft dit met zwevende kikkers te maken? In 1997 hebben Andre Geim en Michael Berry onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om aan de hand van sterke magnetische velden voorwerpen te laten zweven. Diamagneten worden namelijk afgestoten door een extern magnetisch veld, dus als dit veld omhoog gericht en sterk genoeg is, zou het mogelijk moeten zijn om de zwaartekracht op te heffen. Aan de hand van wiskundige berekeningen hebben Van Geim en Berry bewezen dat het inderdaad mogelijk is om diamagneten te laten zweven. Dit fenomeen wordt diamagnetische levitatie genoemd. Ze hebben daarnaast ook wiskundig aangetoond dat paramagneten en ferromagneten niet kunnen zweven. Vervolgens hebben zij diamagnetische levitatie getest door meerdere objecten zoals plastic balletjes, en zelfs een levende kikker, te laten zweven met behulp van een magneet – zie de onderstaande video.

Maar een kikker is toch niet magnetisch? Hoe kan die dan zweven? Dan komt doordat alle stoffen een diamagnetische bijdrage hebben, maar die bijdrage is meestal heel zwak. Als er

andere effecten aan het magnetisme van de stof bijdragen, zoals paramagnetisme en ferromagnetisme, dan is de diamagnetische bijdrage verwaarloosbaar. Stoffen zijn dus alleen diamagnetisch als er geen andere bijdrage is aan hun magnetische eigenschappen. Voorbeelden van zulke diamagnetische stoffen zijn hout, de meeste andere organische stoffen zoals aardolie, sommige soorten plastic, en… water! Het feit dat water diamagnetisch is, zorgt ervoor dat we kikkers kunnen laten zweven. Kikkers bestaan voor een groot gedeelte uit water en hierdoor zijn ze effectief diamagnetisch. Diamagnetische stoffen kunnen zweven, en dus is het dus ook mogelijk om kikkers te laten zweven.

Dit onderzoek lijkt misschien bizar, zoals natuurlijk de meeste Ig Nobelprijs-winnende onderzoeken, maar het heeft wel degelijk mogelijke toepassingen. Door te bewijzen dat diamagnetische stoffen kunnen zweven, openden Geim en Berry de deur naar onderzoek naar diamagnetische levitatie. In september 2009 meldde het Jet Propulsion Lab van NASA dat het was gelukt om een muis te laten zweven door gebruik te maken van een supergeleidende magneet. Dat was een spectaculair resultaat, want een muis is biologisch gezien nauwer verwant aan de mens dan een kikker. Misschien lukt het ons in de toekomst nog eens om zelf rond te zweven dankzij magneten.

Bron:

Berry, Michael V., and Andre K. Geim. “Of flying frogs and levitrons.” *European Journal of Physics* 18.4 (1997): 307.