



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de wetenschappen en technologie

Masterthesis

Het effect van opfrismodules aan de start van de educatieve master op de motivatie en het zelfvertrouwen

Bram Pawlak

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Educatieve master in de wetenschappen en technologie, afstudeerrichting wetenschappen

PROMOTOR :

Prof. dr. Kristien BRASSINNE

COPROMOTOR :

Prof. dr. ir. Sabine BERTHO



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2022
2023



School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de wetenschappen en technologie

Masterthesis

Het effect van opfrismodules aan de start van de educatieve master op de motivatie en het zelfvertrouwen

Bram Pawlak

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Educatieve master in de wetenschappen en technologie, afstudeerrichting wetenschappen

PROMOTOR :

Prof. dr. Kristien BRASSINNE

COPROMOTOR :

Prof. dr. ir. Sabine BERTHO

Het effect van opfrismodules aan de start van de educatieve master op de motivatie en het zelfvertrouwen

Anneleen Daniels

Filip Habex

Lien Verstrepen

Bram Pawlak

1. Inhoudstafel

1. Inhoudstafel	1
2. Abstract	2
3. Probleemstelling	3
4. Literatuurstudie	4
4.1 Inleiding	4
4.2 Welke invloed heeft een opfrismodule op de motivatie en het zelfvertrouwen van studenten aan het begin van de educatieve master?	4
4.3 Hoe belangrijk is vakkennis voor beginnende leerkrachten?	6
4.4 Hoe effectief werkt een online leerpad ten opzichte van 'echte' fysieke lessen op het vlak van motivatie?	8
4.5 Op welke manier schaaft je het beste je vakkennis bij?	10
5. Onderzoeksopzet en methoden	13
6. Onderzoeksresultaten en discussie	16
6.1 Enquête vakkennis van de verschillende onderwerpen	16
6.2 Opstellen van de opfrismodules en verspreiding naar studenten	27
6.3 Interview fysica	28
6.4 Interviews chemie	29
6.5 Samenvatting/vergelijking van resultaten	30
7. Conclusie	31
8. Referentielijst	32
9. Bijlagen	37
9.1 Bijlage 1: Opfrismodule fysica	37
9.2 Bijlage 2. Opfrismodule chemie: Redoxreacties	106
9.3 Bijlage 3. Opfrismodule chemie: Zuur-base	120
9.4 Bijlage 4: Creatief product	162
9.5 Bijlage 5: Transcript interview Fysica	163
9.6 Bijlage 6: Transcript interview chemie (Verkorte educatieve master)	168
9.7 Bijlage 7: Transcript interview chemie (LIO student)	171

2. Abstract

Motivatie en zelfvertrouwen zijn twee essentiële factoren voor het doorlopen en afronden van een opleiding. Het maken van een keuze voor een specifieke opleiding is zeker niet evident. Na de start wordt vaak duidelijk of de keuze aan de verwachtingen voldoet en of er voldoende basis en kennis aanwezig is bij studenten om de opleiding succesvol af te ronden. Studenten kunnen vanuit verschillende achtergronden en situaties instappen. Er zijn studenten die rechtstreeks van het middelbaar doorstromen, studenten die na het behalen van een bachelor of master kiezen voor een vervolgopleiding en studenten die instappen na een kort- (enkele maanden tot een jaar) of langdurige (meerdere jaren) periode werkzaam te zijn geweest op de arbeidsmarkt. Voor deze laatste groep kan de basiskennis afgezwakt en niet up-to-date zijn.

De masterproef beoogt onderzoek naar de invloed van opfrismodules op de motivatie en/of het zelfvertrouwen van studenten aan het begin van de educatieve masteropleiding. Het onderzoek is gebaseerd op binnen-de-masterproef-ontwikkelde opfrismodules die in toekomstig onderzoek door de educatieve masterstudenten gebruikt kunnen worden om op eigen initiatief hun vakkennis bij te schaven. Het gaat om online opfrismodules voor de vakken fysica en chemie, waarin leerlingen aan de hand van teksten, video's en applets kunnen werken aan elk vakgebonden onderwerp om hun vakkennis op te frissen. Binnen de opfrismodules zijn de leerplandoelstellingen gekoppeld aan de bijbehorende vakkennis zodat de studenten gericht hun kennis kunnen opfrissen. Bij het ontwikkelen van de opfrismodules is rekening gehouden met het belang van vakkennis voor beginnende leerkrachten, de beste manier om vakkennis bij te schaven en de effectiviteit van online opfrismodules in vergelijking met fysieke lessen. De opfrismodules zijn te raadplegen in pdf-vorm en toegankelijk voor alle educatieve masterstudenten.

De studie naar de invloed van de opfrismodule op de motivatie en het zelfvertrouwen toont overeenkomstigheden aan tussen de onderzoeken besproken in de literatuurstudie en de onderzoeksresultaten van deze masterproef. Een meer uitgebreide verificatie van de opfrismodule is echter nodig om een beter beeld te krijgen van de invloed ervan op de motivatie en/of het zelfvertrouwen van de educatieve masterstudenten.

3. Probleemstelling

Wanneer er na de start van een opleiding een disbalans ontstaat tussen het verwachte basisniveau en de daadwerkelijke kennis van studenten, kunnen zowel de motivatie als het zelfvertrouwen verminderen. Hierdoor zou de beslissing gemaakt kunnen worden om vroegtijdig de opleiding te verlaten. Om dit tegen te gaan zouden er aan de start van de opleiding opfrismodules aangeboden kunnen worden om zowel de kennis op te frissen als de verwachtingen van de opleiding in kaart te brengen. Hierdoor kan bij het starten van de opleiding een hoge motivatie en hoog zelfvertrouwen bekomen worden. Het effect van dergelijke opfrismodules staat dan ook centraal in deze literatuurstudie en werd uitgevoerd aan de hand van de volgende probleemstelling: 'Wat is het effect van opfrismodules aan de start van de educatieve master op de motivatie en het zelfvertrouwen van studenten?'

Voor het uitvoeren van de literatuurstudie is er gezocht met meerdere relevante zoekplatformen zoals PubMed, Embase, UHasselt universiteitsbibliotheek en Google Scholar. De probleemstelling is vanuit meerdere perspectieven benaderd, onder andere: het effect van motivatie en zelfvertrouwen op het succesvol doorlopen van een opleiding; het effect van kennis op zelfvertrouwen en motivatie; het effect van leeftijd op motivatie en zelfvertrouwen bij studenten. Om voldoende hits te krijgen en omdat de voertaal van de globale wetenschappelijke literatuur meestal Engels is, zijn de desbetreffende 'search strings', naast het Nederlands ook in het Engels uitgevoerd. Na het scannen en filteren van de literatuur, zijn de meest relevante artikels betrokken in deze literatuurstudie.

4. Literatuurstudie

4.1 Inleiding

Het aangaan van een universitaire opleiding is een commitment waar men als student goed over dient na te denken. Om tot een weloverwogen beslissing te komen betreffende het aangaan van een dergelijk traject, houdt men best ook rekening met de implicaties ervan op het mentale/psychologische welbevinden. Twee aspecten die een cruciale rol spelen voor het succesvol doorlopen van een opleiding, zijn motivatie en zelfvertrouwen. Motivatie (zowel intrinsiek als extrinsiek) en zelfvertrouwen zijn op meerdere manieren beïnvloedbaar en kunnen sterk fluctueren binnen een bepaalde periode (Deci, 1985; Ryan & Deci, 2000). Bij de start van een educatieve masteropleiding zullen de meeste studenten snel merken hoe het gesteld is met hun motivatie en zelfvertrouwen.

De educatieve masteropleiding zou aan het begin van de opleiding een opfrismodule kunnen aanbieden om studenten die de opleiding volgen de kans te geven om hun kennis op te frissen op een efficiënte en effectieve manier. Deze literatuurstudie gaat iets dieper in op het effect hiervan via de volgende onderzoeksvraag:

- *Welke invloed heeft een opfrismodule op de motivatie en het zelfvertrouwen van studenten aan het begin van de educatieve master?*

Om de invloed van een opfrismodule op de motivatie en het zelfvertrouwen van de studenten te onderzoeken, zal eerst het ontwerp van opfrismodules moeten worden onderzocht. Deze literatuurstudie onderzoekt daarom de opzet van deze opfrismodules en hoe het opfrissen van vakkennis nu eigenlijk gebeurt aan de hand van de volgende vragen:

- *Hoe belangrijk is vakkennis voor beginnende leerkrachten?*
- *Hoe effectief werkt een online leerpad ten opzichte van 'echte' fysieke lessen op het vlak van motivatie?*
- *Op welke manier schaaft je het beste je vakkennis bij?*

4.2 Welke invloed heeft een opfrismodule op de motivatie en het zelfvertrouwen van studenten aan het begin van de educatieve master?

Motivatie en Zelfvertrouwen

Het meten van motivatie en zelfvertrouwen kan aan de hand van verschillende vragenlijsten (Ryan & Connell, 1989; Ryan & Deci, 2000) (Deci & Ryan, 1985; Ryan, 2000). Het niveau van zelfvertrouwen en motivatie is niet makkelijk te bepalen en geeft vaak een indicatie aan in plaats van een feitelijk gegeven.

Echter het bepalen van zowel motivatie als het zelfvertrouwen kan een sterk voorspellende factor zijn voor het behalen van succes of falen tijdens een opleiding (Seifert, 2004). Daarom is het belangrijk om op verschillende momenten tijdens de opleiding deze factoren te toetsen (Bloomfield & Schneider, 2021).

Het belang van een goede motivatie bij het aangaan van nieuwe leerstof is reeds lang bekend (Keller, 1979). Meerdere kwantitatieve studies hebben aangetoond dat er een

positieve correlatie is tussen intrinsieke motivatie en een succesvol studietraject (Azevedo & Cromley, 2004; Black & Deci, 2000; Ryan & Connell, 1989). Persoonlijke interesses, sociale omgeving, thuissituatie, maar zeker motivatie is een sterke factor in de manier waarop gestudeerd wordt, met welke intensiteit, de frequentie van het studeren en hoe doelgericht dat gebeurt (Clement, 2005). Hiervoor is het belangrijk dat de student een bepaald verwachtingspatroon met betrekking tot een succesvol verloop van een opleiding en zelfvertrouwen kan creëren. Wanneer studenten denken dat ze ondanks alle inspanningen weinig kans maken om succesvol te zijn, raken ze gedemotiveerd (Ambrose & Bridges, 2010). Motivatie en zelfvertrouwen hangen nauw samen met betrekking tot leerprestaties (Lane et al., 2004).

Leeftijd

Het is tevens belangrijk om kort stil te staan bij de leeftijd van de studenten. De educatieve master trekt momenteel steeds meer zij-instromers aan vanuit het bedrijfsleven. Mensen die reeds een baan hebben uitgevoerd en, onder andere vanwege de stimulans vanuit de overheid, de overstap willen maken naar het onderwijs. Leeftijd en ervaring zijn namelijk ook voorspellende variabelen die een direct effect hebben op motivatie en zelfvertrouwen. Onderzoek heeft aangetoond dat deze groep studenten meer zelfbewust is, meer zelfeffectiviteit laat zien en een hogere intrinsieke alsmede extrinsieke motivatie heeft (Alexander et al., 1997; Gadzella & Stephens, 2002).

Naast de positieve bevindingen, zijn er echter ook negatieve punten te benoemen. Zo blijkt er een negatieve correlatie te zijn tussen het efficiënt toepassen van leerstrategieën en het behalen van succesvolle resultaten door de studenten in de hogere leeftijdsgroep (24-64 jaar) (Justice & Dornan, 2001). De balans tussen zelfeffectiviteit en de parate werkelijke kennis is dus zeker van belang en zal meegenomen dienen te worden tijdens de opleiding.

Kennis

Zoals reeds aangegeven is waardering voor het educatieve traject, de leerinhoud en het verwachten van succes erg van belang voor de motivatie van een student (Seifert, 2004). Dit succes wordt bepaald door eigen inspanningen, vaardigheden, strategieën, geluk, maar zeker ook door kennis: zowel het hebben van de benodigde vakkennis als het hebben van kennis van de te verwachten leerdoelen (Janssens et al., 2000). Hierbij kan een goed uitgewerkte opfrismodule aan het begin van een academiejaar bijdragen. Direct en indirect zou deze module zorgen voor een toenemende zelfeffectiviteit, wat op zijn beurt weer positief reflecteert op de toekomstige leraren (Smylie, 1988; Tschannen-Moran & Woolfolk Hoy, 2001; Wheatley, 2002). Doordat studenten, en dan met name de 'oudere' studenten, van de educatieve master hun kennis op voorhand kunnen verstevigen/opfrissen, zullen ze meer zelfvertrouwen etaleren en een grotere motivatie hebben wat resulteert in een hogere kans op een succesvol opleidingstraject.

De opfrismodule kan naast de bovengenoemde positieve effecten ook een tegenovergestelde werking hebben. Wanneer een student de educatieve master aangaat en door de opfrismodule afgeschrikt wordt (bijvoorbeeld vanwege weinig parate kennis), kan dit leiden tot een lager zelfvertrouwen en verminderde motivatie.

Echter, door het vroegtijdig verkrijgen van een duidelijk beeld over kennis, kunde en de verwachtingen van de studie, kunnen studenten die een slecht beeld hebben van

zelfkennis en hierdoor geschaad kunnen raken in hun motivatie en vertrouwen, tijdig een zelfevaluatie maken en indien nodig bijschakelen (Pintz & Posey, 2013). Zo is al bewezen dat voorbereidende e-learnings de uitvalpercentages van studenten tijdens een studietraject kunnen verlagen (Pintz & Posey, 2013).

4.3 Hoe belangrijk is vakkennis voor beginnende leerkrachten?

Shulman (1987) stelde oorspronkelijk zeven basis fundamenteën van de kennis voor die een leraar nodig heeft om kwalitatieve instructies te creëren: (1) inhoudelijke kennis, (2) pedagogische inhoudelijke kennis, (3) (algemene) pedagogische kennis, (4) curriculum kennis, (5) kennis van leerlingen en hun kenmerken, (6) kennis van de onderwijscontext, en (7) kennis van educatieve doelen, doelstellingen en waarden. De eerste drie van deze basis fundamenteën, inhoudelijke kennis, pedagogische inhoudelijke kennis, en pedagogische kennis worden beschouwd als de kern van de professionele kennis van leraren (Grossman, 1990; Kirschner et al., 2016; van Driel et al., 2012). Inhoudelijke kennis is kennis van de materie, dat wil zeggen kennis over de academische inhoud van het vakgebied in kwestie, maar ook hoe deze inhoud is ingedeeld in onderwerpen en hoe nieuwe kennis binnen het vakgebied wordt samengesteld (Shulman, 1986). Pedagogische inhoudelijke kennis is een vorm van kennis die uniek is voor leerkrachten, het is de kennis die wordt ingezet bij het ondersteunen van bepaalde leerinhouden. De kennis om een effectieve onderwijs- en leeromgeving te creëren voor alle leerlingen wordt de pedagogische kennis van een leerkracht genoemd. Het woord "vakkennis" omvat twee van deze eerder vermelde kennisvormen, puur inhoudelijke kennis gecombineerd met pedagogische inhoudelijke kennis vormt de basis van effectieve vakkennis.

De vakkennis die een goede leerkracht nodig heeft om leerlingen vaardigheden en competenties bij te brengen, berust dus niet alleen op inhoudelijke kennis, maar ook op de overdracht daarvan. Van de leerkracht wordt verwacht dat hij zijn inhoudelijke kennis op een goede manier overbrengt, zowel qua organisatie als qua hoeveelheden. De leerkracht bepaalt dus de manier waarop inhoudelijke kennis wordt weergegeven en overgedragen. Eerdere studies hebben enkele van deze manieren weergegeven, zoals: Bloom's cognitieve taxonomie (Bloom et al., 1956; Forehand, 2010), Gagne's voorwaarden voor het leren (Gagné, 1985) en Schwab's onderscheid tussen inhoudelijke en syntactische structuren van kennis (Schwab, 1978). Het doorgeven van de inhoudelijke structuur van kennis aan leerlingen en dus de manier van lesgeven is afhankelijk van het vakgebied van de kennis. Het vak Frans kan op een heel andere manier worden aangebracht dan bijvoorbeeld wiskunde, de leerkracht moet hier vanuit zijn of haar vakkennis handelen. Optimale kennisoverdracht vindt niet alleen plaats op het kennisniveau in de vorm van feiten en/of begrippen over het vakgebied, maar ook door deze inhoudelijke kennis te koppelen aan hogere-orde-denken zoals bijvoorbeeld besproken in de taxonomie van Bloom, bijvoorbeeld het leggen van relaties tussen verschillende vakgebieden. Volgens Schwab (1978) gaat inhoudelijke kennis niet enkel over het leren en onthouden van feiten en/of begrippen maar ook over de waarom-vraag erachter. Bij het overdragen van kennis is het van belang dat de leerlingen begrijpen waarom een bepaalde stelling of feit zo is en niet anders, waarom het de moeite waard is deze te kennen en hoe deze zich verhoudt tot andere stellingen, zowel binnen het vakgebied als daarbuiten, zowel in theorie als in de praktijk. Deze aandachtspunten bij het overbrengen van inhoudelijke kennis behoren allemaal tot de kennis die een goede leerkracht dient te hebben. Een leerkracht moet niet alleen het feit kennen dat iets zo is, de leerkracht moet de vakkennis dieper beheersen.

De leerkracht moet ook begrijpen waarom het feit zo is, moet het kunnen verklaren met een gegronde uitleg, en ook hoe het feit toch anders zou kunnen zijn of weerlegd zou kunnen worden. Van een leerkracht wordt ook verwacht dat hij/zij het belang van de verschillende onderwerpen binnen zijn vakgebied kent; inzicht in dit belang maakt ook deel uit van de vakkennis van een leerkracht (Shulman, 1986)

Het is vanzelfsprekend dat leerkrachten hun vak moeten kennen om het te kunnen onderwijzen. De vakkennis van de leerkrachten dient als basis voor effectief lesgeven en heeft invloed op de onderwijsmethoden en de leerresultaten van leerlingen. Enkele belangrijke redenen waarom vakkennis cruciaal is voor beginnende leerkrachten zijn:

1. Het vergemakkelijken van het begrip van leerlingen.

Vakkennis zorgt ervoor dat leerkrachten een diepgaand inzicht hebben in de leerstof die wordt aangeleerd (Loewenberg Ball et al., 2008). Dit inzicht stelt hen in staat concepten duidelijk te presenteren, nauwkeurig uit te leggen en effectief in te gaan op vragen en misvattingen van leerlingen.

2. Gedifferentieerde aanpak.

Vakkennis stelt leerkrachten in staat hun onderwijs aan te passen aan de uiteenlopende behoeften en capaciteiten van de leerlingen (Grossman, 1990). Ze kunnen instructies differentiëren, de juiste ondersteuning bieden en hun onderwijsaanpak afstemmen op de behoeften van individuele leerlingen

3. Het ontwerpen van zinvolle leerervaringen.

Vakkennis helpt bij het ontwerpen van boeiende en zinvolle leerervaringen. Leerkrachten kunnen activiteiten, projecten en evaluaties creëren die aansluiten bij toepassingen in de praktijk, kritisch denken bevorderen en diepgaande inzichten stimuleren (Wiggins & McTihge, 2005).

4. Autoriteit en geloofwaardigheid.

Beginnende leerkrachten met een sterke vakkennis stralen eerder vertrouwen uit en zorgen voor geloofwaardigheid in de klas (Darling-Hammond, 2000). Ouders en leerlingen zullen eerder vertrouwen en respect hebben voor leerkrachten die een goede kennis bezitten van de leerstof.

5. Navigeren door het leerplan.

Een goede vakkennis zorgt ervoor dat beginnende leerkrachten zich een weg kunnen banen door de leerplannen en eindtermen van het onderwijs (Grossman, 1990).

Shulman (1987) verwoordde het belang van "pedagogische inhoudelijke kennis die de basis vormt voor effectief lesgeven". Lesgeven, volgens Shulman, "begint met het begrip van een leraar over wat geleerd moet worden en hoe het onderwezen moet worden". Ondanks de geloofwaardigheid van deze beweringen, is het moeilijk om aan te tonen hoe belangrijk vakkennis is voor (beginnende) leerkrachten. Het bestaande onderzoek is beperkt en in sommige gevallen zijn de resultaten tegenstrijdig. Brophy (1991) stelde, dat naarmate de vakkennis van leraren meer expliciet is, beter met elkaar is verbonden en meer is geïntegreerd, de kans groter is, dat zij meer dynamisch, meer gevarieerd en meer

uitdagend onderwijzen. Ahn & Choi (2004) onderzochten de relatie tussen de inhoudelijke kennis van wiskunde van de leerkracht en de resultaten van leerlingen voor wiskunde. De conclusie was dat het effect van deze twee factoren op elkaar minimaal is. Sadiq Ahmed (2019) daarentegen concludeerde dat inhoudelijke vakkennis van een leerkracht bijdraagt aan de prestaties van leerlingen in economie op secundaire scholen in de staat Adamawa, Nigeria. In een studie van Edith Guyton en Elizabeth Farokhi (2016) wordt gewezen op een sterke correlatie tussen vakkennis en vooral kennis van onderwijzen en leren, verworven tijdens de lerarenopleiding, en de prestaties van de leraar in de klas. In tegenstelling tot het onderzoek van Ahn en Choi (2004) betoogt Darling-Hammond (2000) dat de vakkennis van leerkrachten de effectiviteit van het onderwijs beïnvloedt tot een bepaald niveau van basisbekwaamheid maar daarna minder.

Het is mogelijk dat alle leerkrachten een aanvaardbare hoeveelheid vakkennis hebben en dat er dus weinig variatie is om die in verband te brengen met de resultaten van de leerlingen. Maar leerkrachten geven vaak les op gebieden waarin zij weinig inhoudelijke scholing hebben gehad, wat wijst op een wisselwerking tussen didactische bekwaamheid en de behoefte aan een hoog kennisniveau van het onderwerp (Hattie, 2009). Volgens Darling-Hammond (2000) beïnvloedt de inhoudelijke kennis de effectiviteit van het onderwijs tot een bepaald niveau van basiscompetentie maar daarna minder. Druva en Anderson (Druva & Anderson, 1983) vonden in hun meta-analyse van de kenmerken van wetenschap leerkrachten die van invloed waren op de resultaten van studenten, wel een verband tussen de effectiviteit van het lesgeven en het aantal gevolgde opleidingen.

Het lijkt erop dat leerkrachten met een hoog niveau van inhoudelijke kennis beter in staat zijn de inhoud en de optimale progressie van oppervlakkig en diepgaand leren in die inhoud te begrijpen. Ook zouden leraren met meer kennis van de inhoud beter in staat moeten zijn om feedback te geven wanneer leerlingen worstelen, en om hen te helpen van hun huidige begrip over te gaan naar een diepere en rijker geconstrueerde visie op de inhoud. Men zou verwachten dat leerlingen meer passie voor en plezier in het onderwerp zullen krijgen naarmate zij de inhoud beheersen, in tegenstelling tot leerlingen die op een minimalistische manier leren om de toets te halen, de opdracht af te maken en door te gaan naar wat hun vervolgens wordt voorgeschreven. Maar het bewijs voor deze beweringen ontbreekt (Hattie, 2009).

4.4 Hoe effectief werkt een online leerpad ten opzichte van 'echte' fysieke lessen op het vlak van motivatie?

Er bestaan verschillende manieren om leerstof aan te bieden aan studenten. De meest traditionele manier is een 'echte fysieke les'. Een traditionele les waarbij de student aanwezig is in een klaslokaal kan rudimentair twee verschillende kenmerken worden toegewezen. Enerzijds is er de fysieke component waarbij de student aanwezig is op een locatie (school, leslokaal, aula). Anderzijds bestaat er, dankzij deze fysieke component, ook een connectie tussen lesgever en student waardoor de studenten rechtstreeks en onmiddellijk ondersteuning en feedback kunnen krijgen bij het interpreteren van theoretische concepten en de praktische uitvoering ervan; er kan gesteld worden dat de traditionele echte fysieke les een offline-synchroon gebeuren is (Carpendale et al., 2020).

De voorbije jaren is er door de corona-epidemie afgeweken van het klassieke offline lesgeven, en werd er meer online les gegeven (de Vries, 2021; Sahito et al., 2022). Deze lessen spelen zich nog altijd af op welbepaalde momenten, maar introduceren een meer

indirecte online leeromgeving waarbij er geen fysieke nabijheid is van andere personen. Deze lessen kunnen gedefinieerd worden als een online-synchroon gebeuren.

De overschakeling naar een meer online overheersende component kan een negatief effect hebben op het emotioneel welzijn van studenten doordat ze een gebrek aan sociaal contact ervaren, hetgeen dan invloed kan hebben op het tevredenheidsniveau van de studenten. Dit kan op zijn beurt dan weer leiden tot psychologische problemen zoals depressie, eenzaamheidsgevoel, en verveling (Azmat & Ahmad, 2022). Online leren heeft ook voordelen, zo wordt door studenten de mogelijkheid aangehaald om zelfstandig en autonoom te kunnen werken (Alzahrani et al., 2023). Een ander voordeel is dat het communicatie tussen de lesgever en student kan bevorderen. Het combineren van online en offline lessen kan de nadelen van online leeromgevingen minimaliseren terwijl er toch genoten kan worden van de voordelen (Islam et al., 2018; Yu et al., 2022).

Het ontwerpen van opfrismodules voor de masterstudenten, vertrekt vanuit het feit dat de studenten de leerstof volledig autonoom zullen herhalen. Hierbij zal slechts een online gedeelte aangeboden worden aan de studenten, zodat ze zelfstandig en op eigen tempo de leerstof kunnen verwerken zonder dat er rechtstreeks contact is met anderen. Een voordeel van online-asynchrone lesmethodes is dat de student een groter gevoel van zelfcontrole ervaart en efficiënter kan werken doordat er geen rekening gehouden moet worden met externe factoren en de studenten zelf kunnen bepalen wanneer ze activiteiten uitvoeren (Alzahrani et al., 2023; van der Keylen et al., 2020).

Asynchroon-online leren is echter niet geschikt voor alle studenten doordat er een grote mate van zelfcontrole, zelfredzaamheid en digitale kennis nodig is om de lessen tot een goed einde te brengen (Kim et al., 2019). Asynchroon-online leeromgevingen kampen daarnaast met dezelfde problemen als de synchroon-online lessen: meer asynchrone leeromgevingen leiden tot een gelimiteerde interactie tussen peers waardoor de studenten minder toekomen aan hun psychologische basisbehoeften (Fabríz et al., 2021).

Naast het psychologisch welbevinden speelt ook motivatie een cruciale rol in leren en het succes van studenten (Artino, 2007). Bij het ontwerpen van lessen en leermodules, zowel on-als offline, is het dus belangrijk dat de motivatie van de studenten zo hoog mogelijk gehouden wordt. Om dit te bewerkstelligen kan er gebruikgemaakt worden van verschillende soorten motivatie en verschillende theorieën over motivatie. De ervaringen in een on- en offline omgeving zijn echter verschillend waardoor het aanbieden van dezelfde werkvormen in beide omgevingen een andere invloed kan hebben op de motivatie van de studenten (Chen & Jang, 2010). Een online leerpad of online les moet goed ontworpen zijn zodat de motivatie niet verloren gaat (Aque et al., 2021; Mendoza et al., 2023).

Een eerste manier om de motivatie van een student hoog te houden is ervoor zorgen dat de studenten een hoog gevoel van zelfredzaamheid hebben. Hierbij geloven de studenten dat ze de benodigde kennis en kunde hebben om een taak tot een goed einde te brengen. Hierbij is het vooral belangrijk dat er duidelijkheid bestaat omtrent planning van een cursus en taken, en dat er zekerheid bestaat over het correct en tijdig uitvoeren van taken (Johnson, 2017). In het geval van een asynchrone omgeving zoals de opfrismodules moet er rekening mee gehouden worden dat de leerstof in de opfrismodules zich vooral richt op de basiskennis die in het middelbaar gegeven wordt. Eventuele verdieping in het onderwerp kan aangeboden worden, maar moet apart worden weergegeven.

Motivatie kan ook geput worden uit het stellen van een doel (Hartnett, 2016; Murayama et al., 2012). Dit kan zich uiten als een leren-, of een prestatie-gefocusst motivatie. In het leren-gefocusste motivatie staat vooral het vergaren van kennis centraal, terwijl in het prestatie-gefocusste motivatie vooral de vergelijking met anderen belangrijk is. Bij een beperkte studie bij het aanbieden van asynchrone lessen werd prestatie-gefocusste motivatie als niet significant bevonden (Aque et al., 2021) waardoor bij het ontwerpen van de online opfrismodules vooral het vergaren van de kennis centraal zal staan. Hierdoor moeten er geen werkvormen georganiseerd worden waarbij competitie een element speelt zoals bijvoorbeeld een quiz.

Een derde manier waarop motivatie kan bekeken worden is vanuit interesse. Hierbij wordt er eerst een onderscheid gemaakt tussen individuele en situationele interesse. Individuele interesse wordt beschouwd als algemene interesse naar een specifieke activiteit. Situationele interesse is een tijdelijk opgewekte interesse en kan in bepaalde omstandigheden over langere periodes aangehouden worden (Hidi & Renninger, 2006). Studies van deze modellen tonen aan dat er meer engagement is bij een onderwerp als gebruikers persoonlijke interesse hebben in het onderwerp (Schallert & Hailey Reed, 2003). In het geval van de opfrismodules wordt er verwacht dat de studenten zowel een individuele als een situationele interesse hebben. Educatieve masterstudenten zullen deze opfrismodules alleen gebruiken vanuit hun eigen interesse om hun vakkennis op een gemakkelijke manier bij te werken, oftewel de situationele interesse. Individuele interesse van de studenten is ook aanwezig, aangezien de masterstudenten al in hun vorige studie een opleiding kozen op basis van hun interesse en dus naar verwachting geïnteresseerd zijn.

Hoewel de soorten motivatie vanuit verschillende hoeken komen, kunnen ze bij het ontwerpen van een leeromgeving wel samen gebruikt worden om de juiste parameters op te stellen waardoor de motivatie van de studenten zo hoog mogelijk gehouden wordt. Naargelang het doel een synchroon-offline les is, of een asynchroon-online les, kunnen verschillende aspecten die de motivatie beïnvloeden anders benadrukt worden. Hoewel de lesvorm kan variëren naargelang deze in een online of offline leeromgeving gegeven wordt, is het mogelijk om beide leeromgevingen zo te ontwerpen dat de lesvorm motiverend werkt voor de leerlingen.

4.5 Op welke manier schaf je het beste je vakkennis bij?

Het bijschaven van vakkennis steunt voor een groot deel op dezelfde leerstrategieën als het leren van nieuwe vakkennis. De toegepaste leerstrategieën bij het leren van nieuwe vakkennis zijn effectief voor iedereen en op elke leeftijd. Het verschil zit echter in de gestructureerde klassikale omgeving waarin de meeste studenten voor het eerst vakkennis opdoen. De gestructureerde klasomgeving valt vaak weg bij het bijschaven van vakkennis doordat de vakkennis op eigen initiatief en naar eigen belang bijgeschaafd wordt. Er zijn twee belangrijke pijlers om leren succesvol te maken, namelijk het bewaken van een gedisciplineerde leerstrategie en het leiden van het eigen leren. Het leiden van het eigen leren is gerelateerd aan zelfsturend leren. Om het leerproces zelfsturend te maken, moet de leerling zelf kunnen beslissen wat geleerd moet worden en zelf inzien waarom leren nodig is. Deze zelfsturende vaardigheden zijn belangrijk om op eigen initiatief vakkennis op te frissen; om dit zelfstandige leerproces te vergemakkelijken kan worden bestudeerd hoe de leerling hierin ondersteund kan worden (Brown et al., 2014).

Om de werking van het opfrissen van vakkennis te onderzoeken, en later om te onderzoeken wat de beste manier is om vakkennis op te frissen, moeten twee samenhangende aspecten in rekening worden genomen. Het is belangrijk te onderzoeken hoe de hersenen werken en hoe de hersenen eerder verworven informatie terughalen. Maar ook de verschillende manieren waarop informatie kan aangeboden worden, om dit terughalen te vergemakkelijken, moeten onderzocht worden.

Om deze eerder opgedane vakkennis aan te spreken dient er eerst gekeken te worden waar deze zich bevindt in de hersenen. Onthouden is gebaseerd op het coderen en ophalen van kennis uit het langetermijngeheugen. Als het gaat om het bijwerken van vakkennis, kan worden aangenomen dat de vakkennis waarover het gaat daadwerkelijk al in het langetermijngeheugen opgeslagen zit. Bij het ontwerpen van leermiddelen voor het bijwerken van vakkennis kan dus in gedachten worden gehouden dat het niet gaat om "echt" leren, maar om het bijwerken van vakkennis (Dirksen, 2012).

Een belangrijke techniek om kennis beter te onthouden is "spaced repetition", het verspreiden van studie- en herhalingsperiodes over de tijd. De lerende zorgt dus voor een spreiding van het leren van vakkennis in plaats van alles in één keer te doen. Door informatie herhaaldelijk en op gepaste tijdstippen op te frissen, versterkt u het geheugen en verhoogt u de kans dat kennis wordt onthouden. De herhaling van kennis na een langere periode is in overeenstemming met het principe van het opfrissen van vakkennis, waarbij de leerling de leerstof al verschillende keren heeft gezien en dus pas na een lange periode een herhaling nodig heeft (Brown et al., 2014).

Belangrijk in dit onderzoek is tevens dat het gaat over de (her)verwerking van informatie door adolescenten. De verwerking van informatie door adolescenten verschilt in bepaalde opzichten van de verwerking in eerdere ontwikkelingsfasen. Eén van deze verschillen die voor dit onderzoek van belang kan zijn, is het metacognitief vermogen van een adolescent. Een adolescent kan zelf bepalen welke leermethoden het beste bij hem/haar passen, is zich bewust van wat hij/zij weet en denkt oplossingsgericht (Kohnstamm, 2002). Bij het ontwerpen van leermiddelen voor het opfrissen van vakkennis moet daarom rekening worden gehouden met de grote zelfstandigheid van adolescenten in hun leerproces. Een leermiddel dat zelfstandig kan worden doorgenomen biedt daartoe mogelijkheden. Het ontwerp van leermiddelen moet ook worden aangepast aan de verschillende leermethoden waaraan de verscheidene adolescenten de voorkeur geven en die zij zich eigen hebben gemaakt. Een mengsel van gesproken en geschreven tekst en van dynamische en statische beelden zijn voorbeelden van de verschillende leermethoden die afhangen van de voorkeur van elk individu. Het combineren van woord en beeld formuleren Surma et al. (2019) als één van de twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek. Leermiddelen voor het bijwerken van vakkennis moeten dus niet alleen voldoen aan de criteria van zelfstandig leren, maar ook verschillende leermethoden aanreiken. Sommige leerlingen leren liever via gesproken tekst in combinatie met dynamische beelden zoals een video, applet of animatie, terwijl anderen liever een tekstboek of artikel doorlezen. Maar ook podcasts, presentaties en schema's kunnen het scala aan verschillende leermethoden uitbreiden. Ten slotte moeten al deze leermethoden ook gecombineerd en afgewisseld kunnen worden om voor iedereen toepasbaar te zijn (Surma et al., 2019).

De beste manier voor het bijschaven van vakkennis kan dus moeilijk veralgemeend worden. Iedere lerende heeft zijn/haar eigen leermethoden en verwerkt leerstof of vakkennis op een andere manier. Wat belangrijk is in dit onderzoek is dat het bij het

opfrissen of bijschaven van vakkennis gaat om een zelfstandig proces waarbij ondersteuning aanbieden aan de lerende in de vorm van een leermiddel van groot belang kan zijn. Het leermiddel dient zo ontworpen te worden dat er gekozen kan worden uit verschillende leermethoden die een hulp bieden voor elk individu apart.

5. Onderzoekopzet en methoden

In deze masterproef werden online opfrismodules ontwikkeld voor de vakken fysica en chemie. Daarna werd er onderzoek gedaan naar het effect van opfrismodules op de motivatie en het zelfvertrouwen van studenten in de educatieve master met de studierichtingen chemie en/of fysica. De opfrismodules bestaan uit verschillende onderdelen waarmee de studenten vrijblijvend en zelfstandig aan de slag kunnen gaan. De onderwerpen worden op verschillende manieren aangeboden (tekst, video, podcasts), zodat elke leerling de manier kan kiezen die bij zijn/haar leerprofiel past. De opfrismodules bevatten ook verwijzingen naar relevante ICT-hulpmiddelen en oefeningen die de toekomstige leerkracht in de les kan opnemen of als zelfevaluatie kan gebruiken.

De doelgroep van het onderzoek zijn de educatieve masterstudenten van de Universiteit Hasselt met chemie en/of fysica als vakdidactiek. Aan het begin van het onderzoek waren dit 14 studenten voor het vak chemie en 9 studenten voor het vak fysica. In de loop van het onderzoek daalde dit aantal naar 8 studenten voor het vak chemie, het aantal voor fysica veranderde niet. Binnen deze doelgroep waren er geen overlappende vakdidactieken en derhalve kan er gesproken worden van 17 verschillende studenten, ook de auteurs van de masterproef behoren tot deze doelgroep van educatieve masterstudenten. Het betreft twee studenten met vakdidactiek chemie en twee studenten met vakdidactiek fysica. De onderzoeken werden geleid en uitgevoerd per vakdidactiek door deze groepjes van twee studenten, de onderzoeken verliepen parallel binnen de groepjes per vakdidactiek. De verschillende onderdelen van het onderzoek werden echter op voorhand globaal overlopen door de twee groepjes om de consistentie te garanderen.

Het onderzoek wordt opgedeeld in drie verschillende delen:

- Een kwalitatief onderzoek met behulp van een enquête naar de noden voor online opfrismodules voor de vakkennis van het secundair onderwijs.
- Het ontwikkelen en distribueren van de opfrismodules naar de studenten van de educatieve master om te peilen naar tekortkomingen in het ontwerp van de opfrismodules.
- Een kwalitatief luik om te peilen naar de motivatie en het zelfvertrouwen in verband met het herhalen van vakkennis.

Het eerste deel van het onderzoek focust zich op het onderzoeken van welke delen van het curriculum de studenten van de educatieve master het meeste moeite hadden. Het is niet mogelijk om binnen het tijdsbestek van de masterthesis opfrismodules te ontwikkelen voor de volledige leerstof van de 3^{de} graad. Om na te gaan aan welke onderwerpen de masterstudenten het meeste nood hebben, werd er een enquête opgesteld van vijf vragen. De enquête werd afgenomen via google forms, er werden geen contactgegevens verzameld en de antwoorden op de enquête werden anoniem ontvangen en verwerkt. De vragen zijn als volgt:

1. Hoe comfortabel voel je je op dit moment om de onderstaande lesonderwerpen te geven?
2. Hoe gemakkelijk denk je vragen te kunnen beantwoorden van leerlingen omtrent de onderstaande lesonderwerpen?
3. Hoe schat je je voorbereidingstijd in voor een lesuur rond de volgende lesonderwerpen?
4. Hoe schat je je eigen vakkennis op dit moment in omtrent de verschillende onderwerpen?
5. Kan je de volgende lesonderwerpen linken aan de actualiteit of leefwereld van de leerlingen? Geef een voorbeeld.

De onderwerpen zijn gebaseerd op de leerplandoelen van de 3^{de} graad ASO/Doorstroomfinaliteit. Vragen 1 tot 4 werden beoordeeld aan de hand van een scoresysteem gaande van 1-5. De vijfde vraag was een open vraag waarop de studenten vrij konden antwoorden. De vragen zijn er vooral op gericht om te peilen naar de vakkennis van de studenten. De verschillende vragen zijn zo opgesteld dat verschillende aspecten die vakkennis kunnen beïnvloeden apart worden beoordeeld. Na een analyse van de antwoorden werden voor zowel chemie als fysica de twee meest relevante onderwerpen gekozen. Het moet opgemerkt worden dat het aantal studenten van de educatieve master niet hoog is waardoor het moeilijk is om een kwantitatieve interpretatie van de resultaten uit te voeren.

Het tweede deel van het onderzoek bestond uit het ontwerpen van de opfrismodules. Hiervoor werden de theoretische concepten horende bij elk van de onderwerpen gebundeld in een document. De leerstof wordt aangeboden in verschillende vormen: tekst, video, podcasts, applets, en schema's zodat de studiemethode zo gepersonaliseerd mogelijk wordt. De opbouw van het document werd gekoppeld aan de leerplandoelstellingen van de 3^{de} graad ASO opdat tijdens het maken van een lesvoorbereiding gemakkelijk de relevante informatie teruggevonden kan worden. Dit werd bewerkstelligd door het incorporeren van hyperlinks in het document. Deze documenten werden daarna gedeeld met de studenten van de educatieve master, opdat zij hier al mee aan de slag konden gaan en vrijblijvend feedback konden geven over de onderdelen die zij gebruikt hadden.

Het derde deel van het onderzoek bestaat uit een interview waarbij er gepolst werd bij de studenten van de educatieve master over hoe zij het academisch jaar ervaren hebben. In tegenstelling tot het eerste deel van de masterthesis is er hier gewerkt met interviews omdat uit de eerste enquête gebleken was dat er niet genoeg studenten zijn om aan kwantitatief onderzoek te doen. Er werd daarom gekozen voor een diepte-interview met 8 algemene vragen waar tijdens het interview van afgeweken kan worden. Met deze vorm kan er tijdens het interview dieper worden ingegaan op interessante of onduidelijke antwoorden.

De interviews met de studenten van chemie en fysica werden afzonderlijk afgenomen. De interviews voor chemie werden afgenomen bij 3 studenten van de educatieve master. Het interview werd 2 keer uitgevoerd; de eerste keer met 2 personen, en de tweede keer met één persoon. Eén student volgt de masteropleiding als LIO en heeft ook al enige jaren werkervaring. De andere twee studenten volgen de verkorte educatieve master en hebben pas recent hun masterdiploma, biologie en biomedische wetenschappen, ontvangen. Het interview voor fysica werd afgenomen bij 6 van de 9 studenten die deelnamen aan de enquête. Het interview voor fysica werd in groep afgenomen. Vier studenten volgen het

verkorte traject, de andere twee studenten volgen de volledige opleiding. Voor het interview van fysica werd de opfrismodule gedeeld met de studenten zodat ze deze konden bekijken of gebruiken indien gewenst. Op het moment van het interview werd de opfrismodule ook kort overlopen. De studenten hebben vooraf mondelinge toestemming gegeven voor het interview en dat hun gegevens anoniem verwerkt zullen worden. De toestemming werd opgenomen en bewaard.

De 8 basisvragen van het interview:

Vraag 1: Hoe was je zelfvertrouwen aan het begin van je zelfstandige lesgeven? Had dit invloed op je motivatie?

Vraag 2: Had een opfrismodule je zelfvertrouwen verbeterd aan het begin van je zelfstandig lesgeven?

Vraag 3: Miste je vakkennis? Zo ja, wanneer kwam je tot de realisatie dat je vakkennis miste?

Vraag 4: Welke tools had je op dat moment graag ter beschikking willen hebben om je vakkennis bij te schaven?

Vraag 5: Op welke manier friste je nu je vakkennis op?

Vraag 6: Had je graag een online opfrismodule gehad van de UHasselt als tool om je vakkennis bij te schaven?

Vraag 7: Hoeveel procent van je lesvoorbereidingstijd spendeerde je aan het opfrissen van je vakkennis voor je zelfstandig lesgeven?

Vraag 8: Zou je meer gemotiveerd zijn om te experimenteren met leerstof en lesmateriaal als je een opfrismodule had?

De vragen polsten naar de motivatie en het zelfvertrouwen van de studenten bij het starten van het zelfstandig lesgeven (vragen 1 en 2). Hierbij kon ook geëvalueerd worden of dit inderdaad veranderde door het jaar heen, naarmate de student meer ervaring kreeg. Daarnaast wordt er specifiek gevraagd of de studenten het gevoel hebben dat ze vakkennis misten (vraag 3). Indien de studenten aangaven dat dit inderdaad het geval was, kon er ingegaan worden op het antwoord en gevraagd worden of dit een invloed had op hun motivatie of zelfvertrouwen. Vraag 4 en 5 bouwen hierop verder doordat de studenten konden aangeven welke tools ze gebruikten en in de toekomst graag zouden gebruiken om leerstof te herhalen. Deze vraag dient er vooral toe om in te kunnen schatten of de studenten tijdsefficiënt de leerstof kunnen herhalen. Vraag 6 polste naar de interesse voor een opfrismodule aangeboden door de universiteit; het achterliggende idee bij deze vraag is of de opfrismodules effectief een invloed kunnen hebben op de leerefficiëntie van de studenten. Dit werd op zijn beurt dan weer gekaderd met vragen 7 en 8, waarbij er respectievelijk een inschatting gemaakt werd over de tijd die de student spendeerde aan het opfrissen van de vakkennis en of er een invloed zou kunnen zijn hebben op de gegeven microteachings en de stagelessen.

6. Onderzoeksresultaten en discussie

6.1 Enquête vakkennis van de verschillende onderwerpen

In het eerste onderdeel van de masterthesis werd onderzocht bij welke onderwerpen van chemie en fysica de studenten van de educatieve master het meest twijfelen aan hun vakkennis. Dit werd gedaan aan de hand van een enquête van 5 vragen. De eerste vraag was: Hoe comfortabel voel je je op dit moment om de onderstaande lesonderwerpen te geven? Een lage score geeft aan dat een student zich niet comfortabel voelt bij het lesgeven over bepaalde onderwerpen. De resultaten van chemie en fysica staan in respectievelijk tabel 1 en tabel 2. Deze vraag toetst op een indirecte manier af hoe het met de vakkennis van de studenten gesteld is. Uit de resultaten blijkt dat de studenten chemie zich het minst comfortabel voelen bij de onderwerpen *drijfveren van chemische reacties*, *atoombouw*, en *chemisch rekenen*. Er kan opgemerkt worden dat de waarden van de verschillende onderwerpen zeer dicht bij elkaar liggen en ook grote standaarddeviaties vertonen, waaruit kan afgeleid worden dat de groep van chemie heel heterogeen is en iedere respondent een andere voorkeur geniet. De enige uitzondering hier is het onderwerp Organische stoffen en hun reacties waarbij elke respondent aangeeft zich zeer comfortabel te voelen.

Tabel 1 Antwoorden op de eerste vraag van de enquête aan de studenten van de vakdidactiek chemie. "Hoe comfortabel voel je je op dit moment om de onderstaande lesonderwerpen te geven?" De antwoorden van de 6 studenten zijn weergegeven voor elk onderwerp. Een antwoord van 1 geeft aan dat de student zich totaal niet comfortabel voelt terwijl een score van 5 aangeeft dat een student zich zeer comfortabel voelt.

	Atoombouw	Structuur van moleculen	Drijfveren van chemische reacties	Reactiesnelheid	Chemisch evenwicht	Zuren en basen	Chemische rekenen	Redox reacties en elektrochemie	Organische stoffen en hun reacties
	3	3	1	1	3	3	3	4	4
	4	4	3	4	2	2	2	3	4
	3	2	4	2	3	4	5	4	4
	4	4	3	4	5	2	1	2	4
	2	1	3	3	4	4	1	3	4
	1	4	2	4	4	3	4	3	5
Gemiddelde	2.8	3.0	2.7	3.0	3.5	3.0	2.7	3.2	4.2
Standaard deviatie	1.2	1.3	1.0	1.3	1.0	0.9	1.6	0.8	0.4

De studenten fysica voelen zich het minst comfortabel bij de onderwerpen *elektromagnetisme*, *kernfysica*, en *trillingen en golven* (Tabel 2). De onderwerpen waarbij de studenten zich het meest comfortabel voelen zijn *dynamica en kinematica* en *arbeid en energie*. De verschillen zijn hier duidelijk, er is een verschil van 0.4 tussen *elektriciteit* en *trillingen en golven* hetgeen aangeeft dat de vakkennis van bepaalde onderwerpen minder goed is. De standaarddeviatie van kernfysica is wel hoger dan de andere onderwerpen. Dit komt doordat 33% van de respondenten een expertise hebben in *kernfysica*. De lage score van kernfysica geeft weer dat het merendeel van de respondenten zich zeer oncomfortabel voelt bij het onderwerp.

Tabel 2 Antwoorden op de eerste vraag van de enquête aan de studenten van de vakdidactiek fysica. "Hoe comfortabel voel je je op dit moment om de onderstaande lesonderwerpen te geven?" De antwoorden van de 9 studenten zijn weergegeven voor elk onderwerp. Een antwoord van 1 geeft aan dat de student zich totaal niet comfortabel voelt terwijl een score van 5 aangeeft dat een student zich zeer comfortabel voelt.

	Elektriciteit	Elektromagnetisme	Kernfysica	Dynamica en kinematica	Arbeid en energie	Trilling en golven
	4	4	1	3	3	4
	4	3	3	5	4	2
	4	2	5	3	4	2
	2	2	1	5	5	4
	2	3	1	4	4	3
	4	3	3	4	3	3
	5	3	5	4	3	4
	5	4	3	4	4	3
	3	3	5	5	5	5
Gemiddelde	3.7	3.0	3.0	4.1	3.9	3.3
Standaard deviatie	1.1	0.7	1.7	0.8	0.8	1.0

Tabel 3 Antwoorden op de tweede vraag van de enquête aan de studenten van de vakdidactiek chemie. "Hoe gemakkelijk denk je vragen te kunnen beantwoorden van leerlingen omtrent de onderstaande lesonderwerpen?" De antwoorden van de 6 studenten worden weergegeven aan de hand van een score van 1 tot 5. Een score van 1 geeft aan dat ze de antwoorden moeten opzoeken; een score van 5 geeft aan dat ze gemakkelijk antwoorden denken te kunnen geven.

	Atoombouw	Structuur van moleculen	Drijfveren van chemische reacties	Reactiesnelheid	Chemisch evenwicht	Zuren en basen	Chemische rekenen	Redoxreacties en elektrochemie	Organische stoffen en hun reacties
	3	3	1	1	3	3	3	4	4
	4	4	3	4	2	2	2	3	4
	3	2	4	2	3	4	5	4	4
	4	4	3	4	5	2	1	2	4
	2	1	3	3	4	4	1	3	4
	1	4	2	4	4	3	4	3	5
Gemiddelde	3.7	3.8	3.0	3.2	3.3	3.3	3.3	2.8	3.8
Standaard deviatie	1.0	0.8	0.6	0.8	1.0	0.5	1.5	0.4	0.4

In tabel 3 worden de resultaten weergegeven van de tweede vraag voor chemie: "Hoe gemakkelijk denk je vragen te kunnen beantwoorden van leerlingen omtrent de onderstaande lesonderwerpen?" In tegenstelling tot de eerste vraag toetst deze vraag op een directe manier af hoe het gesteld is met de vakkennis van de studenten. Het antwoorden op vragen kan echter meer kennis vereisen dan wat er in de leerplannen staat en is dus een representatie van hoe ver de student denkt dat hun vakkennis reikt. Een lage score geeft hier aan dat een student het zou moeten opzoeken; een hoge score geeft aan dat de student geen problemen zou hebben met het beantwoorden van vragen.

De onderwerpen van chemie waarbij de studenten denken het meest moeite hebben om vragen over te antwoorden zijn: *redoxreacties, drijfveren van de reactie, en reactiesnelheid*. *Chemische evenwichten, zuren en basen, en chemisch rekenen* scoren echter hetzelfde met slechts 0.1 verschil. De onderwerpen waar de studenten denken gemakkelijk vragen over te kunnen beantwoorden zijn *atoombouw, structuur van moleculen, en organische stoffen en hun reacties*. Het kan opgemerkt worden dat *chemisch rekenen* bij deze vraag, net zoals bij vraag 1 een grotere standaardafwijking heeft, hetgeen opnieuw aantoont dat er een verschil tussen de studenten onderling is.

Tabel 4 Antwoorden op de tweede vraag van de enquête aan de studenten van de vakdidactiek fysica. "Hoe gemakkelijk denk je vragen te kunnen beantwoorden van leerlingen omtrent de onderstaande lesonderwerpen?" De antwoorden van de 9 studenten worden weergegeven aan de hand van een score van 1 tot 5. Een score van 1 geeft aan dat ze de antwoorden moeten opzoeken; een score van 5 geeft aan dat ze gemakkelijk antwoorden denken te kunnen geven.

	Elektriciteit	Elektromagnetisme	Kernfysica	Dynamica en kinematica	Arbeid en energie	Trilling en golven
	3	3	1	4	3	4
	5	3	3	4	4	3
	4	2	5	4	4	2
	4	3	1	5	4	4
	2	2	1	4	3	1
	4	3	3	3	3	2
	4	3	5	3	2	2
	5	5	3	5	5	3
	3	3	5	5	5	5
Gemiddelde	3.8	3.0	3.0	4.1	3.7	2.9
Standaard deviatie	1.0	0.9	1.7	0.8	1.0	1.3

In tabel 4 worden de resultaten weergegeven voor dezelfde vraag: "Hoe gemakkelijk denk je vragen te kunnen beantwoorden van leerlingen omtrent de onderstaande lesonderwerpen?" voor het vak fysica.

De onderwerpen *trillingen en golven*, *kernfysica* en *elektromagnetisme* hebben de laagste scores van respectievelijk 2.9, 3.0 en 3.0. Deze onderwerpen scoorden ook het laagste bij vraag 1. Hier geldt ook dat er een relatief groot verschil bestaat tussen deze 3 onderwerpen en het eerstvolgende onderwerp *Arbeid en energie*, met een score van 3.7.

De voorbereidingstijden van een beginnende leerkracht of stagiair zijn vaak lang. Dit kan gekoppeld worden aan het feit dat de stagiair/leerkracht zich nog moet inwerken in de materie, lesmateriaal moet zoeken en/of ontwikkelen, en een geschikte werkvorm moet selecteren. Indien de stagiair/leerkracht zich thuis zou voelen in de materie kan er verondersteld worden dat de hoeveelheid tijd die gependeed wordt aan de voorbereiding lager is. Daarom wordt de derde vraag "Hoe schat je je voorbereidingstijd in voor een lesuur rond de volgende lesonderwerpen?". Een lagere score geeft aan dat er minder tijd aan een lesvoorbereiding gependeed wordt.

Uit tabel 5 kan afgeleid worden dat de studenten hun voorbereidingstijd voor de onderwerpen *redoxreacties*, *zuren en basen*, en *chemisch evenwicht* het hoogst inschatten. De gemiddelde scores bedragen respectievelijk 3.0, 2.8, en 2.8. Identiek aan de vorige vragen liggen deze scores opnieuw zeer dicht bij elkaar. De standaarddeviaties voor deze vraag zijn groot, hetgeen een indicatie kan zijn van persoonlijke verschillen in voorbereidingstijd. Analoog aan de antwoorden van de vragen kan er vastgesteld worden dat *organische stoffen en hun reacties* worden ingeschat als het onderwerp met de laagste voorbereidingstijd, met een gemiddelde van 1.8.

Tabel 5 Antwoorden op de derde vraag van de enquête aan de studenten van de vakdidactiek chemie. "Hoe schat je je voorbereidingstijd in voor een lesuur rond de volgende lesonderwerpen?" De antwoorden van de 6 studenten worden weergegeven aan de hand van een score van 1 tot 5. De scores zijn als volgt ingedeeld: 1 - minder dan 3u; 2 - tussen 3 en 6 uur; 3 - tussen 6 en 9u, 4 - tussen 9 en 12u; 5 - meer dan 12u.

	Atoombouw	Structuur van moleculen	Drijveren van chemische reacties	Reactiesnelheid	Chemisch evenwicht	Zuren en basen	Chemische reaktionen	Redoxreacties en elektrochemie	Organische stoffen en hun reacties
	2	2	3	3	3	2	2	3	2
	2	2	3	4	4	4	5	3	2
	2	2	3	2	2	2	1	2	2
	1	1	2	2	2	3	3	3	1
	4	5	3	3	3	4	5	5	3
	1	1	2	1	1	2	1	2	1
Gemiddelde	2.0	2.2	2.7	2.5	2.5	2.8	2.8	3.0	1.8
Standaarddeviatie	1.1	1.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.8	1.1	0.8

Elektromagnetisme, trillingen en golven, en kernfysica scoren het hoogste voor fysica (tabel 6). Dit wil zeggen dat studenten inschatten voor deze onderwerpen de meeste voorbereidingstijd nodig te hebben. Voor *dynamica en kinematica* verwachten de studenten de minste voorbereidingstijd nodig te hebben. Analoot aan de vorige vragen is er opnieuw een groot verschil tussen de top 3 en de andere onderwerpen.

Tabel 6 Antwoorden op de derde vraag van de enquête aan de studenten van de vakdidactiek fysica. "Hoe schat je je voorbereidingstijd in voor een lesuur rond de volgende lesonderwerpen?" De antwoorden van de 9 studenten worden weergegeven aan de hand van een score van 1 tot 5. De scores zijn als volgt ingedeeld: 1 - minder dan 3u; 2 - tussen 3 en 6 uur; 3 - tussen 6 en 9u, 4 - tussen 9 en 12u; 5 - meer dan 12u.

	Elektriciteit	Elektromagnetisme	Kernfysica	Dynamica en kinematica	Arbeid en energie	Trilling en golven
	3	3	3	3	3	3
	2	4	4	2	3	4
	2	4	1	2	2	4
	2	2	3	1	1	1
	4	3	5	2	3	3
	3	4	3	2	2	4
	1	5	1	1	2	2
	1	2	3	1	1	3
	2	2	1	1	1	1
Gemiddelde	2.2	3.2	2.7	1.7	2.0	2.8
Standaard deviatie	1.0	1.1	1.4	0.7	0.9	1.2

In tabel 7 worden de antwoorden weergegeven op vraag 4 van de enquête. De vraag "Hoe schat je je eigen vakkennis op dit moment in omtrent:". De vraag toetst op de meest directe manier af wat de studenten denken over hun vakkennis. Terwijl de vorige vragen eerder indirect polsten naar de vakkennis. In deze vraag stelt een lagere score een lagere kennis voor.

In tegenstelling tot de vorige tabellen van chemie zijn er slechts 5 resultaten voor deze tabel. Dit komt doordat één van de ondervraagden slechts voor 3 onderwerpen een antwoord had ingevuld. Deze antwoorden zijn voor de correctheid weggelaten. Een andere persoon heeft ook geen antwoord gegeven op chemisch rekenen.

De vakkennis van chemie wordt het laagste ingeschat voor de onderwerpen *chemisch rekenen, zuren en basen, en redoxreacties/atoombouw*, met een respectievelijk score van 2.3, 2.4, en 2.8. Net zoals bij de vorige vragen schatten studenten hun kennis over *organische stoffen en hun reacties* het hoogst in. Uit tabel 7 kan afgelezen worden dat slechts één van de studenten in staat is om de onderwerpen te koppelen aan voorbeelden uit de leefwereld van leerlingen uit het secundair onderwijs. Dit blijkt ook uit vraag 5 van de enquête waarbij slechts 1 goed antwoord gegeven wordt voor drijfveren van de chemische reactie (interne energie), en chemisch evenwicht (Zuurstoftransport) . Het onderwerp reactiesnelheid had ook twee keer een correct antwoord (enzym/katalysator)

Een overzicht van de top 3 van de verschillende onderwerpen voor chemie wordt weergegeven in tabel 8.

Tabel 7 Antwoorden op de vierde vraag van de enquête aan de studenten van de vakdidactiek chemie. "Hoe schat je je eigen vakkennis op dit moment in omtrent:" De antwoorden van de 5 studenten worden weergegeven aan de hand van een score van 1 tot 5. De scores zijn als volgt ingedeeld: 1 - geen kennis; 3 - Ik ken de theorie; 5- ik ken de theorie en kan deze staven met voorbeelden uit de leefwereld van de studenten.

	Atoombouw	Structuur van moleculen	Drijven van chemische reacties	Reactiesnelheid	Chemisch evenwicht	Zuren en basen	Chemische rekenen	Redox reacties en elektrochemie	Organische stoffen en hun reactie
	3	3	3	3	3	3	3	4	4
	3	3	4	4	2	2	2	2	4
	2	3	3	3	2	2		3	3
	3	4	4	3	5	3	3	2	4
	3	3	3	3	4	2	1	3	4
Gemiddelde	2.8	3.2	3.4	3.2	3.2	2.4	2.3	2.8	3.8
Standaard deviatie	0.4	0.4	0.5	0.4	1.3	0.5	1.0	0.8	0.4

Tabel 8 Overzicht van de chemie top 3's van de verschillende vragen.

	1 ^{ste} plaats	2 ^{de} plaats	3 ^{de} plaats
Vraag 1	Drijfveren van de reactie	Chemisch rekenen	Atoombouw
Vraag 2	Redoxreacties	Drijfveren van de reactie	Reactiesnelheid
Vraag 3	Redoxreacties	Zuren en basen	Chemisch rekenen
Vraag 4	Chemisch rekenen	Zuren en basen	Redoxreacties/atoombouw

Indien deze met elkaar vergeleken worden kan er afgeleid worden dat volgende onderwerpen het meest frequent voorkomen:

- Redoxreacties (3 keer)
- Chemisch rekenen (3 keer)
- Drijfveren van de reactie (2 keer)
- Zuren en basen (2 keer)
- Atoombouw (2 keer)

De eerste keuze voor het ontwikkelen van de lesmodules voor chemie gaat naar redoxreacties. Dit onderwerp komt naar voor bij drie van de vier vragen en is hiermee de koploper. Chemisch rekenen komt ook voor in de top 3 bij drie verschillende vragen. De tweede keuze als onderwerp is echter niet chemisch rekenen geworden omdat het een onderdeel van de chemie is die vooral praktisch wordt toegepast in oefeningen. Omdat de opzet van dit onderzoek is om een opfrismodule te ontwerpen met verschillende leermethodes, wordt er gekozen voor een onderwerp waar een groter theoretisch luik aan vasthangt. Zowel drijfveren van de reactie, zuren en basen, en atoombouw komen 2 keer voor in de top 3. Om dit ex aequo te doorbreken wordt vraag 4 gebruikt. Omdat deze vraag direct toetst naar hoe de student zijn vakkennis inschat, wordt het onderwerp met de laagste score gekozen. De studenten schatten hun kennis over zuren en basen dus relatief het laagst in waardoor ze in de toekomst waarschijnlijk sneller opfrismodules over dit onderwerp zullen gebruiken.

De vakkennis van fysica wordt het laagste ingeschat voor de onderwerpen *elektromagnetisme*, *kernfysica*, en *trillingen en golven* met een respectievelijke score van 3.4, 3.2 en 3.2 (Tabel 9). Deze drie onderwerpen komen consistent over de hele enquête naar boven als de onderwerpen waarbij de studenten hun kennis het laagst inschatten. Een overzicht van de top 3 van de verschillende onderwerpen voor fysica wordt weergegeven in tabel 10.

Tabel 9 Antwoorden op de 4de vraag van de enquête aan de studenten van de vakdidactiek fysica. "Hoe schat je je eigen vakkennis op dit moment in omtrent:" De antwoorden van de 9 studenten worden weergegeven aan de hand van een score van 1 tot 5. De scores zijn als volgt ingedeeld: 1 - geen kennis; 3 - Ik ken de theorie; 5- ik ken de theorie en kan deze staven met voorbeelden uit de leefwereld van de studenten.

	Elektriciteit	Elektromagnetisme	Kernfysica	Dynamica en kinematica	Arbeid en energie	Trilling en golven
	4	4	2	4	4	4
	4	3	3	4	3	2
	4	3	5	4	4	2
	4	3	1	4	4	4
	2	3	2	5	4	3
	4	3	3	4	4	3
	5	3	5	5	3	3
	5	5	3	4	5	3
	4	4	5	5	5	5
Gemiddelde	4.0	3.4	3.2	4.3	4.0	3.2
Standaard deviatie	0.9	0.7	1.5	0.5	0.7	1.0

Tabel 10 Overzicht van de fysica top 3's van de verschillende vragen.

	1 ^{ste} plaats	2 ^{de} plaats	3 ^{de} plaats
Vraag 1	Elektromagnetisme & kernfysica		Trillingen en golven
Vraag 2	Trillingen en golven	Elektromagnetisme & kernfysica	
Vraag 3	Elektromagnetisme	Trillingen en golven	Kernfysica
Vraag 4	Kernfysica & trillingen en golven		elektromagnetisme

Voor het ontwikkelen van de fysicamodules werden kernfysica en elektromagnetisme geselecteerd. Kernfysica en elektromagnetisme zijn de onderwerpen waar studenten zich het minst comfortabel bij voelen. Aansluitend werd kernfysica gekozen omdat uit waarnemingen blijkt dat studenten dit onderwerp weinig tot niet gezien hebben in hun vooropleidingen. Elektromagnetisme werd gekozen omdat het beduidend hoger werd ingeschat qua voorbereidingstijd.

Uit een kwalitatieve analyse van de enquête kan besloten worden dat de onderwerpen waarbij de studenten chemie vinden dat ze het meest baat zouden hebben bij een specifieke herhalingsmodule: redoxreacties, en *zuren en basen* zijn. Voor fysica zijn dit de onderwerpen *kernfysica* en *elektromagnetisme*.

6.2 Opstellen van de opfrismodules en verspreiding naar studenten

Nadat de enquêtes werden afgenomen, zijn de opfrismodules ontworpen en opgesteld. Deze werden daarna gedeeld met de studenten van de educatieve master, zodat zij hier mee aan de slag konden gaan en vrijblijvend feedback konden geven over de onderdelen die zij gebruikt hadden. De opfrismodules zijn bijgevoegd in bijlagen 1 tot 3.

Doordat de opfrismodules in het eerste semester werden ontwikkeld, konden deze pas in het tweede semester gedeeld worden met de studenten. Hierdoor was een groot deel van de studenten al bezig, of zelfs al klaar, met het herhalen van de vakkennis voor het geven van microteachings en stages. De studenten zijn dus niet aan de slag gegaan met de opfrismodules waardoor er geen specifieke feedback verzameld kon worden omtrent het gebruiken van de opfrismodules. Om de modules in de toekomst aan te bieden werd er een creatief product ontworpen. Het creatief product is een flyer/poster waarop QR-codes staan die linken naar de verschillende opfrismodules. Indien opfrismodules voor verschillende onderwerpen ontworpen worden kunnen de QR codes gemakkelijk vervangen worden door te verwijzen naar een platform waar alle informatie gebundeld wordt. Het creatief product staat in bijlage 4.

6.3 Interview fysica

Uit de resultaten van het interview (bijlage 5) blijkt dat vakkennis het grootste struikelblok is voor 4 van de 6 studenten bij het maken van een lesvoorbereiding. Afhankelijk van de behaalde bachelor of master, bijvoorbeeld bachelor/master in de fysica of master in de industriële ingenieurswetenschappen, zijn er onderwerpen, waaronder kernfysica, waar de studenten nog weinig kennis van hadden aan het begin van de educatieve master. Tijdens het uitvoeren van de stage of microteaching zorgde de aanwezigheid van gespecialiseerde vakmentoren voor extra stress, wat invloed had op het zelfvertrouwen van de studenten.

Student: "Denk voor mij, dat voor een eigen klas lesgeven, ik niet al te veel stress zou hebben. Maar nu was het vaak dat een vakmentor gespecialiseerd is in een bepaald onderwerp en dat gaf mij extra veel stress. Toen de vakmentor aangaf dat het onderwerp haar zelf niet eigen was, was dat voor mij geruststellend. Als ik een paar foutjes maak is dat niet erg, zij zou ook foutjes maken. De expertise van de vakmentor die in de klas zat, was voor mij een hele erge stressfactor."

Voor keuzeopdrachten in de educatieve master grepen de studenten naar onderwerpen gerelateerd aan hun expertise. Ook labo's, experimenten en demo's worden voornamelijk uitgevoerd rond de onderwerpen van hun expertise. De studenten gaven aan dat een opfrismodule met bijvoorbeeld demo's hen meer zou aanzetten tot activerende werkvormen in onderwerpen buiten hun expertise.

Student: "Een elektriciteit labo, dubbelzijdige gelijkrichters bijvoorbeeld, dat zit er bij mij nog relatief vers in."

Om vakkennis te herhalen, verkiezen de studenten asynchrone methoden boven de klassieke lesmethodes. De studenten denken dat opfrismodules hen geholpen zouden hebben om hun kennis bij te schaven waar nodig indien ze vroeger op het jaar beschikbaar zouden zijn geweest. Op deze manier hadden de opfrismodules gebruikt kunnen worden voor de stages en andere opdrachten. De klassieke fysieke herhalingslessen voor fysica worden als minder relevant bestempeld door de studenten omdat niet alle studenten opfrissing nodig hebben voor alle onderwerpen, en omdat niet alle studenten na het behalen van de educatieve master de intentie hebben om dadelijk als leerkracht aan de slag te gaan. Voor de studenten van het volledige traject van de educatieve master zou een fysieke cursus wel een meerwaarde kunnen zijn. De fysica vakken die nu onder het curriculum van het volledige traject van de educatieve master vallen zijn namelijk niet direct gerelateerd aan de leerinhouden van het secundair onderwijs.

De koppeling van de leerplandoelstellingen is een extra toegevoegde waarde aan de opfrismodules. In de educatieve master komen de studenten voor het eerst in aanraking met de leerplannen. Omdat de leerplannen afhankelijk zijn van het vakgebied en de cluster kan het implementeren van deze leerplannen in het begin een uitdaging zijn. De studenten ervaren het koppelen van de lesinhoud aan de leerplandoelstellingen als moeilijk. Het is moeilijk om te weten hoe uitgebreid onderwerpen gezien moeten worden. Vaak wordt tijdens de stage het handboek of de cursus van de vakmentor als basis gebruikt en wordt daar niet veel van afgeweken. Voor opdrachten van de educatieve masteropleiding baseren studenten zich vaak op bordboeken op verschillende platformen zoals Diddit en Scoolde. Bordboeken zorgen niet altijd voor een optimale invulling van de

leerplandoelstellingen. De opfrismodules zorgen voor een betere kadering van de lesinhoud, leerplandoelstellingen en eventuele verdieping.

Lessen voorbereiden als beginnende leerkracht vraagt veel tijd: de educatieve master schat voor een beginnende student 10u voorbereiding voor 1u les. Door de eerder vernoemde voordelen van de opfrismodules kan deze voorbereidingstijd ingekort worden. De studenten geven aan dat dit hun motivatie positief kan beïnvloeden.

Student: "Absoluut, ik denk dat de motivatie groot is als je zo weinig mogelijk werk er moet insteken. Zeker als je al heel wat bronnen ter beschikking hebt. Zeker als je er 2 uur moet insteken in plaats van 6 uur. Dan is de motivatie zeker hoog."

6.4 Interviews chemie

Uit de interviews met de studenten van de vakdidactiek chemie (bijlage 6 en 7) bleek dat het gebrek aan vakkennis vooral een negatieve invloed had op het zelfvertrouwen van de studenten. Bij de ene student weerspiegelde zich dit doordat de student in kwestie dacht dat men als fraudeur voor de klas stond. Voor een andere student had de continue stroom aan commentaar op (detail)fouten een negatieve invloed op de zelfzekerheid waarmee ze voor de klas stond. De student beaamde dat dit sterk afhankelijk is van het te geven onderwerp; zo was hun zelfvertrouwen hoog was wanneer er geen fouten in de lessen aanwezig waren. Dit is een aanwijzing dat het aanbieden van specifieke opfrismodules een meerwaarde kan vormen voor de educatieve masteropleiding. Daarnaast werd er opgemerkt dat zelfzekerheid voor een klas niet enkel afhangt van de vakkennis, maar ook van andere factoren zoals familiariteit met de leerlingen.

In tegenstelling tot het zelfvertrouwen bleek de motivatie van de studenten vakdidactiek chemie niet af te hangen van de vakkennis. De motivatie om vakkennis op te halen was eerder doel- of interesse-georiënteerd (Hartnett, 2016; Murayama et al., 2012). Zo wil de LIO-student heel graag leerkracht worden. Het herhalen van vakkennis is noodzakelijk om het doel te bereiken. Bij een andere student was er interesse voor het vak chemie, waardoor men gemotiveerd was om de leerstof te herhalen. Dit zorgt ervoor dat de masterstudenten intrinsieke motivatie vertonen.

De hoge motivatie voor de studenten zorgde er dan weer voor dat ze, naar eigen zeggen, geen problemen met vakkennis hadden. De studenten moeten naar eigen zeggen wel veel tijd steken in het bijschaven van hun eigen vakkennis. Dit gebeurde, gelijkaardig aan de studenten fysica, aan de hand van video's en cursussen die ze zelf ooit gebruikt hadden of de cursussen op online platformen zoals diddit. De studenten gaven unaniem aan dat het bestaan van opfrismodules waarin zowel de basiskennis als de verdieping op de leerstof wordt aangeboden waarschijnlijk een positieve invloed gehad zou hebben op hun voorbereidingstijd, zeker als dit aan het begin van de opleiding kan aangeboden worden. Een bonus van de opfrismodules zou kunnen zijn dat de studenten de inhoud ervan ook kunnen integreren in hun eigen les. Een verdere afstemming op verschillende niveaus zou dan wel noodzakelijk zijn.

Doordat er in de eerste enquête slechts weinig respons was van de masterstudenten op de vraag om linken te leggen met de leefwereld, werd er ook gevraagd of ze op dit vlak

een verbetering hadden vastgesteld tijdens het jaar. De studenten gaven aan dat dit gemakkelijker ging doordat ze voorbeelden tegenkwamen in hun handboeken tijdens het lesgeven/studeren. Een bijkomende factor, die hier van toepassing is bij de LIO-student, was de familiariteit met de leerlingen, hetgeen de afstemming met de leerlingen veel gemakkelijker maakte.

Hoewel de studenten allemaal aangaven dat het bestaan van opfrismodules hun zou helpen om kennis meer efficiënt bij te spijkeren, gaven ze ook aan dat er veel waarde gehecht wordt aan directe feedback door vakmentoren tijdens de stage, en door de vakbegeleiders/professoren tijdens de microteachings. Op die manier krijgen ze namelijk directe feedback op fouten. Ook tijdens de stage werd een bezoek van de stagementor vanuit de universiteit op prijs gesteld. Er werd aangegeven dat deze bezoeken frequenter mogen gebeuren in het LIO traject om zo beter de groei doorheen het jaar te kunnen waarnemen. Tegelijkertijd werden algemene tips over hoe leerstof over te brengen op prijs gesteld. Aangezien het niet mogelijk is om voor elke les en elk onderwerp een mentor te hebben die feedback geeft, zou het incorporeren van oefeningen en zelfevaluaties in de opfrismodules een alternatief kunnen zijn om aan deze nood van de studenten te voorzien.

6.5 Samenvatting/vergelijking van resultaten

De interviews met studenten die de vakdidactiek fysica en de vakdidactiek chemie toonden aan dat beide groepen gelijkaardige gevoelens hebben over zelfvertrouwen tijdens het lesgeven. Beide groepen gaven aan dat het gebrek aan vakkennis een negatieve invloed heeft op het zelfvertrouwen. De aanwezigheid van een vakmentor met expertise en de bijhorende commentaren deed het zelfvertrouwen nog meer slinken. Dit is een fenomeen dat ook besproken wordt in de literatuur, en dat kan leiden tot het stopzetten van de studie (Demanet & Van Houtte, 2019). De commentaar van de vakmentoren en vakbegeleiders werd gezien als waardevol doordat men gewezen wordt op fouten waarvan de student zich niet direct bewust was. Dit toont aan dat communicatie tussen student-leerkrachten en leerkrachten een krachtige tool is om bij te leren (Copriady et al., 2021). Het geven van een les waarvan de studenten het onderwerp beheersten, zorgt wel voor het versterken van het zelfvertrouwen.

Een andere overeenkomst is de hoge tijdsbesteding voor het bijschaven van de vakkennis. Het uitzoeken van de nodige cursussen, boeken op online platforms, nuttige video's vergt tijd. Waar de hoge tijdsbesteding bij de studenten fysica een invloed heeft op de motivatie, geven de studenten van chemie aan dat dat minder het geval is. De motivatie om te studeren is gebonden aan andere factoren waardoor een hoge tijdsbesteding geen demotiverend effect had. De groepen waren het ook eens dat het aangeboden krijgen van een opfrismodule een positieve invloed gehad zou hebben op de voorbereidingstijd en hun vakkennis.

7. Conclusie

Het doel van de masterproef is het in kaart brengen van het effect van opfrismodules aan de start van de educatieve master op de motivatie en het zelfvertrouwen van studenten. De opfrismodules zijn erop gericht om de vakkennis van de educatieve masterstudenten terug op niveau te brengen. Dit enerzijds omdat vakkennis essentieel is voor een leerkracht, anderzijds blijkt uit interviews dat een goede vakkennis een positieve invloed heeft op het zelfvertrouwen waarmee de student voor de klas staat.

De motivatie waarmee de studenten leerstof herhalen is sterk afhankelijk van de aangeboden methode. Uit het onderzoek blijkt dat er geen motivatie is om synchrone herhalingslessen te volgen. De studenten gaven echter wel aan dat er meer motivatie zou zijn om vakkennis bij te schaven indien de methode een asynchrone opfrismodule zou zijn. Om verder in te spelen op de verschillende leerprofielen bieden de opfrismodules de mogelijkheid om op verschillende manieren de leerstof te herhalen aan de hand van videomateriaal, informatieve teksten, podcasts, of applets. Om het gebruik van de opfrismodules bij het maken van lesvoorbereidingen te promoten, wordt in de modules vakspecifieke kennis gekoppeld aan elke leerplandoelstelling en geplaatst binnen het grotere geheel van het vak.

Omdat de vakkennis sterk afhankelijk is van de achtergrond van de studenten zijn er online opfrismodules ontworpen voor de onderwerpen waarvan de vakkennis het laagst werd ingeschat. Voor fysica zijn dit opfrismodules over kernfysica en elektromagnetisme; voor chemie zijn dit opfrismodules over zuur/base- en redoxreacties.

De opfrismodules werden in de loop van het academiejaar bezorgd aan de educatieve masterstudenten. Omdat de meeste stages en microteachings echter al achter de rug waren, gingen de studenten niet diepgaand aan de slag met de opfrismodules. Hierdoor was het moeilijk om relevante onderzoeksgegevens te verkrijgen over de impact van het gebruik van de opfrismodules op het zelfvertrouwen en de motivatie van de studenten.

Om dit te onderzoeken kunnen de opfrismodules in de toekomst aangeboden worden aan de studenten voordat de eerste microteaching van de opleiding gegeven moet worden. De module kan dan als hulpmiddel gebruikt worden door de studenten. De mogelijke impact op motivatie en zelfvertrouwen en het gebruik van de opfrismodule kan dan doorheen het jaar opgevolgd worden. Ook het aantal opfrismodules en dus het aantal onderwerpen kan voor elk vak worden uitgebreid in de volgende jaren.

8. Referentielijst

- Ahn, S., & Choi, J. (2004). *Teachers' Subject Matter Knowledge as a Teacher Qualification: A Synthesis of the Quantitative Literature on Students' Mathematics Achievement*.
- Alexander, P. A., Murphy, P. K., Woods, B. S., Duhon, K. E., & Parker, D. (1997). College instruction and concomitant changes in students' knowledge, interest, and strategy use: A study of domain learning. *Contemporary Educational Psychology*, 22(2), 125–146.
- Alzahrani, H. A., Shati, A. A., Bawahab, M. A., Alamri, A. A., Hassan, B., Patel, A. A., Ahmad, M. T., El Maksoud, W. A., & Alsaleem, M. A. (2023). Students' perception of asynchronous versus synchronous distance learning during COVID-19 pandemic in a medical college, southwestern region of Saudi Arabia. *BMC Med Educ*, 23(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04034-5>
- Ambrose, S. A., & Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M.C., Norman, M.K. . (2010). What factors motivate students to learn? *Ambrose et al. (Eds.), How Learning Works: Seven Research-Based Principles for Smart Teaching*, 66-90.
- Aque, A., Barquilla, M., Buan, A., & Bagaloyos, J. (2021). Asynchronous Learning: Its Effects on Academic Performance and Students' Motivation In Science. *Thabiea : Journal of Natural Science Teaching*, 4(1). <https://doi.org/10.21043/thabiea.v4i1.9806>
- Artino, A. R. (2007). Motivational beliefs and perceptions of instructional quality: predicting satisfaction with online training*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(3), 260-270. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00258.x>
- Azevedo, R., & Cromley, J. G. (2004). Does Training on Self-Regulated Learning Facilitate Students' Learning With Hypermedia? *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 523–535. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.3.523>
- Azmat, M., & Ahmad, A. (2022). Lack of Social Interaction in Online Classes During COVID-19. *Journals of Materials and Environmental Science*, 13(2).
- Black, A. E., & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science Education*, 84(6), 740–756.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of education objectives: the classification of educational goals*. David McKay, Company.
- Bloomfield, J. G., & Schneider, C. R., Lane S., Stehlik, P., Frotjold, A. (2021). Evaluating a large-scale introductory interprofessional education workshop for developing interprofessional socialisation in medical, nursing and pharmacy students: A quasi-experimental pre-test post-test study. *Nurse Education Today*, 99. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.104777>
- Brophy, J. E. (1991). *Conclusion to advances in research on teaching: Teachers' knowledge of subject matter as it relates to teaching practice*. Greenwich, Conn.: JAI Press.
- Brown, P. C., Roediger III, H. L., & McDaniel, M. A. (2014). *Make it stick: the science of succesfull learning*. THE BELKNAP PRESS of HARVARD UNIVERSITY PRESS.

- Carpendale, J., Delaney, S., & Rochette, E. (2020). Modeling Meaningful Chemistry Teacher Education Online: Reflections from Chemistry Preservice Teacher Educators in Australia. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2534-2543. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00718>
- Chen, K.-C., & Jang, S.-J. (2010). Motivation in online learning: Testing a model of self-determination theory. *Computers in Human Behavior*, 26(4), 741-752. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.01.011>
- Clement, M. (2005). *Steekkaarten doceerpraktijk*. Antwerpen: Garant.
- Copriady, J., Zulnaldi, H., Alimin, M., & Albeta, S. W. (2021). In-service training and teaching resource proficiency amongst Chemistry teachers: the mediating role of teacher collaboration. *Heliyon*, 7(5), e06995. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06995>
- Darling-Hammond, L. (2000). Solving the Dilemmas of Teacher Supply, Demand, and Standards: How We Can Ensure a Competent, Caring, and Qualified Teacher for Every Child.
- Darling-Hammond, L. (2000). Teacher quality and student achievement: A review of state policy evidence. *Education Policy Analysis Archives*, 8(1), 1-44.
- de Vries, T. J. (2021). The Pandemic That Has Forced Teachers to Go Online. Zooming in on Tips for Online Teaching. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.647445>
- Deci, E. L. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Springer New York, NY. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Springer New York, NY. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>
- Demantet, J., & Van Houtte, M. (2019). School Effects on Deviance: An International Perspective. In J. Demantet & M. Van Houtte (Eds.), *Resisting Education: A Cross-National Study on Systems and School Effects*. (pp. 3-26). Springer.
- Dirksen, J. (2012). *Design for how people learn*. New Riders.
- Druva, C. A., & Anderson, R. D. (1983). Science teacher characteristics by teacher behavior and by student outcome: A meta-analysis of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 467-479. <https://doi.org/10.1002/tea.3660200509>
- Fabriz, S., Mendzheritskaya, J., & Stehle, S. (2021). Impact of Synchronous and Asynchronous Settings of Online Teaching and Learning in Higher Education on Students' Learning Experience During COVID-19. *Front Psychol*, 12, 733554. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.733554>
- Forehand, M. (2010). *Bloom's Taxonomy*. Retrieved 05/06/2023 from <https://www.d41.org/cms/lib/IL01904672/Centricity/Domain/422/BloomsTaxonomy.pdf>
- Gadzella, B. M., & Stephens, R., Baloglu, M. . (2002). Prediction of educational psychology course grades by age and learning style scores. *College Student Journal*, 36(1), 62-68.
- Gagné, R. (1985). *Conditions of learning* (4 ed.). Holt, Rinehart & Winston.

- Grossman, P. L. (1990). *The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education*. Teachers College Press.
- Guyton, E., & Farokhi, E. (2016). Relationships among Academic Performance, Basic Skills Subject Matter Knowledge, and Edith Guyton Elizabeth Farokhi Teaching Skills of Teacher Education Graduates. *Journal of Teacher Education*, 38(5), 37-42. <https://doi.org/10.1177/002248718703800508>
- Hartnett, M. (2016). The Importance of Motivation in Online Learning. In *Motivation in Online Education* (pp. 5-32). https://doi.org/10.1007/978-981-10-0700-2_2
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible Learning*
A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. Routledge.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Islam, S., Baharun, H., Muali, C., Ghufroon, M. I., Bali, M. e. I., Wijaya, M., & Marzuki, I. (2018). To Boost Students' Motivation and Achievement through Blended Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1114. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1114/1/012046>
- Janssens, S., Verschaffel, L., De Corte, E., Elen, J., Lowyck, J., Struyf, E., Van Damme, J., & Vandenberghe, R. (2000). Hoofdstuk 5: Motiveren van lerenden. *Janssens et al. (Eds.), Didactiek in beweging*, 181- 2016.
- Johnson, A. L. (2017). *Exploration of Factors Affecting the Self-Efficacy of Asynchronous Online Learners: a Mixed Methods Study* [Virginia Polytechnic Institute and State University].
- Justice, E. M., & Dornan, T. M. (2001). Metacognitive Differences between Traditional-Age and Nontraditional-Age College Students. *Adult Education Quarterly*, 51(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/074171360105100305>
- Keller, J. M. (1979). Motivation and Instructional Design: A Theoretical Perspective. *Journal of Instructional Development*, 2, 26-34. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/BF02904345>
- Kim, H. J., Hong, A. J., & Song, H.-D. (2019). The roles of academic engagement and digital readiness in students' achievements in university e-learning environments. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0152-3>
- Kirschner, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gess-Newsome, J., & von Aufschnaiter, C. (2016). Developing and evaluating a paper-and-pencil test to assess components of physics teachers' pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 38(8), 1343-1372. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1190479>
- Kohnstamm, D. (2002). *Ik ben ik: de ontdekking van het zelf*. De bezige bij.
- Lane, J., Lane, A. M., & Kyprianou, A. (2004). Self-efficacy, self-esteem and their impact on academic performance. *Social Behavior and Personality: An international journal*, 32(3), 247-256. <https://doi.org/https://doi.org/10.2224/sbp.2004.32.3.247>

- Loewenberg Ball, D., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching. *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Mendoza, N. B., Yan, Z., & King, R. B. (2023). Supporting students' intrinsic motivation for online learning tasks: The effect of need-supportive task instructions on motivation, self-assessment, and task performance. *Computers & Education*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104663>
- Murayama, K., Elliot, A. J., & Friedman, R. (2012). Achievement goals and approach-avoidance motivation. In R. M. Ryan (Ed.), *The Oxford handbook of human motivation* (pp. 191-207). Oxford University Press.
- Pintz, C., & Posey, L. (2013). Preparing students for graduate study: An eLearning approach. *Nurse Education Today*, 33, 734-738.
- Ryan, R. M. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* 25, 54-67. <https://doi.org/doi:10.1006/ceps.1999.1020>
- Ryan, R. M., & Connell, J. P. (1989). Perceived locus of causality and internalization: Examining reasons for acting in two domains. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(5), 749-761. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.5.749>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemp Educ Psychol*, 25(1), 54-67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Sadiq, A. (2019). The Relationship between Teacher's Knowledge of Subject Matter and Students' Academic Achievement in Senior Secondary Schools in Adamawa State, Nigeria. *International Journal of Philosophy and Social-Psychological Sciences*, 5(4), 4.
- Sahito, Z., Shah, S. S., & Pelser, A.-M. (2022). Online Teaching During COVID-19: Exploration of Challenges and Their Coping Strategies Faced by University Teachers in Pakistan. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.880335>
- Schallert, D. L., & Hailey Reed, J. (2003). Intellectual, Motivational, Textual, And Cultural Considerations In Teaching and Learning With Computer-Mediated Discussion. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(2), 103-118. <https://doi.org/10.1080/15391523.2003.10782407>
- Schwab, J. J. (1978). *Science, curriculum, and liberal education : selected essays*. University of Chicago Press.
- Seifert, T. (2004). Understanding student motivation. *Educational Research*, 46(2), 137-149.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 10.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard educational review*, 57(1).
- Smylie, M. (1988). The Enhancement Function of Staff Development: Organizational and Psychological Antecedents to Individual Teacher Change. *American Educational Research Journal* 25(1), 1-3. <https://doi.org/https://doi.org/10.3102/00028312025001001>

- Surma, T., Vanhoyweghen, K., Sluijsmans, D., Camp, G., Muijs, D., & Kirschner, P. A. (2019). *WIJZE LESSEN: twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek*. Ten Brink Uitgevers, Meppel.
- Tschannen-Moran, M., & Woolfolk Hoy, A. (2001). Teacher efficacy: capturing an illusive construct. *Teaching and Teacher Education, 17*(7), 783-805.
- van der Keylen, P., Lippert, N., Kunisch, R., Kuhlein, T., & Roos, M. (2020). Asynchronous, digital teaching in times of COVID-19: a teaching example from general practice. *GMS J Med Educ, 37*(7), Doc98. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33364377>
- van Driel, J. H., Meirink, J. A., van Veen, K., & Zwart, R. C. (2012). Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: a review of design features and quality of research. *Studies in Science Education, 48*(2), 129-160. <https://doi.org/10.1080/03057267.2012.738020>
- Wheatley, K. (2002). The potential benefits of teacher efficacy doubts for educational reform. *Teaching and Teacher Education, 18*, 5-22.
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2nd Expanded ed.). Assn. for Supervision & Curriculum Development.
- Yu, H., Wang, S., Li, J., Shi, G., & Yang, J. (2022). Influence of Online Merging Offline Method on University Students' Active Learning Through Learning Satisfaction. *Front Psychol, 13*, 842322. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.842322>

9. Bijlagen

Opmerking: omdat de hyperlinks gemaakt werden in een ander document, kan de werking van de opfrismodules in dit document niet gegarandeerd worden. De QR codes in het creatief product kunnen gebruikt worden om de opfrismodules te testen.

9.1 Bijlage 1: Opfrismodule fysica



FYSICA

Opfrismodule

Filip Habex & Lien Verstrepen

LEERPLANDOELSTELLINGEN PER THEMA

Klik op het thema

Elektriciteit

Elektromagnetisme

Kernfysica

Dynamica en kinematica

Arbeid en energie

Trillingen en golven

Modules

Elektriciteit

NOG TE VOORZIEN

Elektromagnetisme

B16 Technische toepassingen en natuurlijke verschijnselen in verband brengen met magnetische krachten.

B17 De onderlinge wisselwerking tussen magnetische polen (noord- en zuidpool) beschrijven.

B18 Uit het macroscopisch gedrag van elektromagneten besluiten dat bewegende ladingen magneetvelden opwekken.

B19 Aan de hand van het magnetisch veldlijnenpatroon, kenmerken van het magnetisch veld in de buurt van permanente magneten en elektromagneten herkennen, benoemen en aangeven met welke configuratie ze tot stand kunnen komen.

B20 Het vectorieel karakter van een magnetisch veld analyseren en hiervoor de veldvector \vec{B} hanteren.

B21 De magnetische veldsterkte nabij een rechte draad, een lus en in een spoel onderzoeken.

B22 De kracht op een bewegende lading in een magnetisch veld bepalen.

B23 De definitie van de magnetische veldsterkte B interpreteren

B24 In technische toestellen en natuurlijke verschijnselen de lorentzkracht als basisprincipe herkennen en duiden.

B25 De oorsprong van het magnetisme bij magnetische materialen uitleggen aan de hand van het atoommodel van de materie en hiermee magnetische verschijnselen verklaren.

B26 De inductiespanning over de uiteinden van een bewegende geleider in een magnetisch veld met de lorentzkracht verklaren.

B27 De magnetische flux als een vloed van een magnetisch veld doorheen een oppervlakte beschrijven en de formule opstellen.

B28 Het ontstaan van de inductiespanning door een verandering van de magnetische flux door de oppervlakte van een gesloten geleider uitleggen en de kenmerken van die inductiespanning geven.

B29 De werking van technische toestellen die gebaseerd zijn op inductiespanning uitleggen.

B16 Technische toepassingen en natuurlijke verschijnselen in verband brengen met magnetische krachten.

Links/bronnen

<https://www.supermagnete.be/Toepassingen-van-magneten/Gebruiksdoel/Experiment>
<https://magnetisch.tripod.com/proefindex.html>
<https://wibnet.nl/heelal/zonnestelsel/aarde/het-aardmagnetisch-veld-wat-is-het-aardmagnetisch-veld>
<https://www.aeronomie.be/nl/encyclopedie/magnetisch-veld-vormt-beschermende-holte-rond-aarde>
<https://www.physicsexperiments.org/index.php/magnetisme/483-homogeen-magnetisch-veld-veldlijnen-noord-en-zuidpool-declinatie-en-inclinatie>
<https://www.goudsmitmagnets.com/nl/solutions/magnetic-recycling-sorting/overband-magnetic-separators/neodymium>
<https://www.supermagnete.be/Toepassingen-van-magneten/Gauss-kanon>
<https://www.instructables.com/Gauss-Geweer/>
<https://tweakers.net/geek/103939/wetenschappers-maken-magnetisch-geweer-om-medicijnen-in-lichaam-te-schieten.html>

Video's

<https://wikikids.nl/Kompas>
<https://www.youtube.com/watch?v=4iBhRT0zXnw>
<https://www.youtube.com/watch?v=4iBhRT0zXnw>
<https://www.youtube.com/watch?v=CcqDbSG3WA&feature=youtu.be>

Applet

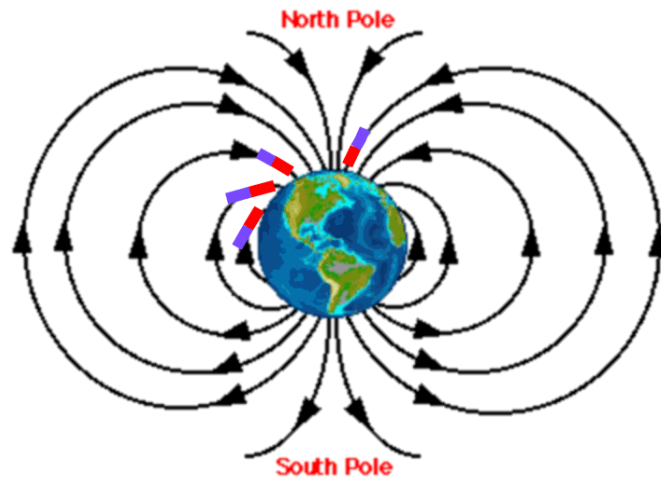
/

Uitleg

Kompas

Een traditioneel kompas heeft een magneet die twee verschillende polen heeft, het noorden (N) en het zuiden (Z/S). De aarde is ook een magneet, stel je voor: de aarde is een grote magneet waar de twee polen in het Noorden en het Zuiden van de wereld liggen.

De wijzer in het kompas is een kleine magneet die vrij kan draaien, het wordt aangetrokken door de aardmagneet. Die zal de wijzer richten naar zijn eigen polen. De pool die naar het Noorden wijst, is dan ook de Noordpool.



Opmerkingen

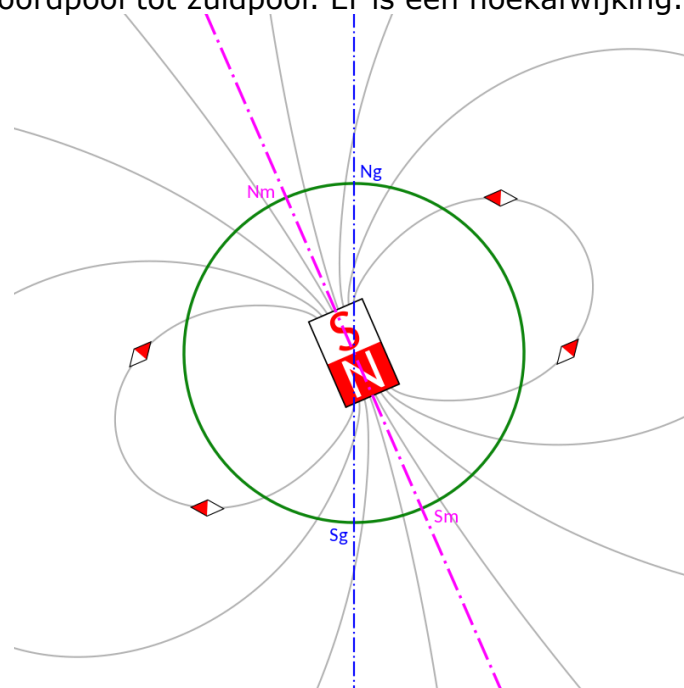
Zie aardmagnetisme! (werking van het aardmagnetische veld)

Aardmagnetisme

Het aardmagnetisch veld ontstaat in het buitenste deel van de kern van de planeet doordat vloeibaar ijzer in beweging is. Het magneetveld beschermt tegen schadelijke ruimtedeeltjes, die vooral afkomstig zijn van de zon.

Opmerkingen

- Magnetische inclinatie, de magnetische veldlijnen gaan schuin de aarde in
- Magnetische declinatie, de magnetische veldlijnen van de aarde lopen niet precies van noordpool tot zuidpool. Er is een hoekafwijking.



Neodymiummagneten

Neodymium is een zeer sterk permanent magnetische materiaal. De neodymiummagneten (ook genoemd NdFeB-magneten, Neomagneten) bestaan uit Nd (neodymium), Fe (ferrum), B (borium) en andere elementen zoals Dy (dysprosium) en Ti (Titanium), als deel van permanente magneetfamilie, zijn zij de recentste generatie van zeldzame aardmagneten.

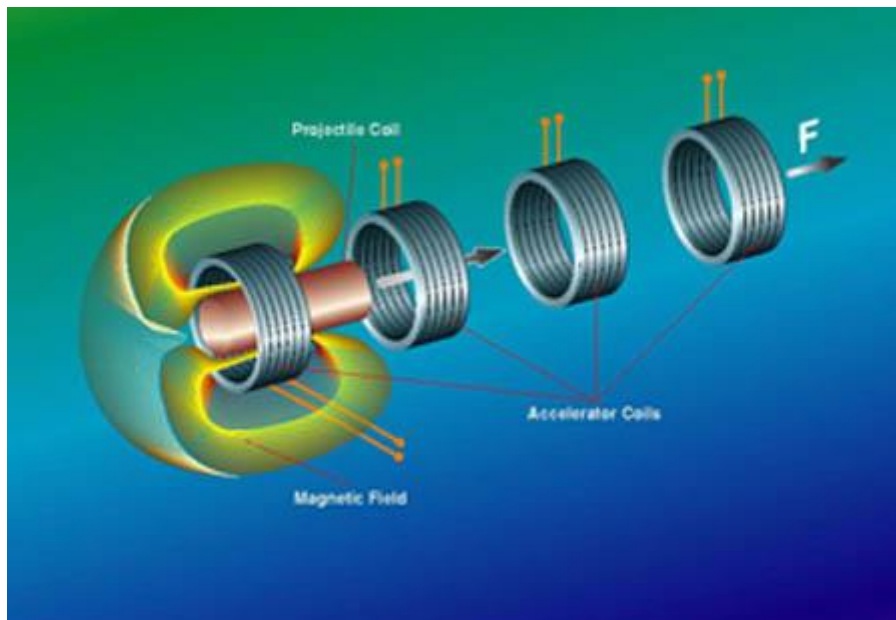
De neodymiummagneten zijn een van de sterkst commercieel beschikbaar magneten in de wereld, hun trekkracht is vrij groot vergeleken met hun eigen grootte.

De magneten worden vaak gebruik bij het magneetvissen of industriële hijstoepassingen.



Het gaussgeweer

Een Gauss-kanon bestaat uit een draadspiraal of solenoïde met een ferromagnetisch projectiel aan het einde van een. Een grote stroom wordt gepulseerd door de spoel en creëert een sterk magnetisch veld, waardoor het projectiel naar het midden van de spoel wordt getrokken. Als het projectiel dit punt nadert, wordt de spoel losgekoppeld en kan de volgende worden afgevuurd, waardoor het projectiel met opeenvolgende fasen steeds meer wordt versneld. In gangbare Gauss-loopontwerpen bestaat de barrière van het wapen uit een rail waar het projectiel doorheen loopt, met de geleidende spoelen rond de rail.



Opmerkingen:

Principe wordt ook toegepast in de medische wereld voor medicijnen.

<https://tweakers.net/geek/103939/wetenschappers-maken-magnetisch-geweer-om-medicijnen-in-lichaam-te-schieten.html>

Magnetiet

Links/videos:

<https://tosec.nl/nl/wiki/magnetisme/>

Uitleg:

Magnetiet is een mineraal dat is samengesteld uit ijzer(II,III)oxide. Het wordt door de sterk magnetische werking gebruikt om permanente magneten mee te maken.

Magnetiet heeft naast de productie van permanente magneten meer toepassingen in de industrie. Het wordt gebruikt in katalysatoren voor sommige chemische processen, waaronder het Haber-Boschproces voor de productie van ammoniak en het Fischer-Tropschproces voor de productie van koolwaterstoffen uit koolstofmonoxide en waterstof. Magnetiet vormt zich ook in hogedrukstoomketels, waar het, als het een dunne laag betreft, tegelijk een beschermende functie heeft tegen corrosie van de ketelwand. Magnetietdeeltjes worden voor het vervaardigen van magnetische vloeistoffen gebruikt.



Opmerkingen:

/

Magnetische influentie (vs elektrische influentie)

Links/videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=F9OgVbD1Mk4>

<https://www.youtube.com/watch?v=OuH9phs3Ang>

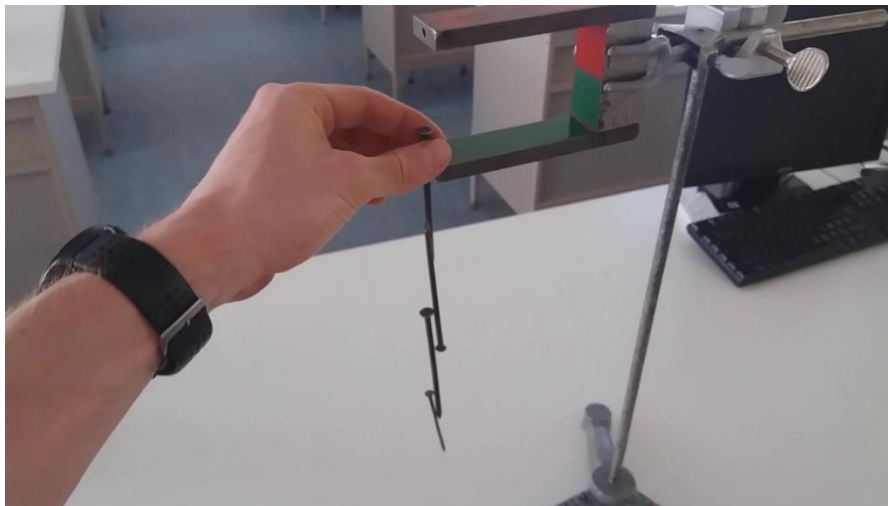
<https://www.youtube.com/watch?v=sqQja8P8UuM>

<http://www.rwi->

[natuurkunde.nl/aanteken/VWO/85%20Magnetische%20velden%20-%20VWO.pdf](http://www.rwi-natuurkunde.nl/aanteken/VWO/85%20Magnetische%20velden%20-%20VWO.pdf)

Uitleg:

Wanneer je een ijzeren spijker in de buurt van een magneet houdt, wordt die spijker ook magnetisch. Een tweede spijker, die weer door die spijker aangetrokken wordt, wordt ook magnetisch, en zo kunnen ook een derde, een vierde, etc. volgen. Een spijker in de buurt van een magneet krijgt dus magnetische eigenschappen. Dit heet magnetische influentie. Als de spijker van de magneet wordt weggehaald, verdwijnt het magnetisme weer.



B17 De onderlinge wisselwerking tussen magnetische polen (noord- en zuidpool) beschrijven.

Links/bronnen

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/magneten/magnetisch_veld

<https://www.mrchadd.nl/academy/vakken/natuurkunde/wat-is-magnetisme-en-hoe-werkt-het>

<https://wikikids.nl/Magneet>

Video's

https://www.youtube.com/watch?v=iQwC_KJm96U

<https://schooltv.nl/video/magneten-hoe-werken-ze-eigenlijk/>

<https://www.examenoverzicht.nl/natuurkunde/magnetisme>

https://www.youtube.com/watch?v=Hn2_FUZ6qLY

Applet

/

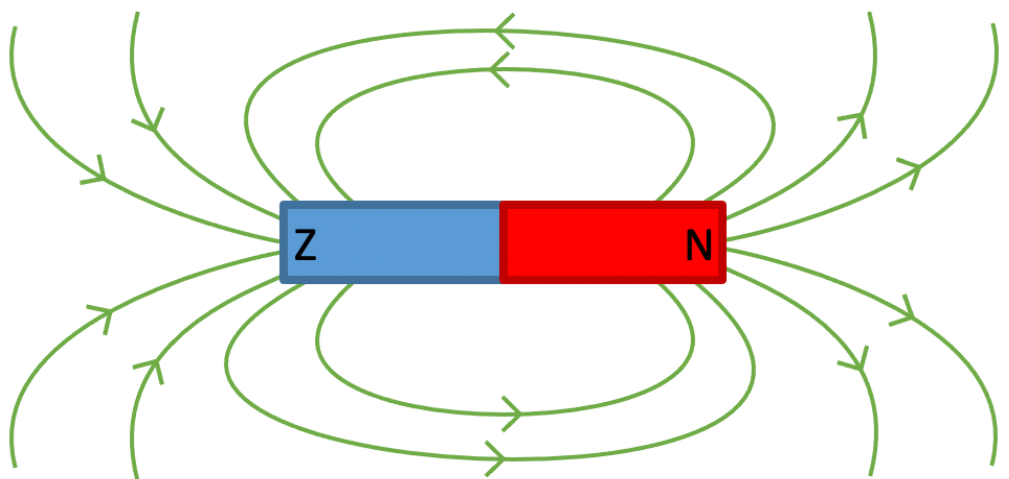
Uitleg

Magneten komen in verschillende vormen en soorten voor. Vroeger gebruikte men alleen maar natuurlijke magneten zoals magnetiet. Vanaf de 19e eeuw kan men ook kunstmatige magneten maken. De sterkste magneten zijn kunstmatige magneten die ook wel neodymiummagneten genoemd worden. Deze permanente magneten worden dan gemaakt in de vorm van staafmagneten, kompasnaalden,....

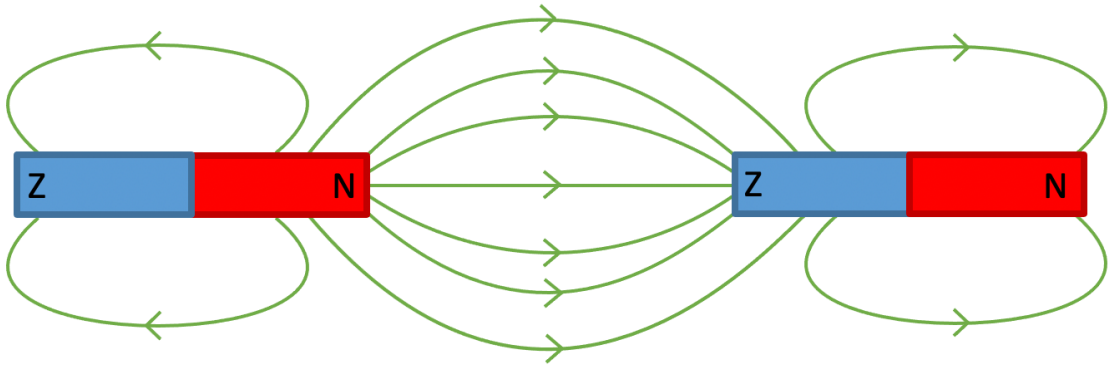
Een magneet heeft twee polen, een noord- en zuidpool. Tegengestelde polen trekken elkaar aan (N-Z). Gelijknamige polen stoten elkaar af (N-N en Z-Z). Een magneet verandert de eigenschappen van de ruimte erom door een magnetisch veld te creëren. De magnetische kracht wordt kleiner naarmate we ons verder van de magnetische bron verwijderen.

De onderstaande figuren zijn tweedimensionaal, een magnetisch veld zal zich in de realiteit driedimensionaal ontwikkelen.

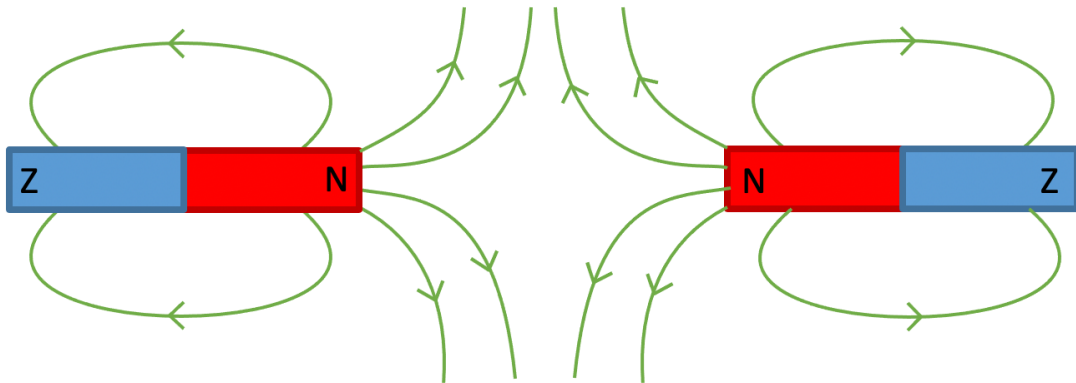
Veld van een staafmagneet:



Veld tussen 2 ongelijkmatige polen:



Veld tussen twee gelijknamige polen:



B18 Uit het macroscopisch gedrag van elektromagneten besluiten dat bewegende ladingen magneetvelden opwekken.

Links/bronnen

<https://www.meteorologiaenred.com/nl/experimento-de-oersted.html>

<https://www.edumedia-sciences.com/nl/media/56-experiment-van-oersted>

Video's

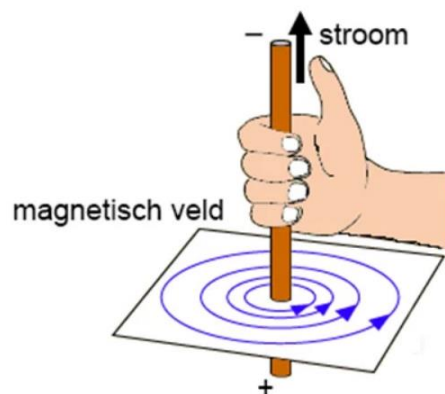
<https://www.youtube.com/watch?v=olijC0eIHWA>

Applet

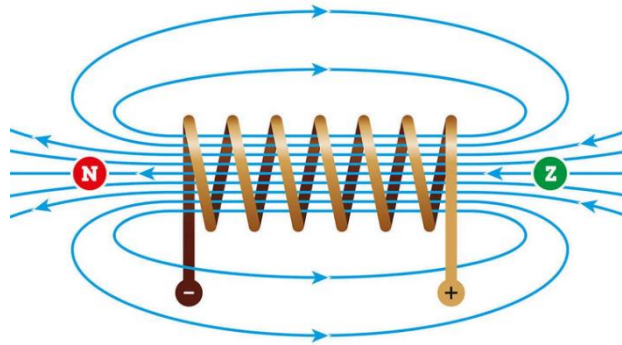
/

Uitleg

Een andere manier om een magnetisch veld op te wekken is door middel van stroom. Een bewegende lading draagt altijd een magnetisch veld met zich mee. Dit kunnen we gebruiken om een elektromagneet te maken, oftewel een magneet die gebruikmaakt van bewegende ladingen. Hoe sneller de ladingen bewegen, hoe groter het magnetisch veld. Hetzelfde geldt voor hoe groter de lading, hoe groter het magnetisch veld.



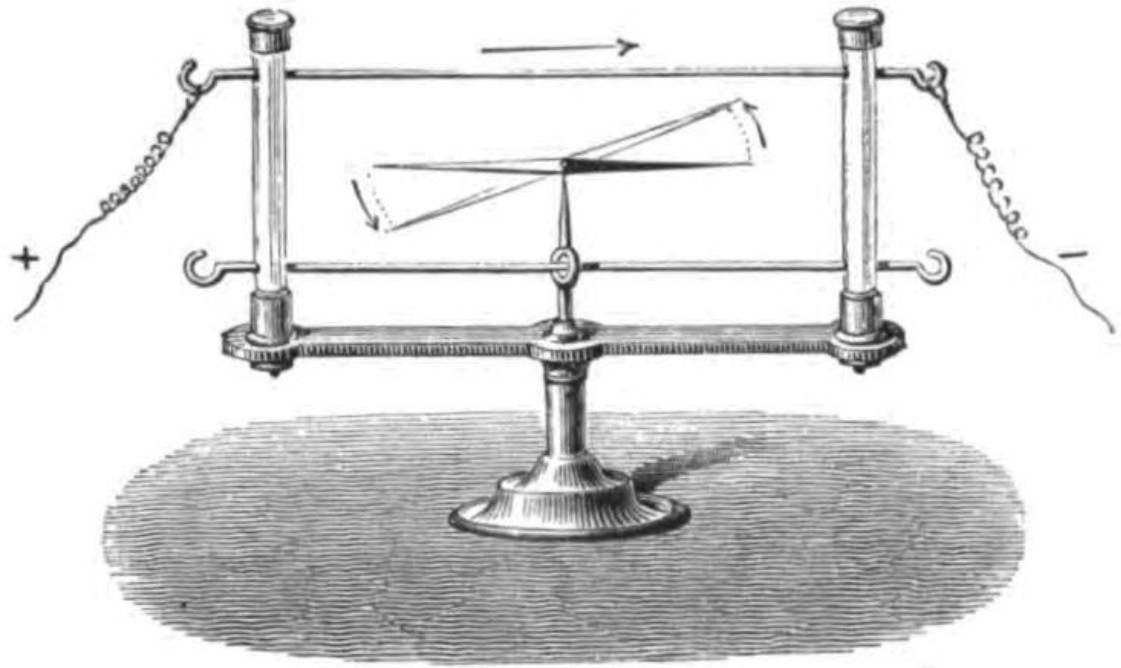
Elektromagneten zijn erg handig, omdat je heel gemakkelijk de sterkte van het magnetisch veld kunt bepalen. Een draad waar stroom doorheen gaat heeft een magnetisch veld. De richting van dit magnetisch veld kun je bepalen met de rechterhand regel: wijs met je duim in de richting van de stroom en krul je vingers. Je vingers wijzen dan in de richting van het magnetisch veld. Zie de figuur hieronder voor een illustratie. Vaak worden echter spoelen gebruikt als elektromagneten, omdat ze compacter gemaakt kunnen worden en een sterker magnetisch veld kunnen opwekken. Voor het magnetisch veld om een spoel kun je ook de rechterhand regel gebruiken. Echter krul je nu je vingers in de richting van de stroom. Je duim wijst dan in de richting van het magnetisch veld.



Proef van Oersted

Oersted's experiment manifesteren dat er een verband was tussen elektriciteit en magnetisme. De wetten die magnetische interacties met elektriciteit wiskundig beschrijven, werden ontwikkeld door André Marie Ampère, die de leiding had over het bestuderen van de krachten die bestonden tussen de kabels waardoor elektrische stromen circuleerden.

Alles is ontstaan dankzij de analogie die bestaat tussen magnetisme en elektriciteit. Het is deze analogie die ervoor zorgde dat er werd gezocht naar de relatie die er tussen hen bestaat en die de gemeenschappelijke kenmerken kan verklaren. De eerste pogingen om een mogelijk verband tussen de elektrische ladingen van magneten te onderzoeken, leverden niet veel resultaten op. Wat ze wel lieten zien, is dat door elektrisch geladen voorwerpen in de buurt van magneten te plaatsen, een enkele kracht werd tussen hen uitgeoefend. Deze kracht is van wereldwijde aantrekkingskracht zoals die bestaat tussen elk object dat is opgeladen met elektriciteit en een neutraal object. In dit geval is het object de magneet. De magneet en het elektrisch geladen object trekken elkaar aan maar kunnen niet worden gericht. Dit geeft aan dat er geen magnetische interactie tussen hen is. Als dat zo is, als ze zouden begeleiden. Oersted voerde als eerste het experiment uit dat de hulp toonde van de relatie tussen elektriciteit en magnetisme. Al in het jaar 1813 had voorspeld dat er mogelijk een verband tussen de twee zou zijn, maar het was in het jaar 1820 toen hij het verifieerde.



B19 Aan de hand van het magnetisch veldlijnenpatroon, kenmerken van het magnetisch veld in de buurt van permanente magneten en elektromagneten herkennen, benoemen en aangeven met welke configuratie ze tot stand kunnen komen.

Links/bronnen

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/magneten/magnetisch_veld

<https://natuurkundeuitleg.wordpress.com/2015/08/14/magnetische-velden/>

<https://studyboard.be/Cursussen/fysica/Lessen/18-magnetisme/Topics/18-1-2-magnetische-veldlijnen-en-veldsterkte/>

<https://www.supermagnete.nl/faq/Wat-is-het-verschil-tussen-een-permanente-magneet-en-een-elektromagneet>

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=fAW5Q6Cxn9s>

<https://www.youtube.com/watch?v=VLXeHRvSqOE>

Applet

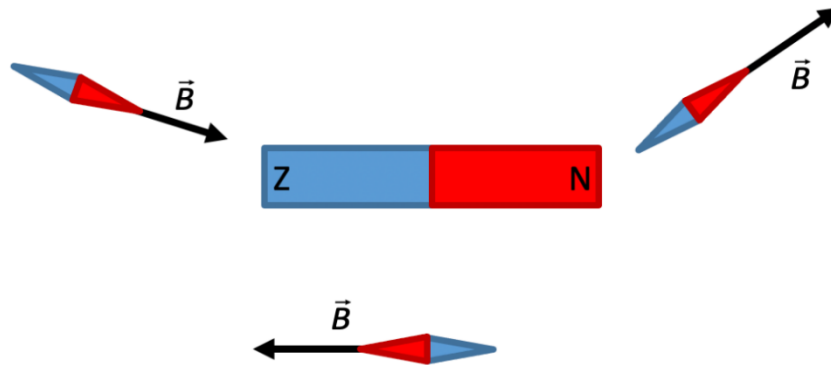
/

Uitleg

Magnetisme ontstaat altijd door elektronenbewegingen en dus een elektrische stroom of moleculaire stromen. Magnetisme kan dus eigenlijk in elke vorm beschouwd worden als elektromagnetisme. Met elektromagneten wordt echter vaak gerefereerd naar magnetische velden die ontstaan door stroom door een materiaal te laten lopen. Indien de stroom uitgeschakeld wordt verliest het weekijzeren materiaal zijn magnetisering. Een (permanente) magneet zal zijn magnetische eigenschappen behouden zonder invloed van stroom. Een elektromagneet kan in verschillende vormen toegepast worden (zie leerplandoelstelling B21).

De invloed van een magneet en dus het magnetisch veld kan weergegeven worden door een naaldmagneet. De kracht wordt aangetoond met een vector op de N-pool van de naaldmagneet. De magnetische veldvector \vec{B} is gekenmerkt door de volgende eigenschappen:

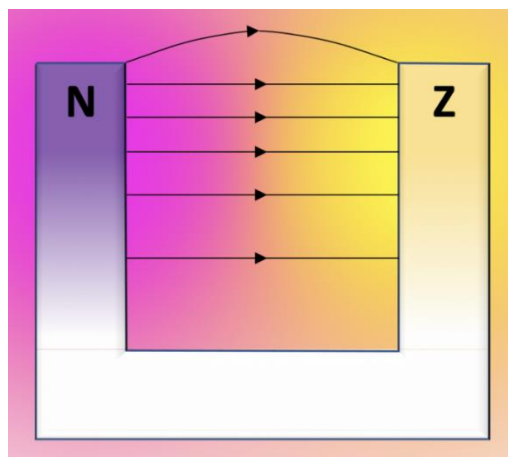
- Het aangrijpingspunt P
- De richting van de naaldmagneet
- De zin wijst naar de N-pool van de naaldmagneet
- De grootte geeft de grootte van het magnetisch veld in punt P (uitgedrukt in Tesla of T)



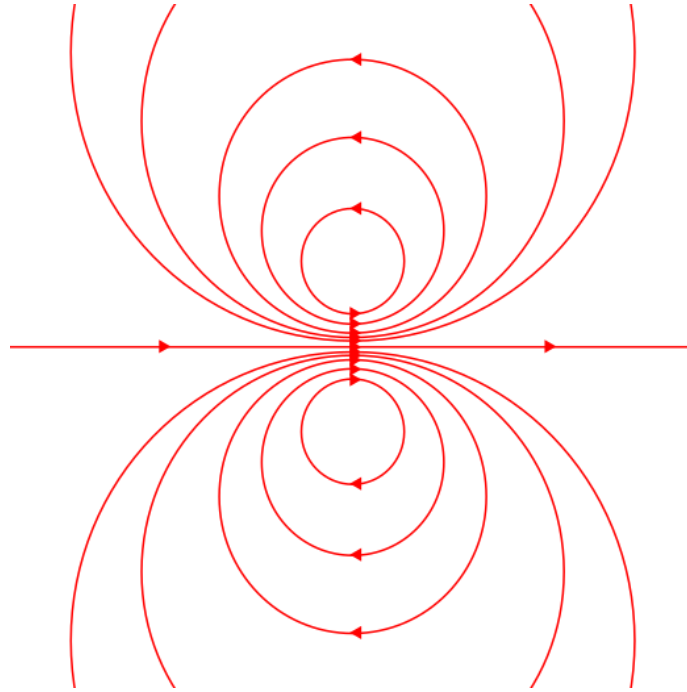
De sterkte van het magnetisch veld hangt samen met de veldlijndichtheid. Wanneer de veldsterkte stijgt zal de veldlijndichtheid stijgen en zullen er dus meer veldlijnen door hetzelfde oppervlakte gaan. Veldlijnen kunnen elkaar ook nooit snijden waardoor er in elk punt maar één veldvector getekend kan worden. Een veldlijn wijst altijd van een noordpool naar een zuidpool. Een veldvector is een raaklijn aan de veldlijn op dat punt.

Er zijn twee interessante voorbeelden van soorten magnetische velden: homogeen en dipoolvelden.

Een homogeen magnetische veld is een veld waarbij de magnetische veldlijnen allemaal evenwijdig lopen en waarbij de sterkte van het veld overal gelijk is. Een homogeen veld wordt bijvoorbeeld gevormd aan de binnenkant van een U-magneet.

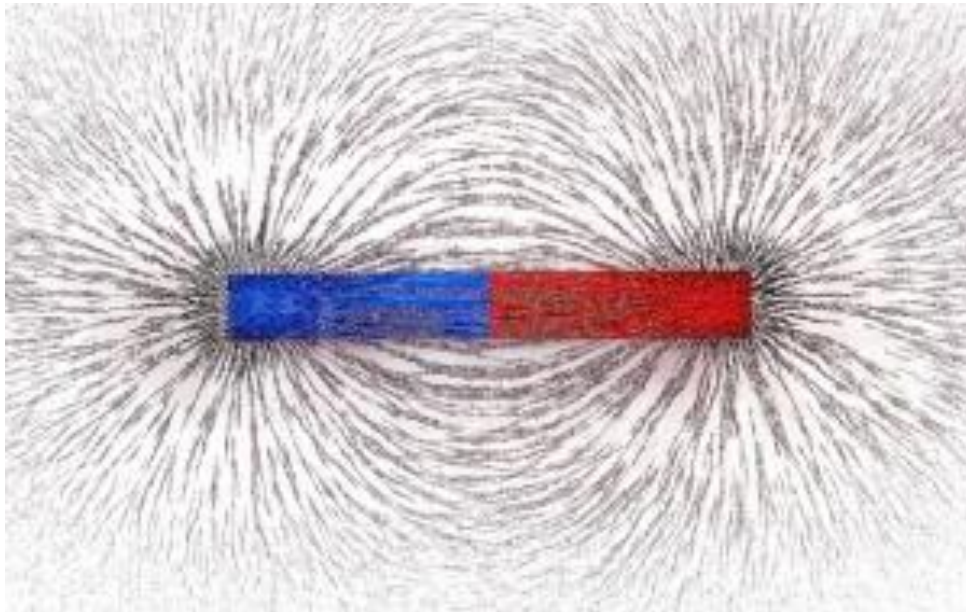


Een dipoolveld werd eerder behandeld als een speciaal elektrisch veld gevormd door twee even grote tegengestelde (bron)ladingen. Ook een oneindig kleine magneet vormt altijd een zuiver dipoolveld, er bestaat dus ook geen magnetische monopolen. Andere magneten zoals permanente magneten, spoelen, etc. vormen bij benadering een ideaal dipoolveld. In realiteit kunnen oneindig kleine magneten niet gemaakt worden en geen magnetische monopolen waardoor er ook geen radiaal magnetisch veld kan ontstaan.



Proef met ijzervijlsel

Door middel van ijzervijlsel en een magneet kunnen de magnetische veldlijnen in kaart gebracht worden zoals op onderstaande figuur.



B20 Het vectorieel karakter van een magnetisch veld analyseren en hiervoor de veldvector \vec{B} hanteren.

Links/bronnen

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/magneten/magnetisch_veld
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiJ-52I57r9AhWlwAIHHWNwADkQFnoECEUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ugent.be%2Fcampus-kortrijk%2Fnl%2Fvoor-toekomstige-studenten%2Fcursussen-digitale-infodag-2020.htm%2Felektromagnetisme.pdf&usg=AOvVaw2kcLgjuUii1UjcgNcMRRgI>

Video's

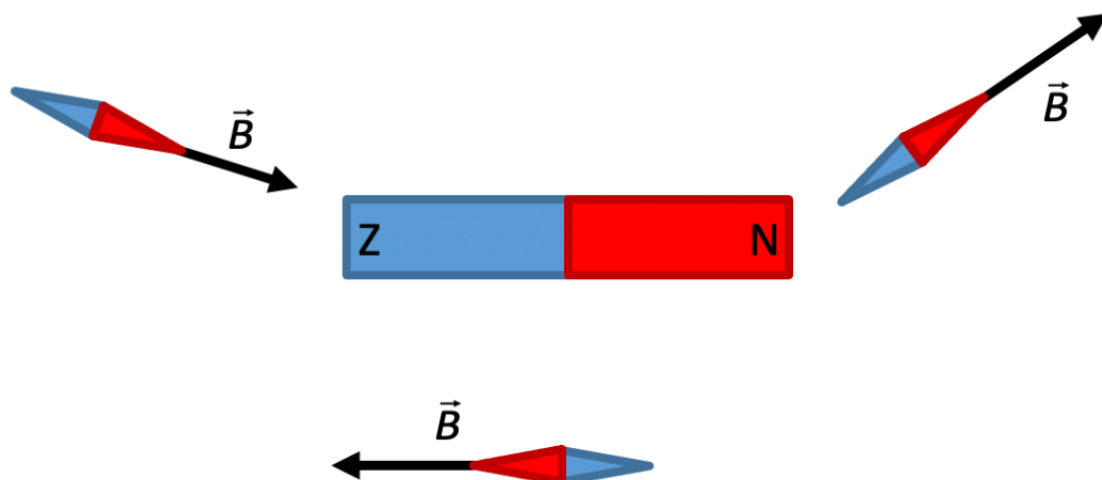
<https://www.youtube.com/watch?v=IBXWtne1O-4>

Applet

https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/magneticfieldbar_nl.htm

Uitleg

Bij het analyseren van het vectoriële karakter van een magnetisch veld wordt er gebruik gemaakt van veldvectoren \vec{B} . Een veldvector kan gevormd worden door een naaldmagneet op het gekozen aangrijpingspunt P te plaatsen. Deze veldvector volgt altijd de richting van de raaklijn aan de veldlijnen in dit punt P en wijst altijd in de zin van de noordpool van de naaldmagneet. De zin van de veldlijnen zal altijd van noordpool naar zuidpool zijn. De richting die gevolgd zal worden is afhankelijk van de geanalyseerde situatie. Hoe verder van de magneet af, hoe zwakker de magnetische veldsterkte en hoe kleiner de veldvector \vec{B} . Onderstaande figuur geeft een voorbeeld van de veldvectoren in een magnetisch veld rondom een permanente staafmagneet.



B21 De magnetische veldsterkte nabij een rechte draad, een lus en in een spoel onderzoeken.

Links/bronnen

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/magnetisme_stroom/rechte_geleider
<https://studyboard.be/Cursussen/fysica/Lessen/18-magnetisme/Topics/18-2-2-richting-van-het-veld-rond-een-stroomdraad/>
<https://studyboard.be/Cursussen/fysica/Lessen/18-magnetisme/Topics/18-2-3-veldsterkte-van-het-magnetische-veld-rond-een-stroomdraad/>
<https://studyboard.be/Cursussen/fysica/Lessen/18-magnetisme/Topics/18-2-4-het-magnetische-veld-van-een-cirkelvormige-stroomkring/>
<https://studyboard.be/Cursussen/fysica/Lessen/18-magnetisme/Topics/18-2-5-het-magnetische-veld-van-een-solenoide/>

Video's:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=585&v=bX3hcv1r0as&embeds_euri=https%3A%2F%2Fstudyboard.be%2F&source_ve_path=MzY4NDIsMjM4NTE&feature=emb_title
<https://www.youtube.com/watch?v=znGfAnK6yIc>
https://www.youtube.com/watch?v=EsIUFXOz_eo
<https://www.youtube.com/watch?v=c2H75EbzBgE>

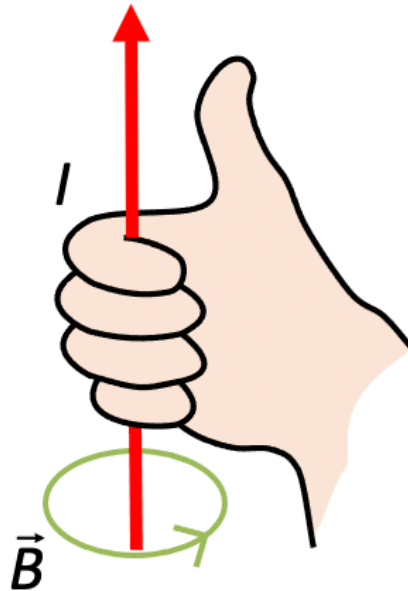
Applet

https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/magneticfieldwire_nl.htm

Uitleg

Nabij een rechte draad

Een rechte draad waardoor stroom geleidt wordt zorgt voor een magnetisch veld rond de draad. Er ontstaat concentrische cirkels van magnetische veldlijnen met de draad als middelpunt. De verschillende cirkels staan loodrecht op de rechte draad. De zin van de veldlijnen kan bepaald worden door de eerste rechterhand-regel waarbij de duim de stroomzin volgt en de gekromde vingers de zin van de magnetische veldlijnen aangeven (zie figuur).



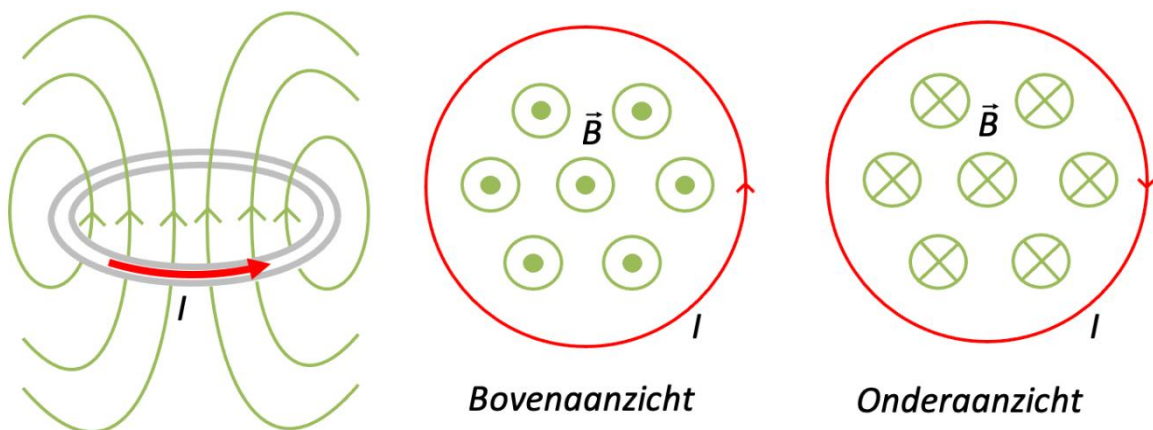
De magnetische veldsterkte B is afhankelijk van de afstand r en de stroomsterkte I door de rechte draad. De volgende formule geeft het verband aan:

$$B = \mu \cdot \frac{I}{2\pi \cdot r}$$

- μ is een constante die de permeabiliteit van de middenstof aangeeft bijvoorbeeld lucht.

Nabij een lus

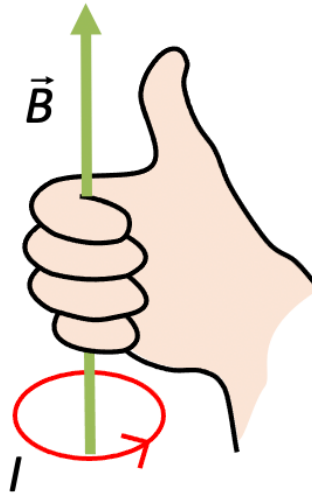
Een lus of winding waardoor stroom geleidt wordt zorgt voor een magnetisch veld in de vorm zoals op de onderstaande figuur.



De zin van de veldlijnen kan bepaald worden door de tweede rechterhand-regel waarbij de gekromde vingers de stroomzin volgen en de duim de zin van de magnetische veldlijnen aangeeft (zie figuur). De magnetische veldsterkte B is afhankelijk van de afstand r en de stroomsterkte I door de lus. De volgende formule geeft het verband aan:

$$B = \mu \cdot \frac{I}{2 \cdot r}$$

- μ is een constante die de permeabiliteit van de middenstof aangeeft bijvoorbeeld lucht.

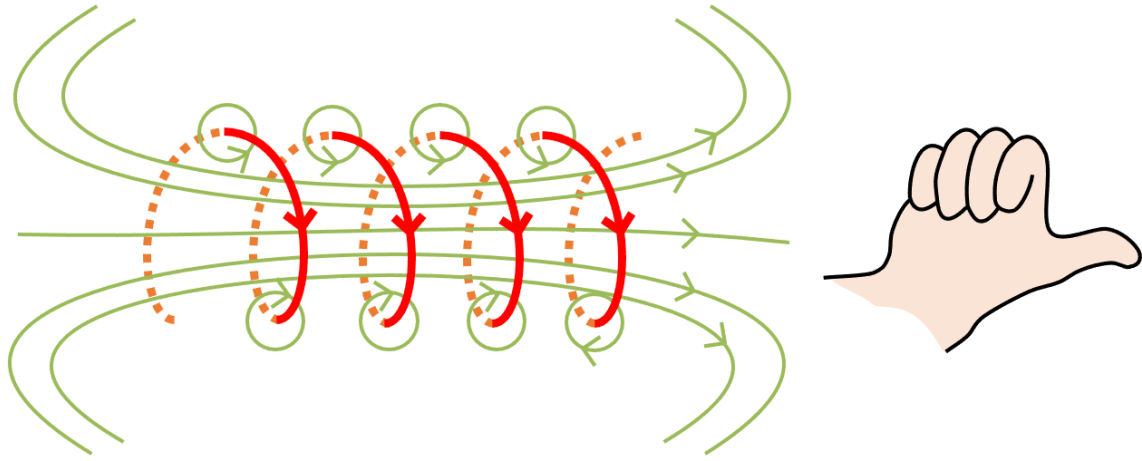


Nabij een spoel

Een spoel ontstaat bij het opwickelen van een geleider rond een cilinder of balk. Indien door de spoel een stroom geleid zal worden ontstaat er een magnetisch veld in en rondom de spoel zoals op onderstaande figuur. In de spoel wordt een homogeen veld gevormd. De veldlijnen in de spoel zullen ongeveer evenwijdig liggen volgens de lengterichting van de spoel. Om dit te begrijpen kunnen we de eerste rechterhand-regel toepassen op de spoeldraad en zo het volledige magnetische veld in kaart gaan brengen. Ook de tweede rechterhand-regel kan toegepast worden om de veldlijnen in de spoel en de zin van het homogeen veld te bepalen. De magnetische veldsterkte B is afhankelijk van de stroomsterkte I door de spoel, het aantal windingen N en de lengte l van de omgewikkelde draad. De volgende formule geeft het verband aan:

$$B = \mu \cdot \frac{I \cdot N}{l}$$

- μ is een constante die de permeabiliteit van de middenstof aangeeft bijvoorbeeld lucht.



B22 De kracht op een bewegende lading in een magnetisch veld bepalen.

Links/bronnen

<https://studyboard.be/Cursussen/fysica/Lessen/18-magnetisme/Topics/18-3-4-de-kracht-op-een-bewegende-lading-in-een-magnetisch-veld/>

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/EM_kracht/EM_kracht

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=6zVZDsvS1q0>

https://www.youtube.com/watch?time_continue=72&v=Z0aM9NmpLO4&embeds_euri=https%3A%2F%2Fwww.mrchadd.nl%2F&source_ve_path=MjM4NTE&feature=emb_title

https://www.youtube.com/watch?v=nRDVm5rn_2A

<https://www.youtube.com/watch?v=grgNdIYP6zI>

<https://www.youtube.com/watch?v=Df1BIQQqOw4>

Applet

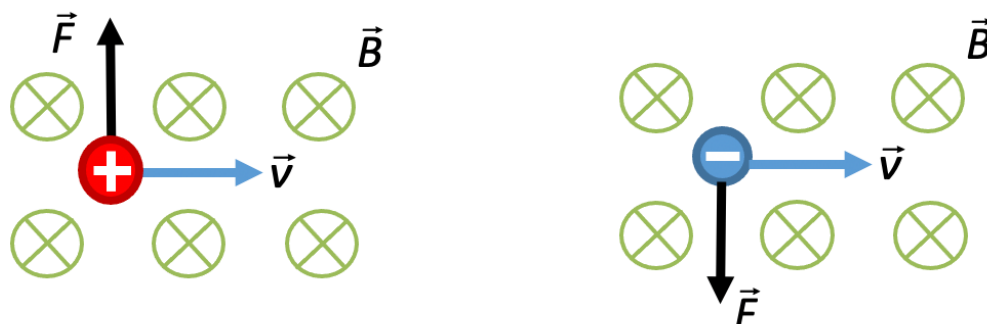
https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/lorentzforce_nl.htm

<http://home.kpn.nl/h.bruning/applets/lorentzkracht-afbuigen/lorentzkracht-afbuigen.htm>

Uitleg

Wanneer een bewegende lading in een magnetisch veld terecht komt zal deze lading de Lorentzkracht F_L ondervinden. De Lorentzkracht wordt net zoals alle andere krachten gekarakteriseerd door een aangrijpingspunt (de bewegende lading), een richting (loodrecht op het vlak gevormd door de magnetische veldlijnen en de bewegingsrichting van de lading) en een zin (die bij een positieve lading te bepalen is door de rechterhandregel). Een negatieve lading betekent een omgekeerde zin. Onderstaande figuur geeft een verduidelijking van de krachtwerking op een bewegende lading in een magnetisch veld. De grootte van de kracht is afhankelijk van de lading Q en snelheid v van het deeltje, de hoek tussen de magnetische veldlijnen en de bewegingsrichting van het deeltje en de veldsterkte B . De volgende formule geeft het verband aan:

$$F_L = B \cdot |Q| \cdot v \cdot \sin(\vec{B}, \vec{v})$$



B23 De definitie van de magnetische veldsterkte B interpreteren

Links/bronnen

<https://www.ugent.be/campus-kortrijk/nl/voor-toekomstige-studenten/cursussen-digitale-infodag-2020.htm/elektromagnetisme.pdf>

Video's

/

Applet

/

Uitleg

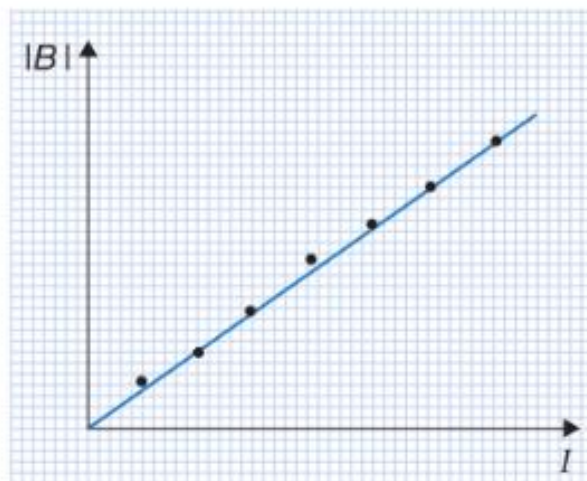
Magnetische veldsterkte is de grootte en richting van een magnetisch veld op een bepaalde plaats. Magnetische veldsterkte wordt ook wel magnetische inductie genoemd. De eenheid is Tesla (T).

De magnetische veldsterkte B in een punt P van een magnetische veld heeft:

- Als aangrijpingspunt het punt P
- De richting van de kompasnaald in P
- Dezelfde zin als de zin waarin de noordpool van de kompasnaald wijst

De grootte van B geeft de sterkte van het magnetische veld in het punt P aan. Dit hangt af van de grootte van de stroom I en van de afstand r van P tot de geleider.

1. In een punt op een vaste afstand r van een geleider meten we het verband tussen $|B|$ en I .

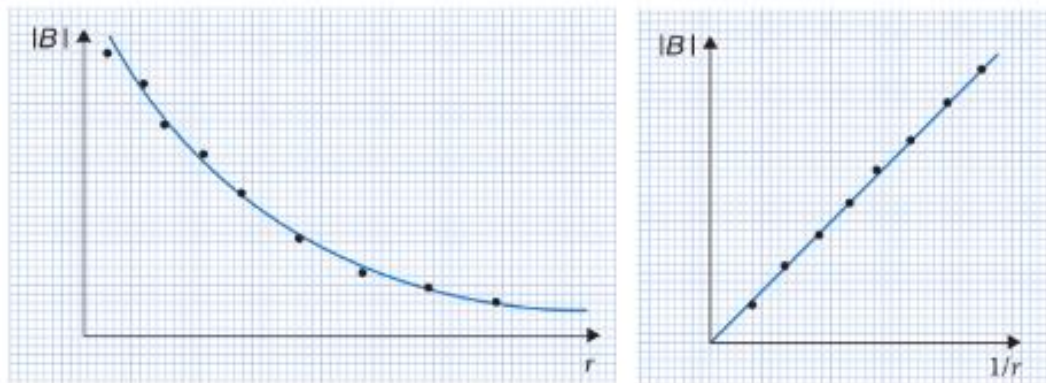


Hieruit volgt:

$|B| \sim I$: $|B|$ is recht evenredig met de stroom I .

Hoe groter I , hoe groter $|B|$.

2. Bij een bepaalde stroom I meten we het verband tussen $|B|$ en r .



Hieruit volgt:

$|B| \sim \frac{1}{r}$: $|B|$ is omgekeerd evenredig met r

Hoe groter r (hoe verder van de geleider), hoe kleiner $|B|$

Uit bovenstaande volgt:

$$|B| \sim \frac{1}{r} \cdot I \quad \text{OF} \quad |B| = \text{constante} \cdot \frac{I}{r}$$

B24 In technische toestellen en natuurlijke verschijnselen de lorentzkracht als basisprincipe herkennen en duiden.

Links/bronnen

<https://www.magneticinnovations.com/nl/veelgestelde-vragen/wat-is-een-dc-motor/>

<https://fys.kuleuven.be/pradem/demoproeven/demoproeven-heverlee/demoproeven-heverlee-electro/werkingsprincipe-van-een-gelijkstroommotor>

<https://electronics.howstuffworks.com/speaker5.htm>

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=XI2soODGKtI>

<https://www.youtube.com/watch?v=V3yZ1MMBIA4>

<https://www.youtube.com/watch?v=aP5NUM4qgNk>

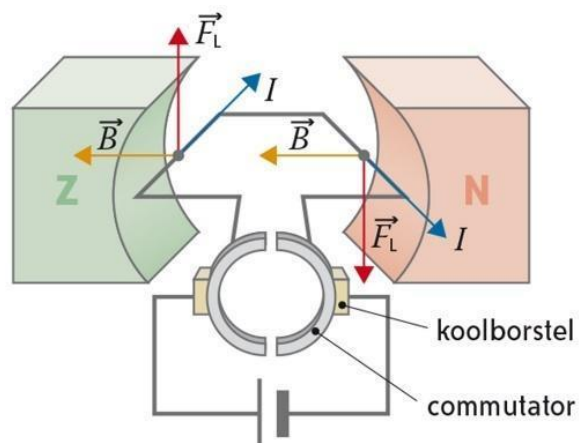
Applets

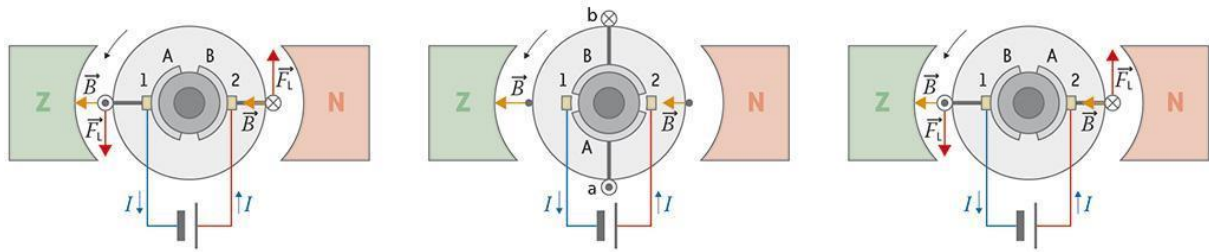
https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/electricmotor_nl.htm

Uitleg

Gelijkstroommotor

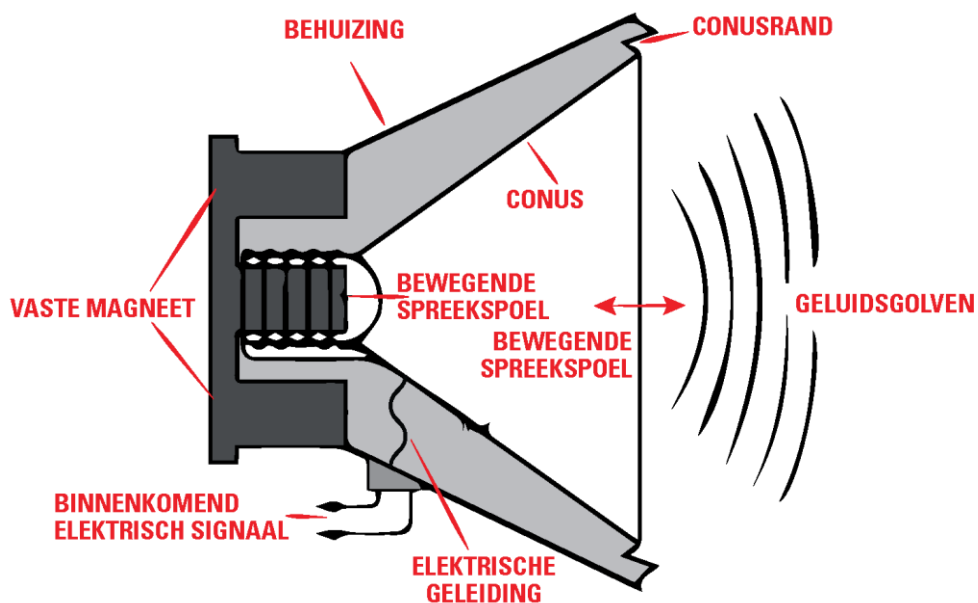
Het basisprincipe van een gelijkstroommotor berust op een kader dat kan roteren in een magnetisch veld. Met koolborstels en een commutator wordt de zin van de stroom door het kader op het juiste ogenblik omgekeerd. De commutator bestaat uit twee halve cirkels uit geleidend materiaal die bevestigd zijn op de as van het kader. Met geleidende koolborstels wordt een elektrische verbinding gemaakt tussen een gelijkspanningsbron en de commutator. Het krachtenkoppel dat hierbij ontstaat, werkt de beweging niet tegen, zodat de rotatie steeds in dezelfde zin gebeurt en het kader blijft ronddraaien.





Luidspreker

Een luidspreker bestaat uit een spoel (elektromagneet) die in een constant magnetisch veld van een permanente magneet wordt geplaatst. Wanneer een stroom door de spoel loopt, ondervinden de windingen een Lorentzkracht, zodat de spoel heen en weer zal bewegen volgens de as van de spoel. De spoel zit aan de conus vast, die daardoor gaat meetrillen. Hierdoor wordt de lucht in trilling gebracht, en wordt er geluid geproduceerd.



B25 De oorsprong van het magnetisme bij magnetische materialen uitleggen aan de hand van het atoommodel van de materie en hiermee magnetische verschijnselen verklaren.

Links/bronnen

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/magnetisme_stroom/verklaring_magnetisme

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=fQiw9mmZ4LM>

Applets

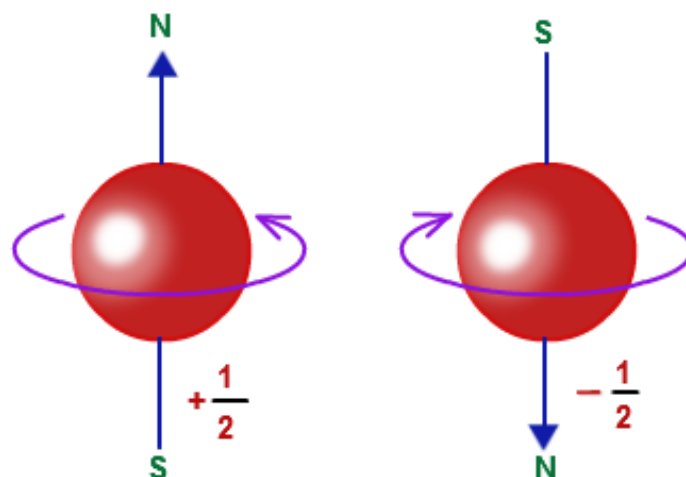
/

Uitleg

Waarom wordt koper niet aangetrokken door een magneet, of zilver, terwijl dat wel metalen zijn? Waarom voornamelijk ijzer, nikkel, kobalt of legeringen van deze materialen? Wat onderscheidt deze drie van de andere metalen?

Om dit te begrijpen, gaan we op atomaire schaal kijken. In het klassieke atoommodel draait een elektron op een baan rond de kern van het atoom. Net zoals een stroom door een winding een magnetische dipool veroorzaakt, veroorzaakt een negatief geladen elektron een magnetisch dipool. We zeggen dat het elektron een magnetisch baanmoment μ heeft.

Een elektron heeft niet alleen een magnetische baanmoment, maar ook een bijkomend magnetisch moment, de elektron-spin μ_{spin} . Het uitsluitingsprincipe van Pauli houdt in dat geladen deeltjes, zoals elektronen die om een atoomkern cirkelen, nooit in exact dezelfde quantumtoestand kunnen verkeren. Wanneer twee identieke elektronen in eenzelfde baan rond een atoomkern bewegen, moet dus één eigenschap onderling verschillend zijn. Dat verschil ligt in hun spin, het om zijn as tollen van een deeltje. Het ene elektron draait dan linksom (spin up, oftewel de spin = $+\frac{1}{2}$), het andere elektron draait rechtsom (spin down, oftewel spin = $-\frac{1}{2}$) om zijn as. Vooral de spin, en in mindere mate de beweging van het elektron rond de kern, zorgen voor een magnetisch veld bij elk atoom.



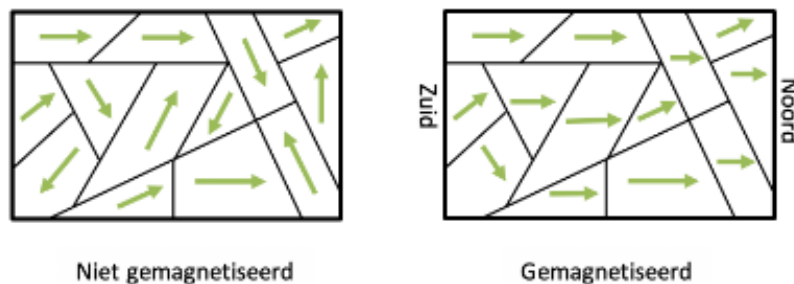
Magnetische velden ontstaan door de spins van elektronen: een geladen deeltje dat beweegt (tollen om zijn as) wekt een magnetisch veld op (=basis van magnetisme).

Anti-ferromagnetisch metaal

In de meeste metalen zijn de spins van de buitenste elektronen tegengesteld aan elkaar. Er tollen er evenveel linksom als rechtsom om hun as. Wanneer er evenveel elektronen linksom als rechtsom tollen, wekken ze een even groot maar tegengesteld magnetisch veld op. De magneetvelden heffen elkaar dus op. Het netto-magnetische veldje van het elk atoom is praktische nul.

Ferromagnetische metaal

Voor de meeste soorten atomen is het netto-magnetische veldje van elk atoom praktische nul. Bij sommige atoomsoorten (zoals bv. ijzer) is dit niet het geval. Het magnetische veld van elke atoom is relatief groot en de veldjes van die atomen groeperen zich in gebieden van 0,01 – 0,1 mm breed. Deze groeperingen noemen we gebieden van Weiss of magneculen. Materialen waarin dit fenomeen optreedt, noemen we ferromagnetische materialen. De bekendste zijn ijzer en nikkel.



In een niet-gemagnetiseerd stuk ijzer zijn de gebieden van Weiss zijn willekeurig geordend, zodat er praktische geen netto-magnetische veld is. Als je een magneet nabij brengt, oriënteren die gebieden van Weiss zich meet in één bepaalde richting: het stuk ijzer wordt magnetisch.

Bij een hard magnetische materiaal blijven de gebieden van Weiss hun oriëntatie behouden nadat de magneet verwijderd is, bij zachte magnetische materialen verdwijnt de oriëntatie snel.

Voorbeelden uit het dagelijkse leven

- Bankkaart

Miljoenen ijzerdeeltjes in de kaart zijn zo geplaatst dat ze bij elkaar een uniek magnetisch veld vertegenwoordigen. Haal je de magneetgebiedjes langs een spoel dan gaat er door die koperdraad een stroompje lopen, precies overeenkomstig de informatie van de magneetgebiedjes. Zo beschik je over een unieke code.

- Harde schijf van een computer

Informatie, zoals deze tekst, wordt opgeslagen via ontelbaar veel magneetveldjes, ontstaan doordat ontelbaar veel ijzerdeeltjes in een bepaalde richting worden gezet. Het lezen van die informatie gebeurt ook hier door de schijf langs een spoeltje te laten gaan. De stroom die gaat lopen vertegenwoordigt de informatie die we zien.

B26 De inductiespanning over de uiteinden van een bewegende geleider in een magnetisch veld met de lorentzkracht verklaren.

Links/bronnen

https://patrickvanhoutven.gitbook.io/electric-fundamentals/spoelen/elektromagnetische_inductie

Video's

https://www.youtube.com/watch?v=VItHUoDp_KE

Applets

/

Uitleg

Een metalen staaf (geleider) die met een snelheid loodrecht op de magnetische veldvector beweegt in een homogeen magnetische veld resulteert in een geïnduceerde spanning U_i . Evenzo, indien een magnetisch veld langs een stationaire metalen staaf beweegt.

$$U_i = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha$$

B = magnetische inductie [T]

v = de snelheid van de geleider [m/s]

α = de verplaatsingshoek t.o.v. het magnetische veld [°]

l = de actieve lengte of dat gedeelte van de geleider dat de veldlijnen snijdt [m]



Aan de hand van de wet van Lorentz kan men dit verschijnsel gemakkelijk verklaren. Binnen de geleider bevinden er zich ladingsdragers (elektronen).

Op de vrije elektronen in de metalen staaf werkt dan een lorentzkracht, waardoor deze elektronen naar één kant van de metalen staaf bewegen. Deze kant van de metalen staaf wordt negatief, de andere kant wordt positief. Over de staaf ontstaat dus een inductiespanning U_i .

Wanneer een geleider beweegt in een magnetisch veld, ontstaat een inductiespanning over de geleider. Als de bovenkant van de geleider met een geleidende draad verbonden wordt met de onderkant, ontstaan een gesloten kring. Door deze kring loopt dan een inductiestroom.

B27 De magnetische flux als een vloed van een magnetisch veld doorheen een oppervlakte beschrijven en de formule opstellen.

Links/bronnen

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/EM_inductie/magnetische_flux

https://www.wetenschapsschool.nl/chapter/Magnetisme+%28V%29_3_Inductie.html

<https://www.natuurkunde.nl/artikelen/2137/51-magnetische-flux>

Video's

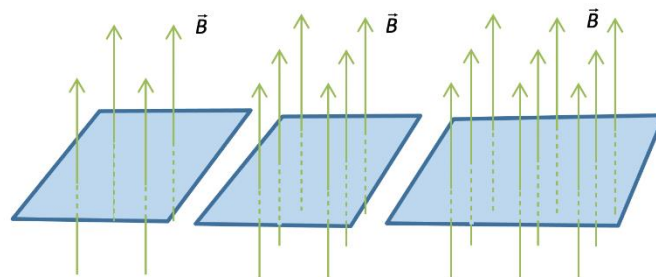
<https://www.youtube.com/watch?v=7lQ4Sn-hBfo>

Applets

/

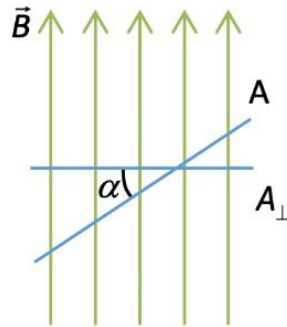
Uitleg

Magnetische flux ϕ is een maat voor het aantal veldlijnen dat door een gesloten oppervlak gaat. In onderstaande figuren staat een winding met oppervlakte A loodrecht op een magnetische veld. Door A 'stroomt' een hoeveelheid magnetische veldlijnen. Die magnetische 'stroom' noemen we de magnetische flux.

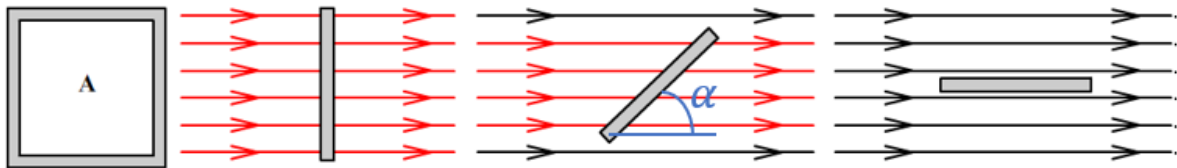


De grootte van de flux hangt af van:

- Oppervlak: een groter oppervlak kan een groter aantal magnetische veldlijnen omsluiten. Hoe groter A , hoe groter ϕ .
- Magnetische inductie: een grotere veldlijndichtheid (een grotere magnetische inductie, dus een sterkere magneet) leidt tot een grotere flux. Hoe groter B , hoe groter ϕ .
- Als het oppervlak evenwijdig is met de veldlijnen, is de magnetische flux gelijk aan 0.
- Als het oppervlak schuin staat t.o.v. de veldlijnen, moet je de hoek α tussen oppervlak A en de stand A_{\perp} in rekening brengen.

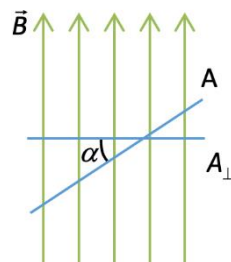


In onderstaande afbeelding zie je links een stroomdraad in de vorm van een vierkant met daarnaast deze stroomdraad in een extern magnetisch veld. Door de draad te kantelen kunnen we meer of minder veldlijnen door dit oppervlak laten lopen. Hoe minder veldlijnen er door dit oppervlak lopen, hoe kleiner de flux. In de meest rechtse afbeelding is de flux nul.



Hieruit volgt:

- Als het oppervlak evenwijdig is met de veldlijnen, is de magnetische flux gelijk aan 0.
- Als het oppervlak schuin staat t.o.v. de veldlijnen, moet je de hoek α tussen oppervlak A en de stand A_{\perp} in rekening brengen.



Enkel de magnetische veldlijnen die loodrecht op het oppervlak staan doen ertoe (flux = maximaal).

$$\phi = A \cdot B \cdot \cos \alpha$$

$$\phi = \text{magnetische flux [Weber, Wb]}$$

$$B_{\perp} = \text{loodrechte component van de magnetische inductie [Tesla, T]}$$

$$A = \text{oppervlakte [m}^2\text{]}$$

Magnetische flux ϕ wordt uitgedrukt in $T \cdot m^2$, die eenheid noemt men weber:

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot m^2$$

B28 Het ontstaan van de inductiespanning door een verandering van de magnetische flux door de oppervlakte van een gesloten geleider uitleggen en de kenmerken van die inductiespanning geven.

Links/bronnen

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/EM_inductie/elektromagnetische_inductie

[https://wetenschapsschool.nl/chapter/Magnetisme+\(V\)_3_Inductie.html](https://wetenschapsschool.nl/chapter/Magnetisme+(V)_3_Inductie.html)

[https://wetenschapsschool.nl/chapter/Magnetisme+\(V\)_3_Inductie.html](https://wetenschapsschool.nl/chapter/Magnetisme+(V)_3_Inductie.html)

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=-qOazdK2uq8>

<https://www.youtube.com/watch?v=fgCwxybqxUo>

Applets

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/faraday>

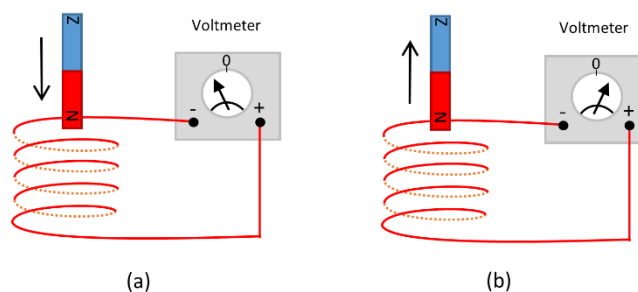
<https://home.kpn.nl/H.Bruning/applets/inductie/inductie.htm>

Uitleg

In 1831 ontdekte Michael Faraday en Joseph Henry onafhankelijk van elkaar dat in een winding een spanning wordt opgewekt als de magnetische flux door die winding verandert. Dat fenomeen noemt men elektromagnetische inductie. De opgewekte spanning noemen we de inductiespanning, symbool U_i . De flux door een winding of een spoel verandert als B , α of A verandert.

B verandert

Houd je de magneet op de onderstaande afbeelding stil, dan meet je geen spanning. Door de spoel lopen veldlijnen afkomstig van het veld van de magneet. Het aantal veldlijnen door de windingen van de spoel en de doorsnede van de spoel zijn constant, dit wil zeggen dat de magnetische flux door de spoel constant blijft.



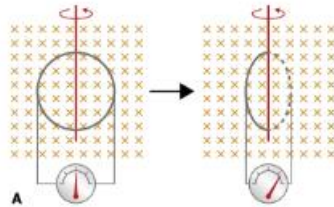
Wanneer de magneet naar de spoel toe beweegt, ontstaat er een inductiestroom en dus ook een inductiespanning. De magnetische veldsterke B in de windingen neemt toe. Het aantal veldlijnen door de spoel en dus de magnetische flux ϕ door de spoel neemt toe.

Wanneer de magneet weg van de spoel beweegt, ontstaat er ook een inductiestroom en inductiespanning. De magnetische veldsterkte B in de windingen neemt af. Het aantal veldlijnen door de spoel en dus de magnetische flux ϕ door de spoel neemt af. Deze stroom is tegengesteld aan de stroom die

ontstaat als de magneet naar de spoel toe beweegt. Hoe sneller de flux verandert hoe groter de inductiestroom.

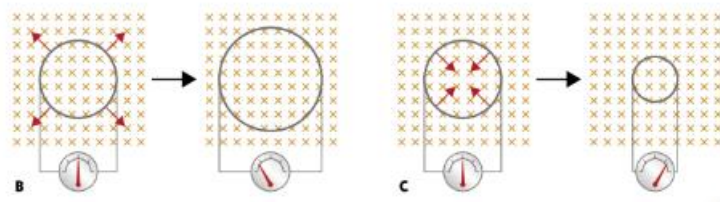
α verandert

Als de spoel gedraaid wordt ten opzichte van de magneet, ontstaat er een inductiestroom. De hoek α en dus het aantal veldlijnen door de spoel verandert, de magnetische flux ϕ door de spoel verandert.



A verandert

Als de doorsnede van de spoel verandert, ontstaat er een inductiestroom. De oppervlakte A en dus het aantal veldlijnen door de spoel verandert, de magnetische flux door de spoel verandert.



Wat geldt voor een spoel, geldt ook voor een winding en voor elke gesloten geleidende kring.

Eigenschap 1: Als en zolang de magnetische flux ϕ in een winding verandert, is er in die winding een inductiespanning U_i . Als de winding gesloten is, loopt in die winding ook een stroom, de inductiestroom I_i . Indien er een inductiestroom vloeit, ontstaat er rond die stroom een geïnduceerd veld B_i .

Grootte van de inductiespanning – Wet van Faraday

De grootte van de inductiespanning is afhankelijk van de snelheid van de verandering van de magnetische flux en van het aantal windingen van de spoel.

- Wanneer je de magneet sneller door de spoel beweegt wordt Δt kleiner, dus wordt de inductiespanning $|U_i|$ groter.

$$|U_i| \sim \frac{1}{\Delta t}$$

- Breng je meerdere staafmagneten, parallel naast elkaar, met gelijknamige polen bij elkaar naar de spoel, wordt het magnetische veld groter. De magnetische flux verandering $|\Delta\phi|$ wordt dus ook groter en leidt tot een grotere inductiespanning $|U_i|$.

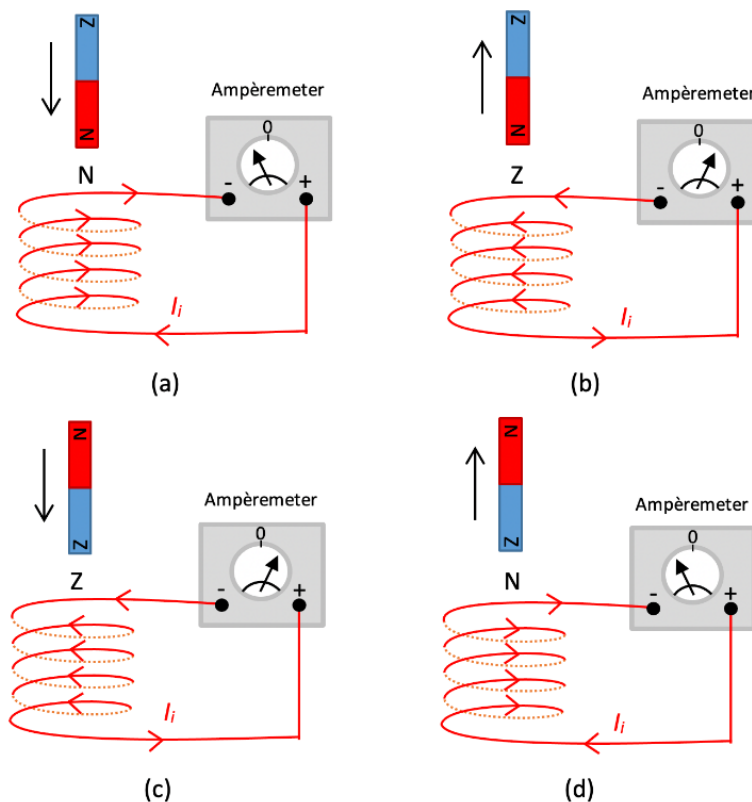
$$|U_i| \sim |\Delta\phi|$$

- Hoe meer windingen N je op een spoel hebt, hoe groter de inductiespanning $|U_i|$.

$$|U_i| = N \cdot \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right|$$

Zin van de inductiespanning – Wet van Lenz

Het in een spoel geïnduceerde magnetische veld heeft dezelfde zin als het veld van de staafmagneet. Het geïnduceerde magnetische veld werkt de afnamen van het magnetische veld in de spoel tegen.

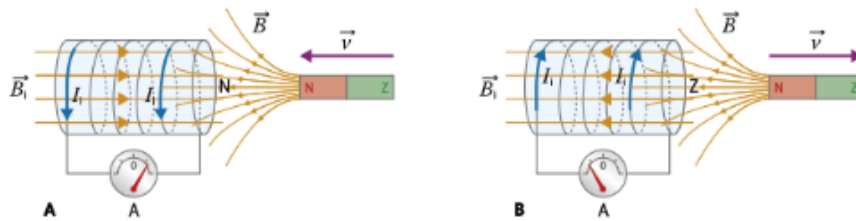


In figuur a wordt de spoel benadert met de N-pool van de magneet. Uit de uitwijking van de naald kun je de zin van de inductiestroom bepalen. Die inductiestroom creëert zelf ook een magnetische veld, het geïnduceerde veld. De veldlijnen van het geïnduceerde veld zijn tegengesteld aan de veldlijnen die de magneet in de spoel brengt. Aan de bovenkant van de spoel ontstaat de N-pool, het nadere van de magneet wordt dus tegengewerkt.

In figuur b verwijderen we de magneet terug. Als je de zin van de veldlijnen van dit geïnduceerde veld bepaalt, zie je dat aan de bovenkant van de spoel een Z-pool ontstaat: het verwijderen van de magneet wordt dus ook tegengewerkt. De spoel heeft de veldlijnen die uit de spoel verdwijnen als de magneet zich verwijdert, weer aangemaakt om het verlies te compenseren.

In figuur c naderen we de spoel met de Z-pool van de magneet. Als je veldlijnen van dit geïnduceerde veld bepaalt, zie je dat ze tegengesteld zijn aan de veldlijnen die de magneet in de spoel brengt. Het naderen van de magneet wordt tegengewerkt.

In figuur d verwijderen we de magneet terug. Als je veldlijnen van het geïnduceerde veld bepaalt, zie je dat het verwijderen van de magneet wordt tegengewerkt.



- Als de magnetische veldsterkte B in een spoel toeneemt, ontstaat een geïnduceerd veld met magnetische veldsterkte B_i waarvan de zin tegengesteld is aan de zin van B .
- Als de magnetische veldsterkte B in een spoel afneemt, ontstaat een geïnduceerd veld met magnetische veldsterkte B_i waarvan dezelfde zin als de zin van B .

Wet van Lenz: In een gesloten lus ontstaat een inductiestroom als de flux door de lus verandert. De zin van de inductiestroom is zo, dat het geïnduceerde magnetische veld de verandering van de flux tegenwerkt. De inductiespanning werkt altijd de oorzaak van haar ontstaan tegen.

Algemene inductiewet

De wet van Faraday en de wet van Lenz kunnen worden samengevoegd tot de algemene inductiewet.

$$U_i = -N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

B29 De werking van technische toestellen die gebaseerd zijn op inductiespanning uitleggen.

Links/bronnen

<https://www.physicsexperiments.org/index.php/elektro/weerstand-3/429-hoe-werkt-een-generator>

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=6gV2184kTT8>

<https://www.youtube.com/watch?v=0ndWyQoBxAM>

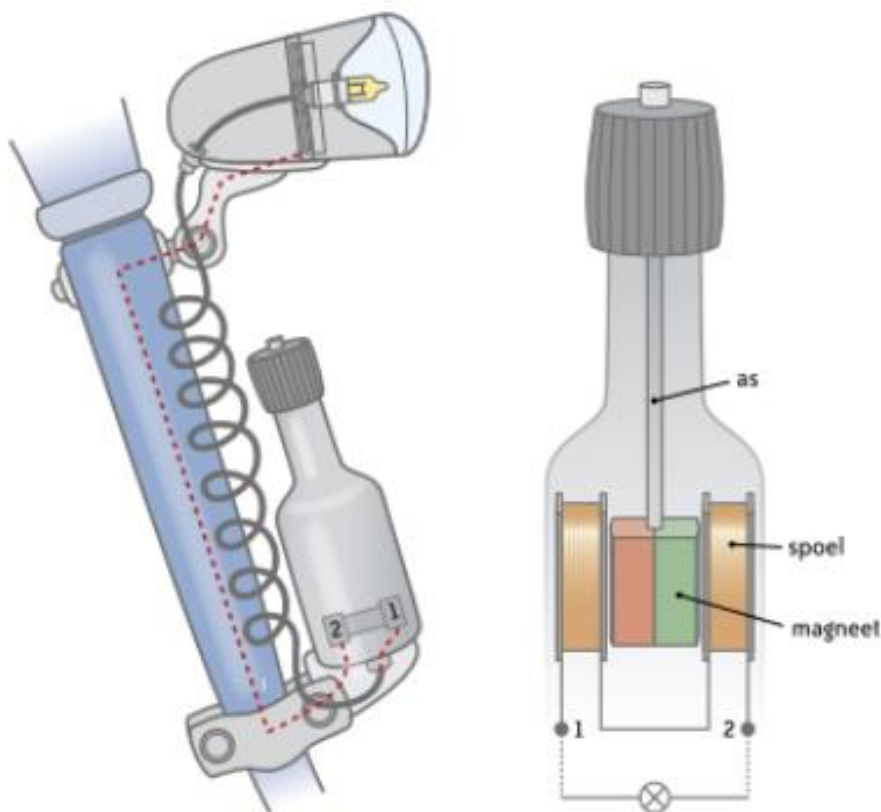
Applets

https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/generator_nl.htm

Uitleg

Dynamometer

Een fietsdynamo zet mechanische energie om in elektrische energie. Als het wieltje van je fietsdynamo contact maakt met het wiel terwijl je rijdt, levert je dynamo stroom. Het wieltje is bevestigd op een as, een magneet en één van de twee spoelen. Wanneer je fiets wordt de magneet rondgedraaid. Over punt 1 en 2 van de spoelen wordt dan een inductiespanning opgewekt. Wanneer we de fietslamp tussen punt 1 en 2 schakelen, dan loopt er een inductiestroom door de lamp.

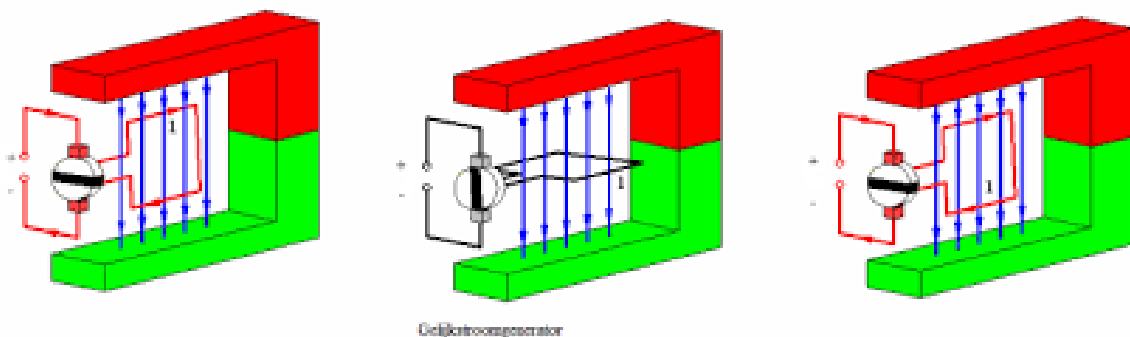


Stroomgenerator

Een alternator (wisselstroomdynamo) beschikt over twee elektromagneten: een elektromagnetische stator en een elektromagnetische rotor. In het begin, als de alternator voor het eerst wordt aangezwengeld, beschik je slecht over twee zwakke magneten. Één zwak magnetisch veld gevormd door de remanent magnetisme in de rotor, één zwak magnetisch veld gevormd door remanent magnetisme in de stator.

Een alternator heeft een externe bron van bekrachtigingsstroom nodig omdat de twee zwakke magnetische velden onvoldoende bekrachtigingsstroom leveren om de stroomlevering op gang te kunnen brengen. De spoel van de stator en/of rotor moet bekrachtigingsstroom krijgen bij het opstarten. De bekrachtigingsstroom is relatief klein en kan eenvoudig met behulp van koolborstels op de draaiende as worden overgebracht. Die koolstofborstels hoeven tijdens het opstarten maar heel even contact te maken.

Omdat de opgewekte energie is zeer groot bij grotere generatoren in elektrische installaties. Daarom wordt de rotor als elektromagneet gebruikt en wordt de te leveren elektrische energie opgewekt in de spoel van koperdraad in de stator. Zo kan de energie vanaf de stilstaande stator direct aan het elektrische net worden toegevoegd.



Kernfysica

B30 De basiskenmerken van de interacties tussen de bouwstenen van de materie op elk niveau benoemen.

B31 Uit de massaverandering de bindingsenergie en de bindingsenergie per nucleon berekenen bij kernfusie en kernsplitsing en hieruit verklaren hoe deze kernreacties energie leveren.

B32 De aard van α -, β - en γ -emissie weergeven in een vervalproces en het ioniserend en doordringend vermogen van elk ervan bespreken.

B33 Effecten van ioniserende straling op mens en milieu toelichten.

B34 Het vervalproces van een radionuclide in functie van de tijd grafisch voorstellen en eenvoudige berekeningen uitvoeren bij reële voorbeelden waarbij de halveringstijd en de activiteit een rol speelt.

B35 Illustreren dat het gebruik van radioactief materiaal zowel voordelen als nadelen kan hebben.

B30 De basiskenmerken van de interacties tussen de bouwstenen van de materie op elk niveau benoemen.

Links/bronnen

<https://www.universiteitvanvlaanderen.be/podcast/hoe-wordt-een-atoom-gevormd>

<https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/kernfysica/begrippen>

https://www.keu6.be/Geneeskunde/fysica_kernfysica.pdf

<https://www.eni.com/en-IT/innovation-technologies/atoms-fundamental-forces.html>

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=ewEorBd7VTA>

Applets

/

Uitleg

Atoomkern

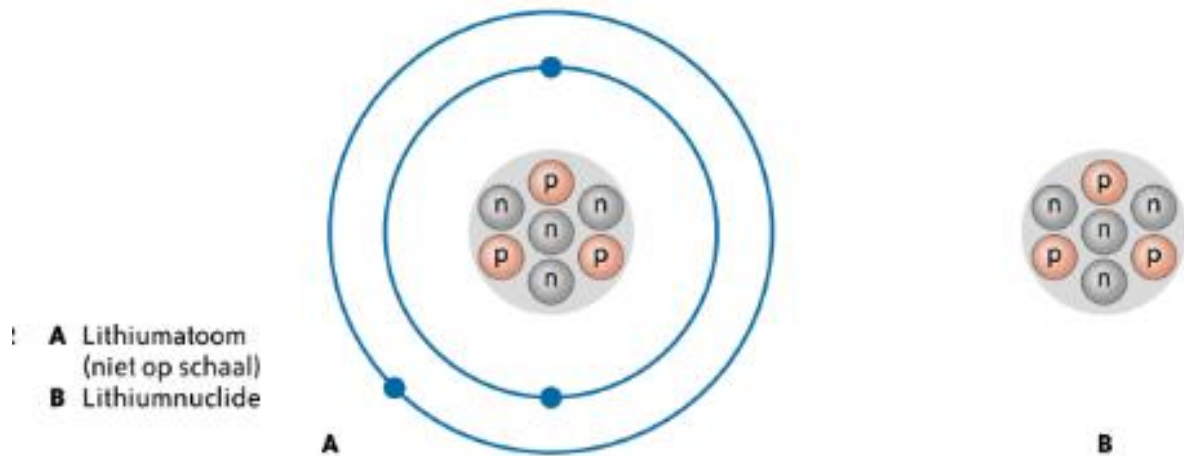
In 1919 besloot Rutherford dat atoomkernen deeltjes bevatten met een lading die tegengesteld is aan de lading van het elektron, en een massa die gelijk is aan die van een waterstofatoom. Dat deeltje noemde hij een proton. In 1932 ontdekte Chadwick experimenteel het neutron. Een deeltje zonder elektrische lading dat voorkomt in de kernen van alle atomen uitgezonderd waterstof. Hiermee waren de drie deeltjes ontdekt, die tot rond 1950 als de kleinste bouwstenen van de materie beschouwd werden.

In de kernfysica bestudeert men processen die zich afspelen op niveau van de kern van een atoom. De bouwstenen van een atoomkern zijn protonen en neutronen. We noemen die deeltjes ook nucleonen. Het nucleonental of massagetal A geeft de som van het aantal protonen en neutronen in de kern aan. Het neutronental N geeft het aantal neutronen en het protonental of atoomnummer Z geeft het aantal protonen in de kern aan:

$$A=Z+N$$

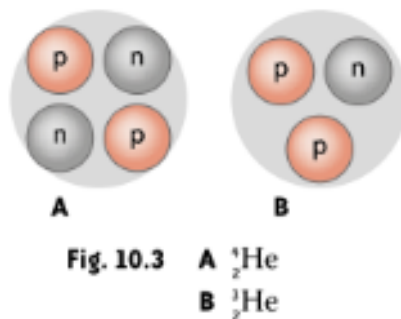
De kern van een element X met nucleonental A en een protonental Z geven we weer als ZAX .

Voorbeeld: lithiumkern ${}^7\text{Li}$

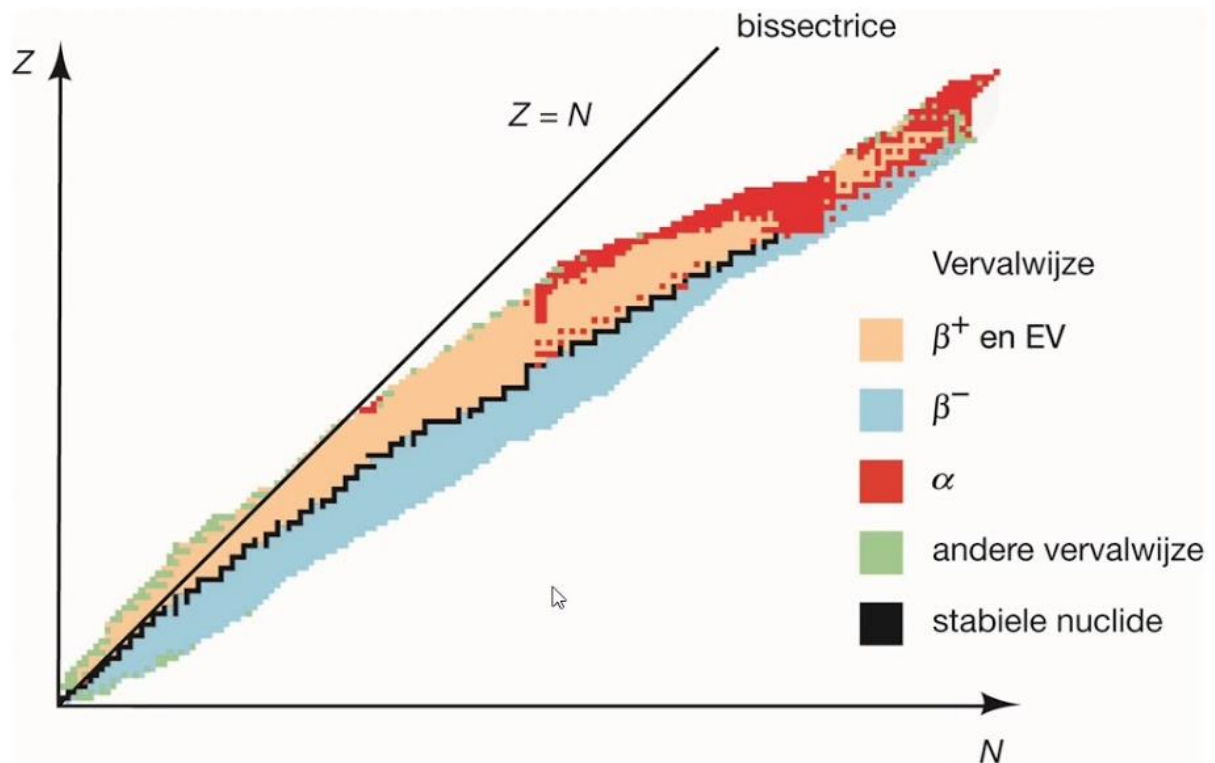


Een atoom bevat een bepaald aantal protonen, evenveel als het aantal elektronen. Het aantal neutronen in de kern kan voor eenzelfde element van kern tot kern verschillen. Een nuclide is een soort atoom met eenzelfde atoomnummer (protonen) en eenzelfde neutronengetal (neutronen) en dus eenzelfde massagetal. Atomen met eenzelfde aantal protonen, maar een verschillend aantal neutronen noemen we isotope nuclide of isotopen.

Voorbeeld: Helium ${}^4\text{He}$ en ${}^3\text{He}$



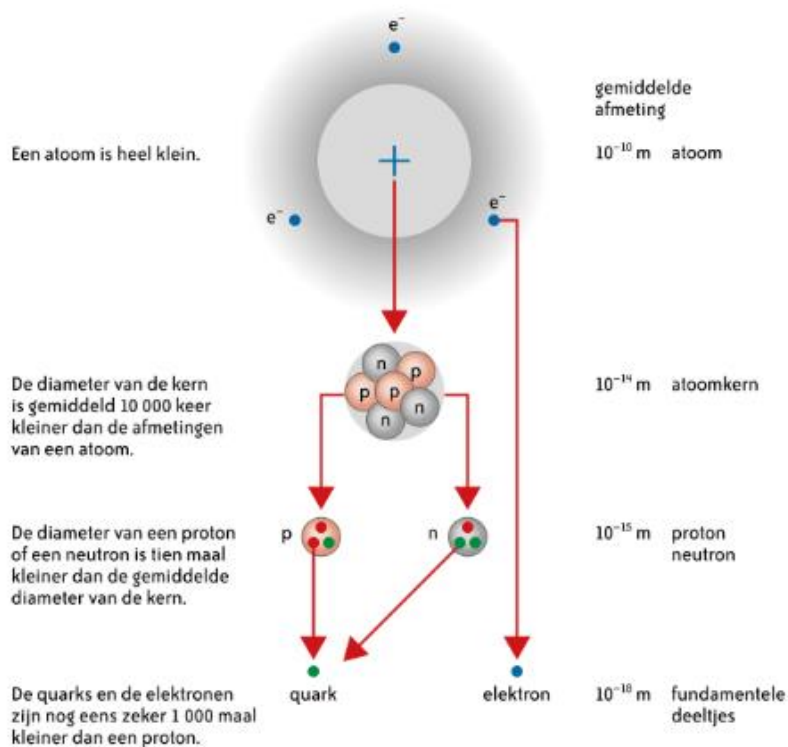
Op de zogenaamde nuclidenkaart worden alle gekende nucliden weergegeven in een $N(Z)$ -grafiek. Een nuclide die op de bissectrice ligt, heeft evenveel protonen als neutronen. De meeste nucliden liggen boven de bissectrice: voor deze nucliden is de kernverhouding N/Z groter dan één en het neutronenoverschot $N - Z$ is positief.



Quarks

In 1964 werd een stap in die richting gezet: het beschieten van kernen met zeer snelle elektronen leidde tot het besluit dat het proton en het neutron samengesteld zijn uit nog kleinere deeltjes die quarks genoemd worden. Bij dit soort botsingsexperimenten speelt de wet van behoud van energie een belangrijke rol. Quarks hebben een niet-gehele lading (in vergelijking met de lading van een elektron of proton)! Dat maakte het in het begin moeilijk om het bestaan ervan te aanvaarden. Men onderscheidt nu twee belangrijke groepen: de quarks (met niet-gehele lading) en de leptonen (met gehele lading). Quarks en leptonen blijken (tot op heden) ondeelbaar te zijn en zijn fundamentele deeltjes. De andere materiedeeltjes zijn daaruit opgebouwd en noemt men elementaire deeltjes.

Een proton en een neutron zijn verschillende deeltjes, dus moeten het andere combinaties zijn van quarks. Een proton bestaat uit twee up-quark en één down-quark, een neutron uit twee down-quarks en één up-quark.



Van elk quark bestaan er drie vormen, die worden aangeduid met de kleuren rood, groen en blauw. Dat zijn niet de werkelijke kleuren van de quarks. Het is gewoon een overeenkomst, onder de deeltjesfysici, om de verschillende quarks te kunnen onderscheiden. In werkelijkheid zijn de 'kleuren' van quarks te vergelijken met de lading van elektronen en protonen. In een samengesteld deeltje is combinatie van de quarks zodanig dat de 'som' van de kleuren steeds 'wit' geeft.

Standaardmodel

De theorie die daaruit groeide, noemen we het standaardmodel. Ze beschrijft de fundamentele deeltjes en de fundamentele wisselwerkingen ertussen en wordt bevestigd door experimentele waarnemingen hoewel er ook nog een aantal fenomenen niet verklaard kunnen worden aan de hand van het standaardmodel. De theorie voorspelde het bestaan van deeltjes, die later ook bijna experimenteel gevonden werden.

Naast de bouwstenen van de materie heeft men ook het bestaan van boodschapperdeeltjes ontdekt: ze zijn onlosmakelijk verbonden met het bestaan van de vier basiskrachten in de natuur (zwaartekracht, elektromagnetische kracht, sterke kernkracht en zwakke kernkracht). Omwille van het bestaan van boodschapperdeeltjes spreekt men in de deeltjesfysica daarom eerder van interacties. Deze boodschapperdeeltjes worden ook soms elementaire bosonen genoemd.

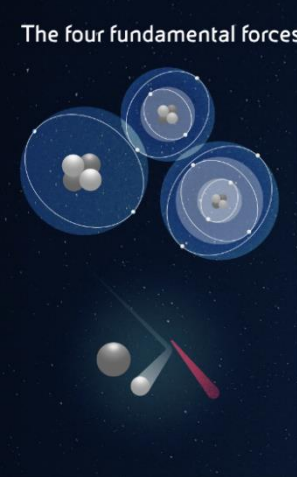
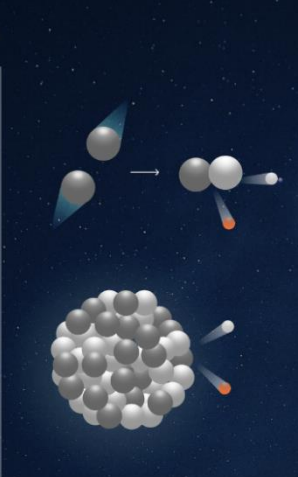
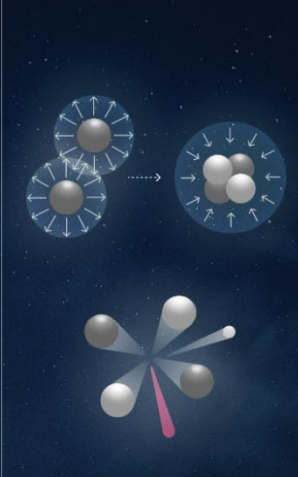
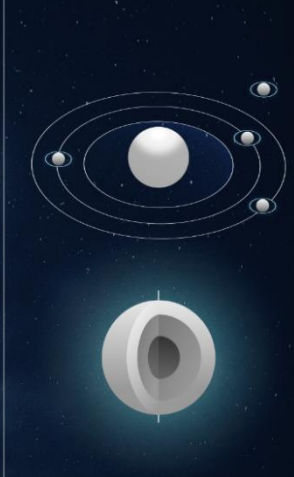
In de natuur komen verschillende soorten krachten voor: spierkracht, veerkracht, wrijvingskracht, magnetische kracht, coulombkracht, zwaartekracht, archimedeskracht ... In de hedendaagse fysica spreekt men eerder van wisselwerking of interactie dan van kracht. Soms kunnen verschillende interacties, die op het eerste gezicht niets met elkaar te maken hadden, tot een interactie herleid worden. Zo kon Isaac Newton in de 17de eeuw de valbeweging en de

planetenbeweging rond de zon verklaren met een wet: de gravitatiewet. In de 19e eeuw kon James Clark Maxwell op analoge wijze elektrische en magnetische fenomenen beschrijven met een wisselwerking: de elektromagnetische wisselwerking. De ultieme droom van de fysicus is alle interacties door een enkele wet te kunnen beschrijven. Het standaardmodel is een stap in die richting.

Volgens dat model:

zijn alle krachten het gevolg van vier soorten interacties tussen de fundamentele deeltjes: de gravitationele wisselwerking, de elektromagnetische, de sterke en de zwakke wisselwerking;

wordt de interactie tussen de fundamentele deeltjes veroorzaakt door boodschapperdeeltjes die met de lichtsnelheid uitgewisseld worden tussen die fundamentele deeltjes. De aantrekking tussen twee deeltjes kun je bv. vergelijken met twee kinderen die voortdurend een bal uitwisselen en zo bij elkaar blijven. De boodschapperdeeltjes of bosonen zijn dus deeltjes die de interactie tussen de fundamentele deeltjes overbrengen.

The four fundamental forces			
			
ELECTROMAGNETIC FORCE	WEAK NUCLEAR FORCE	STRONG NUCLEAR FORCE	GRAVITATIONAL FORCE
Governs the interaction between atoms and the formation of molecules. It enables chemical reactions and light to be emitted.	Governs the decay or transformation of neutrons into protons and the release of neutrinos and radiation. It enables the fission reactions of heavy atoms.	Governs the formation and stability of nuclei by binding together protons and neutrons. It enables the fusion of nuclei of light atoms.	Governs the formation and movement of satellites, planets, stars, galaxies and galactic clusters. It enables stars to trigger fusion reactions.

De gravitationele wisselwerking zorgt voor aantrekking tussen deeltjes met massa. Het graviton zou het boodschapperdeeltje zijn, maar is nog niet waargenomen. De afstand waarover die interactie zich uitstrekt (de reikwijdte) is oneindig. Het is de zwakste van de vier interacties.

De ElektroMagnetische wisselwerking werkt tussen deeltjes met lading en kan aantrekkend of afstotend zijn. Het boodschapperdeeltje is het foton. De reikwijdte ervan is oneindig.

De sterke wisselwerking zorgt voor een aantrekking tussen quarks. Het boodschapperdeeltje is het gluon. Naarmate de quarks verder van elkaar bewegen, trekken ze elkaar harder aan (er worden meer gluonen uitgewisseld). Daarom komen er geen vrije quarks voor, maar zijn ze gegroepeerd per drie, bv. uud (p+) of per twee (quark-antiquark), bv. n- (ud). Een dergelijke combinatie behoort tot de groep van de mesonen. Protonen en neutronen, die uit quarks bestaan, ondervinden eveneens de sterke wisselwerking. Tussen deze deeltjes zijn

het mesonen die de kracht overbrengen. De reikwijdte van de sterke wisselwerking is 10^{-14} m; dat is ongeveer de grootte van een gemiddelde atoomkern. De sterke wisselwerking is de sterkste van alle interacties. Ze is ongeveer 1039 maal groter dan de gravitatie.

De zwakke wisselwerking treedt op tussen quarks en leptonen. De boodschapperdeeltjes zijn het W^+ , het W^- en het Z^0 -deeltje. De reikwijdte is 10^{-17} m; dat is ongeveer $1/100$ van de diameter van een proton. De zwakke wisselwerking is verantwoordelijk voor (o.a.) β -verval (zie later).

B31 Uit de massaverandering de bindingsenergie en de bindingsenergie per nucleon berekenen bij kernfusie en kernsplitsing en hieruit verklaren hoe deze kernreacties energie leveren.

Links/bronnen

https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/ximera-downloads/handout_pdf/kernfysica/bindingsenergie.pdf

<https://www.nikhef.nl/~jo/quantum/qm/uitdagingen/kernfysica.pdf>

<https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/kernfysica/bindingsenergie>

<http://www.fisme.science.uu.nl/woudschotennatuurkunde/verslagen/Vrsl2008/wg16.pdf>

<https://www.eni.com/en-IT/innovation-technologies/nuclear-fission.html>

Video's

https://www.youtube.com/watch?v=i6yBl_cqaxs

Applets

/

Uitleg

Equivalentie van masse en energie

Einstein stelde dat een massa in rust overeenkomt met een hoeveelheid energie die hij **rustenergie** E_0 noemde.

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

Waarbij de lichtsnelheid $c=2,9979 \cdot 10^8$ ms

Opmerking: om de energie in de eenheid joule te bekommen, moet je de massa in kilogram uitdrukken en de lichtsnelheid in meter per seconde. $J= \text{kg} \cdot \text{ms}$. Nadien kan de rustenergie die in joule (J) uitgedrukt is, eventueel worden omgerekend naar de eenheid mega-elektronvolt (MeV).

Rustenergie per kerndeeltje

Rustenergie van een kern

De rustenergie van een kern kan volgens Einstein berekend worden met volgende formule:

$$E_{0,kern} = m_{0,kern} \cdot c^2$$

Kerndeeltjes hebben in een kern, ten gevolge van de aantrekkende kernkrachten, minder energie omdat ze zich in een kern dichter bij elkaar bevinden dan in ongebonden toestand.

Je kan dit vergelijken met de gravitationele potentiële energie van een lichaam met massa m op een hoogte h in de buurt van het aardoppervlak ($E_p = m \cdot g \cdot h$).

Door de aanwezigheid van de zwaartekracht is de potentiële energie van het lichaam dat door de aarde aangetrokken wordt, kleiner wanneer het lichaam zich dichterbij de aarde bevindt.

Door de aanwezigheid van aantrekkende kernkrachten tussen alle kerndeeltjes in een kern is de totale rustenergie van de kern, als gebonden systeem, kleiner dan de totale rustenergie van de afzonderlijke kerndeeltjes.

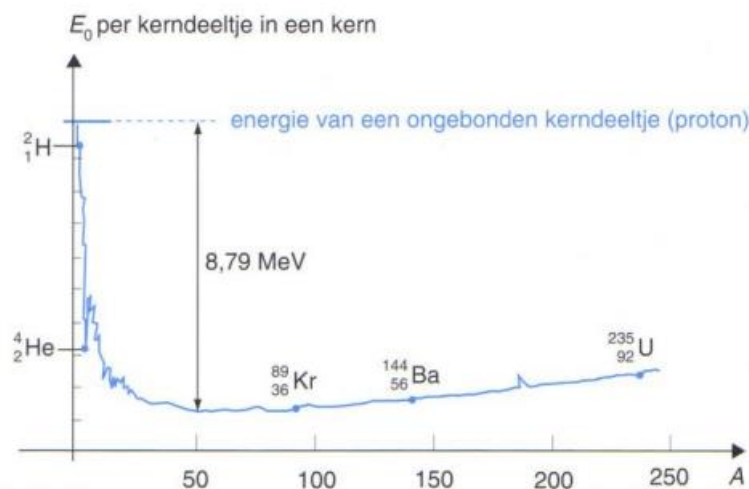
Rustenergie per kerndeeltje

De rustenergie van een kern gedeeld door het aantal kerndeeltjes in die kern is de energie per kerndeeltje in die kern:

$$\frac{\text{rustenergie van een kern}}{A} < \frac{\text{totale rustenergie van alle afzonderlijke kerndeeltjes}}{A}$$

De (gemiddelde) rustenergie per kerndeeltje is dus kleiner wanneer het in een kern opgenomen is dan wanneer het zich in ongebonden toestand bevindt.

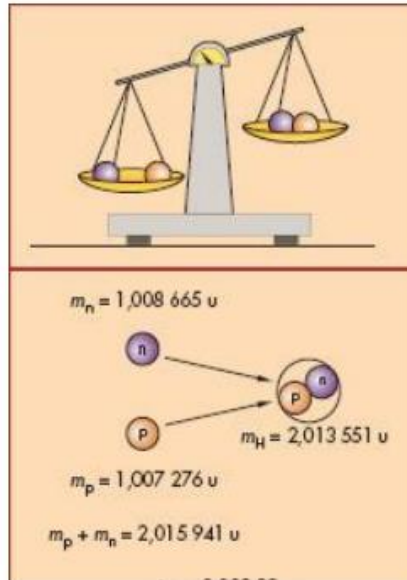
De (gemiddelde) rustenergie per kerndeeltje in een kern is ook van kern tot kern verschillend. Merk op dat ${}^4_2\text{He}$ uitzonderlijk stabiel is.



Massaverandering en bindingsenergie

De massa van protonen, neutronen, elektronen en atomen wordt experimenteel gemeten. De massa van de kern vindt men door van de atoommassa van het isotoop de massa van de elektronen af te trekken.

Een voorbeeld: de massa van een deuteriumkern ${}^2_1\text{H}$ blijkt experimenteel kleiner te zijn aan de totale massa van een ongebonden proton en een ongebonden neutron.



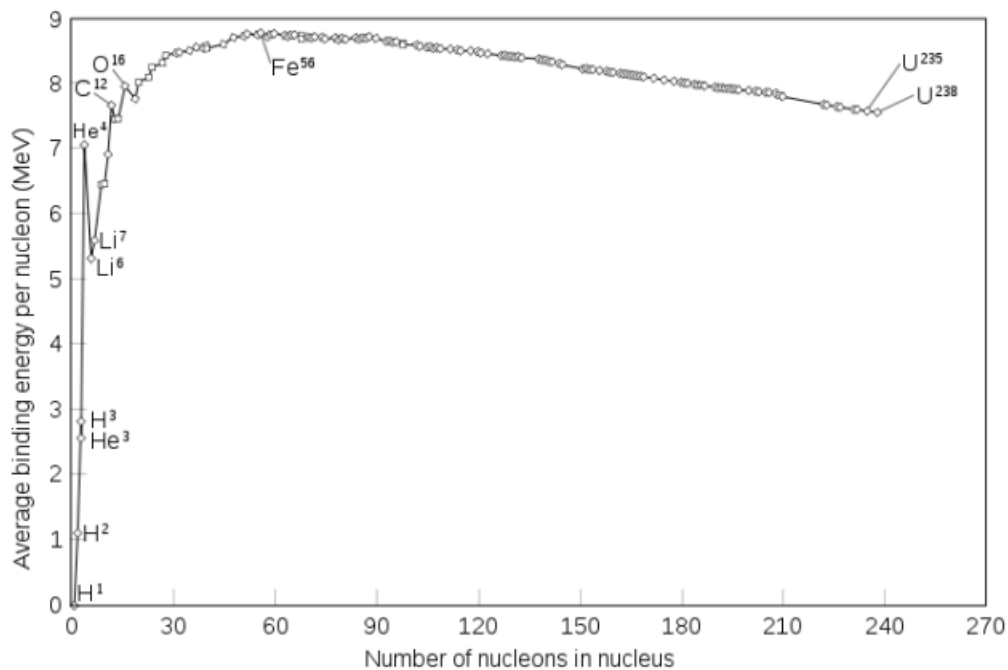
Het verschil tussen de totale massa van de afzonderlijke protonen en neutronen in ongebonden toestand en de massa van een bepaalde kern noemt men: de massaverandering of het massadefect Δm voor die kern.

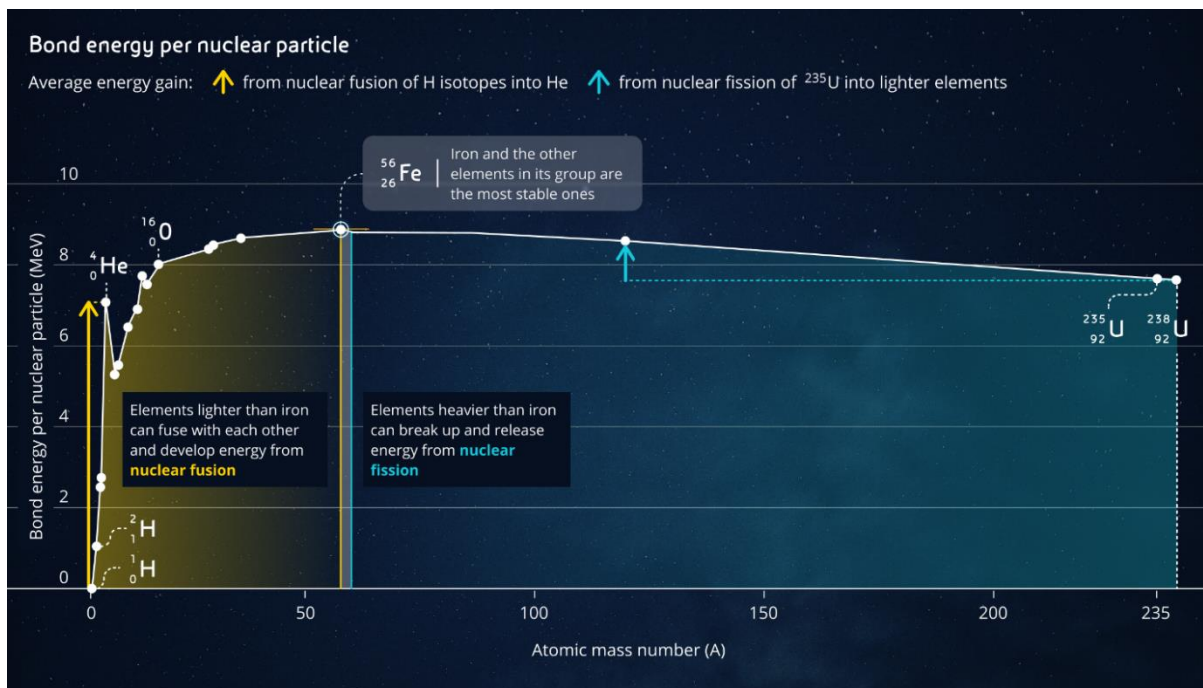
$$\Delta m = \text{som van de massa van de afzonderlijke protonen en neutronen} - \text{massa van de kern}$$

Vermits massa en energie equivalent zijn, wijst dit op een energievermindering. De grootte van de energievermindering noemt men de bindingsenergie ΔE_0 .

$$\Delta E_0 = \Delta m_0 \cdot c^2$$

De bindingsenergie ΔE_0 van een kern gedeeld door het aantal kerndeeltjes in die kern is de bindingsenergie per kerndeeltje. Onderstaande figuur geeft de bindingsenergie per kerndeeltje weer in functie van het aantal kerndeeltjes per kern.





Merk het verband tussen Figuur 7 en Figuur 9 : des te lager de rustenergie van de kern, des te groter de bindingsenergie per kerndeeltje en des te stabielere de kern. Kernen met $A = 50$ tot $A = 75$ zijn de meest stabiele kernen in de natuur. Bovendien verandert de bindingsenergie per nucleon zeer weinig bij zwaardere atomen. Dit betekent dat de sterke kernkracht een punt van verzadiging bereikt, de aanwezigheid van meer nucleonen verhoogt de bindingsenergie per kerndeeltje niet. Dit fenomeen is een gevolg van de korte reikwijdte van de kernkracht. Elk nucleon interageert slechts met naburige nucleonen. De aantrekkende energie in de kern is in essentie dezelfde voor een kern met 150 nucleonen of een kern met 200 nucleonen, enkel naburige nucleonen interageren.

Bij iets zwaardere kernen is de energie per kerndeeltje lager dan bij de hele lichte kernen. Wanneer hele lichte kernen versmelten tot iets zwaardere kernen wordt de overtollige energie per kerndeeltje vrijgegeven. De fusiereacties in de zon waarbij waterstofkernen worden omgevormd tot heliumkernen zorgen o.a. voor warmte en licht waardoor de mens op aarde kan leven. Bij iets lichtere kernen is de energie per kerndeeltje lager dan bij de hele zware kernen. Wanneer heel zware kernen splijten tot iets lichtere kernen wordt de overtollige energie per kerndeeltje vrijgegeven. Kernsplijting en kernfusie worden meer in detail in het laatste deel van deze cursus besproken.

B32 De aard van α -, β - en γ -emissie weergeven in een vervalproces en het ioniserend en doordringend vermogen van elk ervan bespreken.

Links/bronnen

<https://www.universiteitvanvlaanderen.be/podcast/hoe-overleef-je-een-kernramp>
https://adcs.home.xs4all.nl/Deeltjes/adventure_home.html
<https://www.sciencespace.nl/het-allerkleinste/artikelen/3461/straling-en-gezondheid>

Video's

https://www.youtube.com/watch?v=3M-AI_r7eXI
<https://www.youtube.com/watch?v=qFqNSMUIVpE>

Applets

<https://www.edumedia-sciences.com/nl/media/527-radioactief-verval>

Uitleg

Soorten radioactieve straling

De meeste atomen hebben een stabiele kern. Een stabiele kern blijft bestaan zoals hij is. Sommige atomen echter hebben een kern die instabiel is. Een instabiele kern verandert. Zo een instabiele kern noemen we een radioactieve kern of radionuclide. Een instabiele kern gaat na verloop van tijd over in een stabielere kern omdat de stabielere kern een lagere energie heeft. Dit proces noemen we radioactief verval.

Meestal zal na één verandering de dan ontstane nuclide nog niet stabiel zijn en gebeurt er een volgende verandering. Zo ontstaan vervalreeksen, waarbij de ontstane dochterkernen steeds radioactief verval blijven ondergaan tot er een stabiele kern ontstaat. In de natuur komen zo drie vervalreeksen voor: van uraan-238 (Figuur 10), thorium-232 en uraan-235.

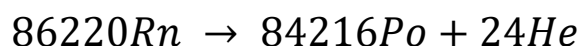
Transmutatieregels van Soddy

Alfastraling

Alle nucliden met meer dan 83 protonen zijn instabiel. Anders gesteld: Bismut is het laatste chemische element waarvan nog een stabiel isotoop bestaat. Velen van deze nucliden worden stabiel via het uitzenden van een heliumkern. Deze bestaat uit twee protonen en twee neutronen. Het uitzenden van He-kernen noemt men alfastraling (α). Hierdoor neemt de kernmassa af met vier eenheden en de kernlading met twee eenheden. De kernlading is karakteristiek voor een element, bijgevolg ontstaat er door het uitzenden van alfastraling een nieuw element.

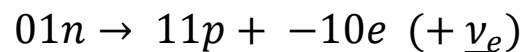
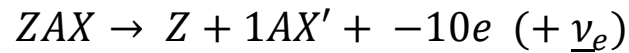


Voorbeeld: een Rn-kern vervalt naar een Po-kern door het uitzenden van alfastraling.

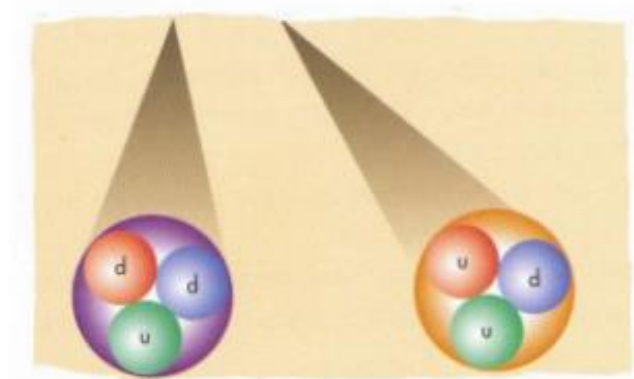
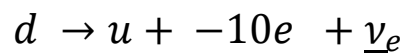


Bètastraling

Instabiele nucliden, onder de stabiliteitsband, hebben een te groot aantal neutronen om stabiel te zijn. Ze worden stabiel door een neutron om te zetten in een proton. Hierbij ontstaat tevens een elektron. Het proton blijft in de kern en het elektron wordt uitgestoten. Deze straling noemt men bèta-min-straling (β^-).



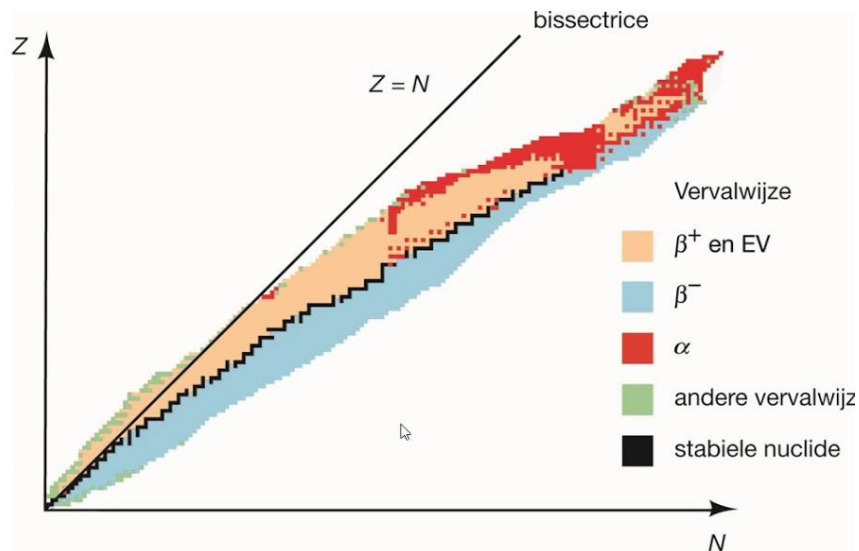
Ook bij een vrij neutron treedt deze omzetting spontaan op. Op niveau van de quarks komt dit neer op een omzetting van een down-quark in een up-quark.



Opmerkingen

- Het antineutrino $\bar{\nu}_e$: dit is een deeltje dat tot de leptonen behoort zonder elektrische lading met een nog kleinere massa dan het elektron. Het bestaan ervan werd pas in 1953 experimenteel aangetoond. De massa is op dit moment nog steeds niet gekend omdat deze te klein is om met de huidige detectoren te kunnen bepalen.

- Bèta-plus-straling (β^+): Instabiele nucliden boven de stabiliteitsband, hebben een te klein aantal neutronen om stabiel te zijn. Ze kunnen stabiel worden door in de kern een proton om te zetten in een neutron. Daarbij zenden ze een positron e^+ en een neutrino ν_e uit. Dit gebeurt echter alleen wanneer kernen kunstmatig beschoten worden en komt dus niet in de natuur voor.



Stabiele nuclide = stabiliteitsband

Gammastraling

Sommige kernen worden stabiel via het uitzenden van gammastraling. Hierbij verandert het aantal protonen en neutronen niet. Hierdoor verandert enkel de energie van de nuclide.

γ -straling is een vorm van energierijke elektromagnetische straling.

Een nuclide dat reeds alfa- of bètastraling uitgezonden heeft, bevindt zich dikwijls nog in een instabiele toestand met hoge energie. Dit nuclide kan dan naar een toestand met lagere energie door een hoeveelheid energie uit te zenden. De energiepakketjes die uitgezonden worden noemt men fotonen. Om aan te duiden dat de kern zich niet in de meest stabiele toestand (grondtoestand) bevindt, maar in de aangeslagen toestand, wordt de kern aangeduid met een *.

Voorbeeld:



Toepassing

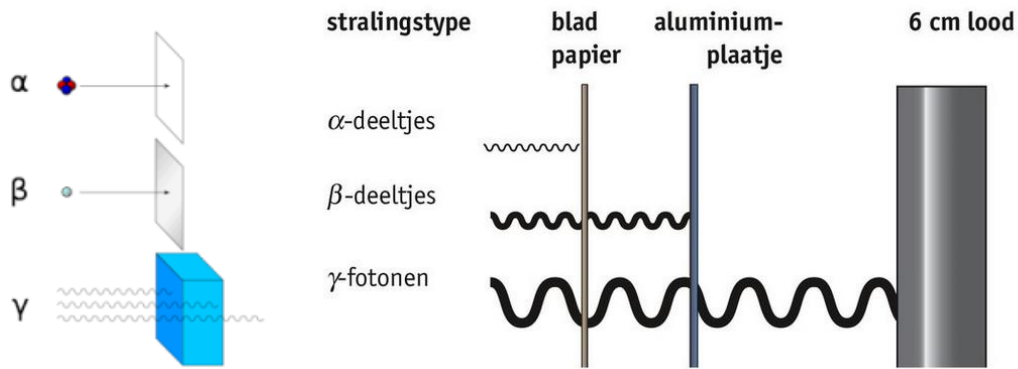
γ - straling wordt in de nucleaire geneeskunde gebruikt om kankercellen te doden. Enkele jaren geleden werd de γ -straling van kobalt-60 ook gebruikt om de mummie van Ramses II te ontdoen van bacteriën, insecten en schimmels.

Inoniserende straling

De stralen van de zon geven hun energie af in de vorm van warmte. De He-kernen bij α-straling, de elektronen bij β- -straling en de fotonen bij γ -straling hebben een grote kinetische energie. Ook deze straling geeft deze kinetische energie af wanneer ze door de lucht of door de materie gaat. In tegenstelling tot bij zichtbaar licht is bij deze stralingsvormen de kinetische energie voldoende groot om elektronen van de atomen weg te rukken, zodat een ion ontstaat. Daarom noemen we die straling ioniserende straling.

Radioactieve deeltjes geven energie af aan materie waar ze doorheen gaan door atomen uit deze materie te ioniseren.

Doordringingsvermogen en ionisatie



Alfadeeltje

(He-kern: 2 protonen en 2 neutronen)

Bij alfastraling wordt er een deeltje uitgezonden, het is dus een vorm van deeltjesstraling. Alfastraling is ook een vorm van ioniserende straling. Ioniserende straling is straling die genoeg energie heeft om een stof in zijn omgeving te ioniseren. Er is dan genoeg energie om van een atoom een ion te maken. He-kernen zijn relatief groot en zwaar. Ze bewegen met een lagere snelheid. Daardoor en door de grote lading die ze dragen veroorzaken ze vele ionisaties per centimeter en spelen ze over een korte afstand hun bewegingsenergie kwijt. Ze worden tegengehouden door een blad papier of een luchtlaag van enkele centimeters. Ze wordt ook tegengehouden door de dode huidlaag.

Bètadeeltje

Ook bètastraling is een vorm van deeltjesstraling en ioniserende straling. De elektronen en positronen hebben een kleinere massa en lading dan de He-kernen. Door deze twee eigenschappen bewegen ze veel sneller en ze ze moeilijker te stoppen. Ze veroorzaken hierdoor ook minder ionisaties per centimeter en dringen verder in een stof door vooraleer ze al hun bewegingsenergie hebben gebruikt voor ionisaties. Ze worden tegengehouden door een aluminiumplaat van enkele millimeter of door een luchtlaag van enkele meter.

Gammastraling

γ -straling is een vorm van elektromagnetische en ioniserende straling. De fotonen hebben geen massa of lading en bevatten veel energie. Doordat de gammastralen ongelade zijn, interageren ze veel minder snel met materie: ze veroorzaken niet veel ionisaties per centimeter materiaal. Deze straling dringt bijgevolg ver door in een voorwerp vooraleer ze alle energie verloren is. Ze wordt slechts afgeremd door zware stoffen zoals ijzer, beton of lood. γ -straling kan door de lucht heel grote afstanden afleggen zonder veel te verzwakken.

B33 Effecten van ioniserende straling op mens en milieu toelichten.

Links/bronnen

<https://www.mrchadd.nl/academy/vakken/natuurkunde/alfa-beta-en-gammastraling>

<https://www.rivm.nl/straling-en-radioactiviteit/straling-uitgelegd>

<https://www.universiteitvanvlaanderen.be/podcast/hoer-overleef-je-een-kernramp>

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=s1rHt0rknu8&feature=youtu.be>

<https://www.youtube.com/watch?v=IKdHS0LcwfM&feature=youtu.be>

<https://www.youtube.com/watch?v=Xw-GJ7vEJ9Y>

Applets

<https://home.kpn.nl/h.bruning/applets/verval/verval.htm>

<https://phet.colorado.edu/nl/simulations/beta-decay>

https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/decaychains_nl.htm

https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/lawdecay_nl.htm

Uitleg

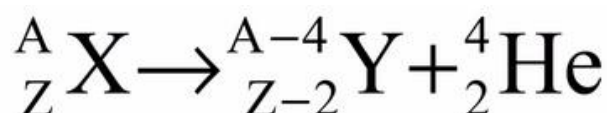
Vervalproces en het vervallen van energie

Wanneer een atoom vervalft betekent dit dat de atoomkern opgedeeld wordt, dit wil dus zeggen dat er een nieuwe atoomkern ontstaat en een soort straling. Indien deze opdeling gebeurt zal er energie ontsnappen van de atoom en de atoom zal dus een lagere energieinhoud bevatten. Er kan dus gesteld worden dat alle vervalprocessen eindigen in een lagere energieinhoud van de eindproducten ten opzichte van de beginproducten.

Transmutatieregels van Soddy

Transmutatie is het proces waarbij een atoomkern door desintegratie in een nieuwe atoomkern wordt omgezet.

Wanneer er dus door een atoom alfastraling uitgezonden wordt, zal de atoomkern van deze atoom veranderen en het atoom vervallen in een ander atoom. Een voorbeeld hiervan is het vervallen van Polonium: Polonium-210 vervalft door uitzending van alfastraling in lood-206. Dit is een voorbeeld van de eerste transmutatieregels van Soddy. In de module over kernfysica kan hier nog dieper over uitgewijd worden.



met X = moederkern

Y = dochterkern

Ioniserende straling

- Kosmische straling
- Radioactieve straling
- X-straling

Het gevaar van (radioactieve) (ioniserende) straling

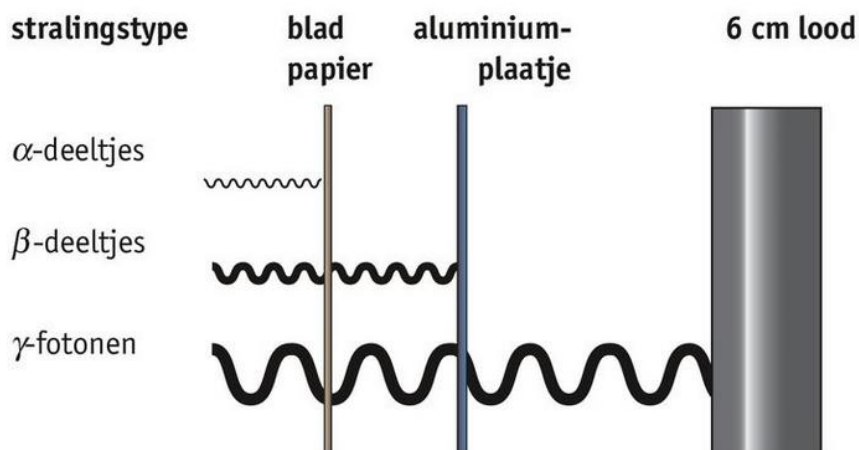
Ioniserende stralingen zoals kosmische, radioactieve en X-straling bevatten deeltjes die zeer energierijk zijn. Zo energierijk dat ze atomen of verbindingen kunnen ioniseren, bijvoorbeeld het verbreken van DNA-moleculen. Lichtstralen bevatten minder energie en kunnen dit dus niet.

Invloed van de straling

Bij alfastraling worden er alfadeeltjes uitgezonden, een alfadeeltje bestaat uit twee neutronen en twee protonen. Bij alfastraling wordt er een deeltje uitgezonden, het is dus een vorm van deeltjesstraling. Alfastraling is ook een vorm van ioniserende straling. Ioniserende straling is straling die genoeg energie heeft om een stof in zijn omgeving te ioniseren. Er is dan genoeg energie om van een atoom een ion te maken. De alfadeeltjes bevatten dus veel energie, maar ze zijn ook redelijk groot. Doordat de alfadeeltjes groot zijn kunnen ze makkelijk gestopt worden, alfastraling wordt al tegengehouden door een vel papier. Alfastraling is dus weinig schadelijk tenzij de deeltjes in je lichaam terechtkomen (in je bloed, maag, longen,...)

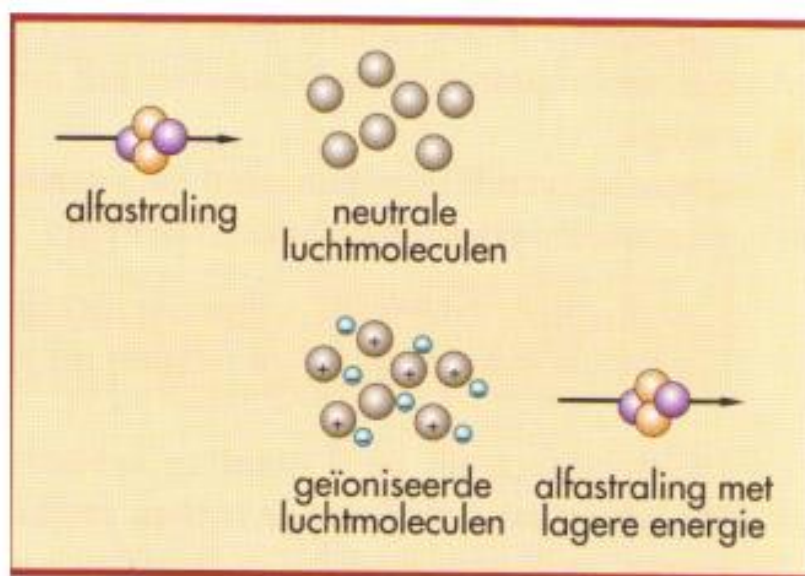
Bètastraling is een vorm van deeltjesstraling en het is ook een vorm van ioniserende straling. Bij bètastraling wordt er een elektron of een positron uitgezonden. Er zijn twee soorten bètastraling, β^+ -straling en β^- -straling. Bij β^+ -straling verandert in de kern een neutron in een proton, daar komt een elektron bij vrij. Bij β^- -straling gebeurt precies het omgekeerde, een proton verandert in een neutron en daar komt een positron bij vrij. Omdat elektronen en positronen kleiner zijn dan alfadeeltjes, zijn ze moeilijker te stoppen. Hun reikwijdte in de lucht en doordringend vermogen in materie zoals het lichaam is dus hoger. Om deze elektronen of positronen te stoppen heb je bijvoorbeeld een aluminium plaat nodig.

Gammastraling is een vorm van elektromagnetische straling. Gammastraling bestaat uit fotonen net zoals licht. Hoewel er altijd wat discussie bestaat over deeltjes en golven, zien we fotonen meestal als golven, ze hebben namelijk geen massa en geen lading. Bij gammastraling hebben de fotonen veel meer energie dan licht. Doordat de fotonen van gammastraling veel energie bevatten kunnen ze ook stoffen ioniseren, gammastraling is dus een vorm van ioniserende straling. Je hebt bijvoorbeeld een dikke plaat lood of een meter beton nodig om gammastraling te stoppen. Omdat de gammastralen ongeladen zijn, is hun ioniserend vermogen wel eerder beperkt, maar de reikwijdte in lucht en hun doordringend vermogen in materie zoals het lichaam is groot. Gammastraling is dus wel schadelijk voor bijvoorbeeld DNA-moleculen.



Invloed op planten, dieren en mensen

Ioniserende straling kan schade berokkenen aan het materiaal waar ze doorgaat. Hoe meer energie ioniserende straling bezit, hoe meer atomen geïoniseerd (kunnen) worden en hoe groter de schade die ze aanricht. Wanneer ioniserende straling invalt op levend weefsel, treedt ook daar ionisaties op. Die kunnen verstoringen van de eigenschappen van de bestraalde cellen tot gevolg hebben. Bij hoge dosissen veroorzaakt ioniserende straling onherstelbare biologische schade aan weefsels: cellen sterven af of ondergaan (ernstige) mutaties. Mutaties zijn veranderingen in het genetisch materiaal van een cel. Het is dan mogelijk dat de celdeling (tijdelijk of blijvend) stopt of abnormaal verloopt. In het laatste geval kan het gebeuren dat de celdeling ongeremd doorgaat; we spreken dan over tumorvorming. Alle ioniserende straling kan bij absorptie van grote hoeveelheden, kanker veroorzaken. Wanneer de straling mutaties veroorzaakt in spermacellen of eicellen, kunnen er ook genetische gevolgen zijn in het nageslacht van de persoon in kwestie.



Anderzijds wordt ioniserende straling heel doelgericht gebruikt om kankercellen op te sporen of om ze te vernietigen. Voor werknemers in een radioactieve omgeving zijn dan ook strenge controle- en veiligheidsmaatregelen uitgewerkt.

- De grootte van de aangerichte schade is afhankelijk van verschillende factoren
- De duur en de intensiteit van de bestraling
- Het type straling
- Welk deel van het lichaam blootgesteld werd
- Bij mensen wordt de blootstelling aan straling ingedeeld in uitwendige straling en inwendige straling. Je loopt immers niet alleen schade op door straling die van buiten komt. Je kunt ook een radioactieve bron opeten, zoals bij besmette spinazie. Ook kun je een bron opdrinken, zoals bij melk van koeien die besmet gras hebben gegeten. Of inademen, zoals bij radongas uit bouwmaterialen. In je lichaam zendt zo'n bron dan straling uit. Het grote gevaar bij inwendige straling is dat er geen afscherming voor mogelijk is eens het radioactieve materiaal in het lichaam is. De opgelopen dosis (en dus ook de aangerichte schade) is dan afhankelijk van zowel de fysische halveringstijd als de biologische halveringstijd (door bijvoorbeeld verwijdering via uitscheiding of afscheiding)

Radioactiviteit in de menselijke omgeving

Wij worden continu blootgesteld aan ioniserende straling. Alles rondom ons is min of meer radioactief. Lucht, planten rotsen enz. bevatten radioactieve stoffen. Er komt voortdurend ioniserende straling uit het binnenste van de aarde, de aardkorst, de atmosfeer, het heelal. Zo is radongas dat vrijkomt uit de bodem en uit bepaalde bouwmaterialen een belangrijke bron van straling. Een klein gedeelte van de straling waar wij aan blootgesteld zijn, komt van stoffen die kunstmatig radioactief werden gemaakt. Die stoffen worden gebruikt in de geneeskunde (zowel voor onderzoek als voor behandeling), bij de productie van energie in kerncentrales, bij wetenschappelijk onderzoek en in toestellen zoals bv. rookdetectoren.

B34 Het vervalproces van een radionuclide in functie van de tijd grafisch voorstellen en eenvoudige berekeningen uitvoeren bij reële voorbeelden waarbij de halveringstijd en de activiteit een rol speelt.

Links/bronnen

<https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/kernfysica/vervalwet>
<https://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen.php?video=halveringstijd>
https://stralenpracticum.nl/wp-content/uploads/sites/71/2016/01/website_info_m-d_verval.pdf

Video's

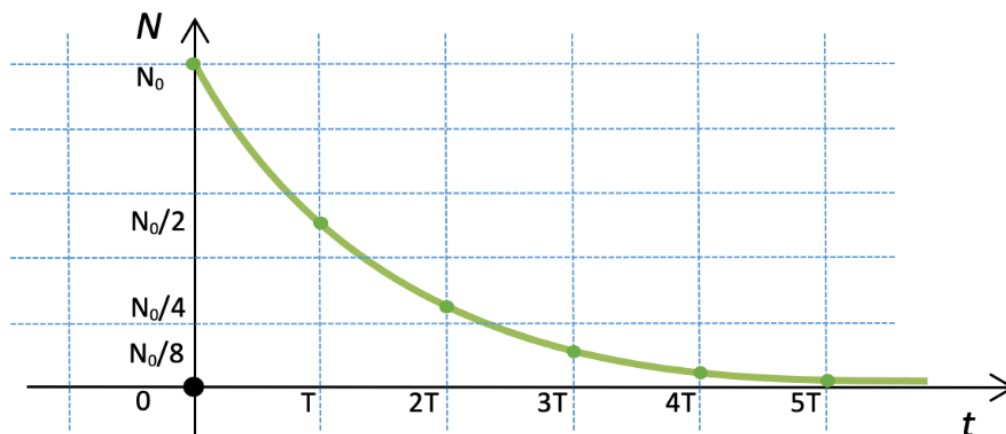
https://www.youtube.com/watch?v=MUE6r_5yGIQ

Applets

<https://home.kpn.nl/h.bruning/applets/verval/verval.htm>
<https://phet.colorado.edu/nl/simulations/beta-decay>
https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/decaychains_nl.htm
https://www.walter-fendt.de/html5/phnl/lawdecay_nl.htm

Uitleg

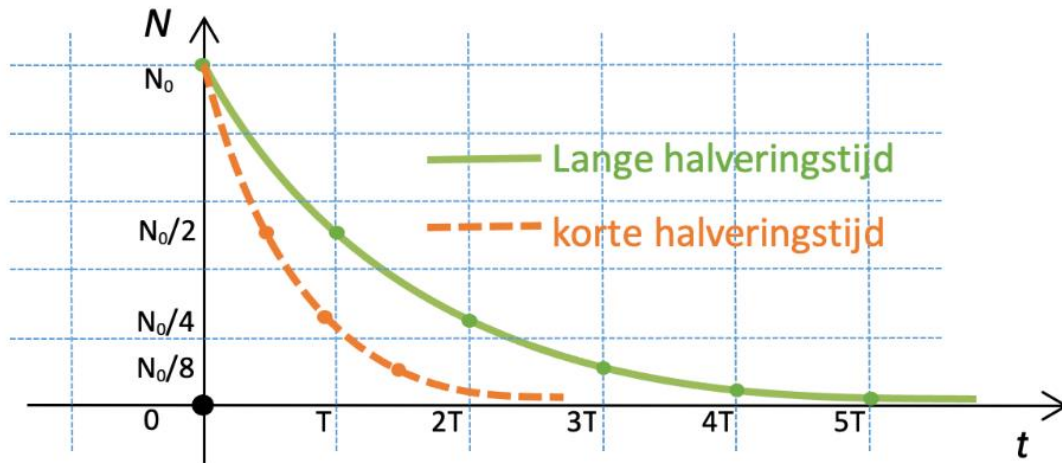
Radioactief verval is een spontaan, maar toevallig proces. Je kunt dus niet voorspellen wanneer één bepaalde kern zal vervallen. Toch geldt ook voor radioactief verval een wetmatigheid. Het gebeurt dus niet willekeurig. Veronderstel dat op het ogenblik t een hoeveelheid materie N niet-stabiele kernen bevat. Vermits deze kernen vervallen, zal N afnemen met de tijd. Experimenteel vind je het volgende verloop:



Wat opvalt, is het bestaan van een halveringstijd T : telkens de tijd met T toeneemt, is het aantal kernen gehalveerd.

Voorbeeld:

- voor B – 12 is T gelijk aan $0,020\text{ s}$
- voor K – 40 is T gelijk aan $1,3 \cdot 10^9\text{ jaar}$



Hoe minder stabiel een nuclide, hoe sneller die vervalst en hoe korter de halveringstijd.

Zo'n nuclide is dus "kortlevend", maar omdat het verval gebeurt in een korte tijd en bij ieder verval een α -of β -deeltje vrijkomt, is een hoeveelheid stof opgebouwd uit zulke nucliden wel erg radioactief! Nucliden met een lange levensduur vervallen traag en zijn dus minder radioactief. Sommige van die nucliden, zoals Pu – 241, zijn wel erg giftig! Een lange levensduur is in dat geval geen voordeel!

B35 Illustreer dat het gebruik van radioactief materiaal zowel voordelen als nadelen kan hebben.

Links/bronnen

<https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/straling/ioniserende-straling-bronnen-en-effecten>

<https://www.nucleairnederland.nl/bibliotheek/downloads/nnl-volw.brochure-25mei2020.pdf>

<https://www.niras.be/wat-radioactief-afval>

Video's

<https://www.youtube.com/watch?v=9z2UMEdqLo>

<https://www.youtube.com/watch?v=nqJvjuH0Rrk&feature=youtu.be>

<https://www.youtube.com/watch?v=MGUN0q3tVk4>

https://www.youtube.com/watch?v=OD_9P63jpU4

https://youtu.be/3PiUg40K9_k

Applets

/

Uitleg

Er zijn verschillende voor- en nadelen aan het gebruik van radioactief materiaal. Hieronder staan enkele voor- en nadelen opgesomd, maar zeker niet alle voor- en nadelen zijn hier besproken.



Voordelen

- Voedsel bestralen met gammastraling en bètastraling om bacteriën, virussen, micro-organismen en insecten te doden.
- Insectenplagen bestrijden met straling
- Steriliseren van medische hulpmiddelen. Maar ook petflessen en dergelijke worden zo gesteriliseerd.
- Medische toepassingen van ioniserende straling zowel voor diagnostische als therapeutische doeleinden.
- Radiologie om diagnoses te stellen a.d.h.v. medische beeldvorming (diagnostisch).
- Radiotherapie voor patiënten met kanker (therapeutisch). Bestraling op bepaalde plaatsen met een hoge dosis bestraling, om kwaadaardige cellen te verwijderen.
- Kerncentrales kunnen heel grote hoeveelheden energie opwekken.

Nadelen

- Radioactief afval bevat stoffen die ioniserende straling uitzenden. Die straling is bijzonder energierijk. Ze kan veranderingen aanbrengen in de materie waarin ze doordringt. Daardoor kan ze levende weefsels beschadigen en is ze gevaarlijk voor mens en milieu. Vooral als dit ongecontroleerd gebeurt.
- Radioactief materiaal heeft vaak een lange vervaltijd waardoor de effecten op lange termijn voortgezet kunnen worden. Langdurige blootstelling kan erge gevolgen hebben op volgende generaties en het functioneren van de mens. De grootte van de dosis en de blootstellingstijd zijn dus twee belangrijke factoren in het nadeel van radioactief materiaal.
- Kerncentrales zijn gevaarlijk wanneer er lekken ontstaan.
- Indien radiotherapie niet op de juiste plek gebeurt in het lichaam of te lang gebeurt, kan het schade aanrichten aan andere delen van het lichaam.

Dynamica en kinematica

NOG TE VOORZIEN

Arbeid en energie

NOG TE VOORZIEN

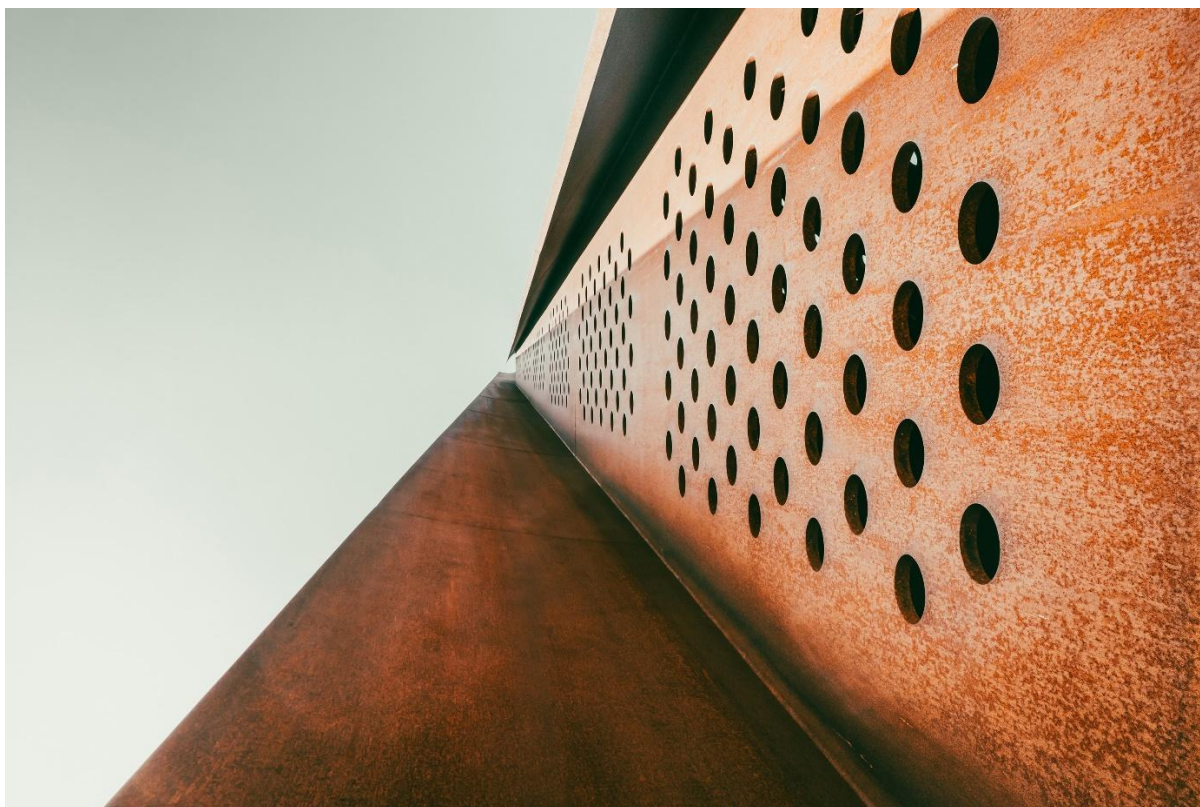
Trillingen en golven

NOG TE VOORZIEN

Modules

NOG TE VOORZIEN

9.2 Bijlage 2. Opfrismodule chemie: Redoxreacties



Redoxreacties

Anneleen Daniels & Bram Pawlak

LEERPLANDOELSTELLINGEN

[33. De begrippen oxidatie, reductie, oxidator en reductor definiëren](#)

[34. Een redoxreactie opstellen](#)

[35. Het verband leggen tussen normpotentiaal en de sterkte van oxidatoren en reductoren](#)

[36. De Nernstvergelijking toepassen om reëel redoxpotentiaal te berekenen](#)

[37. De bouw van een referentie-elektrode voorstellen en de bijhorende halfreactie weergeven](#)

[38. Galvanische cel en corrosie verklaren op basis van normpotentiaal van redoxkoppels](#)

[39. Het verloop van een redoxtitratiecurve interpreteren](#)

[40. Een gehaltebepaling met een redoxtitratie uitvoeren](#)

33. De begrippen oxidatie, reductie, oxidator en reductor definiëren

Links/Videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=4BG6RQn4mgs&list=PLB9146EEDF8F151A3>

<https://www.youtube.com/watch?v=r0ovbKlKwJU>

https://maken.wikiwijs.nl/116964/redox_vwo

Uitleg:

Redoxreacties zijn reacties tussen een **reductor** en een **oxidator**. De benaming redoxreactie is simpelweg de samenvoeging van 'red' (reductor) en 'ox' (van oxidator). Bij een redoxreactie worden elektronen overgedragen van de reductor naar de oxidator. Hierbij wordt er gesproken over **reductie** en **oxidatie**.

De definitie van deze begrippen:

Reductor: Stof die elektronen afgeeft, zelfs gedeeltelijk, en daarbij zelf geoxideerd wordt.

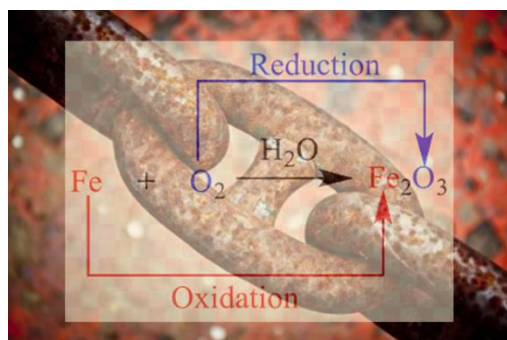
Oxidator: Stof die elektronen opneemt, zelfs gedeeltelijk, en daarbij zelf gereduceerd wordt.

Reductie: Reactie waarbij 1 of meer elektronen worden opgenomen, ook al is dat slechts gedeeltelijk.

Oxidatie: Reactie waarbij 1 of meer elektronen worden afgegeven, ook al is dat slechts gedeeltelijk.

Met iedere oxidator komt een geconjugeerde reductor overeen en omgekeerd. Men spreekt van **redoxkoppels**. Er bestaan tabellen waar deze redoxkoppels in op te zoeken zijn (bijvoorbeeld in BINAS; tabel 48).

Over het algemeen zijn metalen sterke reductoren en niet-metalen sterke oxidatoren. Zuurstof is een voorbeeld van een zeer sterke oxidator en is een zeer elektronennegatief element. Een van de bekendste oxidatiereacties is roesten: de reactie van ijzer (reductor) en zuurstof (oxidator) in aanwezigheid van water.



Afbeelding: Bekend voorbeeld van oxidatie (roest)

In het volgende blok zal er verder ingegaan worden op wat redoxreacties zijn en hoe die opgesteld worden.

[TERUG NAAR STARTPAGINA REDOXREACTIES](#)

34. Een redoxreactie opstellen

Links/Videos:

<https://www.examenoverzicht.nl/scheikunde/redoxreacties>

<https://debijlesstudent.nl/uitleg/vwo/scheikunde-vwo/redoxreacties-opstellen-2/>

https://nl.wikipedia.org/wiki/Tabel_van_standaardelektrodepotentialen

https://youtu.be/8LSG_hPp4o4

Uitleg:

Redoxreacties herkennen

Redoxreacties zijn te herkennen doordat er veranderingen van lading plaatsvinden (vanwege de elektronenoverdracht) en/of doordat er bij de reactie elementen kunnen ontstaan of verdwijnen.

Voor het opstellen van een redoxreactie is het belangrijk om goed te begrijpen wat halfreacties en totaalreacties zijn. Ieder redoxkoppel kan uitgeschreven worden tot een **halfreactie**, de helft van een redoxreactie. De **totaalreactie** van een redoxreactie bestaat uit twee halfreacties.



*Figuur: Schematische voorstelling van een Redoxreactie
RED = reductor, OX = oxidator, $n e^-$ = aantal elektronen*

Bij een redoxreactie is het **oxidatiegetal** van een stof van groot belang. Het oxidatiegetal is een algebraïsch getal, meestal voorgesteld door een Romeins cijfer (bijvoorbeeld I, II, III, etc.), dat aangeeft hoeveel elektronen het element heeft afgegeven (+) of opgenomen (-), volledig of gedeeltelijk.

Het **opstellen van een redoxreactie** wordt gedaan door het doorlopen van enkele stappen. Deze stappen worden hieronder 1 voor 1 toegelicht aan de hand van een voorbeeldreactie: een oplossing van zink (Zn) en zoutzuur (HCl).

Stappenplan Redoxreacties

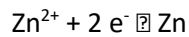
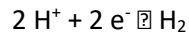
Stap 1: Schrijf alle oxidatoren en reductoren op

In de oplossing zink en zoutzuur zitten: Zn, H⁺ en Cl⁻

Stap 2: Zoek de sterkste oxidator en de sterkste reductor (TIP: gebruik tabellen)

De sterkste oxidator is H⁺ en de sterkste reductor is Zn

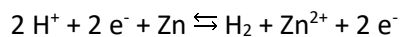
Stap 3: Schrijf de halfreacties op (Ook te vinden in de tabellen)



Stap 4: Breng het aantal elektronen in balans

In deze oplossing zijn de elektronen gelijk (beide halfreacties hebben 2 e⁻) en dus in balans.

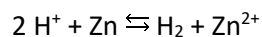
Stap 5: Tel de halfreacties bij elkaar op



Stap 6: Haal links en recht van de reactie gelijke elementen weg en zorg voor een gelijke lading

Wanneer de 2 e⁻ aan beide kanten verwijderd worden, is de lading aan beide kanten gelijk (2+)

De totaalreactie is dan:



Het bovenstaande voorbeeld is een redelijk simpele redoxreactie. Meer complexere redoxreacties kunnen bijvoorbeeld plaatsvinden in zure of basische oplossingen.

Complexe redoxreactie

Een reactie die bijvoorbeeld in een zuur milieu plaatsvindt is: $\text{MnO}_4^- + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ (HCl aanwezig). De uiteindelijke redox-reactie is $\text{KMnO}_4 + 5 \text{FeCl}_2 + 8 \text{HCl} \rightleftharpoons \text{MnCl}_2 + 5 \text{FeCl}_3 + \text{KCl} + 4 \text{H}_2\text{O}$

(Deze stof zal tijdens het curriculum behandeld worden)

[TERUG NAAR STARTPAGINA REDOXREACTIES](#)

35. Het verband leggen tussen normpotentiaal en de sterkte van oxidatoren en reductoren

Links/Videos:

<https://wetenschap.infonu.nl/scheikunde/199347-bepaling-van-normpotentialen.html>

https://nl.wikipedia.org/wiki/Tabel_van_standaardelektrodepotentialen

Uitleg:

Elke redoxkoppel wordt gekenmerkt door een **normpotentiaal**, ook wel het **standaardreductiepotentiaal (E_0)** genoemd. Het is een maat voor de sterkte van een oxidator, respectievelijk reductor. Hoe groter de standaardreductiepotentiaal, hoe sterker de oxidator en hoe zwakker de reductor. De normpotentialen zijn terug te vinden in tabellen (bijvoorbeeld in BINAS).

Sterkte van oxidatoren en reductoren

Algemeen kan men stellen dat:

- Een sterke reductor
 - o overeenkomt met een zwakke geconjugeerde oxidator
 - o gekenmerkt wordt door een lage, negatieve E_0 -waarde.
- Een sterke oxidator
 - o overeenkomt met een zwakke geconjugeerde reductor
 - o gekenmerkt door een hoge, positieve E_0 -waarde.

Voorbeelden:

Fluorgas ($F_2(g)$) de sterkste oxidator (neemt graag elektronen op) en het metaal Lithium ($Li(s)$) de sterkste reductor (geeft graag elektronen af). Daarentegen is het fluor-ion F^- de zwakste reductor en het Lithium-ion Li^+ de zwakste oxidator.

TIP: Wanneer er elektronen worden afgegeven, wordt de E_0 negatief. Wanneer er elektronen worden opgenomen, wordt de E_0 positief.

Standaardelektrodepotentialen		Standaard- elektrodepotentiaal
oxidator	reductor	
$F_2(g) + 2 e^-$	$\rightleftharpoons 2 F^-$	+2,87
$O_3(g) + 2 H^+ + 2 e^-$	$\rightleftharpoons H_2O(l) + O_2(g)$	+2,07
$H_2O_2 + 2 H^+ + 2 e^-$	$\rightleftharpoons 2 H_2O(l)$	+1,77
$Ce^{4+} + e^-$	$\rightleftharpoons Ce^{3+}$	+1,72
$PbO_2(s) + SO_4^{2-} + 4 H^+ + 2 e^-$	$\rightleftharpoons PbSO_4(s) + 2 H_2O(l)$	+1,69
$2 HClO + 2 H^+ + 2 e^-$	$\rightleftharpoons Cl_2(g) + 2 H_2O(l)$	+1,63
$MnO_2 + 8 H^+ + 5 e^-$	$\rightleftharpoons Mn^{2+} + 4 H_2O(l)$	+1,52
$Au^3+ + 3 e^-$	$\rightleftharpoons Au(s)$	+1,50
$PbO_2(s) + 4 H^+ + 2 e^-$	$\rightleftharpoons Pb^{2+} + 2 H_2O(l)$	+1,46
$ClO_2^- + 6 H^+ + 6 e^-$	$\rightleftharpoons Cl^- + 3 H_2O(l)$	+1,45
$Cl_2(g) + 2 e^-$	$\rightleftharpoons 2 Cl^-$	+1,36
$O_3(g) + H_2O(l) + 2 e^-$	$\rightleftharpoons 2 OH^- + O_2(g)$	+1,24

halfreacties

Afbeelding: Voorbeeldtabel met Normpotentialen (BINAS tabel 48)

[TERUG NAAR STARTPAGINA REDOXREACTIES](#)

36. De Nernstvergelijking toepassen om reëel redoxpotentiaal te berekenen

Links/Videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=mEP8gE7TJmE&t=479s>

https://nl.wikipedia.org/wiki/Tabel_van_standaardelektrodepotentialen

Uitleg:

Standaardreductiepotentialen gelden onder standaardomstandigheden. Echter meestal wordt er niet gewerkt onder standaardomstandigheden en dient er rekening gehouden te worden met afwijkende omstandigheden (bijvoorbeeld: concentraties van stoffen).

Om toch een juist redoxpotentiaal te kunnen bepalen, of om het gemeten redoxpotentiaal te kunnen verklaren, kan er gebruik gemaakt worden van de Nernstvergelijking.

De Nernstvergelijking (de wet van Nernst) voor een Redoxreactie wordt als volgt weergegeven:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

E = potentiaalverschil dat je meet
E⁰ = standaard reductiepotentiaal
R = gasconstante (= 8,314 J/mol.K)
T = Temperatuur (in K)

n = aantal elektronen dat wordt overgedragen
F = constante van Faraday (= 96485,34 C/mol)
Q = [product]/[reagens]

Uitleg:

Wanneer er naar het potentiaal gevraagd wordt van een redoxreactie, moet de temperatuur en de concentraties van de stoffen geweten zijn. Met deze gegevens kunnen we de Nernstvergelijking gebruiken en de volgende stappen volgen om tot het reëel redoxpotentiaal te berekenen:

1. Schrijf de wet van Nernst op aan de hand van de gegeven temperatuur (bijvoorbeeld 25°C):

$$E = E^0 - \frac{0.0592}{n} \log Q$$

2. Schrijf de totaalreactie van de redoxreactie eronder.
3. Bereken nu eerst de E⁰ aan de hand van standaardreductiepotentialen.

Gebruik hiervoor de tabel met standaardreductiepotentialen en let goed op of er een negatief of positief potentiaal is.

4. Bepaal hoeveel elektronen er worden overgedragen om de n te bepalen
5. Vul de concentraties in de vergelijking in (LET OP: hou rekening met de mol verhoudingen)
6. Los de vergelijking op om E te verkrijgen.

- Bekijk de videolink om een uitgewerkt voorbeeld te zien -

[TERUG NAAR STARTPAGINA REDOXREACTIES](#)

37. De bouw van een referentie-elektrode voorstellen en de bijhorende halfreactie weergeven

Links/Videos:

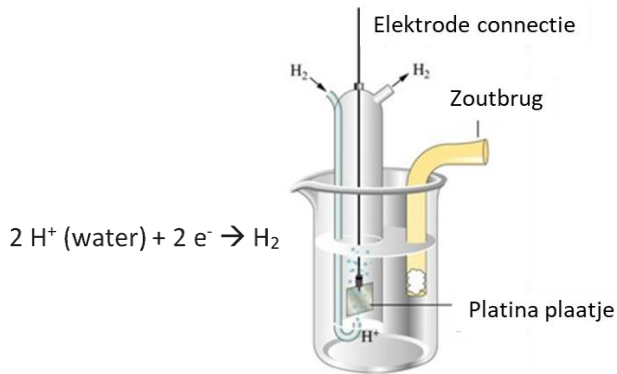
<https://www.youtube.com/watch?v=6DjwOYoam9k>

Uitleg:

Een **referentie-elektrode** is een elektrode met een stabiel en goed gekend redoxpotentiaal. Referentie-elektrodes worden gebruikt om elektrochemische potentiaal te meten.

Om de standaardreductiepotentiaal (E^0) van een redoxkoppel te bepalen wordt een redoxkoppel vergeleken met een referentiekoppel in standaardomstandigheden (1 mol, 25 °C).

Als *referentiekoppel* wordt vaak de **standaardwaterstofelektrode** genomen. De E_0 van de standaardwaterstofelektrode is per definitie gelijk aan 0,00 Volt.



Afbeelding: Bouw van Standaardwaterstofelektrode

Deze standaardwaterstofelektrode is een *halfcel* en heeft een zoutbrug die dient voor ionentransport waardoor de lading niet verloren gaat.

De halfreactie van de standaardwaterstofelektrode is $2 \text{H}^+ (\text{water}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$

Standaardwaterstofelektrode voor het bepalen van de sterkte van een reductor/oxidator

De standaardreductiepotentiaal van een redoxkoppel wordt experimenteel bepaald door het betrokken redoxkoppel onder standaardomstandigheden in contact te brengen met de standaardwaterstofelektrode. Hierdoor ontstaat een spanning (U^0) tussen de twee halfcellen. De gemeten spanning wordt gebruikt om de E^0 van het betrokken redoxkoppel te bepalen

$$U_0 = \Delta E_0 = E_{0\text{ox}} - E_{0\text{Red}}$$

Waarin $E_{0\text{ox}}$ = E_0 -waarde van het redoxkoppel met de sterkste oxidator

$E_{0\text{Red}}$ = E_0 -waarde van het redoxkoppel met de sterkste reductor

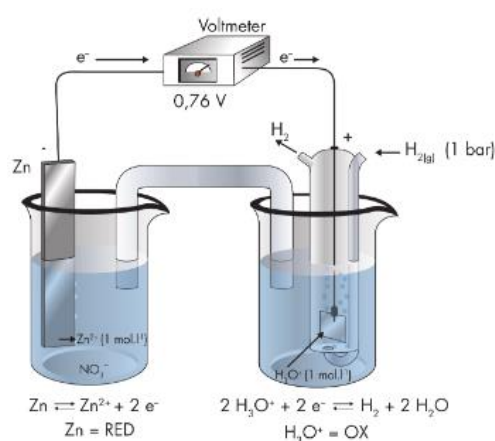
Wanneer we onder standaardomstandigheden, de spanning meten tussen de standaardwaterstofelektrode en het redoxstelsel Zn^{2+}/Zn , vinden we $-0,76\text{V}$.

$$U^0 = \Delta E^0 = E^0_{\text{ox}} - E^0_{\text{Red}}$$

$$0,76\text{V} = E^0(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2) - E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$$

$$0,76\text{V} = 0,00\text{V} - E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$$

$$E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76\text{V}$$



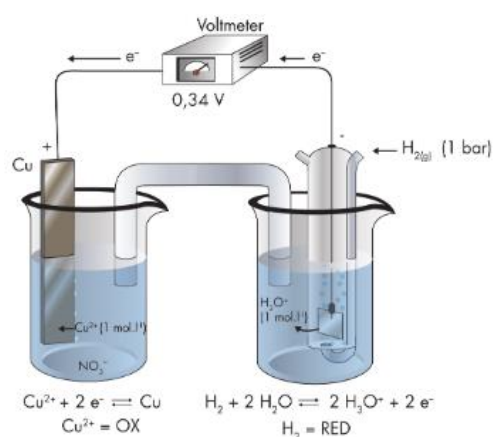
Wanneer we onder standaardomstandigheden, de spanning meten tussen de standaardwaterstofelektrode en het redoxstelsel Cu^{2+}/Cu , vinden we $0,34\text{V}$.

$$U^0 = \Delta E^0 = E^0_{\text{ox}} - E^0_{\text{Red}}$$

$$0,34\text{V} = E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E^0(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2)$$

$$0,34\text{V} = E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - 0,00\text{V}$$

$$E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34\text{V}$$



Hoe positiever de normpotentiaal van een redoxkoppel is, hoe heviger de oxidator van het redoxkoppel zal reageren met H_2 . Hoe negatiever de normpotentiaal van een redoxkoppel is, hoe heviger de reductor van het koppel zal reageren met H^+ .

[TERUG NAAR STARTPAGINA REDOXREACTIES](#)

38. Galvanische cel en corrosie verklaren op basis van normpotentiaal van redoxkoppels

Links/Videos:

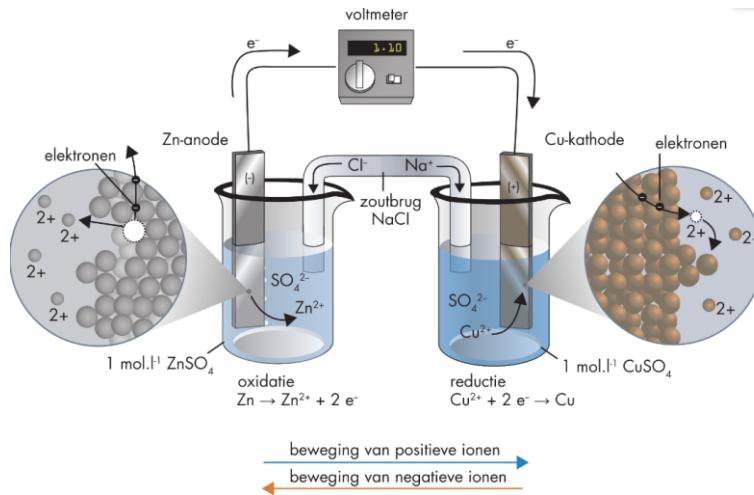
<https://www.youtube.com/watch?v=SfiWCFGylu4>

<https://www.youtube.com/watch?v=pgcgFb5nvmU>

Uitleg:

Galvanische cel

Tijdens redoxreacties worden elektronen overgedragen van de reductor naar de oxidator. Een **galvanische cel** bestaat uit twee halfelementen. Een zinken plaatje (Zn) zal in een koperzoutoplossing (Cu^{2+}) reageren: de Cu^{2+} -ionen slaan neer op Zn (Zn is de reductor en Cu^{2+} de oxidator). Doordat de elektronen weggaan bij het zink, zal deze langzaam oplossen. Als we de elektronenstroom kunnen 'omleiden' kunnen we een gedeelte van de afgegeven energie, die bij de reactie vrij is gekomen, gebruiken onder de vorm van elektrische energie. Galvanische elementen vinden we terug in het dagelijks leven (alkalinebatterij, knoopbatterij).



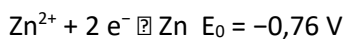
Afbeelding: Schematische voorstelling van een Galvanische Cel

De volgende stappen beschrijven de potentiaalbepaling van de galvanische cel *in standaardcondities*.

Stap 1: Bepaal de oxidatie- en bepaal de reductiereacties



Stap 2: Zoek de standaardelektrodepotentialen (E_0) op



Stap 3: Bereken het potentiaalverschil

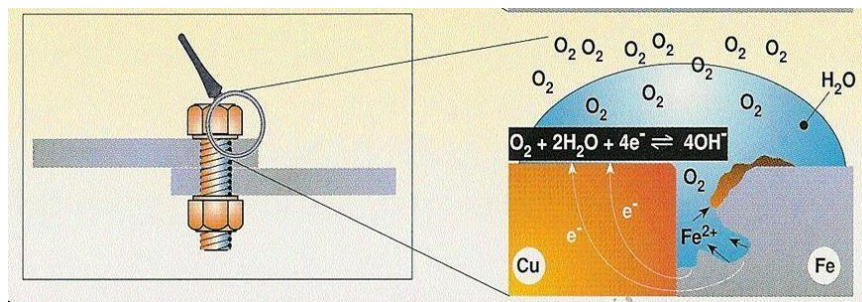
$$U_0 = \Delta E_0 = E_{0\text{ox}} - E_{0\text{red}} = (+0,34 \text{ V}) - (-0,76 \text{ V}) = 1,1\text{V}$$

Wanneer het potentiaal van een galvanische cel NIET onder standaardomstandigheden bepaald dient te worden, kan de [Nernstvergelijking](#) gebruikt worden.

Galvanische Corrosie

De elektrochemische redoxreactie zoals die voorkomt bij een galvanische cel kan ook nadelige effecten hebben. Een voorbeeld hiervan is corrosie die ontstaat door contact tussen twee metalen.

Corrosie is de natuurlijke chemische aantasting van materialen doordat hun omgeving op ze inwerkt, bijvoorbeeld de aantasting van metalen door elektrochemische reacties. Er zijn verschillende vormen van corrosie. Het combineren van verschillende metalen kan al leiden tot het ontstaan van corrosie: dit noemen we **galvanische corrosie**.



Afbeelding: Galvanische Corrosie tussen ijzer (Fe) en koper (Cu) schematisch weergegeven

Als twee metalen elkaar raken kan er een potentiaalverschil ontstaan (zoals beschreven voor de galvanische cel) waarbij de sterkste reductor oplost en reageert op het oppervlak van het andere metaal. Water, vaak rijk aan zuurstof, speelt hierbij de rol als oxidator. In het plaatje hierboven zal de sterkste reductor (Cu) langzaam oplossen en zal het ijzer (Fe) corroderen.

Er bestaan tabellen waarin je kunt opzoeken welke metalen gecombineerd kunnen worden en welke juist niet. Dit blijkt dus sterk afhankelijk te zijn van een mogelijk potentiaalverschil.

Het is dus belangrijk om naar de normpotentialen te kijken van de halfreacties die ontstaan bij de metalen zodat er een zo laag mogelijk potentiaalverschil ontstaat.

[TERUG NAAR STARTPAGINA REDOX REACTIES](#)

39. Het verloop van een redoxtitratiecurve interpreteren

Links/videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=FVNdsVZLix4>

<https://www.youtube.com/watch?v=Ut3YKuK6iwo>

https://chem.libretexts.org/Courses/Northeastern_University/09%3A_Titrimetric_Methods/9.4%3A_Redox_Titrations

Uitleg:

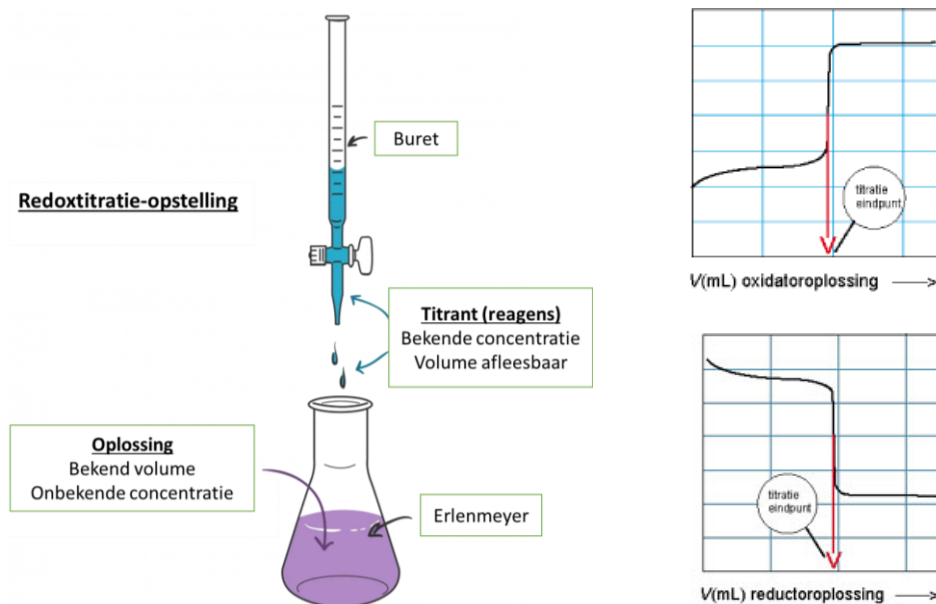
Titreren is een bepaling om de concentratie van een bepaalde stof in een oplossing te bepalen. Titre

ren kan met verschillende stoffen, zo ook met behulp van reductoren en oxidatoren. Bij een **redox**titratie doen we een bepaling waarbij de titratiereactie gevormd wordt door een redoxreactie. Tijdens een redoxtitratie zal er een omslagpunt zichtbaar zijn: het **equivalentie punt** (vaak zichtbaar gemaakt door een kleurverandering). Dit punt wordt bereikt wanneer er net voldoende oxidator (of reductor) is toegevoegd om precies te reageren met de stof in de onbekende oplossing. Vanaf dat punt begint er zich een overmaat van reagens te vormen. Enkele bekende redoxtitratie

reacties met indicator zijn *jodometrie* en *permanganometrie*.

Redoxtitratiecurve

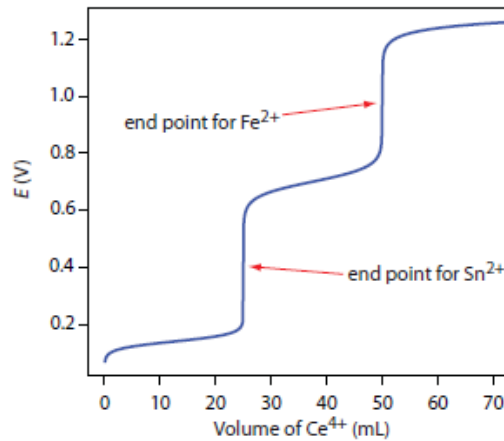
Het equivalentie punt van een redoxtitratie kan gedetecteerd worden door enkel naar de kleurverandering te kijken (door de indicator), maar tevens door **potentiometrie**, waarbij er continue een elektrodepotentiaal wordt gemeten. Door het volume (V) van het reagens uit te zetten tegen het potentiaal (E) wordt er een redoxtitratiecurve gecreëerd. De onderstaande afbeelding laat een opstelling zien van een redoxtitratie en twee mogelijke curves (oxidator- versus reductoroplossing).



Afbeelding: Redoxtitratie-opstelling en twee mogelijke redoxtitratiecurves

Titrezen met een oxidator laat de spanning stijgen, terwijl titrezen met een reductor de spanning laat dalen. Het equivalentiepunt wordt bereikt daar waar de verandering in potentiaal het grootst is. Vaak is dat het titratie-eindpunt.

Naast een enkel equivalentiepunt, kunnen er ook meerdere omslagpunten zijn (zie onderstaande afbeelding). Dit gebeurt vooral wanneer er meerdere stoffen zijn opgelost in de oplossing die apart reageren met het reagens.



Afbeelding: Meerdere equivalentiepunten bij een Redoxtitratie

Door het bekijken van de redox titratiecurve kan er al een heleboel worden afgeleid betreffende de oplossing zelf in combinatie met het reagens. Het volgende blok zal toelichten en uitwerken hoe met het gebruik van een redox titratie een gehaltesbepaling kan worden uitgevoerd.

[TERUG NAAR STARTPAGINA REDOXREACTIES](#)

40. Een gehaltebepaling met een redoxtitratie uitvoeren

Links/videos:

https://chem.libretexts.org/Courses/Northeastern_University/09%3A_Titrimetric_Methods/9.4%3A_Redox_Titrations

https://www.brainkart.com/article/Redox-Titration-Curves_29670/

<https://www.youtube.com/watch?v=FVNdsVZLix4>

<https://www.youtube.com/watch?v=mEP8gE7TJmE&t=479s>

Uitleg:

Met het uitvoeren van een **redoxtitratie** kan een **gehaltebepaling** worden gedaan van een oplossing met een onbekende concentratie *reagens*. Er wordt gezocht naar het equivalentiepunt, het omslagpunt van de redoxreactie. De redoxtitratie kan aan de hand van een indicatorreactie gedaan worden, of met het continue meten van een elektrodepotentiaal. Na de bepaling kan met behulp van onderstaande tabel de bepaling berekend worden door het volgen.

Stof	B (bekend) titrant	A (onbekend) reagens
Ratio	b	a
Hoeveelheid (n)	Stap 1: $n_B = c_B \times V_B$	Stap 2: $n_A = n_B / b \times a$
Volume (V)	V_B	V_A
Concentratie (c)	c_B	Stap 3: $c_A = n_A / V_A$

Bepalen van een redoxtitratie met indicator (bijvoorbeeld permanganometrie)

Permanganaat is een sterke oxidator en wanneer het equivalentiepunt bereikt wordt zal de oplossing met de onbekende reductor paars kleuren. De reactie is als volgt:



Door stapsgewijs titrant (*permangenaat*) toe te voegen kan het equivalentiepunt bepaald worden van de redoxreactie tussen de oxidator en de reductor (bekend volume, onbekende concentratie).

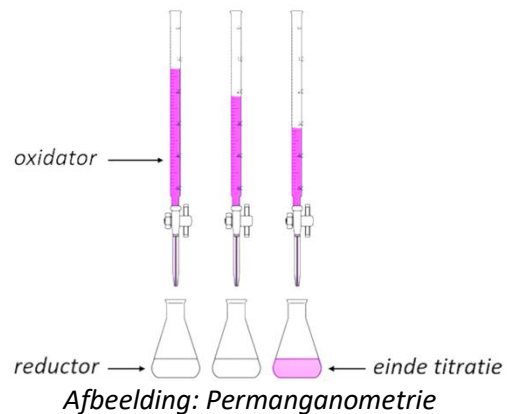
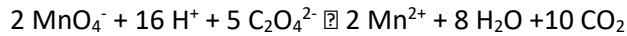
LET OP: dicht bij het equivalentiepunt zal de stof langzamer kleurloos worden. Dan wordt best met kleinere hoeveelheden getitreerd, totdat het omslagpunt bereikt is.

Voorbeeld (zie ook videolink):

Bepaling

Bij 10mL oxalaat ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) blijkt 18,23ml van het titrant (permanganaat oplossing van 0,05mol/L) nodig te zijn voor het bereiken van het equivalentiepunt.

De reactie en ratio's kunnen uitgewerkt worden



Berekening

Met behulp van de tabel kan nu de concentratie bepaald worden van het Oxalaat.

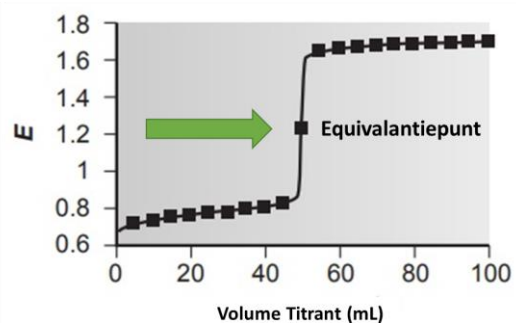
Stof	B: Permanganaat	A: Oxalaat		
Ratio	2	5	Stap 1: $0,05 \times 18,23 \times 10^{-3}$	= $9,12 \times 10^{-4}$
Hoeveelheid (n)	Stap 1: $n_B = c_B \times V_B$	Stap 2: $n_A = n_B / b \times a$	Stap 2: $9,12 \times 10^{-4} / 2 \times 5$	= $2,28 \times 10^{-3}$
Volume (V)	$18,23 \times 10^{-3}$	10×10^{-3}	Stap 3: $2,28 \times 10^{-3} / 10 \times 10^{-3}$	= $0,228 \text{ mol/L}$
Concentratie (c)	0,05	Stap 3: $c_A = n_A / V_A$		

De concentratie van de Oxalaat oplossing is dus bepaald op 0,228 mol/L.

Bepalen van een redoxtitratie met elektrodepotentiaal

Bij een redoxtitratie kan ook met behulp van een elektrodepotentiaal de concentratie worden gevonden van een oplossing. Door stapsgewijs (bijvoorbeeld 5mL per keer) titrant toe te voegen aan de oplossing, kan een tabel gecreëerd worden met volume en E. Door deze uit te zetten in een titratiecurve valt het equivalentiepunt af te leiden.

Volume titrant (mL)	E (V)	Volume titrant (mL)	E (V)
5.00	0.711	55.00	1.64
10.00	0.731	60.00	1.66
15.00	0.745	65.00	1.67
20.00	0.757	70.00	1.68
25.00	0.767	75.00	1.68
30.00	0.777	80.00	1.69
35.00	0.789	85.00	1.69
40.00	0.803	90.00	1.69
45.00	0.823	95.00	1.70
50.00	1.23	100.00	1.70



Afbeelding: Voorbeeld van een Titratietabel met uitgewerkte curve

Berekening

Door het bepalen van het equivalentiepunt E in de oplossing zijn alle gegevens beschikbaar om de concentratie van het reagens wiskundig te berekenen. Hiervoor wordt terug de [Nernst-vergelijking](#) gebruikt en is enkel de concentratie van het reagens onbekend.

- Bekijk de onderste videolink om een uitgewerkt voorbeeld te zien -

9.3 Bijlage 3. Opfrismodule chemie: Zuur-base

Zuur-base

Anneleen Daniels & Bram Pawlak

Leerplandoelstellingen, gebaseerd op een een 1 en 2-uurs cursus ASO

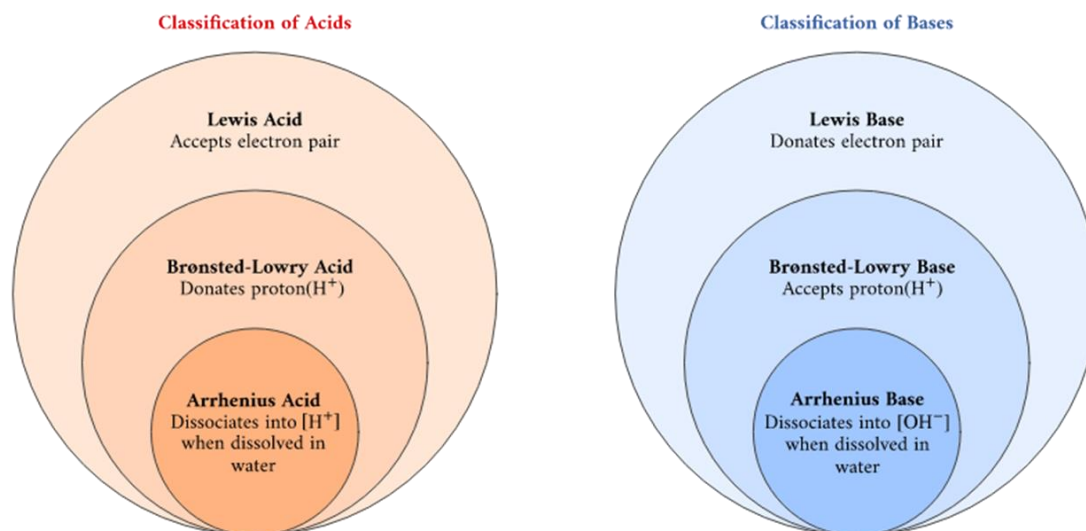
1u ASO	2u ASO	Beschrijving	IT*
B25	B36	Zuren en basen volgens Brönsted-Lowrey herkennen en zuur-basekoppels schrijven.	1
B26	B37	Zuursterkte en basesterkte in verband brengen met de zuurconstante en baseconstante.	2
	U6	Het zuur-basegedrag van zouten in water kwalitatief verklaren.	3
B27	B38	De begrippen K_w , pH en pOH definiëren.	4,5
B28	B39	De pH en pOH berekenen voor waterige oplossingen van sterke zuren en sterke basen.	6
	U7	De pH en pOH berekenen voor waterige oplossingen van zwakke zuren en zwakke basen	6
V28	U9	Het pH-verloop tijdens de titratie van een sterk zuur of een sterke base kwalitatief verklaren.	7
V28 bis	B41	De ongekende molaire concentratie van een zure of basische oplossing berekenen bij een zuur-basetitratie.	7
B29	B40	Het begrip buffermengsel omschrijven en het belang ervan illustreren.	9
	V40	De werking van een buffermengsel kwalitatief verklaren.	9
	U8	De werking van een zuur-base-indicator verklaren.	8
	U10	Een zuur-basetitratie uitvoeren	/

IT* : inhoudstafel

Inhoudstafel Zuren en Basen

1. [Algemene inleiding](#)
 - a. [Zuur/base volgens Arrhenius](#)
 - b. [Zuur/base volgens Brönsted](#)
 - i. [Amfolyten](#)
2. Zuur/base constanten
 - a. [Theorie](#)
3. Zuur/base gedrag van zouten in water
 - a. [Oplossingen van zouten](#)
 - b. [Zuur-base neutralisatiereacties](#)
 - c. [Oefeningen](#)
4. [De autoprotolyse van water](#)
5. [Het begrip pH en pOH](#)
6. pH berekeningen
 - a. [Sterk zuur](#)
 - b. [Sterke base](#)
 - c. [Sterk zuur \(exact\)](#)
 - d. [Zwakke zuur](#)
 - e. [Zwakke base](#)
 - f. [Oefeningen](#)
7. Zuur-base titratie
 - a. [Theorie](#)
 - b. [Oefeningen](#)
8. [Zuur-base indicatoren](#)
 - a. Werking
 - b. Keuze bij titraties
9. [Buffers](#)
10. [Voorbeelden dagelijks leven](#)
 - a. Maagzuur (antacida)
 - b. Bakken, braden, en koken

1. Algemene theorie/inleiding:



[Zuren en basen](#) zijn een grote groep van verschillende moleculen die doorheen de geschiedenis op verschillende manieren gedefinieerd worden. Deze theorieën “bouwen” voort op elkaar om tekortkomingen bij de voorgaande theorieën weg te werken.

Allereerst komen de leerlingen in aanraking met de Arrhenius definities over zuren en basen. Hierbij worden de zuren gedefinieerd volgens hun gedrag in water: bij een zuur worden er hydroniumionen (H₃O⁺) vrijgesteld in de oplossing, bij een base hydroxide ionen (OH⁻).

Hierop volgt de zuur-base theorie volgens Bronsted/Lowrey. Hierbij worden een zuur en base gezien als respectievelijk een **protodonator** en een **protonacceptor**. Deze definitie maakt het mogelijk om zuur/base reacties te veralgemenen tot een **protolysereactie** (uitwisseling van een proton) tussen zuur en een base. Deze definitie is het meest courant en om verdere verwarring te voorkomen zal in dit document enkel nog gewerkt worden met deze definitie.

Daarnaast bestaat er ook de Lewis theorie, waarbij een zuur wordt gedefinieerd als een **elektronenpaar acceptor** en een base als **elektronenpaar donor**. Deze theorie wordt over het algemeen niet behandeld in het middelbaar onderwijs en zal dus verder niet besproken worden.

1.1 Zuur/base volgens Arrhenius

De zuur en base theorie volgens Arrhenius wordt op verschillende manieren weergegeven:

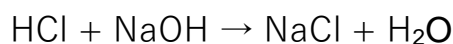
- Zuur is een stof die waterstofionen afsplitst in water, en een base splitst hydroxide ionen af [1].
- Zuur is een stof die bij het toevoegen in water de concentratie van hydroniumionen zal doen toenemen. Een base zal eenzelfde gevolg hebben, maar dan voor de hydroxide ionen [2].

Het verschil tussen beide definities is vooral van invloed op de definitie van een base. Voor een zuur komen beide definities overeen omdat de zuren meestal een vorm hebben van H-X, waarbij H het proton voorstelt en X een zuurrest. Bij het toevoegen in water zal dus inderdaad het proton afgesplitst worden, en zal dit leiden tot een toename van het hydronium ion.

Bij de basen beperkt de eerste definitie zich echter tot de hydroxides. Aangezien er enkel een hydroxide-ion kan afgesplitst worden als deze effectief aanwezig is in de structuur (vb. NaOH). Bij de tweede definitie kijkt men enkel naar de uitkomst van de reactie, en niet per se naar hoe deze tot stand gekomen is. Hierdoor kunnen ook moleculen zoals NH₃ al gedefinieerd worden als base bij het onderwijzen van zuur-base theorie volgens Arrhenius.

Problemen met Arrhenius:

Alle reacties gebeuren in water en met water als “baseline”. Hierdoor kunnen reacties zoals

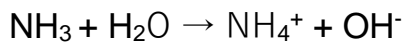
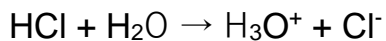


Niet gecategoriseerd worden als zuur-base reacties.

1.2 Zuur/base volgens Brönsted-Lowrey

De definitie volgens Arrhenius was echter niet toereikend genoeg aangezien ze zich beperkt tot de vorming van ionen in water. Daarom dat er in 1923 door zowel Brönsted en Lowrey een bredere interpretatie van het begrip zuur/base werd voorgesteld. Beide theorieën werden later gecombineerd en werd genoemd naar beide wetenschappers.

Het grote verschil met Arrhenius is dat er voor de Brönsted/Lowrey theorie gekeken wordt naar wat er gebeurt tijdens de reactie in plaats van naar wat er gevormd wordt. Dit kan geïllustreerd worden aan de hand van de volgende voorbeelden:

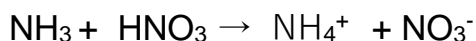
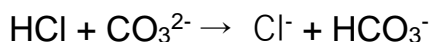


Indien we de bovenstaande reacties bekijken zien we duidelijk dat er, net zoals bij Arrhenius, H_3O^+ en OH^- ionen gevormd worden. Deze stoffen zijn dus zuren en basen volgens de Arrhenius theorie.

Indien echter het perspectief geswitched wordt van H_3O^+ en OH^- naar HCl en NH_3 wordt er vastgesteld dat HCl een proton heeft gegeven aan H_2O om H_3O^+ te vormen. HCl is dus een **protondonor**, NH_3 daarentegen heeft een proton opgenomen om NH_4^+ te vormen. NH_3 is dus een **protonacceptor**.

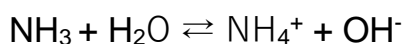
Een zuur volgens Brönsted/Lowrey is dus een **protondonor**, en een base is een **protonacceptor**. Een zuur/base reactie is dus een reactie waarbij protonen uitgewisseld worden en dit wordt dus ook een **protolyse reactie** genoemd.

Eén voordeel van het definiëren van een zuur/base aan de hand van protonuitwisselingen is dat de reacties worden losgekoppeld van water. Dit is vrij duidelijk in onderstaande voorbeelden waarbij waterstofchloride en ammoniak reageren met respectievelijk het carbonaation en waterstofnitraat.



Doordat een zuur/base gedefinieerd wordt als een protondonor en protonacceptor is het noodzakelijk dat deze altijd samen voorkomen in een reactievergelijking: een zuur zal altijd een proton afgeven aan een base.

Omdat de zuren en basen over het algemeen **evenwichtsreacties** zijn kunnen de reacties in beide richtingen verlopen en heeft dit tot gevolg dat een zuur bij het afgeven een base vormt omdat het gevormde molecuul in kwestie ook kan functioneren als een protonacceptor. Dit noemt men een geconjugeerd zuur-base paar of geconjugeerd zuur-base koppel. Een algemene voorstelling wordt voorgesteld in figuur 1. Een specifiek voorbeeld wordt hieronder weergegeven voor de reactie van ammoniak in water. Hierbij is ammoniak de base en water het zuur. Ammonium is het geconjugeerde zuur van ammoniak, en het hydroxide ion is de geconjugeerde base van water.



Figuur 1. Schematische voorstelling van een zuur/base reactie in water.

Oefening:

- Geef van de volgende moleculen de geconjugeerde vorm ([Oplossing](#))

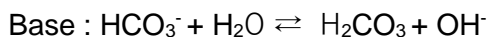
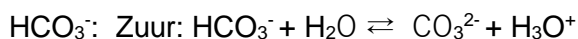
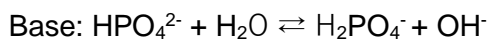
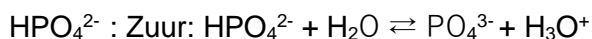
H_3PO_4	
HI	
SO_4^{2-}	
HClO_4	



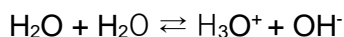
1.2.3 Amfolyten

Er bestaan ook moleculen die zowel een proton kunnen weggeven als kunnen opnemen. Het gaat hier vaak over meerwaardige zuren (bv. H_3PO_4 , H_2CO_3) die al een proton verloren hebben en die dus ofwel een 2^{de} proton kunnen weggeven, oftewel een proton terug kunnen opnemen. Van deze moleculen wordt gezegd dat ze **amfoteer** zijn, en ze worden **amfolyten** genoemd.

Enkele voorbeelden zijn:



Het is niet noodzakelijk dat een molecule al een proton verloren heeft om als amfoteer te kunnen reageren: water is een



In de bovenstaande reactie neemt één van de watermoleculen een proton op, en een ander watermolecule geeft het af. Deze reactie wordt de **autoprotolysereactie** van water genoemd. Deze speelt bij zuur base evenwichten een zeer belangrijke invloed omdat het product van de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en $[\text{OH}^-]$ altijd constant is bij een bepaalde temperatuur.

Echter is niet elke molecule waarvan je op het eerste zicht zou verwachten dat deze amfoteer zijn, effectief een amfolyt. Een voorbeeld hiervan zou zijn HSO_4^- . Dit molecuul kan een proton opnemen om H_2SO_4 te vormen, en kan een proton afstaan om SO_4^{2-} te vormen. Echter is H_2SO_4 een sterk zuur, waardoor HSO_4^- in water een zeer zwakke base zou zijn. Hierdoor wordt gesteld dat het basekarakter van HSO_4^- nagenoeg onbestaand is, en er wordt gesteld dat het een zwak zuur is.

Zure en basische amfolysten

Omdat amfolysten zowel zuur als basisch kunnen reageren kan de oplossing zowel basisch als zuur worden. Gebruik makend van de evenwichtsconstanten van de zure en de basische reacties. Indien de $K_A > K_B$

Oefening

Vul volgend schema aan ([oplossing](#))

Geconjugeerd zuur	Opgave	Geconjugeerde base	Amfoliet
	HI		
	HSO_4^-		
	HPO_4^{2-}		
	H_2O		
	CO_3^{2-}		

Zuur/base constante en de sterkte van zuren/basen

De sterkte van een zuur of base wordt gecategoriseerd aan de hand van de [evenwichtsconstante](#) van de protolysereactie. Omdat de evenwichtsconstanten van zuren en basen een groot gebied omvatten, wordt er, net zoals bij de [pH](#), ook hier gebruikgemaakt van een negatief logaritme; pK_A en pK_B . Deze kunnen gemakkelijk geraadpleegd worden in [tabellen](#).

Deze waarden kunnen in één oogopslag een inzicht geven in hoe graag een molecuul een proton op, of -afgeeft. Zo kunnen er een aantal verschillende sterktes onderscheiden worden:

- Sterk
- Zwak
- Uiterst zwak

De sterke zuren worden gedefinieerd als zuren of basen waarvan het evenwicht volledig naar rechts licht. In waterige oplossingen zullen zij volledig reageren tot H_3O^+ of OH^- . Dit heeft dan ook tot gevolg dat in een waterige oplossing geen verschil is in sterkte tussen de verschillende sterke zuren en basen, dit noemt men ook het **nivellerings-effect**. Over het algemeen worden zuren als “sterk” gecategoriseerd als ze sterker zijn dan H_3O^+ . Bases zijn sterk als deze sterker zijn dan OH^- . Dit wil zeggen dat de K_A of K_B hoger ligt dan die van H_3O^+ en OH^- . De pK_A en pK_B zijn dan respectievelijk lager.

Zwakke zuren of basen zullen slechts gedeeltelijk protolysen. De zuren hebben een sterkte tussen die van H_3O^+ en H_2O (als zuur). De zwakke basen hebben een sterkte tussen OH^- en H_2O .

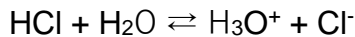
De uiterst zwakke zuren en basen zijn de geconjugeerde zuren/basen van de sterke basen/zuren. Het evenwicht van deze reacties licht sterk naar links en ze ondergaan in praktijk geen protolysereactie. Uiterst zwakke zuren hebben een sterkte die zwakker is dan H_2O .

Er moet opgemerkt worden dat de pK_A van H_3O^+ gerapporteerd wordt als [-1.74](#). Dit is echter niet altijd het geval, en de pK_a kan ook gerapporteerd worden als zijnde [0](#). Dit heeft te maken met de manier waarop de [evenwichtsconstante opgesteld](#) kan worden. De waarden van -1.74 en 15.74 zijn enkel geldig in waterige oplossingen.

De sterkte van zuren en basen wordt op deze manier gedefinieerd omdat er op deze manier gemakkelijk kan gewerkt worden met waterige oplossingen. In de realiteit zijn er pK_A waarden bekend tussen -5 en 55, hetgeen een veel uitgebreider gebied is dan de waarden tussen 0 (of -1.74) en 14 (of 15.74) die in water belangrijk zijn. Dit is interessant voor koppelingen naar organische chemie, waarbij de sterkte van het nucleofiel gekoppeld kan worden aan zuursterkte.

Opstellen van de evenwichtsconstante voor zuur/base constanten

Stellen we de reactie tussen HCl en H₂O de evenwichtsconstante voor:



Indien we de evenwichtsconstante voor deze reactie zouden uitschrijven krijgen we volgende vergelijking:

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}][\text{H}_2\text{O}]}$$

Het subscript z wijst erop dat we te maken hebben met een zuur. In het Engels wordt hiervoor de letter a gebruikt.

De meeste zuur/base oplossingen worden gemaakt en beschouwd in water als solvent waardoor [H₂O] als constant beschouwd wordt en niet verder wordt opgenomen in deze vergelijking.

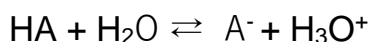
Dit kan verklaard worden op twee verschillende manieren:

- De [H₂O] kan gelijkgesteld worden aan 1; dit komt doordat de evenwichtsconstanten normaal uitgedrukt worden in functie van [chemische activiteit](#). De concentratie kan gelijkgesteld worden aan de chemische activiteit indien de concentraties laag zijn. Dit is correct voor alle factoren in de uitdrukking van de zuurconstante, behalve [H₂O]. de concentratie van water [H₂O] is nagenoeg gelijk aan die van een zuivere stof, waardoor deze per definitie gelijk gesteld wordt aan 1.
- Men kan stellen dat de concentratie van water gelijk gesteld kan worden aan 55.6 mol/l (1000g/18g/mol). Omdat deze constant is wordt deze opgenomen in de K_z waarde.

Hoewel beide methodes fundamenteel verschillend zijn, leiden ze tot hetzelfde: het weglaten van [H₂O] uit de uitdrukking van de zuur en baseconstante. De K_z van HCl wordt dan:

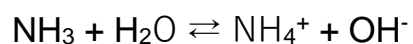
$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}]} = 10^3$$

Een veralgemening van een zure protolysereactie en bijhorende K_z wordt dan



Met een K_A = $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]/[\text{HA}]$

Hetzelfde kan gedaan worden voor een reactie tussen een base en water:



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

Veralgemening:



Met de

$$K_b = \frac{[\text{HB}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

Net zoals bij het zuur wordt de concentratie van water hier gelijkgesteld aan 1. De sterkte van een zuur hangt nu af van de ligging van het evenwicht. Sterke zuren en basen leiden, in een waterige oplossing, naar een volledige vorming van oftewel H_3O^+ en OH^- . In Tabel 2 kunnen deze gemakkelijk herkend worden door een negatieve $\text{p}K_z$ of $\text{p}K_b$. De p duidt erop dat dit het negatief logaritme is van de K_z en K_b waarden. Alles met waarden tussen 0 en 14 wordt beschouwd als zwak.

Het zuur-basegedrag van zouten in water

Video: <https://www.khanacademy.org/science/ap-chemistry-beta/x2eef969c74e0d802:acids-and-bases/x2eef969c74e0d802:weak-acid-and-base-equilibria/v/acid-base-properties-of-salts>

Zuur/base eigenschappen van zouten in water

Het zuur-basegedrag van zouten in water hangt af van de samenstelling van het zout. Zouten kunnen aanleiding geven tot zowel een zure, neutrale, of basische oplossing.

Dit komt doordat zouten in oplossing zullen splitsen in ionen; afhankelijk van welke ionen gevormd worden kunnen deze oftewel zuur, neutraal, of basisch zijn.

Over het algemeen kunnen er een aantal algemene regels gesteld worden die het toelaten om gemakkelijk en snel het gedrag te kunnen inschatten:

- Elementen uit groep I_a en II_a kunnen altijd beschouwd worden als zeer zwak zuur. In het geval van groep I_a is dit ook handig aangezien de zouten die Na⁺ en K⁺ bevatten altijd goed oplosbaar zijn, en vaak voorkomen. Indien deze terug te vinden zijn in de oplossing kan over het algemeen gesteld worden dat deze geen invloed zullen hebben op de pH
- Eenzelfde redenering geldt voor de halogenen. Deze zijn, met uitzondering van F⁻, allemaal het geconjugeerde base van een sterk zuur, en zijn dus uiterst zwak. Deze worden dus ook verondersteld geen significante bijdrage te leveren aan de pH van een oplossing.

Oefening:

Gegeven zijn volgende zouten. Verklaar het zuur-base gedrag; geef aan in welke ionen het zout zal dissociëren en verklaar aan de hand daarvan het zuur-base gedrag

- KCl
- Na₂CO₃
- NH₄Cl
- Li₃PO₄
- NaHSO₄

Oplossing:

- Neutraal, K⁺ is neutraal, en Cl⁻ is een uiterst zwakke base
- Basisch; Na⁺ is neutraal en CO₃²⁻ is een base
- Zuur, NH₄⁺ is een zwak zuur en Cl⁻ is een uiterst zwakke base
- Basisch, Li⁺ is neutraal en PO₄³⁻ is een zwakke base
- Zuur, Na⁺ is neutraal en HSO₄⁻ is een zwak zuur

Oefening

Geef de reactie van volgende stoffen in water en bepaal of de oplossing zich als een zuur of als een base gedraagt, eventueel als amfoliet. Bespreek dit kwalitatief, verwaarloos hierbij het effect van de concentratie aan bedoelde stof.

a) HI	e) NH_4ClO_3	i) NaNO_2	m)	CaHPO_4
b) NaF	f) CH_3ONa	j) LiH_2PO_4	n)	LiHSO_3
c) CaS	g) K_2SO_4	k) $\text{Ba}(\text{OH})_2$	o)	KBaPO_4
d) KHCO_3	h) LiHS	l) $(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{NO}_3$	p) LiHSO_4	

Met pK_A voor: $\text{HNO}_2 = 3,35$; $\text{HF} = 3,46$; $\text{HCN} = 9,31$; $\text{NH}_4^+ = 9,25$; $\text{CH}_3\text{NH}_3^+ = 10,57$

Met pK_{A1} en pK_{A2} van $\text{H}_2\text{CO}_3 = 6,37$ en $10,25$; van $\text{H}_2\text{S} = 7$ en 13 ; van " H_2SO_3 " = $1,82$ en $7,20$ en van $\text{H}_2\text{SO}_4 = \ll 0$ en $1,92$.

Met pK_{A1} , pK_{A2} en pK_{A3} van $\text{H}_3\text{PO}_4 = 2,13$, $7,21$ en $12,32$

[Oplossing:](#)

Zuur-base neutralisatiereacties

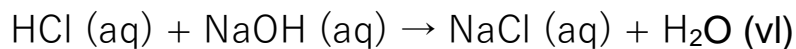
Het zuur-base gedrag van zouten kan ook gebruikt worden om te voorspellen wat de pH van een oplossing is indien een zuur en een base gemengd worden. De reactie tussen een zuur en een base wordt een neutralisatie genoemd. Dit wil echter niet zeggen dat de oplossing ook pH-neutraal is.

Dit kan besproken worden aan de hand van 4 verschillende situaties die kunnen voorkomen indien equimolaire hoeveelheden van een zuur en een base gemengd worden:

1. Mengen van een sterk zuur en sterke base
2. Mengen van een sterk zuur en zwakke base
3. Mengen van een zwak zuur en sterke base
4. Mengen van een zwak zuur en zwakke base

1. Mengen van een sterk zuur en sterke base

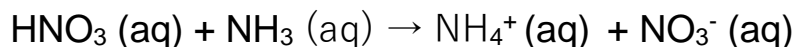
Indien een sterk zuur gemengd wordt met een sterke base zullen beide elkaar neutraliseren ter vorming van een zout en water.



In het geval van sterke zuren en sterke basen zal het gevormde zout altijd een goed oplosbaar zout zijn waarvan het anion altijd een zeer zwakke base is, en het kation geen significante invloed zal hebben op de pH. Het mengen van equimolaire hoeveelheden van een sterk zuur en sterke base zal dus resulteren in een neutrale oplossing.

2. Mengen van een sterk zuur en zwakke base

Indien een sterk zuur en een zwakke base gemengd worden:

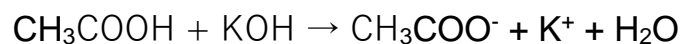


In het geval van waterstofnitraat en ammoniak zal het ammonium- en nitraation gevormd worden. Dit geeft als oplossing

De oplossing zal uiteindelijk licht zuur zijn omdat ammonium een zwak zuur is en het nitraation een uiterst zwakke base, deze laatste zal dus geen invloed hebben op de pH.

3. Mengen van een zwak zuur en sterke base

Indien een zwak zuur gemengd wordt met een sterke base:

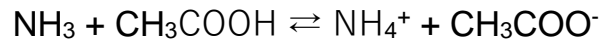


In de bovenstaande reactie reageert azijnzuur met kaliumhydroxide ter vorming van het acetaation, water en het kaliumion. Dit zijn dezelfde stoffen die voorkomen in de oplossing bij

het oplossen van kaliumacetaat. Het acetaation is een zwakke base, en het kaliumion zal geen invloed hebben op de pH. De oplossing zal dus licht basisch zijn.

4. *Mengen van een zwak zuur met een zwakke base*

Het mengen van een zwak zuur en een zwakke base kan zowel een neutrale, een zure als een basische oplossing opleveren.



Om deze te bepalen moet gekeken worden naar de relatieve sterkte van beide deelreacties in oplossing.

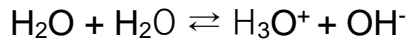
NH_3 heeft een pK_B van 4.75

CH_3COOH heeft een pK_A van 4.76

Deze zijn nagenoeg hetzelfde en zullen dus elkaars invloed op de oplossing teniet doen indien ze in gelijke hoeveelheden aanwezig zijn. Een oplossing van het zout ammoniumacetaat zal dus ook neutraal zijn.

Het begrip K_w en de autoprotolyse van water

Een belangrijke reactie in waterige oplossingen is de autoprotolysereactie van water:



Dit is een zuur/base reactie die bij 25°C een K_w heeft van 10^{-14} . Deze waarde is net zoals elke andere evenwichtsconstante afhankelijk van [de temperatuur](#). De vorming van H^+ en OH^- is endotherm. Gebruikmakend van het principe van [Le Chatelier](#) kan er afgeleid worden dat bij een toename van de temperatuur, de reactie deze verandering zal tegenwerken opdat de temperatuur terug zal dalen. Dit wil zeggen dat het evenwicht naar de endotherme kant zal verschuiven en er meer H_3O^+ en OH^- gevormd zullen worden. [Zowel de \$\[\text{H}_3\text{O}^+\]\$ en de \$\[\text{OH}^-\]\$ concentraties in water zullen toenemen bij een stijgende temperatuur.](#)

Hieruit volgt dat de pH zal dalen bij toenemende temperatuur. Dit wil echter niet zeggen dat water zuurder wordt indien het opgewarmd wordt. Dit komt doordat tegelijkertijd en in dezelfde mate ook de pOH zal dalen. Dit zorgt ervoor dat er altijd evenveel H_3O^+ als OH^- ionen in de oplossing aanwezig zijn, en onafhankelijk van de pH van zuiver water zal deze altijd neutraal zijn.

pH en pOH

Omdat concentraties van H_3O^+ en OH^- vaak zeer laag zijn, wordt er vaak gebruikgemaakt van pH en pOH om deze waarden weer te geven. De pH wordt gedefinieerd als het negatief logaritme van de hydroniumionen. Dit betekent dat voor lage pH-waarden er veel $[\text{H}_3\text{O}^+]$ aanwezig is en dat de zuurgraad hoog is. Bij hoge pH-waarden is er weinig $[\text{H}_3\text{O}^+]$ aanwezig.

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+])$$

De concentratie van de hydroniumionen kan ook afgeleid worden door de de formule van pH om te vormen naar:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

De pOH wordt gedefinieerd als het negatief logaritme van de hydroxide ionen. Net zoals bij de pH betekent dit dat voor lage pOH waarden er meer OH^- aanwezig zal zijn, en voor een hoge pOH waarde zal er minder OH^- aanwezig zijn.

$$\text{pOH} = -\log([\text{OH}^-])$$

En analoog kan als de pOH gegeven is ook $[\text{OH}^-]$ berekend worden

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

Omdat het ionenproduct van water altijd 10^{-14} bij 25°C zal de som van de pH en de pOH bij 25°C ook 14 bedragen:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]$$

$$-\log K_w = -\log([\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]) = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] + -\log [\text{OH}^-]$$

$$\text{p}K_w = \text{pH} + \text{pOH}$$

$$-\log 10^{-14} = \text{pH} + \text{pOH}$$

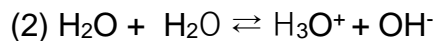
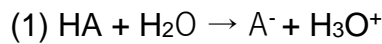
$$14 = \text{pH} + \text{pOH}$$

Er kan gesteld worden dat een oplossing zuur is indien er meer $[\text{H}_3\text{O}^+]$ in de oplossing zit dan $[\text{OH}^-]$. Bij 25°C betekent dit dat een oplossing zuur zal zijn indien de pH lager is dan 7. Er kan dan gesteld worden dat deze oplossing een hoge zuurgraad heeft. Een oplossing zal dus basisch zijn indien de pH hoger is dan 7.

De pH en pOH berekenen voor waterige oplossingen van sterke zuren en sterke basen.

pH berekening van een sterk zuur:

Om de pH van een oplossing van een sterk zuur te berekenen worden volgende reactievergelijkingen opgesteld:



Vergelijking (1) stelt de reactie voor van HA (sterk zuur) met water waarbij het geconjugeerde zeer zwakke base A^- gevormd wordt. Vergelijking (2) is de autoprotolyse van water. Indien we veronderstellen dat de bijdrage van de autoprotolysereactie van water insignificant is, moet enkel de eerste reactie nog in rekening gebracht worden.

Omdat deze reactie volledig afloopt (definitie sterk zuur) weten we dat de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ in de oplossing gelijk moet zijn aan de $[\text{HA}]$ die we origineel hadden.

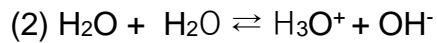
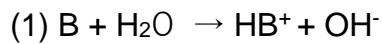
De pH wordt dan:

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) = -\log([\text{HA}]) = -\log C_z$$

Indien toch je graag zou weten hoe je een exacte berekening maakt voor de pH van een sterk zuur: [klik](#).

pH berekening van een sterke base

Om de pH van een oplossing van een sterke base te berekenen worden volgende reactievergelijkingen opgesteld:



Vergelijking (1) stelt de reactie voor van B (sterke base) met water waarbij het geconjugeerde zeer zwakke zuur HB^+ gevormd wordt. Vergelijking (2) is de autoprotolyse van water. Indien we veronderstellen dat de bijdrage van de autoprotolysereactie van water insignificant is, moet enkel de eerste reactie nog in rekening gebracht worden.

Omdat deze reactie volledig afloopt (definitie sterke base) weten we dat de $[\text{OH}^-]$ in de oplossing gelijk moet zijn aan de $[\text{B}]$ die we origineel hadden.

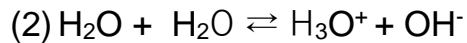
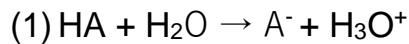
$$\text{pOH} = -\log (\text{OH}^-) = -\log ([\text{B}])$$

Omdat in de praktijk echter zelden met de pOH gewerkt wordt zal deze omgezet worden naar de pH. Aangezien de som van de pH en de pOH = 14, kan deze gemakkelijk berekend worden:

$$\text{pH} = 14 + \log ([\text{B}])$$

Exacte berekening pH sterk zuur:

Om de pH van een oplossing van een sterke zuur te berekenen worden volgende reactievergelijkingen opgesteld:



In [de meeste gevallen](#) is het mogelijk om enkel reactie (1) in rekening te brengen omdat de bijdrage van (2) niet significant is. Echter indien de toegevoegde hoeveelheid sterk zuur zeer laag is: stel als voorbeeld 10^{-8} ; dan zou bij het berekenen van de pH met de vereenvoudigde formule:

$$\text{pH} = -\log C_Z = -\log 10^{-8} = 8$$

De pH van zuiver water waaraan een zuur wordt toegevoegd wordt basisch. Dit is uiteraard niet mogelijk. Om de pH van deze oplossing te kunnen meten moet er gebruikgemaakt worden van de bijdrage van (2). Om deze vergelijking op te lossen wordt er gebruikgemaakt van de ionenbalans van de oplossing. Een oplossing is globaal gezien neutraal en moet een gelijk aantal positieve en negatieve ionen bezitten:

In het geval van bovenstaande reactie wordt dit:



- A^- blijft net zoals bij de vereenvoudigde berekening gelijk aan C_Z omdat het sterk zuur volledig zal deprotoneren.
- OH^- kan gerelateerd worden aan H_3O^+ door middel van de K_W .

Invullen van bovenstaande in de ionenbalans levert:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = C_Z + K_W/[\text{H}_3\text{O}^+]$$

Vermenigvuldigen van alle termen met $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en alles overzetten levert een tweedegraadsvergelijking op waaruit de exacte hoeveelheid H_3O^+ berekend kan worden aan de hand van de [discriminant](#) methode:

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 - C_Z [\text{H}_3\text{O}^+] - K_W = 0$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,5 * (C_Z + (C_Z^2 + 4K_W)^{0,5})$$

Het invullen van een C_Z met een waarde van 10^{-8} in deze vergelijking en omrekenen naar de pH komt 6,98 uit. Hetgeen een meer realistisch resultaat is dan de pH van 8 die bekomen zou worden met de vereenvoudigde formule.

De pH en pOH berekenen voor waterige oplossingen van zwakke zuren en zwakke basen

pH van een zwak zuur

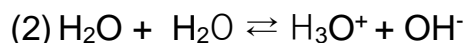
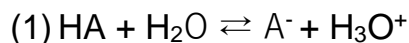
Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=OEW4-Sfyvik>

Tekst:

De pH berekenen van waterige oplossingen van zwakke zuren en zwakke basen is een beetje uitdagender dan die van [sterke zuren](#) en [basen](#), maar indien de juiste vereenvoudigingen toegepast worden kan er een eenvoudige 1ste graad vergelijking bekomen worden.

Veronderstel dat een zwak zuur wordt opgelost in water. Er zullen zich volgende evenwichten instellen:



Om de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ exact te kunnen berekenen zou er rekening gehouden moeten worden met elke reactie waarbij $[\text{H}_3\text{O}^+]$ betrokken is. Dus zowel reactie (1) als (2) zouden in rekening gebracht moeten worden. Echter is de bijdrage van de autoprotolyse reactie van water (2) over het algemeen niet groot genoeg om een significante invloed te hebben op de waargenomen pH. Dit kan meestal gesteld worden voor oplossingen waarbij de concentratie van het zuur groter is dan 10^{-4} mol/l. Binnen de context van de leerstof voor het middelbaar wordt deze situatie nooit behandeld en mag de bijdrage van (2) verwaarloosd worden. (Indien je toch geïnteresseerd zou zijn: [klik](#))

In dit geval blijft enkel reactie (1) over waarvan de K_z opgesteld kan worden:

$$K_z = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$$

Omdat verondersteld kan worden dat het evenwicht van water geen invloed zal hebben op de hydronium concentratie kan er gesteld worden dat

$$[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Daarnaast kan men een afleiding maken van de $[\text{HA}]$; deze zal namelijk gelijk zijn aan C_z in oplossing min hetgeen is weggereageerd en omgezet naar $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

$$\text{Dus } [\text{HA}] = C_Z - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Echter kan hier nog een vereenvoudiging worden uitgevoerd: indien het zuur zwak genoeg is zal slechts een zeer klein aantal van de zuurmoleculen deprotoneren. De bovenstaande formule wordt dan herleidt tot:

$$[\text{HA}] = C_Z$$

Indien deze waardes worden ingevuld in de uitdrukking van de zuurconstante:

$$K_Z = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_3\text{O}^+]/C_Z$$

$[\text{H}_3\text{O}^+]$ kan hieruit gemakkelijk afgezonderd worden:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = (K_Z * C_Z)^{1/2}$$

Met behulp van de rekenregels van de logaritmes kan deze formule verder uitgewerkt worden tot:

$$\text{pH} = 0,5 * (\text{p}K_A - \log C_Z)$$

Oefening zwak zuur:

1. Bereken de pH van een 0,02 M oplossing van CH_3COOH ($K_A = 10^{-4,8}$) ($T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$).

Oplossing: 3.25

2. Bereken de pH van een 0,01 M oplossing aan HF ($K_A \text{ HF} = 6,76 \cdot 10^{-4}$).

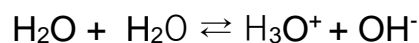
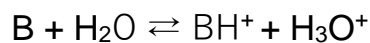
Oplossing: pH = 2.59

pH berekening van een zwakke base

De pH berekenen van waterige oplossingen van zwakke zuren en zwakke basen is een beetje uitdagender dan die van sterke zuren en basen, maar indien de juiste vereenvoudigen toegepast worden kan de formule herleidt worden tot een 1ste graad vergelijking.

De pH van een zwakke base kan als volgt berekend worden:

Veronderstel dat een zwakke base wordt opgelost in water. Er zullen zich volgende evenwichten instellen:



Om de $[OH^-]$ exact te kunnen berekenen zou er rekening gehouden moeten worden met elke reactie waarbij $[OH^-]$ betrokken is. Dus zowel reactie (1) als (2) zouden in rekening gebracht moeten worden. Echter is de bijdrage van de autoprotolyse reactie van water (2) over het algemeen niet groot genoeg om een significante invloed te hebben op de waargenomen pH. Dit kan meestal gesteld worden voor oplossingen waarbij de concentratie van het zuur groter is dan 10^{-4} mol/l. Binnen de context van de leerstof voor het middelbaar wordt deze situatie nooit behandeld en mag de bijdrage van (2) altijd verwaarloosd worden. (Indien je toch geïnteresseerd zou zijn: [klik](#))

In dit geval blijft enkel reactie (1) over waarvan de K_B opgesteld kan worden:

$$K_B = [BH^+][OH^-]/[B]$$

Omdat verondersteld kan worden dat het evenwicht van water geen invloed zal hebben op de hydroxide concentratie kan er gesteld worden dat

$$[BH^+] = [OH^-]$$

Daarnaast kan men een afleiding maken van de $[B]$; deze zal namelijk gelijk zijn aan de originele hoeveelheid C_B in oplossing min hetgeen is weggereageerd ter vorming van het geconjugeerde zuur.

$$\text{Dus } [B] = C_B - [OH^-]$$

Echter kan hier nog een vereenvoudiging worden uitgevoerd: indien de base zwak genoeg is zal slechts een zeer klein aantal van de basemoleculen een proton opnemen. De bovenstaande formule wordt dan herleidt tot:

$$[B] = C_B$$

Indien deze waardes worden ingevuld in de uitdrukking van de baseconstante:

$$K_B = [\text{OH}^-] \cdot [\text{OH}^-] / C_B$$

$[\text{OH}^-]$ kan hieruit gemakkelijk afgezonderd worden:

$$[\text{OH}^-] = (K_B \cdot C_B)^{1/2}$$

Met behulp van de rekenregels van de logaritmes kan deze formule verder uitgewerkt worden tot:

$$\text{pOH} = 0,5 \cdot (\text{p}K_B - \log C_B)$$

Omdat de pOH in de praktijk zelden gebruikt wordt kan deze formule omgezet worden naar de vorm waarin de pH staat:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pH} = 14 - 0,5 \cdot (\text{p}K_B - \log C_B)$$

Oefeningen pH

Oefening 1

Bereken de pH van de volgende oplossingen aan een sterke base NaOH, T = 25 °C

- a) 10^{-2} mol in 1 l oplossing
- b) 10^{-3} mol in 250 ml oplossing
- c) $2 \cdot 10^{-8}$ mol in 100 ml oplossing.

Oplossing: a) pH = 12, b) pH = 11.6 c) 7.30 : hierbij dient opgemerkt te worden dat de concentratie base kleiner is als 10^{-6} waardoor de vereenvoudigde formule geen correcte uitkomst geeft (bijdragen van water aan de $[\text{OH}^-]$ concentratie is niet te verwaarlozen. Een meer correcte waarde wordt bekomen door uitwerken van de 2^{de} graadsvergelijking die uiteindelijk een waarde van 7.38 oplevert.

Oefening 2

Bereken hoeveel mol van een stof in water moet opgelost worden om de volgende oplossingen te bekomen

- a) 0,20 l opl. van HCl met pH = 2,5
- b) 0,05 l opl. van KOH met pH = 11,5

Oplossing: a) $6.324 \cdot 10^{-4}$ mol HCl, b) $1.581 \cdot 10^{-4}$ mol KOH

Oefening 3

pH berekeningen: Situeer het geval en bereken de pH (bij 25°C) ?

- a) HNO_3 0,032 M
- b) KOH 0,027 M
- c) HF → 0,013 M $K_A = 3,53 \cdot 10^{-4}$
- d) CH_3NH_2 → 0,018 M $K_B = 4,4 \cdot 10^{-4}$
- e) NaBr 0,011 M

Oplossing:

- a) pH = 1,50
- b) pH = 12,43
- c) pH = 2,67
- d) pH = 11,45
- e) pH = 7 (NaBr heeft geen zuur-base eigenschappen)

[Extra](#)

Zuur-base titratie

Het doel van dit onderdeel is:

1. De student kan het pH-verloop tijdens de titratie van een sterk zuur of een sterke base kwalitatief verklaren.
2. De student kan de ongekende molaire concentratie van een zure of basische oplossing berekenen bij een zuur-base titratie.

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=V3lQgtSEuVA>

Tekst:

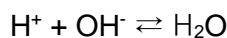
Een titratie is een chemische analysemethode die gebruikt kan worden om de concentratie van een onbekende oplossing te bepalen met behulp van een tweede oplossing waarvan men wel de concentratie weet.

Het principe achter een titratie is dat men nagaat hoeveel mol er nodig was om een bepaalde hoeveelheid analiet weg te laten reageren. Uit de reactievergelijking kan dan het aantal mol van het analiet gededuceerd worden, hiermee kan dan op zijn beurt de concentratie van de onbekende oplossing bepaald worden.

De titratie zelf kan op veel verschillende reacties gebaseerd worden: [zuur/base](#), [neerslag](#), [redox](#), ...

Echter de meest courante titratie in het secundair onderwijs is een zuur-base titratie.

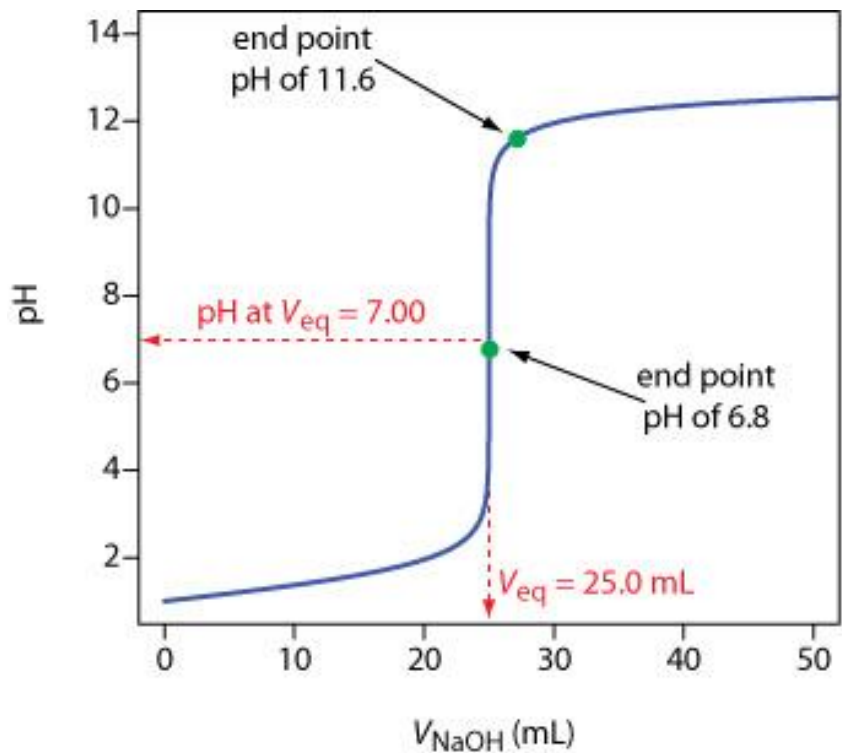
Indien het gaat over een titratie van een sterk zuur met een sterke base speelt volgende reactie een rol



Zoals we weten uit de K_w ligt dit evenwicht sterk naar rechts, en zal bij het samenvoegen van een sterk zuur en een sterke base altijd een neutralisatiereactie optreden waarbij water gevormd zal worden. Omdat de hydroniumionen wegreageren zal tijdens de titratie de pH stijgen. Dit zal geleidelijk gebeuren totdat alle hydroniumionen geneutraliseerd zijn en het **equivalentiepunt** bereikt wordt.

Het equivalentiepunt is het punt waarop exact evenveel van het titrant is toegevoegd om alle actieve componenten in het monster te laten wegreageren. In het geval van een sterk zuur - sterke base titratie wil dit zeggen dat de pH van de oplossing enkel nog maar bepaald wordt door het evenwicht van water. De pH zal dus logischerwijs 7 zijn (bij 25°C).

Indien een titratie uitgevoerd wordt van een [zwak zuur met een sterke base](#), gaat de pH bij het equivalentiepunt bepaald worden door hetgeen er achterblijft; de geconjugeerde base van het zwakke zuur. De pH op het equivalentiepunt zal dan hoger zijn dan 7.



Oefeningen titratie:

Oefening 1:

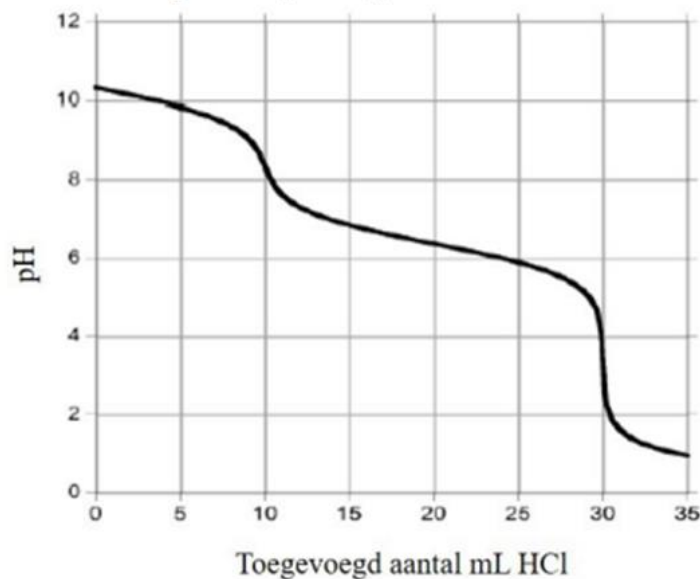
Neutralisatie van 25 ml HCl van 0,01 M met KOH van 0,01 M. Bereken zo exact mogelijk de pH voor de volgende hoeveelheden aan KOH. Teken een curve van de pH in functie van het toegevoegd volume KOH, gebruik makend van de berekende punten.

- | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| a) 0 ml KOH | b) 2 ml KOH | c) 5 ml KOH | d) 10 ml KOH |
| e) 20 ml KOH | f) 25 ml KOH | g) 30 ml KOH | h) 40 ml KOH |

[Oplossing](#)

Oefening 2.

Een staal waspoeder bevat een mengsel van Na_2CO_3 en NaHCO_3 . Een oplossing van dat staal wordt getitreerd met een waterige HCl-oplossing. De titratiecurve is hieronder afgebeeld.



Wat is de molverhouding tussen Na_2CO_3 en NaHCO_3 in het waspoeder?

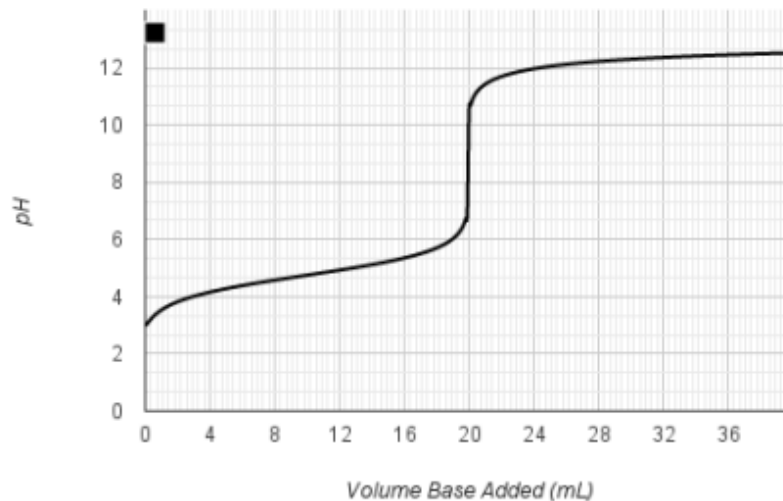
- A 2 : 1
- B 1 : 1
- C 1 : 2
- D 1 : 3

[Oplossing](#)

Oefening 3:

Beoordeel de volgende uitspraken over onderstaande titratiecurve van stof X met 0.1 M NaOH:

- A) Dit is een titratie van een sterk zuur met een sterke base
- B) De pK_A van het zuur is gelijk aan 2
- C) In het equivalentiepunt is de concentratie van het zwak zuur en zijn geconjugeerde base gelijk.
- D) In deze curve wordt een titratie van een monoprotisch zuur getoond
- E) De originele concentratie van het zuur is gelijk aan 0.2 M
- F) De pK_A van dit zuur is gelijk aan de pH in het equivalentiepunt



Welke zuur-base indicatoren zou je kunnen gebruiken in bovenstaand systeem?

Om B & F op te lossen heb je kennis van de [Henderson-Hasselbalch](#) vergelijking nodig

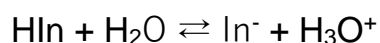
[Oplossing](#)

Zuur-base indicatoren

De werking van een zuur-base-indicator verklaren.

Zuur-base indicatoren zijn zuren en basen die afhankelijk van de pH een kleurverandering vertonen. Dit komt doordat ze bij een bepaalde pH in de zure of basische vorm voorkomen die een bepaalde kleur hebben.

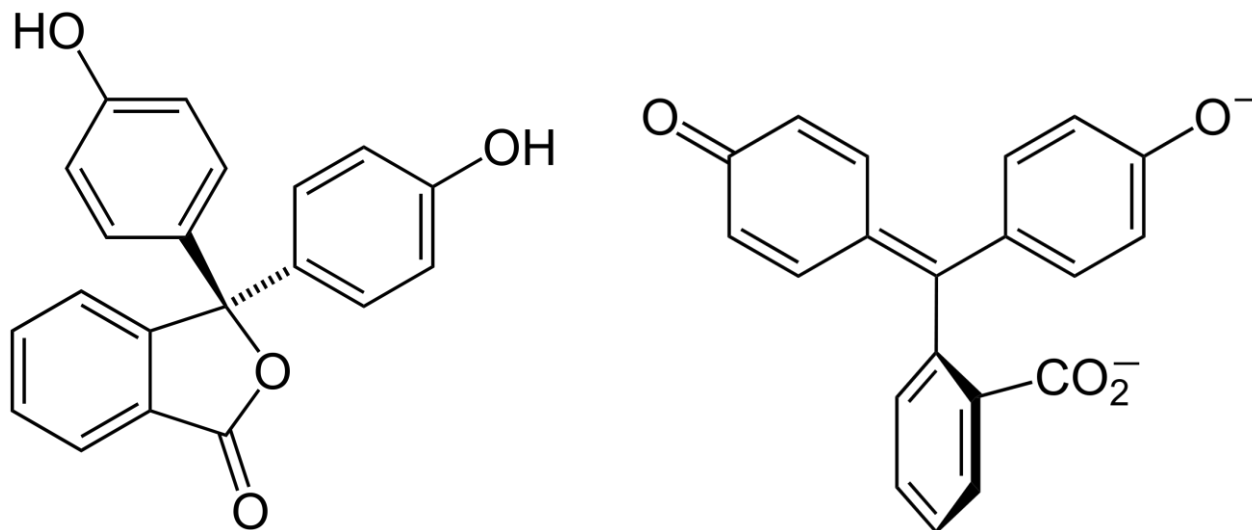
Dit is eenvoudig voor te stellen als een reactievergelijking waarbij indicator wordt voorgesteld door volgende vergelijking:



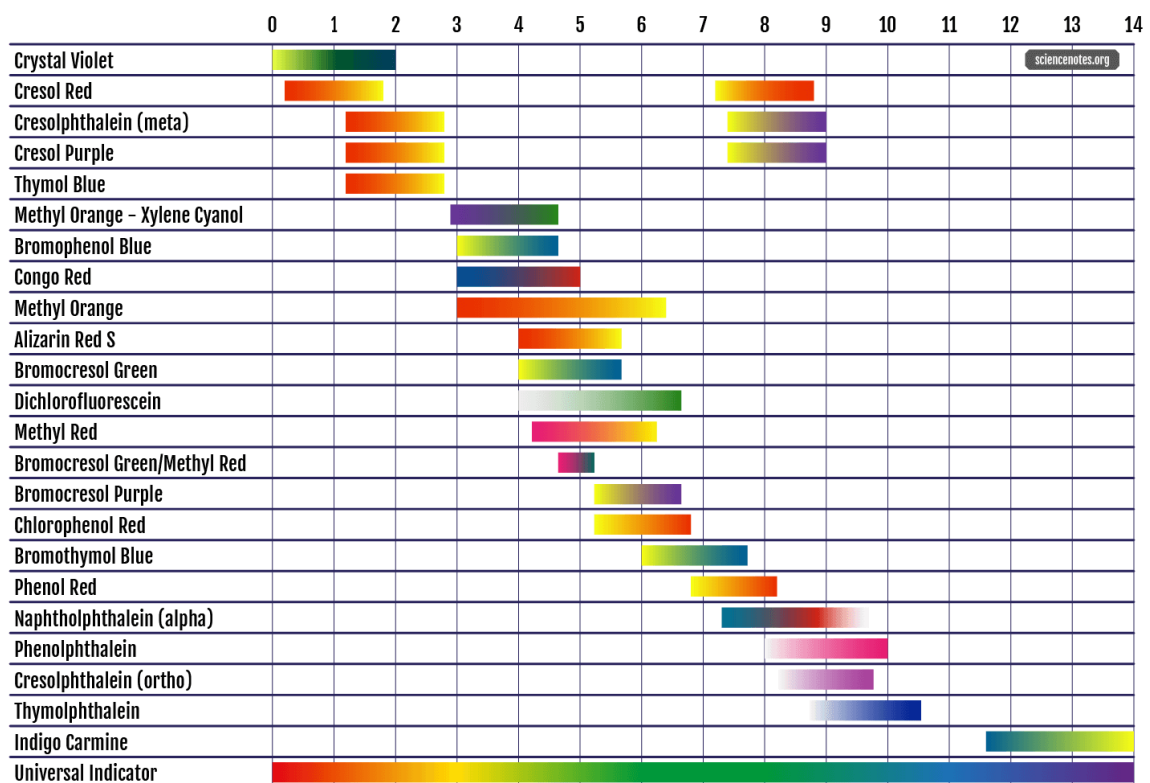
HIn is de zure vorm van de indicator en In⁻ is de basische vorm. Indien er zuur wordt toegevoegd aan de reactie zal het evenwicht verstoord worden. Gebruik maken van het principe van [Le Chatelier](#), kan er beredeneerd worden dat door toevoeging van een zuur, er een grotere hoeveelheid van HIn zal teruggevonden worden.

Het bekendste voorbeeld is fenolftaleïne, dat overgaat van kleurloos naar roze rond pH 8.

De kleur van de basische vorm van fenolftaleïne kan gekoppeld worden aan het ontstaan van een groter geconjugeerd pi systeem: het centrale C-atoom waaraan de phenylgroepen gebonden zijn ondergaat een verandering van een sp³ naar een sp² [hybridisatie](#) waardoor 2 van de phenylgroepen in eenzelfde [geconjugeerd pi systeem](#) zitten.



De waarde waar de pH-indicator van kleur verandert, wordt het **omslaggebied** genoemd. De kleur en het specifieke omslaggebied zijn afhankelijk van welke indicator er gebruikt wordt. Het omslaggebied wordt meestal gesteld als $pK_A \pm 1$. Deze wordt hieronder weergegeven voor verschillende zuur-base indicatoren.



Het uitgebreide gamma aan verschillende indicatoren is uitermate interessant bij titraties van zwakke zuren en basen. Omdat het equivalentiepunt bij deze stoffen niet rond pH 7 ligt, kunnen toch zuur-base titraties uitgevoerd worden indien de juiste indicator gekozen wordt.

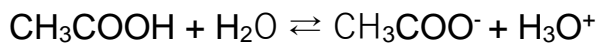
De werking van een buffermengsel kwalitatief verklaren.

Indien een sterk zuur zou worden toegevoegd aan een oplossing zal de pH snel grote sprongen maken. Dit kan grote gevolgen hebben op het reactieverloop van bepaalde chemische reacties.

Echter bestaan er mechanismen die ervoor kunnen zorgen dat de pH van een oplossing niet radicaal verandert bij de kleinste toevoeging van een zuur of base. Dit mechanisme maakt gebruik van een [buffer](#). Een buffermengsel bestaat uit een mengsel van een zwak zuur en zijn geconjugeerde base, oftewel uit een zwakke base en zijn geconjugeerde zuur.

Indien beide aanwezig zijn in voldoende hoge concentraties kan bij de toevoeging van een sterke zuur of base, respectievelijk de base of zuur van de buffer reageren met de toegevoegde protonen en hydroxide ionen.

Dit kan geïllustreerd worden aan de hand van een mengsel van azijnzuur en natriumacetaat. CH_3COOH is het zuur en CH_3COO^- is de geconjugeerde base. In een waterige oplossing zal zich volgend evenwicht instellen:



Met als evenwichtsconstante

$$K_Z = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

Bij het toevoegen van sterk zuur zal er een grote hoeveelheid H_3O^+ aan de oplossing toegevoegd worden. Dit verstoort het evenwicht waardoor het evenwicht naar links zal verschuiven. Hierdoor zal een deel van de toegevoegde H_3O^+ wegreageren en zal de pH verandering minder extreem zijn. De oplossing zal wel zuurder worden.

Eenzelfde soort redenering kan gemaakt worden voor het toevoegen van een sterke base, echter staat er in de uitdrukking van de evenwichtsconstante geen $[\text{OH}^-]$. Dit kan echter opgelost worden door gebruik te maken van K_B .

De K_B kan gebruikt worden omdat K_A en K_B gerelateerd zijn aan elkaar door K_W . De reacties die worden voorgesteld door de K_A en K_B zijn altijd gelijktijdig geldig in een oplossing.

De K_B kan voorgesteld worden door:

$$K_B = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

Omdat door het toevoegen van hydroxide ionen het evenwicht verstoord wordt, zal bij deze reactie ook het evenwicht naar links verschuiven. Hierdoor zal de uiteindelijke concentratie van OH^- lager zijn dan het geval zou zijn indien er geen buffer aanwezig is. De pH zal wel licht stijgen, maar de pH verandering zal minder extreem zijn.

Voorbeelden van zuren en basen in het echte leven

Maagzuur

De maag bevat een oplossing die bestaat uit 0,03 M HCl. Dit zorgt ervoor dat het voedsel dat wij eten beter verteerd kan worden. Echter kan het zijn dat deze zure sap terug in de slokdarm terechtkomt, dit noemt men reflux. De dokter kan hierop maagzuurbinders voorschrijven die het maagzuur zullen neutraliseren.

Deze stoffen zijn basen die dan kunnen reageren met het maagzuur. Enkele voorbeelden zijn CaCO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, of $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Alhoewel het innemen van deze stoffen hun voordelen hebben, kunnen ze bij langdurig gebruik negatieve gevolgen hebben op andere delen van je lichaam.

Culinaire aspecten van chemie:

Bakken, braden, en koken is in wezen een vorm van chemie waarmee iedereen dagelijks mee in aanraking komt. Zuur-base chemie kan bij bepaalde processen ook een rol spelen.

Een eerste voorbeeld is het gebruik van natriumbicarbonaat tijdens de bereiding van gebak. De chemische formule van natriumbicarbonaat is NaHCO_3 . Deze stof is een amfolyt, maar tijdens het bakken zijn we vooral geïnteresseerd in zijn rol van base. Indien natriumbicarbonaat in aanraking komt met een zuur zoals citroensap of karnemelk zal het H_2CO_3 vormen hetgeen op zijn beurt ontbindt in CO_2 en H_2O . De vorming van het gas CO_2 zal ervoor zorgen dat het deeg zal rijzen. Bakpoeder is een mengsel van natriumbicarbonaat en een zuur zodat deze bij het oplossen kunnen reageren.

Een tweede voorbeeld is het pekelen van groenten om deze langer te kunnen bewaren. Zo kunnen komkommers gepekeld worden om augurken te maken. Er bestaan verschillende manieren om te pekelen, maar één van de eenvoudigste is om azijn te gebruiken. Deze zure omgeving zal ervoor zorgen dat de meeste micro organismen niet kunnen overleven doordat enzymatische werking verstoord wordt door de lage pH van de oplossing.

Oefeningen oplossingen

Oefening 1:

Geef van de volgende moleculen de geconjugeerde vorm ([Terug](#) naar oefeningen)

H_3PO_4	H_2PO_4^-
HI	I^-
SO_4^{2-}	HSO_4^-
HClO_4	ClO_4^-
CO_3^{2-}	HCO_3^-

Vul volgend schema aan ([Terug](#) naar oefening):

Geconjugeerd zuur	Opgave	Geconjugeerde base	Amfoliet
/	HI	I ⁻	Nee
H ₂ SO ₄	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Nee
H ₂ PO ₄	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Ja
H ₃ O ⁺	H ₂ O	OH ⁻	Ja
HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	/	Nee

Geef de reactie van volgende stoffen in water en bepaal of de oplossing zich als een zuur of als een base gedraagt, eventueel als amfoliet. Bespreek dit kwalitatief, verwaarloos hierbij het effect van de concentratie aan bedoelde stof.

a) HI	e) NH_4ClO_3	i) NaNO_2	m)	CaHPO_4
b) NaF	f) CH_3ONa	j) LiH_2PO_4	n)	LiHSO_3
c) CaS	g) K_2SO_4	k) $\text{Ba}(\text{OH})_2$	o)	KBaPO_4
d) KHCO_3	h) LiHS	l) $(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{NO}_3$	p) LiHSO_4	

Met pK_A voor: $\text{HNO}_2 = 3,35$; $\text{HF} = 3,46$; $\text{HCN} = 9,31$; $\text{NH}_4^+ = 9,25$; $\text{CH}_3\text{NH}_3^+ = 10,57$

Met pK_{A1} en pK_{A2} van $\text{H}_2\text{CO}_3 = 6,37$ en $10,25$; van $\text{H}_2\text{S} = 7$ en 13 ; van " H_2SO_3 " = $1,82$ en $7,20$ en van $\text{H}_2\text{SO}_4 = \ll 0$ en $1,92$.









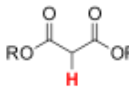
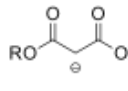
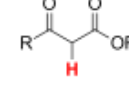
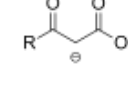


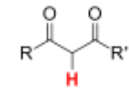
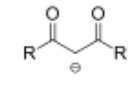




Met pK_{A1} , pK_{A2} en pK_{A3} van $\text{H}_3\text{PO}_4 = 2,13$, $7,21$ en $12,32$

Oplossing:

- HI = sterk zuur, volledige ionisatie, nivellerings-effect;
- F^- = geconjugeerde zwakke base van zwak zuur HF, Na^+ reageert neutraal;
- S^{2-} = zwakke base, Ca^{2+} reageert neutraal;
- K^+ reageert neutraal, HCO_3^- is een amfoliet: reageert meer basisch als zuur want $K_{B2} \gg K_{A2}$;
- ClO_3^- is afkomstig van sterk zuur HClO_3 , dus zeer zwakke base die neutraal reageert, $\text{NH}_4^+ =$ zwak zuur;
- CH_3O^- is een sterke base, Na^+ is afkomstig van sterke base dus zeer zwak zuur en reageert neutraal;
- K^+ = neutraal, SO_4^{2-} = zwakke base;
- Li^+ = neutraal, HS^- = amfoliet en reageert eerder basisch want $K_{B2} \gg K_{A2}$;
- Na^+ = neutraal, NO_2^- = zwakke base;
- Li^+ = neutraal, H_2PO_4^- = amfoliet, reageert eerder zuur want $K_{B3} \ll K_{A2}$,
- sterke base, dissocieert volledig, nivellerings-effect;
- NO_3^- = afkomstig van sterk zuur dus te zwak om basisch te reageren, dus neutraal, $\text{CH}_3\text{NH}_3^+ =$ zwak zuur;
- Ca^{2+} = neutraal, HPO_4^{2-} = basisch amfoliet want $K_{B2} \gg K_{A3}$;
- Li^+ = neutraal, HSO_3^- = zuur amfoliet;
- K^+ en Ba^{2+} zijn neutraal, PO_4^{3-} = 'redelijk sterke' zwakke base $\text{pK}_{B1} = 1,68$;
- Li^+ = neutraal, HSO_4^- = 'redelijk sterk' zwak zuur: HSO_4^- kan niet basisch reageren dus geen amfoliet

Zuur- en baseconstanten

Base	K_b	pK _b	Zuur	K_z	pK _z
ClO ₄ ⁻	10 ⁻²³	23	HClO ₄	10 ⁹	-9
I ⁻	10 ⁻²³	23	HI	10 ⁹	-9
Br ⁻	10 ⁻²⁰	20	HBr	10 ⁶	-6
Cl ⁻	10 ⁻¹⁷	17	HCl	10 ³	-3
HSO ₄ ⁻	10 ⁻¹⁷	17	H ₂ SO ₄	10 ³	-3
NO ₃ ⁻	10 ⁻¹⁶	16	HNO ₃	10 ²	-2
ClO ₃ ⁻	1,26 × 10 ⁻¹⁶	15,90	HClO ₃	7,94 × 10 ⁻²	-1,90
IO ₃ ⁻	5,88 × 10 ⁻¹⁴	13,23	HIO ₃	1,70 × 10 ⁻¹	0,77
HOOC-COO ⁻	1,78 × 10 ⁻¹³	12,73	HOOC-COOH	5,35 × 10 ⁻²	1,27
HSO ₃ ⁻	5,81 × 10 ⁻¹³	12,24	H ₂ SO ₃	1,72 × 10 ⁻²	1,76
H ₂ PO ₃ ⁻	6,33 × 10 ⁻¹³	12,20	H ₃ PO ₃	1,58 × 10 ⁻²	1,80
SO ₄ ²⁻	8,33 × 10 ⁻¹³	12,08	HSO ₄ ⁻	1,20 × 10 ⁻²	1,92
ClO ₂ ⁻	1,00 × 10 ⁻¹²	12,00	HClO ₂	1,00 × 10 ⁻²	2,00
H ₂ PO ₄ ⁻	1,32 × 10 ⁻¹²	11,88	H ₃ PO ₄	7,59 × 10 ⁻³	2,12
Fe(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	1,66 × 10 ⁻¹²	11,78	Fe(H ₂ O) ₆ ³⁺	6,03 × 10 ⁻³	2,22
H ₂ C ₆ H ₅ O ₇ ⁻	1,26 × 10 ⁻¹¹	10,90	H ₃ C ₆ H ₅ O ₇ citroenzuur	7,94 × 10 ⁻⁴	3,10
F ⁻	1,39 × 10 ⁻¹¹	10,86	HF	7,20 × 10 ⁻⁴	3,14
NO ₂ ⁻	1,96 × 10 ⁻¹¹	10,71	HNO ₂	5,10 × 10 ⁻⁴	3,29
HCOO ⁻	5,65 × 10 ⁻¹¹	10,25	HCOOH	1,77 × 10 ⁻⁴	3,75
⁻ OOC-COO ⁻	1,56 × 10 ⁻¹⁰	9,81	HOOC-COO ⁻	6,40 × 10 ⁻⁵	4,19
C ₆ H ₅ -COO ⁻	1,58 × 10 ⁻¹⁰	9,80	C ₆ H ₅ -COOH	6,31 × 10 ⁻⁵	4,20
C ₆ H ₅ -NH ₂	5,01 × 10 ⁻¹⁰	9,30	C ₆ H ₅ -NH ₃ ⁺	2,00 × 10 ⁻⁵	4,70
CH ₃ -COO ⁻	5,71 × 10 ⁻¹⁰	9,24	CH ₃ -COOH	1,75 × 10 ⁻⁵	4,76
Al(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	7,08 × 10 ⁻¹⁰	9,15	Al(H ₂ O) ₆ ³⁺	1,41 × 10 ⁻⁵	4,85
C ₂ H ₅ -COO ⁻	7,76 × 10 ⁻¹⁰	9,11	C ₂ H ₅ -COOH	1,29 × 10 ⁻⁵	4,89
HPO ₃ ²⁻	1,41 × 10 ⁻⁸	7,85	H ₂ PO ₃ ⁻	7,08 × 10 ⁻⁷	6,15
HCO ₃ ⁻	2,25 × 10 ⁻⁸	7,65	H ₂ CO ₃	4,45 × 10 ⁻⁷	6,35
SO ₃ ²⁻	1,56 × 10 ⁻⁷	6,81	HSO ₃ ⁻	6,43 × 10 ⁻⁸	7,19
HPO ₄ ²⁻	1,58 × 10 ⁻⁷	6,80	H ₂ PO ₄ ⁻	6,34 × 10 ⁻⁸	7,20
HS ⁻	1,74 × 10 ⁻⁷	6,76	H ₂ S	5,75 × 10 ⁻⁸	7,24
ClO ⁻	3,47 × 10 ⁻⁷	6,46	HClO	2,88 × 10 ⁻⁸	7,54
Pb(OH)(H ₂ O) _{n-1} ⁺	6,30 × 10 ⁻⁷	6,20	Pb(H ₂ O) _n ²⁺	1,58 × 10 ⁻⁸	7,80
Cu(OH)(H ₂ O) ₅ ⁺	1,00 × 10 ⁻⁶	6,00	Cu(H ₂ O) ₆ ²⁺	1,00 × 10 ⁻⁸	8,00
NH ₃	1,76 × 10 ⁻⁵	4,75	NH ₄ ⁺	5,68 × 10 ⁻¹⁰	9,25
CN ⁻	2,00 × 10 ⁻⁵	4,70	HCN	5,00 × 10 ⁻¹⁰	9,30
Zn(OH)(H ₂ O) ₅ ⁺	4,57 × 10 ⁻⁵	4,34	Zn(H ₂ O) ₆ ²⁺	2,19 × 10 ⁻¹⁰	9,66
C ₆ H ₅ -O ⁻	1,00 × 10 ⁻⁴	4,00	C ₆ H ₅ -OH	1,00 × 10 ⁻¹⁰	10,00
CO ₃ ²⁻	2,00 × 10 ⁻⁴	3,70	HCO ₃ ⁻	5,00 × 10 ⁻¹¹	10,30
IO ⁻	4,36 × 10 ⁻⁴	3,36	HIO	2,30 × 10 ⁻¹¹	10,64
PO ₄ ³⁻	2,38 × 10 ⁻²	1,62	HPO ₄ ²⁻	4,20 × 10 ⁻¹³	12,38
S ²⁻	8,33 × 10 ⁻¹	0,08	HS ⁻	1,10 × 10 ⁻¹⁴	13,92
CH ₃ -O ⁻	3,16 × 10 ¹	-1,50	CH ₃ -OH	3,16 × 10 ⁻¹⁶	15,50
C ₂ H ₅ -O ⁻	7,94 × 10 ¹	-1,90	C ₂ H ₅ -OH	1,26 × 10 ⁻¹⁶	15,90
H ⁻	1,00 × 10 ¹⁴	-14	H ₂	1,00 × 10 ⁻²⁸	28
O ²⁻	1,00 × 10 ¹⁵	-15	OH ⁻	1,00 × 10 ⁻²⁹	29
NH ₂ ⁻	1,00 × 10 ²¹	-21	NH ₃	1,00 × 10 ⁻³⁵	35

Functional Group	Acid	Conjugate Base	pK _a
Alkanes	R-CH ₃	R-CH ₂ [⊖]	~50
Alkenes			~43
Benzene Derivatives			~43
Amines	R-NH ₂	R-NH [⊖]	~38
Hydrogen	H ₂	H [⊖]	~35
Alkynes	R-C≡C-H	R-C≡C [⊖]	~25
α-H of Carboxylic Acid Derivatives (Acid, Ester, etc)			~25
α-H of Aldehydes and Ketones			~20
Alcohols	R-OH	R-O [⊖]	~16
Water	H ₂ O	OH [⊖]	15.7
α-H of 1,3-Diesters			~13
α-H of β-Keto Esters			~11
Phenol			10
Ammonium Ions	R-NH ₃ [⊕]	R-NH ₂	~10
α-H of 1,3-Diketones			~9
Carboxylic Acids			~5
Hydrofluoric Acid	HF	F [⊖]	3.2
Hydronium Ion	H ₃ O [⊕]	H ₂ O	-1.7
Hydrochloric Acid	HCl	Cl [⊖]	-7
Hydrobromic Acid	HBr	Br [⊖]	-9
Hydroiodic Acid	HI	I [⊖]	-10
Triflic Acid			-14

Weak Acid



Strong Acid

Strong Base



Weak Base

The pK_a Table by RetroSynthetiX.com

Table of Acids with Ka and pKa Values*

CLAS

Acid	HA	A ⁻	Ka	pKa	Acid Strength	Conjugate Base Strength
Hydroiodic	HI	I ⁻	Strong acids completely dissociate in aq solution (Ka > 1, pKa < 1). Conjugate bases of strong acids are ineffective bases.			
Hydrobromic	HBr	Br ⁻				
Perchloric	HClO ₄	ClO ₄ ⁻				
Hydrochloric	HCl	Cl ⁻				
Chloric	HClO ₃	ClO ₃ ⁻				
Sulfuric (1)	H ₂ SO ₄	HSO ₄ ⁻				
Nitric	HNO ₃	NO ₃ ⁻				
Hydronium ion	H ₃ O ⁺	H ₂ O	1	0.0		
Iodic	HIO ₃	IO ₃ ⁻	1.6 x 10 ⁻¹	0.80	↑	↓
Oxalic (1)	H ₂ C ₂ O ₄	HC ₂ O ₄ ⁻	5.9 x 10 ⁻²	1.23		
Sulfurous (1)	H ₂ SO ₃	HSO ₃ ⁻	1.54 x 10 ⁻²	1.81		
Sulfuric (2)	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	1.2 x 10 ⁻²	1.92		
Chlorous	HClO ₂	ClO ₂ ⁻	1.1 x 10 ⁻²	1.96		
Phosphoric (1)	H ₃ PO ₄	H ₂ PO ₄ ⁻	7.52 x 10 ⁻³	2.12		
Arsenic (1)	H ₃ AsO ₄	H ₂ AsO ₄ ⁻	5.0 x 10 ⁻³	2.30		
Chloroacetic	CH ₂ ClCOOH	CH ₂ ClCOO ⁻	1.4 x 10 ⁻³	2.85		
Citric (1)	H ₃ C ₆ H ₅ O ₇	H ₂ C ₆ H ₅ O ₇ ⁻	8.4 x 10 ⁻⁴	3.08		
Hydrofluoric	HF	F ⁻	7.2 x 10 ⁻⁴	3.14		
Nitrous	HNO ₂	NO ₂ ⁻	4.0 x 10 ⁻⁴	3.39		
Formic	HCOOH	HCOO ⁻	1.77 x 10 ⁻⁴	3.75		
Lactic	HCH ₂ H ₄ O ₃	CH ₂ H ₄ O ₃ ⁻	1.38 x 10 ⁻⁴	3.86		
Ascorbic (1)	H ₂ C ₆ H ₆ O ₆	HC ₆ H ₆ O ₆ ⁻	7.9 x 10 ⁻⁵	4.10		
Benzoic	C ₆ H ₅ COOH	C ₆ H ₅ COO ⁻	6.46 x 10 ⁻⁵	4.19		
Oxalic (2)	HC ₂ O ₄ ⁻	C ₂ O ₄ ²⁻	6.4 x 10 ⁻⁵	4.19		
Hydrazoic	HN ₃	N ₃ ⁻	1.9 x 10 ⁻⁵	4.72		
Citric (2)	H ₂ C ₆ H ₅ O ₇ ⁻	HC ₆ H ₅ O ₇ ²⁻	1.8 x 10 ⁻⁵	4.74		
Acetic	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	1.76 x 10 ⁻⁵	4.75		
Propionic	CH ₃ CH ₂ COOH	CH ₃ CH ₂ COO ⁻	1.34 x 10 ⁻⁵	4.87		
Pyridinium ion	C ₅ H ₄ NH ⁺	C ₅ H ₄ N	5.6 x 10 ⁻⁶	5.25		
Citric (3)	HC ₆ H ₅ O ₇ ²⁻	C ₆ H ₅ O ₇ ³⁻	4.0 x 10 ⁻⁶	5.40		
Carbonic (1)	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	4.3 x 10 ⁻⁷	6.37		
Sulfurous (2)	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	1.02 x 10 ⁻⁷	6.91		
Arsenic (2)	H ₂ AsO ₄ ⁻	HAsO ₄ ²⁻	8/9.3 x 10 ⁻⁸	7.10/7.03		
Hydrosulfuric	H ₂ S	HS ⁻	1.0 x 10 ⁻⁷ /9.1 x 10 ⁻⁸	7/7.04		
Phosphoric (2)	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	6.23 x 10 ⁻⁸	7.21		
Hypochlorous	HClO	ClO ⁻	3.5/3.0 x 10 ⁻⁸	7.46/7.53		
Hypobromous	HBrO	BrO ⁻	2 x 10 ⁻⁹	8.70		
Hydrocyanic	HCN	CN ⁻	6.17 x 10 ⁻¹⁰	9.21		
Boric (1)	H ₃ BO ₃	H ₂ BO ₃ ⁻	5.8 x 10 ⁻¹⁰	9.23		
Ammonium ion	NH ₄ ⁺	NH ₃	5.6 x 10 ⁻¹⁰	9.25		
Phenol	C ₆ H ₅ OH	C ₆ H ₅ O ⁻	1.6 x 10 ⁻¹⁰	9.80		
Carbonic (2)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	4.8 x 10 ⁻¹¹	10.32		
Hypoiodous	HIO	IO ⁻	2 x 10 ⁻¹¹	10.70		
Arsenic (3)	HAsO ₄ ²⁻	AsO ₄ ³⁻	6.0 x 10 ⁻¹⁰ /3.0 x 10 ⁻¹²	9.22/11.53		
Hydrogen peroxide	H ₂ O ₂	HO ₂ ⁻	2.4 x 10 ⁻¹²	11.62		
Ascorbic (2)	HC ₆ H ₆ O ₆ ⁻	C ₆ H ₆ O ₆ ²⁻	1.6 x 10 ⁻¹²	11.80		
Phosphoric (3)	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	4.8/2.2 x 10 ⁻¹³	12.32/12.66		
Water	H ₂ O	OH ⁻	1.0 x 10 ⁻¹⁴	14.0		
Group I metal hydroxides (LiOH, NaOH, etc.)			Strong bases completely dissociate in aq solution (Kb > 1, pKb < 1).			
Group II metal hydroxides (Mg(OH) ₂ , Ba(OH) ₂ , etc.)			Conjugate acids (cations) of strong bases are ineffective bases.			

* Compiled from Appendix 5 Chem 1A, B, C Lab Manual and Zumdahl 6th Ed. The pKa values for organic acids can be found in Appendix II of Bruice 5th Ed.

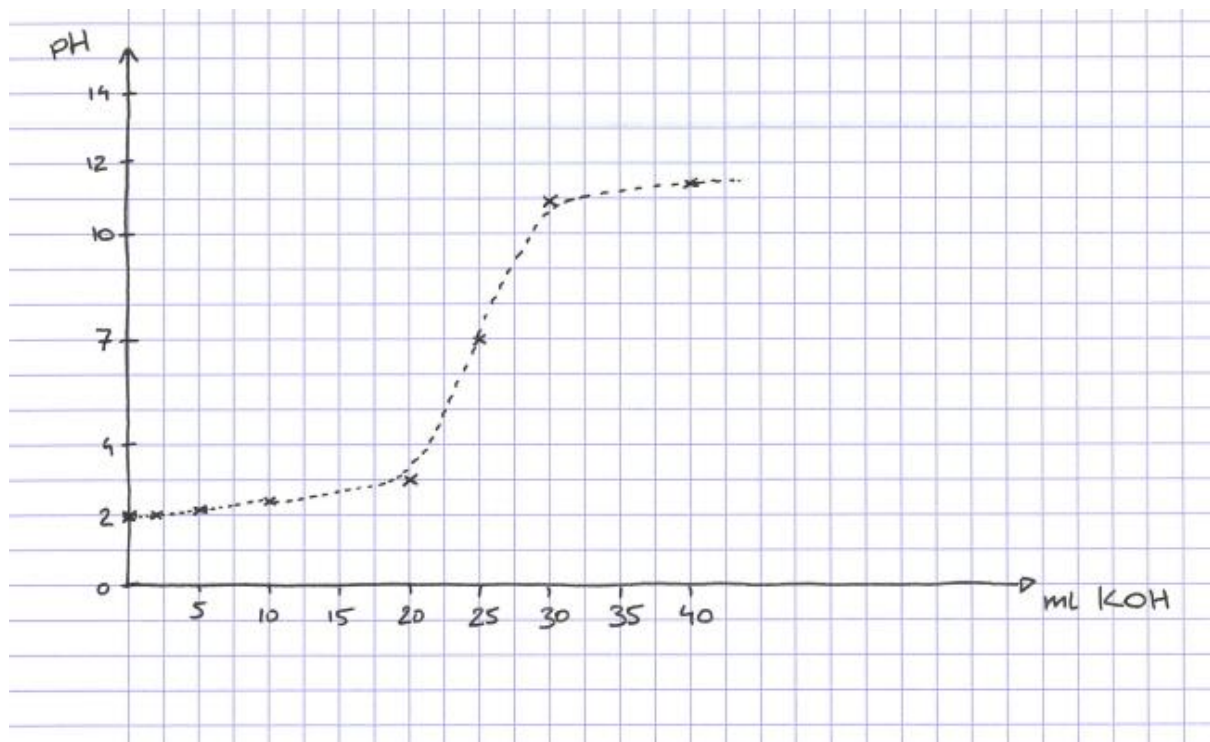
Oefening 1:

[Terug](#)

Neutralisatie van 25 ml HCl van 0,01 M met KOH van 0,01 M. Bereken zo exact mogelijk de pH voor de volgende hoeveelheden aan KOH. Teken een curve van de pH in functie van het toegevoegd volume KOH, gebruik makend van de berekende punten.

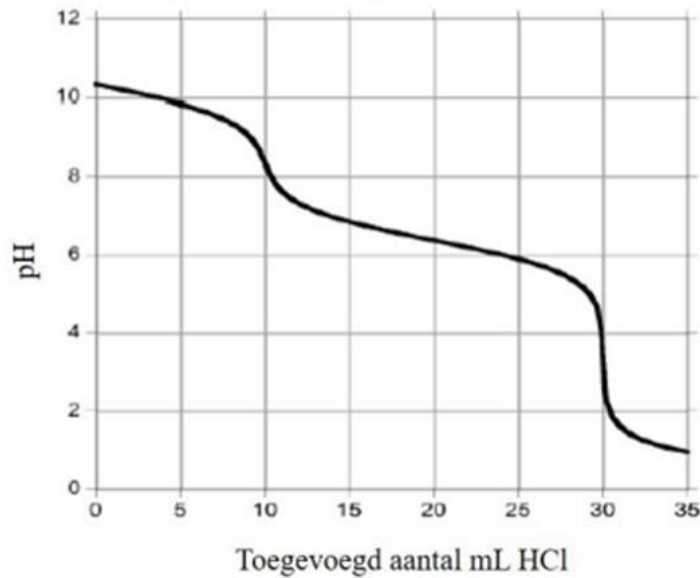
- | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| a) 0 ml KOH | b) 2 ml KOH | c) 5 ml KOH | d) 10 ml KOH |
| e) 20 ml KOH | f) 25 ml KOH | g) 30 ml KOH | h) 40 ml KOH |

Oplossingen: a) pH = 2, b) pH = 2.07, c) pH = 2.18, d) pH = 2.37, e) pH = 2.95, f) pH = 7, g) pH = 10.96, h) 11.36, allemaal berekend met interne verdunning en de eenvoudige pH formules: $-\log(Cz)$ en $-\log(CB)$



Oefening 2

Een staal waspoeder bevat een mengsel van Na_2CO_3 en NaHCO_3 . Een oplossing van dat staal wordt getitreerd met een waterige HCl -oplossing. De titratiecurve is hieronder afgebeeld.



Wat is de molverhouding tussen Na_2CO_3 en NaHCO_3 in het waspoeder?

- A 2 : 1
- B 1 : 1
- C 1 : 2
- D 1 : 3

Het antwoord is:

[Terug](#)

B. In de titratiecurve kan er waargenomen worden dat er een equivalentiepunt bereikt wordt na 10 en 30 ml. Het eerste equivalentiepunt geeft het einde van volgende reactie weer:



Het tweede equivalentiepunt geeft het einde van volgende reactie weer:



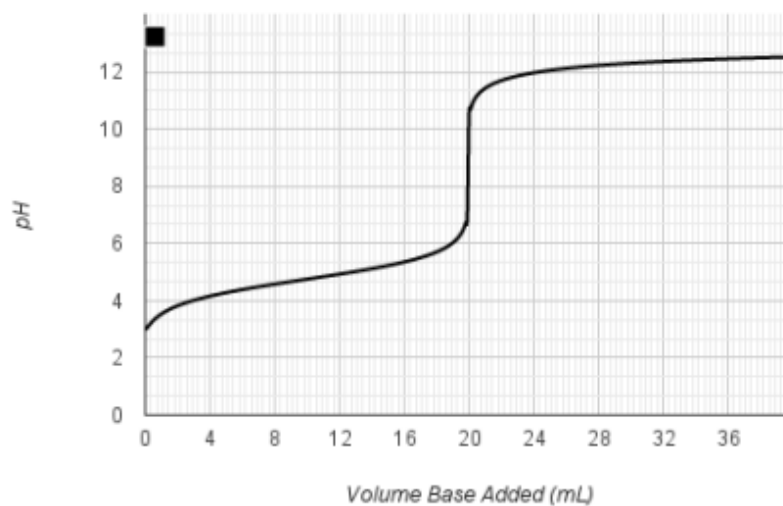
Beide reacties gebruiken 1 mol HCl per mol van het reagens om geneutraliseerd te worden. De eerste stap gebruikte 10 ml, de tweede 20 ml. Omdat CO_3^{2-} wordt omgezet naar het HCO_3^- zat er slechts voor 20 ml - 10 ml = 10 ml HCO_3^- in het waspoeder. De verhouding bedraagt dus 1:1.

Oefening 3:

[Terug](#)

Beoordeel de volgende uitspraken over onderstaande titratiecurve van stof X met 0.1 M NaOH:

- A) Dit is een titratie van een sterk zuur met een sterke base
- B) De pK_A van het zuur is gelijk aan 2
- C) In het equivalentiepunt is de concentratie van het zwak zuur en zijn geconjugeerde base gelijk.
- D) In deze curve wordt een titratie van een monoprotisch zuur getoond
- E) De originele concentratie van het zuur is gelijk aan 0.2 M
- F) De pK_A van dit zuur is gelijk aan de pH in het equivalentiepunt



Welke zuur-base indicatoren zou je kunnen gebruiken in bovenstaand systeem?

- A) Fout: het equivalentiepunt ligt boven de 7, op het equivalentiepunt vinden we dus een zwakke base terug
- B) Fout: bij maximale bufferwerking is de $pH = pK_A$; dus rond de 4,6
- C) Fout: op het equivalentiepunt is er enkel geconjugeerde base. Het zwak zuur is geneutraliseerd door toevoeging van de sterke base
- D) Waar: er is maar 1 equivalentiepunt en maar 1 bufferplateau
- E) Niet waar: Uit het equivalentiepunt kunnen we berekenen dat:
 $20 \text{ ml NaOH (0.1M)} = 0.002 \text{ mol}$; echter hebben we geen volume van het zuur, dus kunnen we geen concentratie berekenen
- F) Fout: $pK_A = pH$ bij het buigpunt in het buffergebied

Zuur-base indicatoren: fenoltaleïne of thymoltaleïne zijn mogelijk.
 $pK_{\text{Ind}} = \pm 1$ het equivalentiepunt.

MIJN VAKKENNIS BIJSCHAVEN, JA DAT WIL IK!

HOE KAN DAT DAN?

Een online leermodule waarin jij zelf bepaalt welke leerstof je herhaalt, op welke manier je het herhaalt en wanneer je aan de slag gaat.



ONLINE LEERMODULES

- Algemene uitleg
- Cursusteksten
- Filmpjes
- Applets
- Podcasts
- ...

VAKKENNIS PER

- Vak (Fysica & Chemie)
- Onderwerp
- Leerplandoelstelling



FYSICA

Scan de QR-code om naar de leermodule van Fysica te navigeren.



CHEMIE

Scan de QR-code om naar de leermodule van Chemie te navigeren.



9.5 Bijlage 5: Transcript interview Fysica

Ondervrager 1: Voor onze masterproef hebben we een aantal vraagjes die we kunnen verwerken en een van de vragen die we willen stellen is: "Hoe was je zelfvertrouwen aan het begin van je zelfstandige lesgeven? Had dit invloed op je motivatie?" Dus niet zoals nu voor een microteaching staan of zoals in het begin van een educatieve master, maar op het moment dat je je eerste stage les gaf. Op het moment dat je zag van oei, dat moet ik nog allemaal opfrissen. Had dat ook wel invloed op jullie motivatie of had je eerder iets van "Ik doe het gewoon en zien wel waar we komen" of waren er sommigen waar de moed wel bij in de schoenen zakte.

Student 1: Op de leerstof geen probleem, maar ik heb altijd stress omdat ik de klas niet ken. Hoe gaan die leerlingen reageren? Ik ben meer gestresseerd voor het klasmanagement dan voor de leerstof.

Ondervrager 1: En bij de rest?

Student 2: Afhankelijk van welke leerstof was dat zo. Als dat elektriciteit of zo is dan moet ik dat toch eens grondig bekijken en nog eens doornemen.

Ondervrager 1: En kernfysica bijvoorbeeld?

Student 2: Dat moest ik ook nog eens bekijken. Ik heb dat allemaal niet gezien in mijn eigen opleiding, ik bedoel, in het middelbare heb ik dat ook niet gezien. Dus dat heb ik nu allemaal opnieuw moeten bekijken, eigenlijk zelfs leren, want ik had het zelf niet gehad.

Ondervrager 1: En jullie?

Student 3: Denk voor mij, dat voor een eigen klas geven zou ik niet te veel stress voor hebben. Maar nu was het vaak dat een vakmentor gespecialiseerd is in een bepaald onderwerp en dat gaf mij extra veel stress. Terwijl toen de vakmentor aangaf dat het onderwerp haar zelf niet eigen was. Dan was het voor mij geruststellend, als ik een paar foutjes maak is dat niet erg, zij zou ook foutjes maken. De expertise van de vakmentor die in de klas zat, was voor mij een hele erge stressfactor.

Ondervrager 1: Stel nu dat je de opfrismodule had gehad aan het begin van de opleiding. Denk je dat u dat wel geholpen had in het zelfstandig lesgeven, vooral in het zelfvertrouwen? Zoals je aangeeft, een opfriscursus die duidelijk aangeeft wat onder de leerplannen valt. Denk je dat dat u zelfzekerder had gemaakt?

Student 2: Voor mij is dat niet relevant, want ik ga niet direct in het onderwijs staan. Dat is misschien wel handig als je de stages gaat maken, dat er wel zo'n document is. Dat de lessen die relevant zijn voor u, dat je die nog eens kunt doornemen. Maar om een hele opfriscursus te volgen, niet.

Ondervrager 1: Je moet het echt zien als een document waar je één voor één een stukje kunt uitnemen.

Student 2: Dat je zelfstandig kunt doornemen.

Ondervrager 2: Ja

Student 2: Oke, dus niet dat er nog een les rond zal zijn?

Student 1: Ik denk niet dat je in een les alles kunt zien.

Student 2: Een opfriscursus, is wel handig dat je dat hebt.

Ondervrager 1: Het is meer een leerpad waar je een stukje kunt uitpakken.

Student 2: Dat is wel handig.

Ondervrager 2: Dat is ook wel een goeie vraag. Zouden jullie eerder opteren als jullie zelf konden kiezen, zoals Meltem zegt, een cursus waar je zelf kunt uitkiezen van dat en dat ga ik nemen. Of zou je liever hebben dat er in het algemeen, misschien een cursus van 3 studiepunten in het geheel van fysica. Waar alles van fysica wordt opgefrist. Of vinden jullie dat niet nodig en zou je liever met iets vergelijkbaars als onze opfrismodules werken?

Student 1: Met andere woorden; ofwel les volgen ofwel zelfstandig.

Ondervrager 2: Klopt.

Student 1: Ik zou voorkeur geven aan zelfstandig.

Student 4: Voor mij hetzelfde.

Student 5: Ja

Student 3: In het lange traject van de educatieve master hebben wij fysica vakken, maar die zijn niet gekoppeld aan het leerplan. Dat zijn gewoon fysica onderwerpen. Ik zou het in onze opleiding wel handig gevonden hebben als het meer zou gaan over leerstof die we moeten geven.

Student 5: Voor het lange traject kunnen we wel wat vakken kiezen, maar het is nooit echt direct verbonden aan leerstof van het secundair onderwijs. Het zou voor ons dus wel interessant zijn om een opfriscursus verplicht te moeten volgen.

Student 3: Ik denk wel dat het echt handig is dat jullie het per LPD hebben gekoppeld. Want voor een stage neem je vaak gewoon de cursus van je vakmentor over en volg je dat. Maar als je zelf iets moet opstellen is het soms wel moeilijk om te weten wat je wel of niet moet zien.

Student 6: Het is misschien handiger voor de microteachings dan voor de stages eigenlijk.

Ondervrager 2: Het gaat over de microteachings die je aan het begin van het jaar hebt moeten doen, toen je nog niet veel kennis had. Nu heb je er al wat ervaring in. Maar het gaat over het begin, toen je je eerste microteaching moest geven. Als je dingen vergeten was en deze opnieuw moest opzoeken. Je hebt misschien gekozen voor makkelijkere hoofdstukken?

Student 3: Ik heb de tweede graad genomen.

Student 2: Ik heb mijn expertise genomen. Kernfysica en Arduino programmeren. Dat doe ik veel te graag. Daardoor gaan ze waarschijnlijk microteachings creëren waarbij een onderwerp wordt opgelegd, zoals nu bij fysica.

Student 4: Ik heb ook mijn expertise genomen.

Ondervrager 2: Stel dat je zo'n opfrismodule ter beschikking had. Zou je dan sneller naar een ander onderwerp gegrepen hebben?

Student 1: Nee

Student 2: Hoe bedoel je?

Ondervrager 1: Zou je een ander les onderwerp gekozen hebben, of dezelfde onderwerpen?

Student 1: Altijd het gemak

Ondervrager 2: Dan heeft het misschien toch te maken met de kennis wat ge het beste beheerst? Ik kom bijvoorbeeld zelf van bouwkunde en beheer sterkteleer het beste. Daar kies ik dan toch gemakkelijker voor. Als je het op dat opzicht bekijkt, zou het wel te maken kunnen hebben met zelfvertrouwen of niet? Wat denken jullie?

Student 6: Vooral omdat je dan weet, ik moet die leerplandoelstelling geven en daar hoort die leerstof bij. Nu wist je soms niet wat je wel en niet moest zeggen bij een leerplandoelstelling en waar moet ik beginnen? Als je zo'n overzicht als de opfriscursus hebt, weet je wel beter wat je moet geven.

Student 1: Klopt, dat is wel handig. Maar ik blijf erbij, als je een keuze mag maken, kies je altijd voor wat je het beste ligt.

Ondervrager 1: Als je dan bijvoorbeeld zo'n onderwerp kreeg waar je geen expertise in had. Voelde je je daar wel minder comfortabel bij? Was je motivatie wel minder om eraan te beginnen?

Student 1: Ja. Dan ga je op zolder op zoek naar je oude cursus.

Ondervrager 1: Als je zo'n document had, met allemaal voorbeelden, filmpjes, links naar websites,... Zou je dan wel het vertrouwen gehad hebben dat het zou lukken?

Student 1: Dat is moeilijk te zeggen, daarvoor zou ik de opfriscursus eerst moeten gebruiken.

Ondervrager 2: Als je dan kijkt naar hoeveel tijd je nu hebt besteed aan een onderwerp waar je weinig van wist? Heb je veel tijd besteed aan het opfrissen van de inhoud van de lessen?

Student 4: Als ik zo'n onderwerp kreeg, was ik meestal 2 uur bezig met youtube filmpjes te kijken. In principe vindt je zoveel, je kan de structuren van youtube filmpjes vaak overnemen voor de structuur van je eigen les. Op basis daarvan heb ik mijn les opgebouwd, je kan uithalen waar je moet beginnen, wat belangrijk is,... Het is een filmpje van 10 minuten waarin alles samen geduwd is. Als je dat uittrekt is die structuur vaak al goed.

Student 1: Mee eens.

Ondervrager 2: Ja, dat is waar.

Ondervrager 1: Als dat allemaal gebundeld zou zijn, waarbij je weet dat een filmpje of ander materiaal aan een leerplan is gekoppeld. Zouden jullie dan sneller voorbereid zijn voor een les?

Gezamenlijk stemmen ze hiermee in.

Ondervrager 2: Heb je in je stage veel experimenten of labo's gedaan?

Student 1: Ja, ik heb een labo gegeven dat ik zelf heb geschreven voor elektriciteit.

Student 4: Een elektriciteit labo, dubbelzijdige gelijkrichters bijvoorbeeld. Dat zit er bij mij nog relatief vers in. (*student is vorig academiejaar afgestudeerd aan industriële ingenieurswetenschappen elektromechanica*)

Ondervrager 2: Je kent waarschijnlijk veel van dat type labo's. Maar stel dat je een labo moet geven dat je niet zelf kan kiezen en wat niet over jouw expertise gaat. Zou een module waarin materiaal, labo's, simulatieprogramma's worden aangeboden een hulp zijn en jullie meer motiveren?

Student 2: Ja natuurlijk.

Student 1: Ja, sowieso, dat gaat altijd een goede basis zijn. Maar hangt er vanaf hoe ver jullie zo'n module willen uitbreiden.

Ondervrager 2: Daarom is ons onderzoek kijken of zo'n module kan helpen. En indien ja, op welke vlakken?

Student 3: Wat ik heel vaak doe, is op online platforms zoals diddit en scoodle, alle cursus bekijken, en daaruit kopiëren. Maar dat valt natuurlijk weg volgend jaar als we zijn afgestudeerd en voor de klas staan. Dus dan is die module ook nog steeds handig.

Ondervrager 2: Uit mijn ervaring, iemand die ook die cursus kan gebruiken, is het niet altijd gemakkelijk om de leerstof aan een leerplandoelstelling te koppelen. Want vaak is dat in de boeken ook niet altijd duidelijk. Maar voor ons onderzoek is de vraag of je meer gemotiveerd en vertrouwd bent om een onderwerp te geven als je zo'n opfriscursus hebt.

Student 4: Absoluut

Student 1: Absoluut, ik denk dat de motivatie groot is als je zo weinig mogelijk werk er moet insteken. Zeker als je al heel wat bronnen ter beschikking hebt. Zeker als je er 2 uur moet insteken in plaats van 6 uur. Dan is de motivatie zeker hoog.

Student 4: Dat zou wel heel veel doen. Zeker als je dan weet dat je ter plekke goed kan inspelen op de vragen van leerlingen.

Student 2: Ook het idee dat de leerplandoelen al gekoppeld zijn aan de inhoud maakt het sneller om je lessen voor te bereiden.

Ondervrager 1 en ondervrager 2: Bedankt voor de feedback!

9.6 Bijlage 6: Transcript interview chemie (Verkorte educatieve master)

De 8 basisvragen van het interview:

Hoe was je zelfvertrouwen aan het begin van je zelfstandige lesgeven? Had dit invloed op je motivatie?

Student 1: Mijn motivatie is er altijd wel geweest. Ik heb altijd graag chemie gedaan, ook op het middelbaar. Het zelfvertrouwen was aan het begin wel gedeeltelijk aanwezig. Ik wist van mezelf dat ik een aantal dingen niet meer kon, maar die heb ik dan voor mezelf opgefrist. Het is dus nooit zo geweest dat ik heel nerveus voor de klas stond, omdat ik van mezelf wist dat ik het goed voorbereid had. Zelfvertrouwen was er dus ook wel omdat ik van mezelf wist dat ik veel moeite deed om alles grondig te kennen. Aan het begin kende ik het misschien niet meer door-en-door maar ik maakte dat dat wel zo is voor dat ik dat voor de klas ging staan. Het zelfvertrouwen om voor de klas er staan was er dus wel, omdat ik dat zelf ook creëerde denk ik.

Student 2: bij mij is het een beetje gelijkaardig maar toch ook een beetje anders. Bij mijn eerste stage ging het supervlot met chemie, dus stond ik ook redelijk zelfzeker voor de klas. Ik begon op dezelfde manier aan mijn 2e stage maar daar waren hier en daar wel stukken die ik miste qua basiskennis. En omdat dat elke keer wel terugkwam, en ik daar elke keer commentaar op kreeg, voelde ik me minder zelfzeker voor de klas. Ik wist gewoon van hier heb ik een foutje gemaakt en daar ga ik op aangerkend worden.

Op welke manier friste je nu je vakkennis op?

Student 2: Ik heb naar de verschillende handboeken gekeken om te kijken hoe dingen ook alweer zaten. Vaak was het ook niet dat ik het echt niet wist, maar hoe ik het uitlegde aan de studenten en dat daar foutjes in kropen. Bijvoorbeeld dat ik iets een oplossing noemde maar het moest eigenlijk een elektrolytenoplossing zijn. Bij zulke details ging ik de mist in.

Student 1: ja uit de cursus of op het internet. Ge zoekt op het hoofdstuk dat ge moet geven en dan krijgt ge een aantal sites. Die bekijkt ge dan en kijkt welke is de meest nuttige en de meest complete voor wat ik moet kennen want er zijn ook veel uitgebreidere sites. Voor een klein aantal hoofdstukken heb ik een deel van een paper gelezen omdat ik wist dat dat over een specifiek iets ging. Bijvoorbeeld reactiviteit van alkanen, die kunnen niet heel veel qua reactiviteit, maar er was wel een paper hoe dat verliep. Die heb ik dan wel voor een stuk gelezen, niet het hele ding natuurlijk. Wat ik ook wel deed was videos opzoeken op youtube. Ge moet natuurlijk ook wel kijken naar wat is een goede video en wat is geen goede video; maar van het middelbaar wist ik ook nog wel welke youtube kanalen goede uitleg gaven en welke maar 50% van de inhoud 'ca va'was. Dus bij een aantal dingen heb ik dat gedaan om de theorie te herhalen

Had je graag een online opfrismodule gehad van de UHasselt als tool om je vakkennis bij te schaven?

Student 2: Ja bij mij zat het probleem niet echt in de leerdoelen maar echt de details dus ik weet niet of een opfrissing van de algemene 'leerdoelen' mij geholpen zou hebben.

Student 1: Beetje stom om hier misschien om te antwoorden aangezien het voor mij niet zo lang geleden is dat ik chemie heb gehad - in het middelbaar maar ook nog in de 1e bachelor heb ik best wel wat chemie gehad- dus de basis zat er bij mij wel redelijk goed

in. Het was bij echt het diepgaande dat ik heb moeten opzoeken. Maar ik ben er wel redelijk zeker van als je mensen hebt die al redelijk lang geen chemie meer hebben gehad, dat het daar wel zeker bij zou helpen als je een leerpad hebt waarbij de basis herhaald werd. Als je voor mij nu bijvoorbeeld een hoofdstuk over organische chemie voorschoteld dan kan ik daar de basis nog wel van maar het diepgaande niet meer. Maar voor iemand die er al langer uit is denk ik dat dit wel heel handig zou kunnen zijn.

Wat wil je dan graag in een online module zien om iets specifiek te herhalen? Hoe kan er voor gezorgd worden dat ook de details worden herhaald?

Student 2: voor mij is het echt een mentor die een paar lessen bij u zit. Daar zou ge echt heel veel van leren. Daar leert ge meer van dan zelf alleen voor de klas te staan. Heel vaak zijn het wel van die algemene dingen als als je iets benoemd, benoem het dan volledig. Ga bijvoorbeeld niet KCl zeggen maar Kaliumchloride. Zo van die algemene details zoals let op de naamgeving, consistent gebruik van beduidende cijfers,...maar zo van die details elke les, keer op keer is moeilijk.

Heeft het gebrek aan zelfzekerheid je ook gelimiteerd in het gebruik van werkvormen? Zou je meer gemotiveerd zijn om te experimenteren met leerstof en lesmateriaal als je een opfrismodule had?

Student 2: Goh mijn vakmentoren van chemie waren zelf heel traditioneel in het lesgeven dus van zodra ik iets meer activerende wilde doen waren ze echt al van 'ja nee laat maar en breng maar gewoon de kennis over dat ze toch zeker de theorie gezien hebben'. Maar als ik het dan vergelijk met biologie, waar ik van mezelf vind dat ik daar veel meer kennis van heb, daar heb ik wel veel meer activerende werkvormen gebruikt en meer als coach kunnen rondlopen in de klas (bv in groepjes gaan meevolgen, meer voorbeelden aanhalen,..). Bij chemie had ik als de kennis iets meer geweest, dat misschien ook kunnen doen.

Helpt het opfrissen van je kennis ook met het linken leggen met de leefwereld?

Student 2: vanuit de basiskennis denk ik ook dat je al veel voorbeelden kan halen. Dat hangt misschien ook van persoon-tot-persoon af. Ikzelf vind wel snel linken tussen de theorie en de leefwereld maar ik merk dat andere personen daar wel moeite mee hebben dus ik denk dat dat heel erg persoonsafhankelijk is.

Merk je al dat het op einde van je stage er minder tijd naar lesvoorbereidingen gaan? Aangezien je dan al minder tijd moet spenderen aan het opfrissen van de vakkennis.

Student 2: jawel dat gaat al een stuk sneller. Maar het is ook dat als je die klas al een aantal keren gehad hebt, dat je weet van 'oke hier kan ik sneller overheen gaan'. Als je bij een stage, maar 1 keer les geeft aan die klas, dan is dat wat moeilijker. Het opfrissen van de kennis ging toen eigenlijk ook vrij snel, maar voor mij is dat ook nog niet zo lang geleden. Ik neem aan dat als je er al jaren uit geweest zijt, dat dat dan wel langer duurt. Student 1: het opfrissen van de kennis van juist hetgene dat ge moet geven is op zich niet zo moeilijk. Het gaat om maar 'leerstof van het middelbaar onderwijs'. Dus stel ge kent er helemaal niks van - ge zijt bijvoorbeeld econoom ofzo - moet die dat met de gepaste voorbereidingstijd ook kunnen. Het zal natuurlijk niet zo diepgaand gaan, dan als ge er wel veel van kent maar het basisniveau moet altijd gegeven kunnen worden, mits

een goede voorbereiding. Ik heb bij mijn ingroeistage les gegeven aan een klas die 12u chemie in een week hadden maar ik moest daar iets geven wat voor de leerlingen nog redelijk nieuw was (alkanen, alkenen, alkynen). En ondanks het feit dat die leerlingen al enorm veel chemie hadden, had ik wel het gevoel van oke ik kan die leerlingen nog gemakkelijk iets bijleren. Maar dat is misschien anders dan als je in een midden van een hoofdstuk inspringt, dan wanneer je het begin mag geven.

Beperkte je jezelf bij de lesvoorbereidingen tot de essentie dan of ging je toch steeds iets meer voorbereiden?

Student 1: ik wist natuurlijk exact wat ik moest geven want ik had de cursus gekregen van de leerkracht. Een zelfgemaakte cursus. Ik zorgde wel dat ik iets meer kon vertellen dan wat er in die cursus stond en ik zocht ook net wat meer op om op eventuele vragen te kunnen antwoorden van wat ik wist dit moeten ze eigenlijk niet te kennen. Heel veel extra heb ik ook niet gedaan want daar had ik de tijd niet voor.

Had je graag een online opfrismodule gehad van de UHasselt als tool om je vakkennis bij te schaven?

Student 1: Als de universiteit effectief een document kan voorzien waarvan zij zeggen 'kijk we hebben dit nagekeken en het bevat betrouwbare bronnen in zowel tekst als film (als ik het nodig had, zou ik het dan wel allemaal bekijken)- zodat je al niet meer effectief moet gaan zoeken naar bronnen. Over heel je stage gezien kan je dan heel wat uren besparen naar het echt zoeken naar materiaal en het vergelijken van materiaal
Student 2: ik denk wel dat dat zou helpen, zeker aan het begin van het jaar omdat we ook vakdidactiek pas hebben in het 2e semester terwijl voor de meeste mensen de stage al begint aan het begin van het jaar, oktober, november.

9.7 Bijlage 7: Transcript interview chemie (LIO student)

Ondervrager 1: We zijn eigenlijk met onze masterproef aan het onderzoeken of kennis samenhangt met zelfzekerheid en motivatie bij het lesgeven. En vandaar dat we ook nog een paar maanden geleden jullie een Google doc hebben laten invullen om hier met zo van ja, hoe zelfzeker sta je voor de klas? Hoe zelfzeker en je om vragen van de leerlingen te beantwoorden? En dan wil ik nu dat het schooljaar afgelopen is nog eens doen om te kijken of dit nu beter gaat.

De eerste vraag naar -Student 1 en 2- en naar jou toe was er nu ook van merk je-- 'Hier is mijn kennis een beetje gatenkaas: daar ben ik dan ook minder gemotiveerd voor of minder zelfzeker om voor de klas te staan. Of denk je, nee, dat maakt mij niet uit?'

Student 3: Nee, Ik heb effectief wel: Als het onderwerp me niet zo vers in mijn geheugen zit, dat ik met een bang hartje voor de klas sta. Voornamelijk omdat ik echt het gevoel heb van ja, die leerlingen doorprikken dat meteen, hé. Ik ben hier een oplichter dat hun blaasjes staat wijs te maken, die weet zelf niet meer waar dat ze mee bezig is. Waar dat ik veel comfortabeler ben om de onderwerpen te geven die wel veel frisser in mijn geheugen zitten, ja.

Ondervrager 1: Ja, nu schooljaar afgelopen is: heb je nu idee van inderdaad: die vakkennis is beter. Ik ga er wel van uit dat het aan het eind van het jaar ook al beter ging dan in het begin van het jaar. Heb je zoiets van oké en nu? Dat helpt om meer gemotiveerd voor de klas te staan, zal ik het zo zeggen.

Student 3: Ja absoluut niet per se meer gemotiveerd voor de klas te staan, maar meer zelfzeker voor de klas te staan, dat wel. Bij de motivatie is er niks veranderd. Ik heb wel meer bevestiging gekregen dat dit de richting is die ik uit wil, maar die staat dus voor mij wel los van de kennisachtergrond. Dat was gewoon de angst van door de mand te vallen voor de leerlingen.

Ondervrager 1: Ja ja, dat snap ik. Jij zegt zelf onderwerpen die al iets langer geleden zijn, ja, hoe, wat deed jij om die op te frissen wat daar gewoon inderdaad, want -Student 1- zei net van ik zocht wel altijd dat ik iets meer kende dan de leerlingen. Maar ja, ik zei van ja, Ik heb mijn diddit boek gewoon boven gehaald, omdat de leerlingen die gebruiken. Hoe doe jij dat om voorkennis bij te spijkeren?

Student 3: In mijn geval is dat heel vaak teruggrijpen naar de boeken die ik eventueel hier nog heb liggen. Gecombineerd met inderdaad zo de boeken die wij waardat wij toegang toe hebben gekregen via de univ. Met al die toegangscode's en een keer kijken van wat voor materiaal wordt er tegenwoordig voorzien?

Mijn grootste obstakel is dat ik aan TSO klassen les geef en voor TSO klasse is er bijna geen materiaal om niet te moeten zeggen, gewoon geen. Met als gevolg dat ik alles van cursussen zelf moet schrijven.

Ja, dus Ik kan wel de figuur, bijvoorbeeld van biogenie voor biologie dan gebruiken. Dat is wel een mooie meevaller. Maar bijvoorbeeld de chemie handboeken zijn eigenlijk al te zware chemie voor In de TSO klassen dan te gaan geven. Die willen echt toegepaste chemie zien, bijvoorbeeld toegepast op schoonheidsverzorging, toegepast op sociale technische wetenschappen. Dat ga ik dan een stuk over voedingsleer, ook wel de basis van redoxreacties, zuur/base enzo.

Maar nee, dat, dat is gewoon gaandeweg week per week. Hoofdstukken opfrissen en leerstof over opfrissen, niet ideaal als je In het grote plaatje wilt denken.

Ondervrager 1: Maar altijd cursussen of heb je ook ontdekt, hoor je van anderen, zeggen van ik. Video's bekijken en ook ik heb ook gedaan trouwens, ik was ook zo YouTube of of chemie leerkrachten weet ik veel wat is dat? Ja, ik vond daar ook mooie video 's van die tutorials. En ja. Een tekst of video of combinatie?

Student 3: Of ja, een combinatie van alles ja en eventueel Als ik echt zoiets had van oh, maar deze is nu echt een heel tof filmpje. Dan verwerkte ik dat ik gewoon ook rechtstreeks als lesmateriaal dat ik zoiets had van wéte wa we zetten het filmpje op in de klas en dan had ik een hele werklíst dat alle leerlingen vragen moesten beantwoorden, terwijl dat we eigenlijk dat filmpje aan het kijken waren. Om ook al een beetje hun gemotiveerd te houden om een filmpje van een kwartier soms te moeten uitzitten. Maar ook om voor hun al aan te geven van: Dit is belangrijk, dit is een belangrijke vraag, Dit is een belangrijk punt.

Zeker toegepaste chemie hebben we het gehad over waterzuivering, waterzuivering komen wel wat chemische processen bij kijken, ook de biologische waterzuivering. En dus daarvoor was een filmpje veel illustratiever dan, ja gewoon fotootjes laten zien en dan?

Ondervrager 1: Ja. Dat is zo

Ja, je zei inderdaad heel in het begin dat je een bang hard had dat je de lesinhoud niet heel goed beheerde. Maakte dat dat ge ook niet ging experimenteren met werkvormen of met leerstof? – Onverstaanbaar -

Student 3: Nee, ik ben effectief veel voorzichtiger geweest In het eerste trimester met activerende werkvormen ik had voor...Ja voor beide lessen in, vooral In de derde graad In de tweede graad, Omdat daar een werkboek was. Macroscoop was da. Heb ik bijvoorbeeld wel wat meer durven experimenteren, Omdat je weet van OK, Maar we gaan ongeveer in die periode. Het hebben over dat thema of dat onderwerp en dan kunt ge al actiever gaan nadenken van oh dit of dit? Wilt je een keer actiever aanpakken, een keer zelf hun in spiegels Laten kijken en ik zeg een experimentje opzetten bijvoorbeeld, of zelfs het verschil tussen de mengsel en een zuivere stof zien. Ja.

Ondervrager 1: Ja OK.

Een deel van de opdracht van de masterproef is inderdaad een leerpad maken en nu hebben we de leerdoelen van de derde graad genomen.

Student 3: Maar ik denk het wel.

Maar ja, Het gaat er inderdaad een beetje vanaf hangen Als je.... (Geluid valt weg)

Die had ik leerpad effectief zodanig maakt dat je uw finaliteit en u graad goed afbakent, dat je ook duidelijk kunt maken of juist daarvan vertrekken om voor een andere finaliteit of een andere graad aan de slag te gaan. Dus ik denk Als ik het genoeg heeft afgebakend dat dat wel juist een meerwaarde kan zijn om concreet aan de slag te gaan voor andere graden en andere finaliteiten.

Snapte wat ik wil zeggen?

Ondervrager 1: Je bedoelt met afgebakend, want nu hebben we inderdaad ASO doelen gepakt gewoon. Dat is dan OK, want dit is ASO en dan kunt ge dan Misschien afzakken tot TSO. Of hoe bedoelt u met afbakenen?

Student 3: Ja op die manier dus, ja, Ik weet iets beter wat dat er In de leerplannen dan staat van TSO, maar eigenlijk hetgeen wat aan jullie dan gemaakt hebben voor ASO, Dat is een ideaal vertrekpunt om dan inderdaad voor TSO.

Ik ben efkes aan het denken van ja, voor onze vakken is PAV minder van toepassing, maar ja, sommige onderwerpen komen ook wel terug in PAV of zo, hè? Beroeps jaren, maar dat dat nog een keer in een andere insteek, hè?

Maar inderdaad overlopen voor ASO niveau. Dat is de meest diepgaande dingen, hè? Die leerpaden of dat leer moeten.

Ondervrager 2: Zouden die leerpaden zich moeten beperken tot de leerstof. Zouden zich moeten beperken tot het leerstof die in het ASO gegeven worden, of moet er zoal extra bijkomen. Want doelpubliek is u masterstudenten waarvan toch verwacht dat ze een heel klein beetje meer kennen. Zou die kennis daar ook in gestopt moeten worden. Of dat er minstens leidraad is van als je meer wilt weten over (het onderwerp): je kunt daar eens gaan kijken.

Student 3: Ik denk Als je gaandeweg merkt dat u uw studenten er wel heel veel interesse in hebben en dat het vooruit gaat dat je wel een soort van uitbreiding of verdiepingsmodule of deel ofwel kunt je zeggen, van ja, kijk we, we zitten in een tijdsgebrek bekijken tijdens als het je interesseert en anders kunt je zeggen.

Ondervrager 2: Het leerpad is niet voor de studenten (leerlingen), maar voor de masterstudenten om kennis mee te herhalen.

Student 3: Allé nee dan denk ik dat Als het u interesseert, hier is de verdieping of de uitbreiding en dat is niet verplicht om te volgen, maar. Ik vind het wel een meerwaarde, want elke klas is anders en als je dan voor een klas staat en één keer kunt zeggen van oh, Dat is een leuke link voor de klas van wetenschappen-wiskunde en dat is een leuke link voor, zeg maar iets economie-talen. Daar zitten die verdieping of die uitbreidings-dingen wel iets concreter bij. Je kunt meer linken leggen naar hun interesses, denk ik dan.

Ondervrager 1: Ja snap ik ook van ja.

Ondervrager 1: Ik heb nog een vraagje wat voorbereidingstijd betreft.

Ja als uw vakkennis, want inderdaad, We hebben heel veel gezien deze dit jaar over les opbouwen en tuurlijk gaat dat gemakkelijker en het OLG gesprek moesten we niet meer volledig uitschrijven op den duur, dat merken we ook. Het gaat gemakkelijker om een les voor te bereiden, nu ik mijn vakkennis ken.

Om mezelf even te nemen, in oktober was ik van, oké, Dit is mijn onderwerp. Ik ben er eerst twee dagen aan het (in)studeren, om te zeggen waar gaat het überhaupt over? En dan denk ik, oké, en nu (de les) opbouwen. Als je denkt, Misschien van oké, dit kan ik, zo hoor ik me net zo boren Omdat je al weet of.

Student 3: Ja, Ik denk wel als je de inhoud al wat meer ingestudeerd hebt of terug meer opgefrist, dan is het inderdaad logischer of gemakkelijker om daar een structuur aan te geven in uw lessenreeks. Want ja.

Dat is wel iets. Dat ik soms een beetje onderschat heb gevonden in de opleiding. Ze spreken altijd over. Je moet een les voorbereiden, maar zo een les geeft zelden maar een les over een bepaald onderwerp. Dat is een lessenreeks. En die die lessen reeks. Dat, Dat is ook zo iets. Helemaal in het begin van het schooljaar heel stevig onderschat, maar die 50 minuten zijn we niet gewoon van in de privé, Alleen daar leeft ge ook op de klok.

Maar die dat bel signaal elke 50 minuten. Dat is echt heel hard wennen en naarmate dat je dan inderdaad meer die inhoud hebt opgefrist, kunt je dan veel beter timen binnen die 50 minuten. Waar dat in het begin van het schooljaar. Ik heel vaak wel voor had van: Ah ja. Ik heb nu nog een 10 minuten over en ja, ik ga gewoon verder met hetgeen dat ik hier klaar heb liggen, maar daar heb ik eigenlijk niks concreet over voorbereid. Of omgekeerd oei :Het is al bel signaal. Ik ben niet rond geraakt met hetgeen ik wou zien, dus uw time management gaat er ook wel heel hard op vooruit. Naarmate dat uw inhoud meer is opgefrist. Ja.

Ondervrager 1: En naar linken met de leefwereld toe. Ik bedoel, gaat dat ook makkelijker? Want ja, nu is het mijn voorbeelden ook maar vaak beperkt tot wat een cursus staat dus, dan als je vragen krijgt, en ja?

Student 3: Ja, die linken vind ik gemakkelijker nu doordat ik mijn leerlingen ken. Dat heeft weinig te maken gehad met de inhoud voor mij. Dus ja, elke klasgroep is anders, zoals als dit je binnen een bepaalde studierichting en op den duur wist ik wel heel goed van ja.

STW interesseert dat iets meer en bij schoonheidsverzorging ga ik daar dees misschien insteken steken of bij mijn lo klassen en mijn sportklassen moet ik over dat onderwerp helemaal niks gaan zeggen, want die gaan allemaal eehhhh. Daar zitten bijvoorbeeld dus die die insteek naar de de interesses en de leefwereld. Dat is eigenlijk puur gekomen doorheen het schooljaar. Met ervaring te krijgen, Waarom hebben die leerlingen eigenlijk voor die studierichting gekozen?

Ondervrager 1: -Student 2- zei op een gegeven moment van: Ja, want ik merkte dat ik vakkennis miste, want er ging een kleine foutjes maken met lesgeven en dan wordt hierop gewezen door een stagementor. Dat klopt er wel niet, maar jij zijt een LIO, jij hebt geen stagementor hoe merkte jij van oké, dit loopt niet gelijk het zo moeten zijn.

Student 3: Daar liep ik tegenaan bij de micro teachings. In combinatie met de keren dat ik dan geobserveerd werd voor de LIO stage, want we krijgen ook wel een aantal observaties, maar die zijn dus veel beperkter en dan heb ik ook wel aangekaart in het LIO traject.

Da dat eigenlijk ook wel niet ideaal is om te groeien, want je krijgt uwe feedback, maar diezelfde persoon komt dus binnen uw heel jaar, uw eerste jaar LIO stage. Ge hebt nog een tweede semester, Alleen nog een bijkomstig semester dus. Het is 1,5 jaar LIO stage.

Maar dus dat eerste jaar? Heb ik bijvoorbeeld telkens een persoon gehad die is komen observeren en Alleen mijn LIO coach is twee keer komen observeren, dus die heeft effectief mijn groei kunnen observeren. Maar voor de rest was daar geen kat die er eigenlijk een beetje achter keek. Of ja, binnen het school wel hè? Want op school zelf heb je ook aanvangsbegeleiding. En, die komen dan wel kijken u. Ik heb ook wel een collega, Alleen een beetje mijn vakmentor toch ook wel? Maar ja, die moet ook haar lessen geven, dus die kwam dan tijdens haar springuur een keer observeren en kijken waar het een en ander kon verbeteren. Maar die zei ook van ja, uw lesgeven is op zich heel goed en qua inhoud, ja, zij is gelimiteerd tot de tweede graad, dus zij kon heel weinig zeggen over concrete inhoud van de derde graad dan.

En zij zei op zich van nee, Maar het is eigenlijk wel dik oke alle gezegd, geen foute dingen. Daar stond ik ook wel op elke les. Dat ik zeker een vast wat dak ik zei, just was?

Student: Kom mij niet schelen Als het misschien een beetje moeilijk, of ja ongestructureerd overkwam, maar qua zeker zijn dat wat dat ik zei dat dat juist was.

Ondervrager 1: Ja knap het, maar ja, nou wat dan naar het over? Ik doe ook zo'n dingen met mijn chemie, zoiets H Cl zeggen en dan als er als ze dan vaak mentor of een stagementor komt kijken niet altijd waterstofchloride. Ja, HCL is op zich niet mis, maar inderdaad als niemand u zegt van, eigenlijk is het beter als je dan Dan blijf je dat dan natuurlijk doen dus dat ja. – Onverstaanbaar -

Student: Ja dus zo van die dingetjes, maar en wat ik? Ja, dat heb ik ook allemaal doorgegeven In de evaluatie bij de LIO 's tijdens een van de micro teachings In het eerste semester ben ik stevig onder vuur genomen geweest over de oude versus de nieuwe naamgeving van (organische) chemische stoffen. Ik heb dat aangekaart bij mijn collega die In de derde graad aan de wetenschapsvakken, allé aan de wetenschapsrichtingen effectief chemie geeft. En die kwam helemaal uit de lucht gevallen. En dan heb ik dat dan nog een keer aangekaart dan ook terug naar de univ. Van binnen de opleiding is het wel heel belangrijk dat als jullie iets weten, dan ga je dat ook aan het werkveld efkes terugkoppelt, want. Als jullie mij dan nu niet hadden gezegd, had ik dan nooit niet geweten en mijn collega die al 10 jaar In het veld staat. Die kwam helemaal uit de lucht gevallen.

En ja, Laten we wel wezen. Hij heeft zijn cursus gebaseerd, of Ik heb mijn micro teachings gebaseerd op hoe dat hij zijn lessen geeft en dat werd dan zo hard afgekraakt. Ja.

Geef die dan niet goed, dus ja, Ik denk wel dat dat een hele goede leerkracht is. Allé als ik hem bezig zie en In de resultaten van de leerlingen en waar dat ze geraken met hun resultaten dan. Hebben die toch wel zeker en vast goed chemie gehad, maar ja. Dus.

Ondervrager 1: Was meer mentoring van de UHasselt dan een oplossing geweest, want je zegt van ja, bij mijn microteachings ben ik erachter gekomen. Maar was het dan een oplossing geweest om ook voor de LIO's (hetzelfde te doen)? Want -Student 2- had eigenlijk dezelfde opmerkingen van ja, Ik had Misschien wel meer mentoring nodig gehad in het begin van of misschien nodig had en begin was dat voor u ook een oplossing geweest dan.

Student: Ik denk inderdaad dat als in begin van het schooljaar of nog ergens in die eerste periode. Kan me inbeelden voor niet LIO's dat dat Misschien eerder valt tussen de herfstvakantie en de kerstvakantie. Wanneer dat je eerst stages doet maar voor de LIO's dat dat echt al ergens in oktober in een keer gebeurd dat er gewoon al iemand een keer langs komt en kijkt van. Oké, hebt je je weg hier al wat gevonden op school.

Om vervolgens dan in het begin van tweede semester ergens in januari of zo nog eens te komen kijken en dan in april bij wijze van spreken. Dan heb je 3 punten waarop dat je echt een een groei kunt (kucht) Sorry, wellicht een groei kunt evalueren eigenlijk, ja.

Ondervrager 1: Oké duidelijk.