



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de wetenschappen en technologie

Masterthesis

Escape the virus: invloed van eduscape rooms op de motivatie van leerlingen

Sien Henkens

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. Wanda GUEDENS



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be
Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2019

2020



School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de wetenschappen en technologie

Masterthesis

Escape the virus: invloed van eduscape rooms op de motivatie van leerlingen

Sien Henkens

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. Wanda GUEDENS

Voorwoord

Wij zijn Sylke Fransis (vakdidactieken fysica en chemie), Sien Henkens, Manfred Molin (vakdidactieken fysica en engineering & technologie) en Jana Voets (vakdidactieken informatica en wiskunde), vier studenten van de educatieve masteropleiding. Samen hebben we voor het onderwerp 'Escape the classroom' gekozen omdat dit ons een interessante werkvorm leek om in te zetten in het onderwijs. Deze interesse is ontstaan doordat iedereen reeds aan een escape room had deelgenomen en ook televisieprogramma's zoals 'De code van Coppens' hebben hieraan bijgedragen. Bovendien sprak het bedenken van puzzels en deze inzetten in onderzoek ons enorm aan. Omdat de groepsleden binnen de educatieve masteropleiding verschillende vakdidactieken volgen, was er veel diversiteit binnen de groep. Dit had tot gevolg dat er uiteenlopende en creatieve puzzels werden bedacht. De eduscape room is opgebouwd rond het vak chemie omwille van de vakkennis van onze promotoren. Hierdoor konden zij ons met de nodige raad bijstaan. Wij willen Kristien Brassine en Wanda Guedens bedanken voor hun vakkennis enerzijds en anderzijds voor hun didactische hulp bij het nalezen van onze thesis. Daarnaast willen we ook het VIIO te Tongeren bedanken voor hun medewerking in het opzetten van onze eduscape room. Echter is de effectieve uitvoering hiervan niet kunnen doorgaan door de lockdown ten gevolge van het Covid-19 virus. We verwachten alsnog dat het onderzoek op een later tijdstip uitgevoerd zal worden. Met de beschreven puzzels, het stappenplan, de hints en de evaluatiecriteria hopen we alvast enkele leerkrachten te kunnen inspireren om zelf een eduscape room toe te passen.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Inhoud.....	5
Tabellenlijst.....	7
Figurenlijst	9
Verklarende woordenlijst	11
Abstract.....	13
1. Escape room.....	15
1.1. Puzzelpaden	15
1.2. Traditionele lessen versus eduscape rooms	17
1.2.1. Sociaal-constructivistische leertheorie in een eduscape room	19
1.3. Richtlijnen voor eduscape rooms	20
1.3.1. Algemene voorwaarden.....	20
1.3.2. Stappenplan.....	20
1.3.3. Opstart	21
1.3.4. Tijdslimiet.....	21
1.3.5. Jaarplan	21
1.3.6. Teamgrootte	21
1.3.7. Puzzels	22
1.3.8. Hints.....	22
1.3.9. Beoordeling.....	23
1.3.10. Debriefing	23
2. Wat is motivatie?	25
2.1. Soorten motivatie.....	25
2.2. Motivatie en gamification	27
3. Hypotheses.....	29
3.1. Pad-niveau.....	29
3.2. Puzzel-niveau	29
4. Zoekplan	31
5. Uitwerking puzzels.....	33
5.1. Puzzelpad: kruiswoordpuzzel	36
5.1.1. Laptop	37
5.1.2. 'Wie is het?'	37
5.2. Puzzelpad: zuren en basen	39
5.2.1. Sleutels	40
5.2.2. Poster en transparanten	40
5.3. Puzzelpad: Jigsaw puzzel	43
5.4. Puzzelpad: zuurconstanten	45
5.4.1. Telefoonboek	46
5.5. Einde.....	47

6.	Hints.....	49
6.1.	Hints: kruiswoordpuzzelpad.....	49
6.1.1.	Inhoudelijke hints	49
6.1.2.	Doorstroom hints	50
6.2.	Hints: zuren en basen puzzelpad	51
6.2.1.	Inhoudelijke hints	51
6.2.2.	Doorstroom hints	51
6.3.	Hints: Jigsaw puzzel	52
6.3.1.	Inhoudelijke hints	52
6.3.2.	Doorstroom hints	53
6.4.	Hints: zuurconstanten puzzelpad	54
6.4.1.	Inhoudelijke hints	54
6.4.2.	Doorstroom hints	54
6.5.	Hints: Einde	54
7.	Bevraging.....	55
8.	Evaluatie	57
9.	Conclusie	59
10.	Literatuurlijst	61
11.	Bijlagen	63
11.1.	Materialenlijst.....	64
11.2.	Periodiek systeem der elementen	65
11.3.	'Wie is het?'-bord	66
11.4.	Oplossing Jigsaw puzzel	67
11.5.	Tabel zuurconstanten	68
11.6.	Evaluatie rubric	69
11.7.	Vragenlijst.....	72
11.7.1.	Vragenlijst vooraf	72
11.7.2.	Vragenlijst achteraf	73
11.8.	Informed consent	75
11.9.	Creatief eindproduct	81
11.9.1.	Sleutels	83
11.9.2.	Poster en transparanten	83

Tabellenlijst

Tabel 1: Voordelen eduscape rooms (Fotaris & Mastoras, n.d.).....	18
Tabel 2: Nadelen eduscape rooms (Fotaris & Mastoras, n.d.).....	18
Tabel 3: Gemeenschappelijke leerplandoelstellingen VVKSO voor ASO en TSO klassen.	33
Tabel 4: Overzicht tijdsindeling eduscape room inclusief uitleg en bevragingen.	35
Tabel 5: Overzichtstabel oplossingen met zuurtegraad.	39
Tabel 6: Hints per oplossingspaar.	52

Figurenlijst

Figuur 1: Visuele voorstelling open, sequentieel en multi-lineair puzzelpad.....	15
Figuur 2: Piramide structuur escape room (hybrid model) (Nicholson, 2015b, p. 18).....	16
Figuur 3: Schematisch overzicht van de verschillende types motivatie volgens de zelfdeterminatietheorie (Vansteenkiste, Sierens, Soenens, & Lens, 2007).	25
Figuur 4: Schematisch overzicht optimaal leerproces (Deci & Ryan, 2000).	26
Figuur 5: Woordwolk met kernwoorden van zoekplan.	31
Figuur 6: Zelf opgestelde puzzelpaden met puzzels gebaseerd op lijst leerplandoelstellingen.	34
Figuur 7: Laatste berichtgeving: envelop onder deur met in te vullen kruiswoordpuzzel.....	36
Figuur 8: Lege kruiswoordpuzzel.	36
Figuur 9: Ingevulde kruiswoordpuzzel.	37
Figuur 10: Boodschap bovenaan scherm laptop.	37
Figuur 11: Aangepast 'Wie is het?'-bord met chemische elementen.	38
Figuur 12: Opgelost 'Wie is het?'-bord met overblijvend He met gekleurde sticker.....	38
Figuur 13: Kleurcode gevormd door ordeningen pH-waardes van hoog naar laag.	39
Figuur 14: Kastje met sleutels en hun kleurcodes.....	40
Figuur 15: Lade van lessenaar geopend met gevonden sleutel.	41
Figuur 16: Transparanten uit lade met streepjes, bolletjes en letters.	41
Figuur 17: Links-boven: Lewis-poster met chemische elementen op. Rechts-boven: Lewis-poster met bijhorende transparanten. Onder: Weergave transparanten in juiste volgorde met voorstelling 'vijf'. ..	42
Figuur 18: Verwijzings-sticker naar hangslot.....	42
Figuur 19: Geknipte Jigsaw puzzel met 18 driehoeken.	43
Figuur 20: Aan elkaar geplakte Jigsaw puzzel.	44
Figuur 21: Achterkant Jigsaw puzzel met nummer '8'.....	44
Figuur 22: Opstelling van drie zuren (salpeterzuur – zwavelzuur – azijnzuur).	45
Figuur 23: Omschrijving bij de drie zuren.	45
Figuur 24: Tabel met zuurconstanten (K_z) met aanduiding zuurconstante salpeterzuur.....	45
Figuur 25: Telefoonboek.....	46
Figuur 26: Links: GSM-nummer vakcollega op pagina 100. Rechts: Aanduiding positie nummer op cijferslot.....	46
Figuur 27: 4-cijferig hangslot.	47
Figuur 28: Hangslot met gekleurde cijferaanduiding en openingscode.	48
Figuur 29: Inhoud tas: vaccin flacons met enkele spuiten.	48
Figuur 30: Voorbeeld hint elektronenconfiguratie.....	52

Verklarende woordenlijst

Afkorting	Verklaring
ASO	Algemeen Secundair Onderwijs
TSO	Technisch Secundair Onderwijs
TW	Techniek-Wetenschappen
FTA	Farmaceutisch-Technisch Assistent
GWW	Gezondheids- en WelzijnsWetenschappen
IW	Industriële Wetenschappen
VVKSO	Vlaams Verbond van het Katholiek Secundair Onderwijs
PSE	Periodiek Systeem der Elementen

Abstract

Deze masterproef onderzoekt de impact van verschillende soorten puzzels en puzzelpaden in een educatieve escape room (eduscape room) op de motivatie van leerlingen uit het secundair onderwijs. Daarbij is gekozen voor het vak chemie bij TSO en ASO leerlingen uit het zesde jaar secundair onderwijs, een doelgroep waarbij nog niet veel onderzoek is verricht rond eduscape rooms.

Om de impact op de motivatie van leerlingen te onderzoeken, is eerst een literatuurstudie uitgevoerd waaruit blijkt dat educatieve escaperooms bijdragen aan de motivatie van studenten en leerlingen. Een escape room in het onderwijs is een relatief nieuwe werkvorm gebaseerd op het concept *gamification* dat motivatie bevordert. Artikels rond ervaringen en het proces van het ontwerpen van educatieve escape rooms werden geanalyseerd om verschillende soorten puzzels en puzzelpaden te ontwikkelen rond chemie. Ook de initiële begeleiding, het gebruik van hints en evaluatiecriteria zijn uitgewerkt. Een belangrijk aspect bij het opzetten van de eduscape room was de haalbaarheid wat betreft logistiek, kosten, veiligheid voor de spelers en de tijdsbesteding. De puzzels zijn bedoeld om met voorkennis opgelost te worden aan het einde van het secundair onderwijs. De puzzels zijn gebaseerd op gemeenschappelijke doelstellingen van de derde graad TSO en ASO van het vak chemie. Hierdoor kan de eduscape room in beide onderwijsvormen aangeboden worden.

Ondanks het feit dat het onderzoek goed vorderde, konden in deze masterproef geen experimentele resultaten weergegeven en besproken worden. Vanaf 16 maart 2020 werden namelijk alle scholen gesloten om de verspreiding van het Covid-19 virus af te remmen. Hypotheses, die later getoetst kunnen worden in een live setting, werden uitgeschreven. We hopen en verwachten dat dit onderzoek volgend schooljaar, 2020 – 2021, kan voortgezet worden.

1. Escape room

In 2007 werd in Japan de eerste *escape game* georganiseerd. Dit was een escape room die uit één kamer bestond en vijf tot zes deelnemers toeliet (Nicholson, 2015b). Vanaf 2012 groeide de interesse voor escape rooms in Azië en later in heel de wereld.

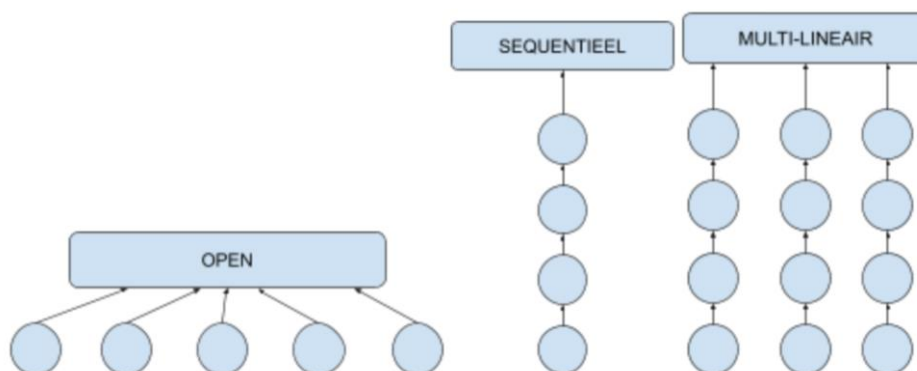
Een escape room is een spel voor een groep mensen met als doel om binnen een gegeven tijdslimiet te ontsnappen uit een kamer (meestal binnen één uur) (Wiemker, Elumir, & Clare, 2015). Om dit te doen, moeten de spelers eerst aanwijzingen en objecten vinden die noodzakelijk zijn bij het oplossen van de puzzels. Het oplossen van de puzzels vergt creativiteit en verschillende aanpakken (Wiemker et al., 2015).

1.1. Puzzelpaden

Om zelf een escape room te ontwikkelen zijn puzzels en raadsels noodzakelijk. Tijdens de ontwikkeling van een escape room moeten keuzes gemaakt worden rond puzzelvormen en -paden. De drie meest voorkomende puzzelvormen en -paden zijn, weergegeven in Figuur 1. Nicholson (2015b) vermeldt hierbij welk puzzelpad het meeste voorkomt:

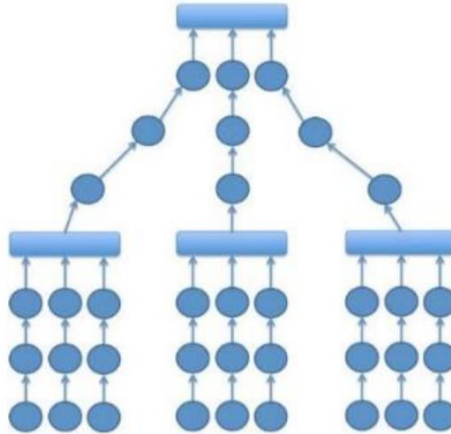
- een sequentieel pad (37% van de escape rooms),
- een open pad (13% van de escape rooms),
- een multi-lineair pad (45% van de escape rooms),
- en een hybrid model (5% van de escape rooms).

Bij een open puzzelpad hebben de spelers in de kamer de mogelijkheid om een aantal puzzels tegelijkertijd op te lossen. Door het oplossen van de puzzels, krijgen ze een stuk van de eindoplossing in handen. De volgorde ligt niet vast en de puzzels staan op zichzelf (Nicholson, 2015b). Zowel het sequentiële- als het multi-lineaire puzzelpad maken gebruik van een pad van puzzels, dat een deel van de oplossing bevat, waarbij de ene puzzel nodig is om de volgende puzzel op te lossen. Een sequentieel puzzelpad werkt het beste in kleine kamers of wanneer puzzels eisen dat het hele team samen moet werken. Doordat 82% van het totaal aantal escape rooms bestaat uit één van deze varianten (sequentieel of multi-lineair), is het duidelijk dat organisatoren een voorkeur hebben voor puzzelpaden die uit meerdere puzzels bestaan (Nicholson, 2015b).



Figuur 1: Visuele voorstelling open, sequentieel en multi-lineair puzzelpad.

Een hybrid model heeft geen regelmatige vorm: in sommige gevallen start de escape room met enkele puzzels in sequentie, waarna het aantal paden uitbreidt, maar het omgekeerde kan evenzeer (Nicholson, 2015b). Een andere hybrid model is de piramide structuur, waarbij de escape room start met meerdere paden (multi-lineair) die in groepjes tot een resultaat komen, waarna vanuit deze resultaten een nieuw multi-lineair pad ontstaat zoals weergegeven in Figuur 2 (Nicholson, 2015b).



Figuur 2: Piramide structuur escape room (hybrid model) (Nicholson, 2015b, p. 18).

Een multi-lineair puzzelpad biedt een aantal opties aan de speler. Zo kunnen zij zich als team opsplitsen en de puzzels onder elkaar verdelen. Dit betekent dat het team aan meerdere puzzels tegelijkertijd kan werken (Nicholson, 2015b). De volgorde waarin de puzzels opgelost moeten worden kan enerzijds vrij gelaten worden zodat het team zelf op zoek moet gaan en de oplossingen van de puzzels zelf moet rangschikken om verder te raken. Anderzijds kan de volgorde volgens López-Pernas et al. vastgelegd worden om drie redenen (López-Pernas, Barra, & Quemada, 2019):

- 1) De vaste volgorde dwingt teams om gelijktijdig aan dezelfde puzzels te werken op verschillende plekken in het lokaal zodat de inhoud gelijk blijft.
- 2) Lineaire paden vereisen minder begeleiding.
- 3) De voortgang en prestaties van de teams kan eenvoudig gevolgd worden en met de andere teams vergeleken worden.

Elk puzzelpad is opgebouwd uit een puzzel of meerdere achtereenvolgende puzzels. Volgens Nicholson (2015b) zijn de meest voorkomende oplossingsstrategieën voor puzzels:

- het zoeken van verborgen objecten (in 78% van de escape rooms),
- het communiceren in groep (in 58% van de escape rooms),
- het gebruiken van blacklights (in 54% van de escape rooms),
- het gebruiken van rekenkundige bewerkingen (in 53% van de escape rooms).

1.2. Traditionele lessen versus eduscape rooms

Educatieve escape rooms of eduscape rooms als activerende werkvorm gaan uit van reguliere escape rooms met educatieve elementen. Daarbij wordt leerstof aangeboden op een spel-gebaseerde manier, gekoppeld aan de algemene interesses van leerlingen in een bepaalde leeftijdsgroep (Steinprinz, Kronberga, & Salgado, n.d.). Vanuit deze interesses wordt de natuurlijke nieuwsgierigheid aangesproken in het leerproces (Steinprinz et al., n.d.).

Doorheen de jaren zijn het aantal projecten rond eduscape rooms toegenomen. Zo heeft het Erasmus+ project 'Looking @ Learning' 15 rooms in Letland, Nederland en Spanje opgezet in o.a. jongerencentra, basisscholen, middelbare scholen en universiteiten (Steinprinz et al., n.d.). Ook buiten Europa worden escape rooms in het onderwijs gebruikt. Uit eerdere onderzoeken blijkt dat studenten eduscape rooms verkiezen boven het krijgen van traditionele lessen (Borrego, Fernández, Blanes, & Robles, 2017). Bovendien ervaren ze eduscape rooms als een waardevolle leerervaring. Zo noemen ze deze in hun eigen woorden: uitdagend, veeleisend, interessant en bovenal erg grappig (Borrego et al., 2017).

Leerstof verwerken op basis van games heeft positieve effecten op de aandacht, het plezier, de interesse en de motivatie van leerlingen (Fotaris & Mastoras, n.d.). Uit onderzoek onder de deelnemers van een eduscape room, kwam een hoog percentage aan positieve indicatoren naar boven: gemiddeld voelde meer dan 80% van de deelnemers zich positief, verantwoordelijk, geïnspireerd en geïnteresseerd gedurende de leerervaring in de eduscape room (Steinprinz et al., n.d.). In een andere studie van 40 personen gaf 67% aan dat een eduscape room de leerlingen actiever liet zijn dan in een traditioneel les in een klaslokaal. In vergelijking met klassieke escape rooms ervaarde 62% van de bevroegden in de eduscape room een soortgelijke sensatie. Ook beveelt 80% deze activiteit in de klas aan omwille van de ervaring (Dietrich, 2018). Een andere studie spreekt dan weer van 90,5% van de studenten die hun eduscape room, rond fysica, zouden aanbevelen en 95,2% zegt dat ze voor andere vakken dan fysica hetzelfde principe ook wel eens zouden willen toepassen (Sárközi & Vörös, 2017).

López-Pernas et al. (2019) lieten studenten na afloop van een eduscape room een evaluatie-enquête invullen. De studenten markeerden hierbij op een schaal van 1 = 'poor' tot 5 = 'very good' of ze het eens of oneens waren met een stelling. De resultaten van de enquête gaven aan dat studenten een zeer positieve algemene mening (gemiddeld 4,3 met standaarddeviatie $\sigma = 0,8$) en een leuke ervaring (gemiddeld 4,2 met $\sigma = 1,1$) hadden (López-Pernas et al., 2019). Bovendien zijn de leerlingen meer betrokken bij de leerinhouden. Zelf geven ze aan dat de eduscape room hun kennis over de onderwerpen licht verbeterde (Guigon, Humeau, & Vermeulen, 2017; López-Pernas et al., 2019; Woolfolk, Winne, & Perry, 2016). Leerlingen van een middelbare school in Maleisië hebben deelgenomen aan een eduscape room waarbij chemische proeven uitgevoerd moesten worden om te kunnen ontsnappen. Achteraf scoorden ze de eduscape room een 4,5 op 5 in tegenstelling tot de traditionele lessen die een 3,5 op 5 kregen. Dit puntenverschil was volgens Nguyen (2018) te wijten aan een verhoogde motivatie. Om na te gaan of de eduscape room het begrip van groene technologie-concepten van de leerlingen in een middelbare school in Maleisië effectief had verbeterd, werd bij dezelfde studenten vóór en na een test afgenomen. Daarbij stegen de resultaten van 58 naar 74% (Nguyen, 2018). Dit is logisch te verklaren doordat de concepten herhaald of inge oefend werden in de eduscape room.

Fotaris et al. (n.d.) bekeken 68 onderzoeken en vonden dat al deze onderzoeken ten minste één voordeel rapporteerden van eduscape rooms ten opzichte van traditionele lessen, maar de meeste vermeldden er meer (Fotaris & Mastoras, n.d.). Ze vonden volgende voordelen (Tabel 1) bij eduscape rooms:

Tabel 1: Voordelen eduscape rooms (Fotaris & Mastoras, n.d.).

De voordelen van eduscape rooms	Aantal studies waarin voordeel genoemd werd	Percentage aantal studies (totaal 68)
Teamwork	28	41,2%
Plezier	26	38,3%
Inzet	22	32,4%
Motivatie	20	29,4%
Sociale interactie en communicatie	19	27,9%
Probleemoplossend denken	11	16,2%
Creativiteit	7	10,3%
Herbruikbaar	7	10,3%

Enkele nadelen bij het gebruik van educatieve escape rooms (Tabel 2) werden gerapporteerd door 48 van de geselecteerde 68 geselecteerde onderzoeken (70,6%):

Tabel 2: Nadelen eduscape rooms (Fotaris & Mastoras, n.d.).

De nadelen van eduscape rooms	Aantal studies waarin voordeel genoemd werd	Percentage aantal studies (totaal 48)
Moeilijk te evalueren	23	33,8%
Tijdsbesteding	17	25,0%
Plaats	10	14,7%

Hiernaast speelt de leerkracht ook een belangrijke rol zowel voor de begeleiding als voor de motivatie van de leerlingen. De leerkracht neemt de rol van 'organisator' op zich zoals bij een hedendaagse escape room. Dit wil zeggen dat de leerkracht tijdig zal ingrijpen, met tips en hints, om de leerlingen bij te sturen, zodat ze voldoende gemotiveerd blijven. Hierdoor is de leerkracht ook een coach. Hij of zij stimuleert, geeft advies en helpt de leerlingen waar nodig in het leerproces.

Veel leerkrachten hebben na de bouw van hun eduscape rooms aangegeven dat het de moeite waard was, met name omdat de leeruitkomsten zeer indrukwekkend waren. Verrassend genoeg is het de betrokken leerkrachten gelukt om met weinig kosten eduscape rooms te bouwen, waarbij gemiddeld 20 tot 50 euro is uitgegeven (Steinprinz et al., n.d.). Niet-digitale escape rooms worden meestal (76,5%) gebruikt als eduscape rooms omwille van de lage kosten en de snelle opbouw. Daarbij wordt meestal uitgegaan van een gewoon klaslokaal of labo (44,2%).

1.2.1. Sociaal-constructivistische leertheorie in een eduscape room

Pedagogisch gezien passen de eduscape rooms in de sociaal-constructivistische leertheorie. In deze leertheorie is leren constructief, cumulatief, zelf-gereguleerd/ actief, doelgericht, gesitueerd, collaboratief en individueel verschillend. Leeromgevingen die deze kenmerken realiseren, worden 'krachtige leeromgevingen' genoemd (Struyven & Janssens, 2007). Vertaald naar een eduscape room construeert de lerende zelf kennis door informatie uit de puzzels te interpreteren, te bewerken en te toetsen aan de bestaande kennisstructuren. De leerling bouwt verder op deze bestaande kennisstructuren (cumulatief). De leerling heeft het leerproces in eigen handen en neemt verantwoordelijkheid op voor zijn leerproces. Dit doet de lerende door gebruik te maken van metacognitieve strategieën (eigen inzicht van het HOE-leren), door ontbrekende kennis, nodig om puzzels op te lossen, op te zoeken of via hints te verkrijgen (zelfsturend/actief). De leerling moet bewust zijn van de doelstellingen van een eduscape room en moet zich identificeren met leerdoelen om het leerproces te optimaliseren. De eduscape room wordt best geplaatst in een (culturele) context waarin de lerende zich bevindt en waarin hij of zij de aangeleerde kennis en vaardigheden kan toepassen (gesitueerd). In het sociaal constructivisme is het belangrijk dat lerenden interactie hebben met andere lerenden. De eduscape room wordt doorlopen in groep waardoor de leerlingen onderling kunnen discussiëren over de puzzels. Op deze manier komen ze met elkaars hulp tot nieuwe informatie, inzichten en vaardigheden die tot leren leiden (coöperatief). Samenwerking tussen leerlingen kan moeilijk verlopen indien er leerlingen met een spectrum stoornis problematiek in de groep zitten. Echter zijn eduscape rooms nog vrij nieuw waardoor het omgaan met zulke problematiek nog niet nader onderzocht is. Het eindresultaat van het leerproces is voor iedere leerling individueel verschillend door verschillen in persoonskenmerken, cognitieve mogelijkheden, ontwikkelde meta-cognitieve strategieën, opgedane (leer)ervaringen, etc. In een eduscape room zullen leerlingen samenwerken en zal iedere leerling bijdragen tot het groepsresultaat. Leerkrachten kunnen de leerlingen helpen om het beste uit een groepsproces te halen door groepsdynamiek en mogelijke verdeling van taken te bespreken. Daarnaast lijken eduscape rooms de theorie van Dale te bevestigen, dat leren wordt bevorderd door concrete actie, een simulatie (Guigon et al., 2017). Als de taken relevant, uitdagend en in reële, authentieke en herkenbare situaties passen, zullen de studenten meer intrinsiek gemotiveerd zijn en zal de kennistransfer vergroten. In sectie 2 wordt dieper ingegaan op de motivatie van leerlingen en de verschillende vormen van motivatie.

1.3. Richtlijnen voor eduscape rooms

De eduscape room ontwikkelen kent verschillende uitdagingen voor een leerkracht: experimenten vormgeven die interessant, leuk en leerrijk zijn én binnen een beperkte tijdspanne uitgevoerd kunnen worden (Nguyen, 2018). Daarnaast vraagt het een aanzienlijke hoeveelheid tijd en energie om een escape room, en dus ook een eduscape room, te creëren en ontwikkelen (Steinprinz et al., n.d.). Hiernaast moet er bij het opzetten van eduscape rooms met nog andere factoren rekening gehouden worden. Hieronder wordt een opsomming gegeven van veel gebruikte richtlijnen uit de literatuur die gevolgd kunnen worden.

1.3.1. Algemene voorwaarden

Volgens deelnemers, pedagogen en experts dienen eduscape rooms aan enkele voorwaarden te voldoen om binnen een breed scala aan educatieve velden, zoals scholen (lager, middelbaar en hoger onderwijs), kinderdagverblijven, culturele en jongerencentra, toegepast te kunnen worden (Steinprinz et al., n.d.):

- De lerenden moeten centraal staan – het is gebaseerd op de behoeften van de lerenden en geeft de lerenden de verantwoordelijkheid over het leerproces.
- De lerenden moeten aangemoedigd worden om te onderzoeken, uit te proberen en te mogen falen, waarbij ze gebruik maken van hun nieuwsgierigheid en creativiteit.
- De lerenden moeten aangemoedigd worden om actief te participeren en te zoeken naar eigen antwoorden, volgens hun eigen competenties en leerstijlen.
- Eduscape rooms moeten omgevingen zijn waarin de leerkracht een begeleider is van het leerproces, door monitoring en interactie, maar alleen als de lerende daar om vraagt.
- Eduscape rooms moeten gebruik maken van diverse (creatieve) materialen en de creativiteit ondersteunen.
- Eduscape rooms moeten ruimte bieden om verschillende leerstijlen volgens Kolb (Profcoaches, 2012) te doorlopen. De voorkeur leerstijlen van Kolb zijn opgedeeld in doeners, dromers (waarnemers), denkers en beslissers (toepassers). De beslisser is vooral geïnteresseerd in het praktische nut. De denker is gebaat bij intellectuele uitdagingen. De doener wordt geprikkeld met een praktische opdracht en de dromer wordt getriggerd wanneer hij of zij geconfronteerd wordt met verschillende visies om een probleem op te lossen.

1.3.2. Stappenplan

Voor het ontwerpen van een eduscape room worden negen stappen gegeven. Echter, de volgorde van de stappen kan wijzigen afhankelijk van de tot stand gekomen verhaallijn. Ofwel worden de puzzels gemaakt op basis van een vooraf gekozen verhaal ofwel wordt het verhaal gebaseerd op de gemaakte puzzels (López-Pernas et al., 2019).

- 1) Bespreek en bepaal hoe de eduscape room moet worden geïntegreerd in de cursus, wat de vereisten zijn en zet een algemeen ontwerp op.
- 2) Bepaal de specifieke leerdoelen van de cursus die terugkomen in de educatieve escape room.
- 3) Bepaal wat voor soort puzzel het meest geschikt is om elk leerdoel te dienen en bepaal de tijdsbesteding die nodig is per puzzel.
- 4) Belangrijk is om een boeiend verhaal te bedenken dat compatibel is met de inhoud van de cursus.
- 5) Ontwerp en bouw de puzzels en puzzelpaden, inclusief de hints en de middelen die nodig zijn.

- 6) Test elke puzzel afzonderlijk uit.
- 7) Voer een simulatie uit om de hele opstelling te testen in een echte omgeving.
- 8) Pas de educatieve escape room waar nodig aan op basis van de simulatie.
- 9) Verzamel feedback van de studenten om de activiteit te verbeteren.

1.3.3. Opstart

Het voorzien van een sterke initiële begeleiding door de leerkracht is cruciaal aangezien verwarring bij de start ervoor kan zorgen dat veel tijd verloren gaat, wat kan leiden tot frustraties. Om dit aan te pakken moet uitgelegd worden wat het opzet en het doel van de eduscape room is, wat de eerste acties zijn die de deelnemers moeten ondernemen en hoe ze om hulp kunnen vragen (López-Pernas et al., 2019).

1.3.4. Tijdslimiet

Een eduscape room kan in verschillende vormen en maten voorkomen. Afhankelijk van het aantal puzzels, de verhaallijn, de groepsgrootte enzovoort, is een andere tijdslimiet noodzakelijk. Veel terugkomende escape en eduscape rooms hebben een tijdslimiet die varieert van 15 minuten tot 2 uur. Uit onderzoek blijkt dat 36,5% van de eduscape rooms één uur duren en 30,8% van 30 tot 50 minuten benutten (Fotaris & Mastoras, n.d.). Omdat voor leerlingen een tijdslimiet een belangrijke factor speelt binnen escape games, maar ook bij traditionele taken en toetsen, is het noodzakelijk om als leerkracht hier rekening mee te houden. Werken met een tijdslimiet creëert tijdsdruk voor de leerlingen, zij dienen hiermee te leren omgaan, en kunnen tegelijkertijd testen hoe goed ze de kennis beheersen. Bij een eduscape room is het doel dat de leerlingen alle leerdoelen behalen en dus ook zo goed als elke puzzel kunnen oplossen. Wanneer de tijdslimiet dit niet toelaat is het opzet van deze eduscape room niet geslaagd. De leerkracht kan hier op inspelen door tijdens het spel aanwijzingen te geven. Anderzijds is het ook belangrijk om de puzzels op voorhand te testen en na te gaan of de vooropgestelde tijdslimiet wel haalbaar is. Puzzels aanpassen, van volgorde veranderen enzovoort zijn nog enkele voorbeelden waarbij tijd bespaard kan worden (Steinprinz et al., n.d.).

1.3.5. Jaarplan

De combinatie van het opstellen/opbouwen, het uitvoeren en terug afbreken van de eduscape room neemt veel tijd in beslag. Daarom is het belangrijk dat dit tijdig en correct wordt ingepland in de jaarplanning aangezien een eduscape room geen vereiste is van het leerplan. Een eduscape room kan op verschillende momenten ingepland worden, zowel doorheen het jaar, om nieuwe leerplandoelstellingen aan te leren, als op het einde van het jaar, als herhaling van de geziene leerstof. Daarbij is het aan te raden om de eduscape room voor verschillende klassen te gebruiken (Nguyen, 2018).

1.3.6. Teamgrootte

In 27,5% van de escape games bestaat de teamgrootte uit vijf personen. Hierbij kunnen de leerlingen in een team verschillende rollen krijgen zoals teamleider, tijdsbewaker, uitvoerder, verslaggever en observator (Fotaris & Mastoras, n.d.).

1.3.7. Puzzels

Ontsnappen uit een eduscape room kan door puzzels en raadsels op te lossen. Bij het ontwerpen en bedenken van deze puzzels kan rekening gehouden worden met een aantal factoren:

- De moeilijkheidsgraad van de puzzels moet aangepast worden aan de doelgroep: te eenvoudige puzzels zullen snel vervelen, terwijl een te moeilijk niveau kan leiden tot frustratie of zelfs angst. Hulplijnen zijn dan nodig om de studenten een succeservaring te geven bijvoorbeeld door het geven van een beperkt aantal hints of een straf opleggen (in de vorm van tijdsvermindering of strafpunten) als er om hulp gevraagd wordt (López-Pernas et al., 2019).
- Het aantal moeilijke raadsels, vooral die met intellectuele uitdagende inhoud, moet beperkt worden tot maximaal drie of vier en afgewisseld worden met makkelijke raadsels (Borrego et al., 2017).
- De eerste puzzels moeten gemakkelijker zijn voor een vlotte start (López-Pernas et al., 2019).
- Indien mogelijk moet er de mogelijkheid zijn om tegelijkertijd met verschillende raadsels te werken om zo het tempo en de activiteit te verhogen (Borrego et al., 2017).
- De puzzels moeten oplosbaar zijn zonder extra kennis (Elzen, 2019).
- De puzzels moeten leuk zijn om op te lossen en een mooi eindresultaat weergeven (Elzen, 2019).
- Een puzzel mag slechts éénmaal gebruikt worden en moet deel zijn van de oplossing (Elzen, 2019).
- De opdrachten mogen geen spellingsfouten bevatten (Elzen, 2019).

De gebruikte spellen of puzzels kunnen zowel digitaal als niet-digitaal aangeboden worden. Daarnaast bestaan er meerdere types van escape games zoals escape boeken, breakout boxen, puzzeljachten enzovoort (Fotaris & Mastoras, n.d.).

1.3.8. Hints

Aangezien de meeste escape rooms bestaan uit puzzelpaden opgebouwd uit meerdere puzzels, is het belangrijk dat het spel steeds vooruitgang boekt. Tijdens het verloop van het spel is het daarom ook belangrijk dat de deelnemers in een staat van doorstroming blijven (Nicholson, 2015b). Om deze doorstroming te garanderen, kunnen de organisatoren ingrijpen en hulp van buitenaf bieden aan de deelnemers, bijvoorbeeld wanneer een groep te veel tijd investeert aan dezelfde puzzel en zo speeltijd verloren gaat om de overige puzzels op te lossen. 82% van de escape rooms voorzien een mogelijkheid om de deelnemers terug op de goede weg te helpen. Dit gebeurt voornamelijk door het monitoren van de deelnemers via een camera of door als organisator zelf in de kamer bij deelnemers te blijven (Nicholson, 2015b). Hoe een team hints kan verkrijgen, kan variëren. Een mogelijkheid is om de leerlingen een korte quiz via een app te laten afleggen over leerstof. Bij vier van de vijf correct beantwoorde vragen, krijgen ze een hint. Sommige hints kunnen gratis zijn, dit wil zeggen dat er geen tijd moet worden ingeleverd.

Belangrijk is vooral dat de hints op voorhand voorzien zijn door de leerkracht en dat duidelijk afgesproken wordt hoe hints verkregen kunnen worden (López-Pernas et al., 2019). De leerkracht moet als goede organisator ook zorgen dat de deelnemers op eigen kracht omgaan met de puzzels. Deze persoon mag enkel tussenkomen wanneer de frustraties van de deelnemers te groot worden (Nicholson, 2015b). Het geven van hints varieert dus tussen de verschillende groepen om uitdaging te stimuleren. De meest voorkomende manier om te bepalen wanneer de deelnemers een hint nodig hebben, is door hen dit zelf te laten aangeven (Nicholson, 2015b).

1.3.9. Beoordeling

Wanneer een escape room gebruikt wordt om leerstof te verwerken, moet de uiteindelijke kennis van deze leerstof gecontroleerd worden. De beoordeling van studenten aan de hand van een eduscape room blijkt echter een groot heikel punt. Eén optie is om de eduscape room als een activiteit zonder punten aan te bieden (Borrego et al., 2017). Het ontbreken van een cijfer kan echter nadelig zijn om de studenten te motiveren om het bijbehorende cursusmateriaal te bekijken. Dit cursusmateriaal is een sleutelfactor voor het succesvol doorlopen van de eduscape room (Borrego et al., 2017).

Een beoordeling met punten kan door nauwkeurig informatie te verzamelen. Deze informatie is zowel gebaseerd op het uiteindelijke resultaat als op de behaalde individuele leerdoelen. Leraren kunnen de cijfers aanpassen, afhankelijk van het aantal hints dat door een team is aangevraagd en hoe goed studenten hebben samengewerkt, welke rollen zij binnen hun teams vervulden en wat hun individuele bijdrage is. Hier moeten betrouwbare, valide, eerlijke en efficiënte criteria voor opgesteld worden (Borrego et al., 2017). Omdat een eduscape room voor de meeste leerkrachten en leerlingen een nieuwe activiteit zal zijn, moet een zorgvuldig beoordelingsschema opgesteld worden. Daarnaast is het belangrijk dat dit schema, en de onderdelen waarop beoordeeld zal worden, duidelijk wordt uitgelegd aan de leerlingen voordat de eduscape room van start gaat. Op deze manier wordt voorkomen dat studenten niet betrokken zijn bij de activiteit (López-Pernas et al., 2019).

1.3.10. Debriefing

Om de bijdrage van een eduscape room aan het niveau van de vaardigheden en kennis van leerlingen te evalueren, kunnen ook op verschillende sleutelmomenten formulieren of toetsen uitgedeeld worden aan de studenten: één voor de sessie, zodat ze inzicht hebben in hun kennisniveau; een vragenformulier net na de eduscape room, om gevoelens te verzamelen en om te weten of deze ervaring de verwerving van bepaalde begrippen van de cursus heeft vergemakkelijkt; en ten slotte een laatste formulier net na de debriefing (Guigon et al., 2017). Deze laatste vragenlijst maakt het mogelijk om te beoordelen of de bijdrage van de debriefing, waarbij het groepsproces en de oplossingen van de puzzels besproken worden (niet elke leerling binnen één team heeft noodzakelijk alle puzzels opgelost), de kennis en vaardigheden van de leerlingen heeft verbeterd (Guigon et al., 2017; Steinprinz et al., n.d.).

Een debriefing na een eduscape room geeft de mogelijkheid om (Steinprinz et al., n.d.):

- de ervaring te delen met elkaar;
- individuele resultaten en toegepaste oplossingen voor afzonderlijke taken te evalueren, om zo een gedeeld begrip te vormen van het gehele proces;
- de deelnemers te evalueren en om vast te stellen of ze leerdoelen, waar mogelijk, hebben bereikt;
- verschillende oplossingen voor afzonderlijke taken met elkaar te delen;
- het verhaal van de eduscape room af te sluiten en zo betekenis te geven aan het gehele leerproces.

Door gebruik te maken van een debriefing, kunnen ervaringen en opmerkingen van de leerlingen en leerkracht gedeeld worden. Hiermee kan de leerkracht rekening houden bij nieuwe eduscape rooms of wanneer deze opnieuw gebruikt zal worden bij een ander team (Steinprinz et al., n.d.). Daarnaast kan uit de debriefing ook de motivatie van de leerlingen afgeleid worden. Hier zal in het volgende hoofdstuk verder op ingegaan worden.

2. Wat is motivatie?

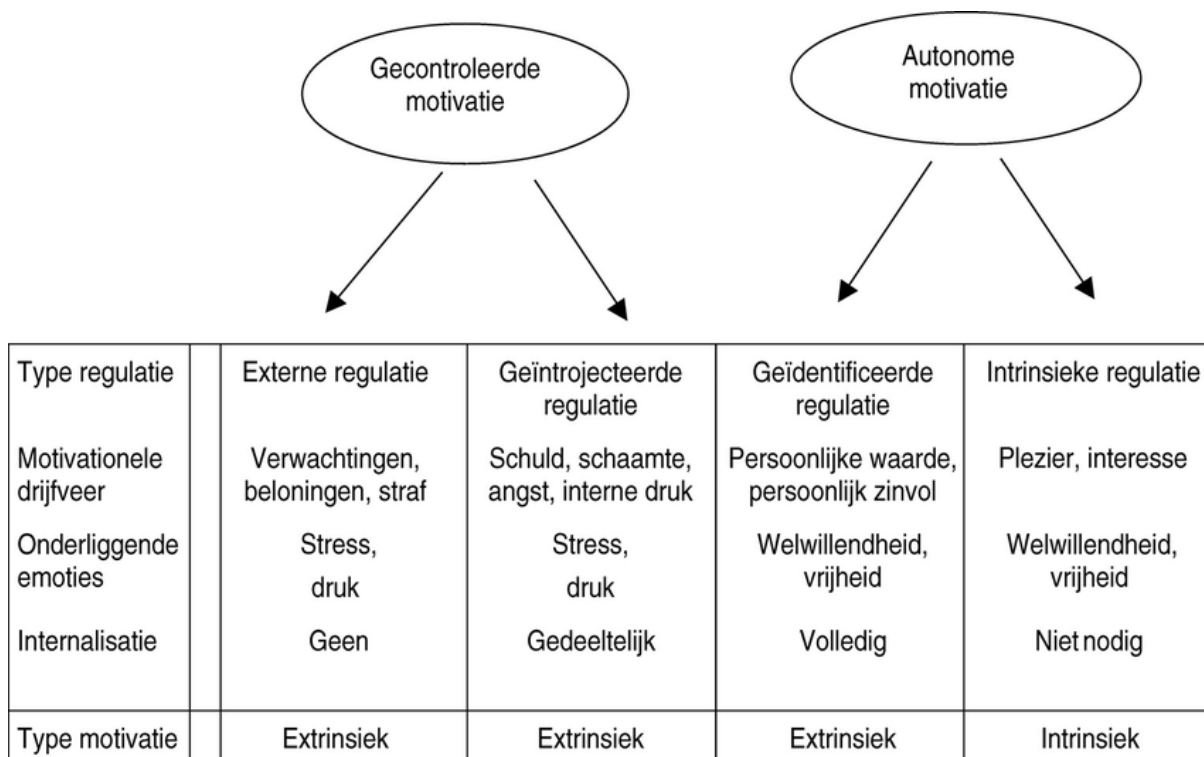
Om nieuwe leerstof succesvol aan te brengen en voor elk succesvol leerproces, is het noodzakelijk dat leerlingen gemotiveerd zijn (Struyven, Gheysens, Coubergs, De Doncker, & De Neve, 2019). Gezien het verwerken van leerstof centraal staat in eduscape rooms, is motivatie een noodzakelijke voorwaarde om hieruit positieve resultaten te bekomen. Het is daarom belangrijk om na te gaan wat motivatie is en hoe hier in een eduscape room mee omgegaan kan worden.

2.1. Soorten motivatie

Motivatie is een proces dat een persoon naar een doel toe drijft. Woolfolk et al. (2016) onderscheidt twee vormen: intrinsieke en extrinsieke motivatie. Intrinsieke motivatie zorgt ervoor dat de persoon vanuit zichzelf het doel wil bereiken. Dit is de beste vorm van motivatie. Hier kan de koppeling gemaakt worden met het onderwijs, waar deze vorm van motivatie ook leidt tot betere resultaten, door het diepgaander cognitief verwerken van leerstof en extra inzet. Bij extrinsieke motivatie zal een externe factor, beloningen of straffen afhankelijk van punten, de leerling stimuleren. Deze vorm van motivatie is minder gewenst maar wordt in het hedendaagse onderwijs frequent gebruikt.

Deci en Ryan (2000) bespreken ook een meer autonome vorm van extrinsieke motivatie, namelijk door geïdentificeerde regulatie. Identificatie vindt plaats als een gedrag als persoonlijk belangrijk gezien wordt. Acties gekenmerkt door geïdentificeerde motivatie delen veel kwaliteiten met intrinsieke motivatie, hoewel ze nog steeds als extrinsiek beschouwd worden. Dit komt omdat deze acties gedaan worden om afzonderlijke resultaten te bereiken uit persoonlijk belang in plaats van uit eigen genot (Deci & Ryan, 2000).

Onderstaande Figuur 3 geeft een schematische voorstelling van de verschillende typen motivatie.

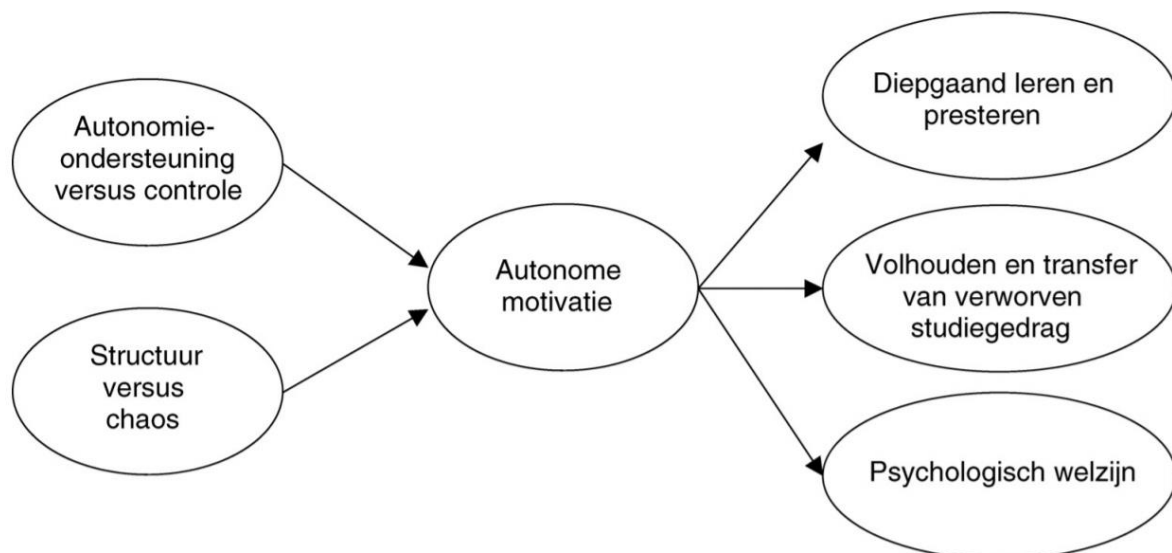


Figuur 3: Schematisch overzicht van de verschillende typen motivatie volgens de zelfdeterminatietheorie (Vansteenkiste, Sierens, Soenens, & Lens, 2007).

Geïdentificeerde regulatie wordt, net als intrinsieke regulatie, gekenmerkt door een gevoel van psychologische vrijheid en keuze. In het geval van autonome motivatie hebben leerlingen het gevoel zelf aan de basis te liggen van hun gedrag en zullen ze persoonlijke verantwoordelijkheid opnemen voor hun eigen leerproces.

Het doel van aangeleerd gewenst gedrag is dat leerlingen deze gedragingen spontaan stellen onafhankelijk van de context of situatie, op school maar ook thuis of in een werksituatie, en dit volhouden in de tijd. Met andere woorden, het doel is 'transfer van gedrag' in verschillende situaties en 'persistentie over tijd'. Verder streven leerkrachten er naar dat leerlingen de leerstof diepgaand verwerken en verbanden leggen tussen onderdelen en kritisch erover kunnen nadenken. Ten slotte willen ouders en leerkrachten streven naar psychologisch welzijn van de kinderen zodat ze zich goed in hun vel voelen en ze zich sociaal ontplooiën.

Leerlingen die om autonome motieven studeren, zijn meer actief en meer betrokken bij de klas, ze leren meer diepgaand, zijn meer geconcentreerd, ze haken minder snel af en ze voelen zich beter in hun vel. Leerkrachten kunnen autonome motivatie oproepen door structurerend en autonomie ondersteunend op te treden (Deci & Ryan, 2000). Structuur is de mate waarin leerlingen weten wat er van hen verwacht wordt en wat ze moeten doen om een goed studieresultaat neer te zetten. De leerkracht kan structuur bieden op het vlak van discipline en leerproces van de leerlingen. Autonomie ondersteunend wil zeggen dat ingespeeld wordt op het welwillend en autonoom functioneren, zodat leerlingen handelen conform hun authentieke persoonlijke interesses. Het identificeren, voeden/ondersteunen van bestaande interesses en opbouwen van persoonlijke interesses, door de relevantie van een thema aan te geven, zijn belangrijk. Schematisch kan dit weergegeven worden in Figuur 4.



Figuur 4: Schematisch overzicht optimaal leerproces (Deci & Ryan, 2000).

Een correcte, intrinsieke motivatie creëren voor leerlingen kan op twee manieren: *sensation-seeking* & gerelateerdheid (Elzen, 2019). Dit betekent dat het creëren van een spannende omgeving om in te leren die daarnaast gerelateerd is aan de leefwereld van de leerlingen belangrijk is. Ook de relatie met de leerkracht speelt hier een rol in controle en actief engagement.

2.2. Motivatie en gamification

Gamification is het gebruik maken van game-denken en game-technieken om deelnemers aan te zetten om problemen op te lossen (Zichermann & Cunningham, 2011). Deze techniek, die haar origine bij video games vindt, wordt gebruikt bij escape rooms. Met behulp van gamification kan men een onderliggend doel van de organisator koppelen aan de interesses van de deelnemers (Buckley & Doyle, 2016).

Een game heeft steeds een duidelijk doel en regels. Opdat een leeromgeving aan deze regels voldoet, moeten de nodige afspraken met de studenten worden gemaakt. Deze 'strikte' opdracht verschilt van de traditionele open opdrachten zoals bijvoorbeeld het maken van een presentatie of het schrijven van een essay (Buckley & Doyle, 2016).

Een game maakt veelal gebruik van beloningen, zodat de spelers extrinsiek beloond worden (Buckley & Doyle, 2016). In video games komt dit vaak voor door gebruik te maken van levels, achievements enzovoort. Het gebruiken van een beloningssysteem werkt echter enkel wanneer er steeds een beloning te verdienen valt (Nicholson, 2015a). In een escape room is de beloning vaak een foto of certificaat als bewijs voor het tijdig ontsnappen of volbrengen van de escape room.

Het belonen van de deelnemers zorgt voor een grotere extrinsieke motivatie, maar deze motivatie is enkel tijdelijk. Indien er geen beloningen meer te verdienen zijn, zullen de deelnemers hun motivatie verliezen. Bovendien zal een deelnemer, die initieel intrinsiek gemotiveerd was, door het gebruik van beloningen naar verloop van tijd enkel extrinsieke motivatie voelen (Deci & Ryan, 2004).

Idealiter zou een escape room moeten inspelen op de intrinsieke motivatie van de deelnemers. Deci & Ryan (2004) geven drie positieve invloeden aan die intrinsieke motivatie verhogen bij het uitvoeren van een taak:

- het beheersen van de taak,
- autonomie,
- en het gevoel dat een individu niet alleen is.

In een goede eduscape room moeten deze drie invloeden voorkomen om de leerlingen intrinsiek te motiveren. De eerste invloed, het beheersen van de taak, kan bereikt worden door geschikte puzzels te gebruiken. Vervolgens moeten de leerlingen uit de kamer kunnen ontsnappen. Daarom moeten de puzzels binnen een bepaalde tijd op te lossen zijn en een geschikte moeilijkheidsgraad hebben, overeenkomend met de leerplandoelstellingen. Bovendien dient de benodigde kennis per puzzel beperkt te blijven zodat de leerlingen het gevoel krijgen de taak te beheersen. Een eduscape room is inherent autonoom, omdat de leerlingen zelf beslissingen kunnen nemen tijdens het 'spel', ook wanneer ze hints nodig hebben. Toch kan de leerkracht het spelverloop op voorhand vastleggen, waardoor leerlingen beperkter worden in hun beslissingen maar toch de vrijheid krijgen om zelfstandig te werken. Ten slotte is een eduscape room meestal een groepsactiviteit. Hierdoor krijgen de leerlingen het gevoel niet alleen te zijn en kunnen ze elkaar engageren (Deci & Ryan, 2004).

De meeste studies omtrent eduscape rooms worden uitgevoerd in het hoger onderwijs (72,1%), slechts 11,8% van de studies vindt in het secundair onderwijs plaats. De meeste eduscape rooms hebben als onderwerp gezondheid (29,4%), natuurwetenschappen, wiskunde en statistiek (22,1%) en sociale wetenschappen (19,1%) (Fotaris & Mastoras, n.d.). Voor de opleiding Educatieve Master Wetenschappen en Technologie, waarin deze onderzoeksopzet wordt uitgevoerd, is het interessant om verder onderzoek te doen naar eduscape rooms in het secundair onderwijs.

Om de invloed van eduscape rooms op de motivatie van deze leerlingen te onderzoeken, is volgende onderzoeksvraag opgesteld:

“Welke impact heeft het oplossen van verschillende soorten puzzels en puzzelpaden tijdens een eduscape room op de motivatie van ASO en TSO leerlingen in het zesde jaar van het secundair onderwijs voor het vak chemie?”

3. Hypotheses

Gedurende het ontwikkelen van de eduscape room werd de wereld geconfronteerd met een pandemie (Covid-19). Deze ging gepaard met uitzonderlijke maatregelen. Een van die maatregelen was de overstap naar onlinelessen in alle Belgische scholen. De eduscape room bevat echter materialen die niet alle leerlingen thuis hebben liggen (bv. indicatorpapier). Hierdoor kon de eduscape room niet uitgetest worden en zal er gewerkt worden met een aantal hypotheses. Deze kunnen onderverdeeld worden in twee groepen: hypotheses op pad-niveau en hypotheses op puzzel-niveau.

3.1. Pad-niveau

De eduscape room bevat verschillende soorten paden met een verschillend aantal en verschillende soorten puzzels. We vermoeden dat de leerlingen de paden met meerdere tussenstappen motiverender vinden. De uitdaging is groter waardoor vermoedelijk de motivatie en de euforie na het winnen groter zal zijn. Wanneer een puzzelpad slechts één stap bevat, zullen de leerlingen dit meer ervaren als een test in plaats van een puzzel. Het gamification gevoel neemt gevoelig af naarmate de lengte van de paden korter wordt.

Een tweede aanname is dat de leerlingen het gebruik van meerdere paden motiverender vinden. Aan de ene kant omdat de leerlingen beter moeten samenwerken om alle puzzels af te werken. Aan de andere kant zorgt het opsplitsen ervoor dat de leerlingen de tijdsdruk meer voelen.

3.2. Puzzel-niveau

Wanneer er naar de motivatie binnen de puzzels zelf gekeken wordt, zal het gevoel van gamification dat de puzzel teweegbrengt vooral een impact hebben op de motivatie van de leerlingen. Zo zal een puzzel, die erg lijkt op een vraag die op een toets zou komen, veel minder aanvoelen als een spel, maar eerder als een taak. Een goede puzzel moet de taak zo vermommen dat de leerlingen niet merken dat ze eigenlijk een vraag zoals op een toets aan het oplossen zijn. Hierbij moet een goede balans tussen de uitdaging van het onbekende en het geruststellende van gekende leerstof gevonden worden.

Een eerste hypothese is dat leerlingen van ASO-klassen een voorkeur zullen hebben voor de denk-puzzels zoals de kruiswoordpuzzel, de Jigsaw-puzzel enzovoort. Daartegenover wordt verwacht dat leerlingen van TSO-klassen eerder een voorkeur zullen hebben voor de doe-puzzels zoals de transparanten met de poster combineren of het indicatorpapier bij de zuren en basen.

4. Zoekplan

De kernwoorden van dit onderzoek zijn terug te vinden in Figuur 5.



Figuur 5: Woordwolk met kernwoorden van zoekplan.

Door gebruik te maken van Boleaanse operatoren, werden combinaties van de kernwoorden opgenomen in het zoekplan. Enkele zoekcombinaties zijn de volgende:

- puzzles AND escape room AND gamification;
- escape room AND gamification AND motivation;
- cooperative learning AND puzzles AND communication;
- game based learning AND escape room AND gamification.

De geraadpleegde databases zijn Google Scholar, Researchgate, IEEE en Elsevier. Uit deze databases zijn onderstaande soorten bronnen gevonden:

- wetenschappelijk tijdschriften (7)
- boeken (8)
- white paper (1)
- conferentie verslagen (3)
- bachelor scriptie (1)
- websites (2)

Inclusiecriteria zijn onderzoeken, papers en websites die Nederlands, Frans- of Engelstalig zijn. Exclusiecriteria zijn betalende publicaties. Doordat escape rooms relatief nieuw zijn, zeker in het onderwijs, was de datum van publicatie geen exclusiecriteria.

5. Uitwerking puzzels

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden wordt een nieuwe eduscape room opgesteld voor het zesde jaar secundair voor de ASO-richtingen: Wiskunde (Wisk) en Wetenschappen (Wet) en TSO-richtingen: Techniek-Wetenschappen (TW), Farmaceutisch-Technisch Assistent (FTA), Gezondheids- en WelzijnsWetenschappen (GWW) en Industriële Wetenschappen (IW). Omdat de eduscape room zich situeert binnen het vak chemie, werden deze studierichtingen gekozen op basis van minimaal 1 uur chemie per week en de aanwezigheid in de school waar de eduscape room normaal getest zou worden.

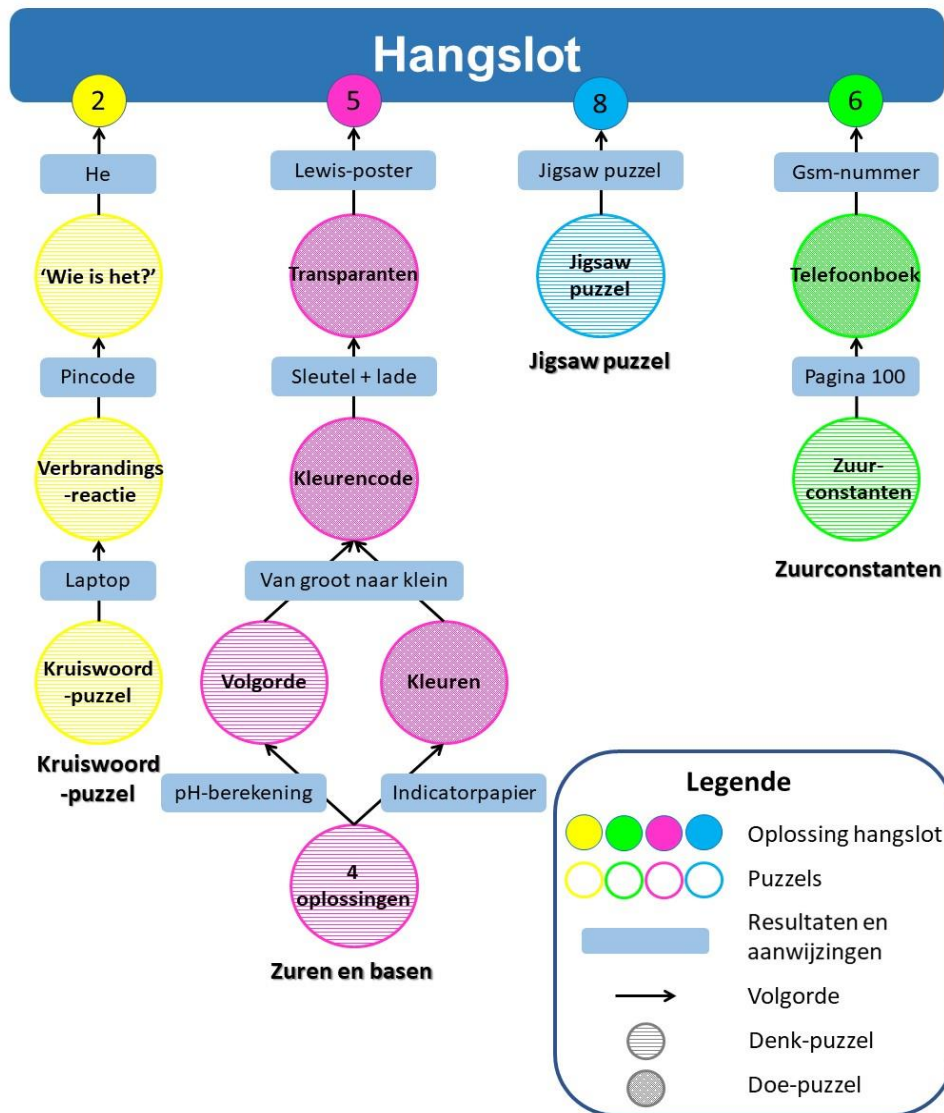
In Tabel 3 worden enkele leerplandoelstelling uit de leerplannen van het VVKSO van de geselecteerde ASO- en TSO-richtingen voor chemie weergegeven. De keuze voor de leerplannen van VVKSO is gemaakt omdat de testschool deze volgt. **Hierbij gaat het over leerplandoelstellingen uit de derde graad die op het moment van deelname aan de eduscape room reeds gerealiseerd zijn door de zesdejaars.** Zoals te zien in de tabel, zijn de meeste van de opgesomde leerplandoelstellingen gemeenschappelijk voor alle studierichtingen. Voor de leerplandoelstellingen werden puzzels uitgedacht zodat de motivatie tussen verschillende richtingen vergeleken kan worden. De puzzels, gebaseerd op leerplandoelstellingen die niet voorkomen in het leerplan van een studierichting (zoals bij TW, FTA en GWW), kunnen toch opgelost worden door, indien nodig, gebruik te maken van hints (sectie 6). Naast deze leerplandoelstellingen, zijn er ook algemene doelstellingen die zowel in ASO als TSO voorkomen. Deze worden later besproken in de vorm van een rubric ter evaluatie (sectie 8) van deze algemene doelstellingen.

Tabel 3: Gemeenschappelijke leerplandoelstellingen VVKSO voor ASO en TSO klassen.

Doelstelling met betrekking tot:	ASO (Wisk) (VVKSO, 2014b)	ASO (Wet) (VVKSO, 2014a)	TSO (TW) (VVKSO, 2014c)	TSO (FTA) (VVKSO, 2012)	TSO (GWW) (VVKSO, 2002)	TSO (IW) (VVKSO, 2017)
Isotoop	X	X			X	X
Lewisstructuren	X	X	X		X	X
Brutoformule alkanen, alkenen, alkyne	X	X	X	X	X	X
Isomerie	X	X	X	X	X	X
Z-B sterkte linken aan Z-B constante	X	X	X	X		X
pH & pOH berekenen	X	X	X	X	X	X

De puzzels, opgesteld vanuit de leerplandoelstellingen, kunnen onderverdeeld worden in denk- en doe-puzzels en werden op verschillende wijzen aan elkaar gekoppeld. Op deze manier kwamen vier puzzelpaden tot stand zoals schematische weergegeven in Figuur 6. Daarbij is een combinatie gemaakt van drie multi-lineaire paden en één open pad ('Jigsaw'). Door alle puzzelpaden op te lossen verkrijgen de leerlingen een code waarmee ze een hangslot kunnen openen. Elk puzzelpad levert uiteindelijk één cijfer van de code op. Door verschillende puzzelpaden te combineren en het aantal puzzels per puzzelpaden te variëren, kan als eerste de impact van het soort puzzelpad (multi-lineair of open pad) op de motivatie van de leerlingen bestudeerd worden. Ten tweede kunnen de puzzels en bijgevolg puzzelpaden, onderling vergeleken worden op inhoud en kan onderzocht worden welke puzzel(s) volgens de leerlingen het meest motiveerde(n). Inhoudelijk zijn er puzzels met een grotere doe-

component waar meer vaardigheden aangesproken worden, en puzzels met een grotere denk-component waar het cognitieve aspect meer aangesproken wordt.



Figuur 6: Zelf opgestelde puzzelpaden met puzzels gebaseerd op lijst leerplandoelstellingen.

Om deze eduscape room uit te voeren, inclusief uitleg en bevragingen, is een blok van twee lesuren (van 50 minuten) nodig. De eduscape room op zich neemt één lesuur in beslag. In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van een mogelijke tijdsindeling. Om alles vlot te laten verlopen, kunnen de groepen op voorhand verdeeld worden en kan de leerkracht de leerlingen de *informed consent* (bijlage 11.8) laten lezen en ondertekenen. In deze geïnformeerde toestemming wordt duidelijk dat de deelname aan de eduscape room volledig anoniem en veilig is. De leerkracht kan kiezen om de groepen zelf te verdelen of om de leerlingen vrij te laten kiezen. Wanneer de leerkracht de groepen zelf indeelt, kan hij/zij best de leerlingen in zo heterogeen mogelijke groepen verdelen waarin de verschillende types regulaties, zoals in Figuur 3, samen voorkomen. Op deze manier blijven alle leerlingen tijdens de eduscape room uitgedaagd en kunnen ze elkaar aanvullen. Voor een goede samenwerking, wordt een groeps-grootte van vier tot vijf personen aangeraden. Te grote groepen verhinderen een goede samenwerking (Vaes, 2019).

Tabel 4: Overzicht tijdsindeling eduscape room inclusief uitleg en bevragingen.

	Mogelijke tijdsindeling
Algemene inleiding inclusief uitleg hints en evaluatie	15 minuten
Groepsverdeling	(op voorhand)
Vragenlijst	10 minuten
Informed consent	(op voorhand)
Eduscape room	50 minuten
Exit vragenlijst	10 minuten
Debriefing	15 minuten
TOTAAL	100 minuten

In de korte algemene inleiding wordt uitgelegd hoe de eduscape room verloopt en waar de leerlingen op moeten letten. De leerkracht geeft richtlijnen over het verkrijgen van hints en over de manier waarop de evaluatie van de leerling tijdens de eduscape room verloopt. Zowel voor als na de eduscape room worden de leerlingen bevraagd om aldus de onderzoeksvraag van deze onderzoeksopzet te kunnen beantwoorden. Deze onderdelen worden later nog besproken.

Na de korte introductie gaat de eduscape room van start met een korte mededeling van de leerkracht over het thema/verhaallijn:

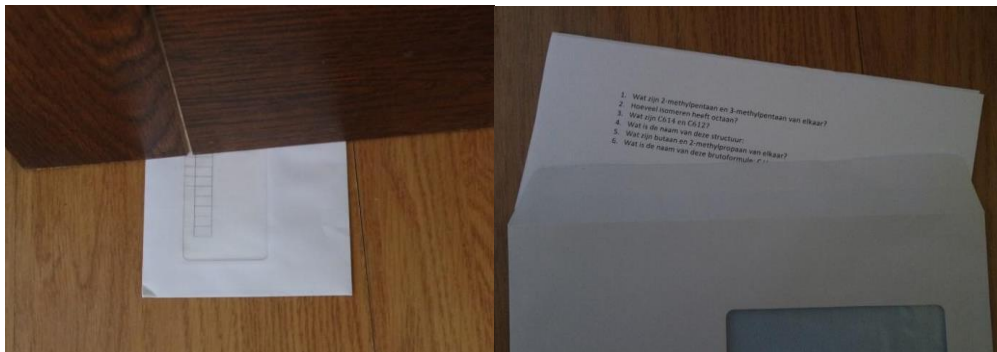
“Het corona-virus verspreidt zich razendsnel doorheen België. Jullie, onze jonge generatie, zijn onze laatste hoop. Ondertussen hebben virologen een vaccin ontwikkeld, maar het aantal vaccins is beperkt. Om het voortbestaan van de mensheid te garanderen, is besloten om enkel jongeren een vaccinatie te geven. Maar dat gaat niet zomaar! Onze onderzoekers hebben het vaccin namelijk afgesloten van de buitenwereld zodat anderen het niet kunnen stelen. Dit is jullie kans! Bescherm jezelf en kraak de code zodat jullie het vaccin kunnen bemachtigen. De buitenwereld rekent op jullie! Deze envelop is nog een laatste berichtgeving van buitenaf, succes.”

De leerkracht eindigt zijn inleidende tekst met een aanwijzing voor de eerste puzzel van het puzzelpad ‘kruiswoordpuzzel’. De leerkracht blijft in het lokaal aanwezig om de leerlingen te kunnen observeren, evalueren en begeleiden indien nodig.

In de volgende paragrafen worden de vier puzzelpaden stap voor stap besproken. Deze puzzelpaden komen willekeurig aan bod en kunnen dus in verschillende volgorden en eventueel tegelijkertijd opgelost worden. Per puzzelpad is het wel noodzakelijk om de volgorde van de puzzels aan te houden om de oplossing te bekomen. In een klassituatie is het soms noodzakelijk om meerdere groepen tegelijk de eduscape room te laten doorlopen. Daarom dienen er evenveel puzzelpaden als aantal groepjes voorzien te worden. Indien dit niet mogelijk is, kan de leerkracht voor enkele oplossingen zorgen bijvoorbeeld door meerdere lokalen voorzien, verschillende groepjes specifiek met een puzzelpad laten beginnen en met een doorschuifstelsel te werken en/of de groeps grootte aan te passen. De puzzelpaden in de volgende paragrafen zullen echter het traject van één groepje bespreken.

5.1. Puzzelpad: kruiswoordpuzzel

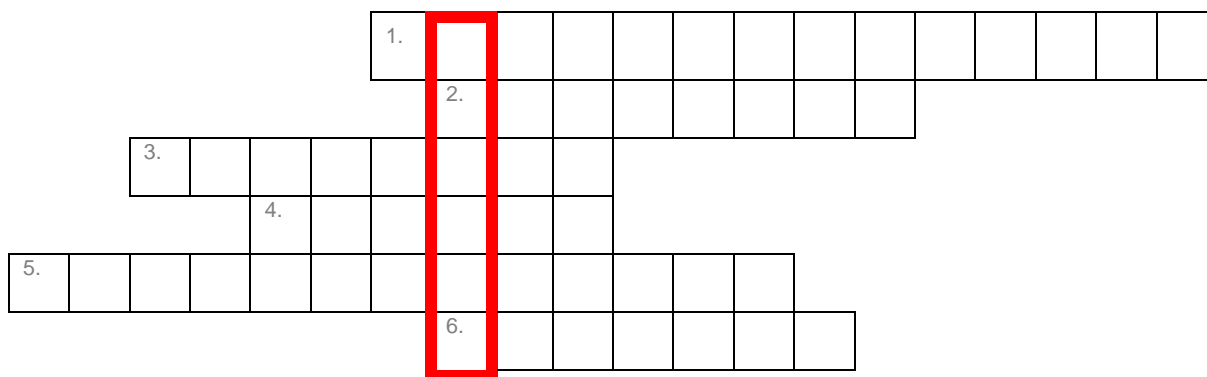
Na de inleidende uitleg kan het groepje leerlingen van start gaan. Op dit moment begint de klok af te tellen vanaf 50 minuten. Onmiddellijk hierna schuift, indien mogelijk, een collega een envelop onder de deur met een laatste berichtgeving van buitenaf (Figuur 7). Indien dit niet mogelijk is, kan de leerkracht deze envelop zelf overhandigen aan de leerlingen.



Figuur 7: Laatste berichtgeving: enveloppe onder deur met in te vullen kruiswoordpuzzel.

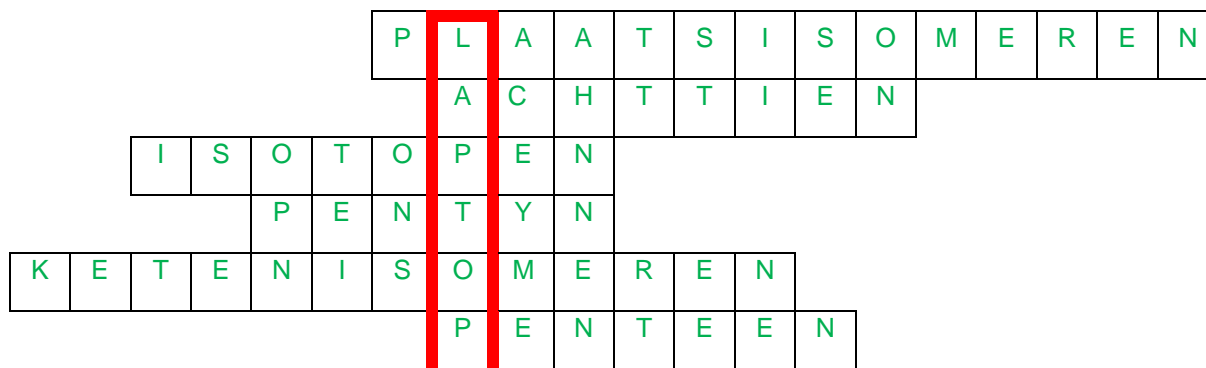
In de enveloppe vinden de leerlingen onderstaande kruiswoordpuzzel (Figuur 8). De vragen en antwoorden betreffen voornamelijk termen en moleculen uit de organische chemie.

1. Wat zijn 2-methylpentaan en 3-methylpentaan van elkaar?
2. Hoeveel isomeren heeft octaan?
3. Wat zijn C_6^{14} en C_6^{12} ?
4. Wat is de naam van deze brutoformule: C_5H_8
5. Wat zijn n-butaan en 2-methylpropaan van elkaar?
6. Wat is de naam van deze brutoformule: C_5H_{10}



Figuur 8: Lege kruiswoordpuzzel.

Wanneer de kruiswoordpuzzel correct wordt ingevuld, zoals in Figuur 9, zal in de rode kader het woord 'LAPTOP' verschijnen. Met deze aanwijzing worden de leerlingen naar een laptop in het lokaal gestuurd. Hier zullen ze de volgende puzzel moeten oplossen.



Figuur 9: Ingevulde kruiswoordpuzzel.

5.1.1. Laptop

Wanneer de leerlingen de laptop openklappen en aanzetten, zien ze dat deze vergrendeld is. Om te ontgrendelen, dienen ze een viercijferige pincode in te voeren. Deze vier cijfers kunnen de leerlingen vinden door een nieuwe puzzel op te lossen. Deze puzzel bevindt zich letterlijk op de laptop. Bovenaan het scherm plakt een stukje papier met de volgende boodschap op: 'Volledige verbrandingsreactie van propaan' (Figuur 10).

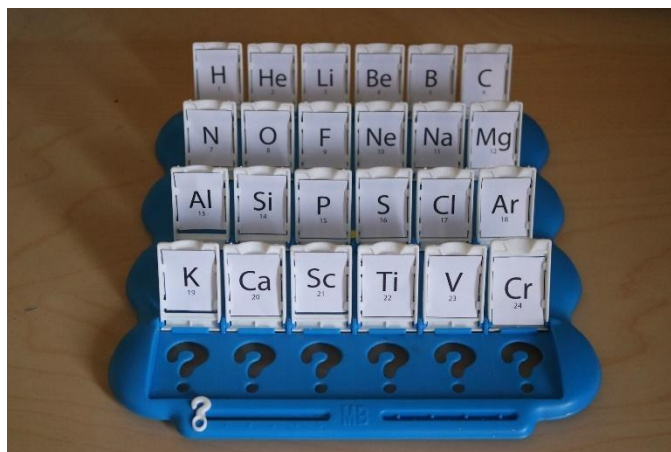


Figuur 10: Boodschap bovenaan scherm laptop.

Wanneer de leerlingen deze volledige verbrandingsreactie correct opstellen, bekomen ze volgende reactievergelijking: $2 \text{C}_3\text{H}_8 + 9 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$. Elke reactiecoëfficiënt komt overeen met een cijfer van de pincode van de laptop. De reactiecoëfficiënten van links naar rechts gelezen vormen de pincode waarmee de laptop ontgrendeld wordt.

5.1.2. 'Wie is het?'

Op het scherm van de laptop staat, na ontgrendelen, een bestand open met een aantal vragen. Dit kan een PDF-, Powerpoint, Word of een ander bestand zijn. Om deze puzzel op te lossen moeten de leerlingen het 'Wie is het?'-bord gebruiken. Dit ligt, net zoals een periodiek systeem met elektronenconfiguratie (zoals in bijlage 11.2), ergens in het lokaal (eventueel dicht bij de laptop). In Figuur 11 wordt het 'Wie is het?'-bord getoond waarbij de originele personages vervangen werden door 24 chemische elementen (zie bijlage 11.3). Onder ieder element staat ook het atoomnummer van het element.



Figuur 11: Aangepast 'Wie is het?'-bord met chemische elementen.

De vragen op de laptop zullen aangeven welke deurtjes/elementen naar beneden moeten. Voor deze puzzel worden vier aanwijzingen gegeven:

Het is geen element ...

1. ... uit de nevgroepen.
2. ... met een oneven aantal elektronen op de buitenste schil.
3. ... dat tot de aardalkalimetalen behoort.
4. ... dat meer dan één s-orbitaal bezit.

Wanneer alle vragen correct beantwoord zijn, blijft slechts één element overeind. Dit element is Helium (He) met atoomnummer '2' (Figuur 12).



Figuur 12: Opgelost 'Wie is het?'-bord met overblijvend He met gekleurde sticker.

Met deze puzzel wordt dit puzzelpad beëindigd. Het cijfer dat de leerlingen bekomen, moet gebruikt worden bij het 4-cijferig hangslot. Om te weten op welke plaats het cijfer '2' geplaatst moet worden, zijn gekleurde stickers aangebracht. Deze stickers zijn zowel op het hangslot als op de puzzels van de verschillende puzzelpaden terug te vinden. Zo is hier een gele sticker op het 'Wie is het?'-bord geplakt (Figuur 12). Dezelfde sticker is terug te vinden bij het eerste cijfer van het hangslot zoals in Figuur 28.

5.2. Puzzelpad: zuren en basen

Een ander puzzelpad begint met het berekenen van vier pH-waarden. De gegevens voor deze berekeningen zijn terug te vinden op vier erlenmeyers gevuld met een bepaalde oplossing (Tabel 5). Van deze oplossingen wordt dus de pH berekend. Bij de 4 erlenmeyers ligt een aanwijzing die zegt 'Van hoog naar laag. Hierdoor weten de leerlingen dat ze de oplossingen moeten ordenen van base naar zuur.

Tabel 5: Overzichtstabel oplossingen met zuurtegraad.

	Oplossing 1	Oplossing 2	Oplossing 3	Oplossing 4
Product	Cif/Wc-net ontstopper	citroensap	Cilit bang/eres	Dreft
zuur/base	base	zuur	zuur	base
[H ₃ O ⁺] (mol/l)	1.10 ⁻¹²	1.10 ⁻²	1.10 ⁻¹	1.10 ⁻⁸
pH-waarde (te berekenen)	12	2	1	8
Kleur indicatorpapier	donker groen	oranje	donker roze, licht rood	lichtgroen

Nu de oplossingen in de juiste volgorde geplaatst zijn, moeten de leerlingen een kleurcode vormen. Dit doen ze door met universeel pH-indicatorpapier de pH-waarden te bepalen. Door een indicatorpapiertje gedeeltelijk in de oplossing onder te dompelen, verkleurt dit papier. Deze kleur is verschillend voor de vier oplossingen omdat de zuurtegraad verschillend is. De overeenkomende kleuren zijn ook in Tabel 5 weergegeven voor iedere oplossing. De correcte kleurcode die bekomen wordt is afgebeeld in Figuur 13.



Figuur 13: Kleurcode gevormd door ordeningen pH-waardes van hoog naar laag.

Opmerkingen:

- 1) De volgorde waarin de erlenmeyers met oplossingen geplaatst worden, voor aanvang van de eduscape room, staat niet vast. De leerkracht kan deze anders plaatsen dan in Tabel 5 is weergegeven. Let wel op dat de erlenmeyers niet in de juist volgorde (pH-waardes van hoog naar laag) geplaatst wordt. Dit kan het puzzelpad vergemakkelijken ofwel de leerlingen in de war brengen.
- 2) Deze puzzel kan op twee manieren opgelost worden.
 - a) Ofwel starten de leerlingen met de berekeningen, plaatsen ze deze in de juiste volgorde en bepalen ze daarna de overeenkomende kleuren met het universeel pH-indicatorpapier.
 - b) Ofwel bepalen de leerlingen eerst de kleuren van oplossingen met het universeel pH-indicatorpapier en plaatsen ze deze vervolgens in de juiste volgorde aan de hand van de pH-berekeningen.

- c) Het is ook mogelijk om de taken te verdelen binnen de groep, bijvoorbeeld twee leerlingen bepalen de kleuren en twee leerlingen doen de berekeningen. Op deze manier zal de puzzel sneller opgelost worden.
- 3) De gebruikte producten in dit opzet zijn keukenmiddeltjes. Deze kunnen uiteraard ook vervangen worden door basen en zuren uit het labo.

5.2.1. Sleutels

De bekomen kleurcode is gelinkt aan een sleutel. Deze sleutel hangt in een open kastje of sleutelrekje aan de muur. Maar hier hangen meerdere sleutels. Aan elke sleutel is een andere kleurcode bevestigd. Een voorbeeld van de sleutels met kleurcodes is weergegeven in Figuur 14. De bedoeling is dat de leerlingen de sleutel met de juiste kleurcode vinden. Dit kan alleen wanneer ze bij de vorige puzzel de berekeningen correct hebben uitgevoerd. De kleurcode dient afgelezen te worden van aan de sleutel te beginnen. Dit kan verduidelijkt worden door aan de achterkant van de codes een pijl te tekenen volgens de leesrichting.



Figuur 14: Kastje met sleutels en hun kleurcodes.

Opmerking:

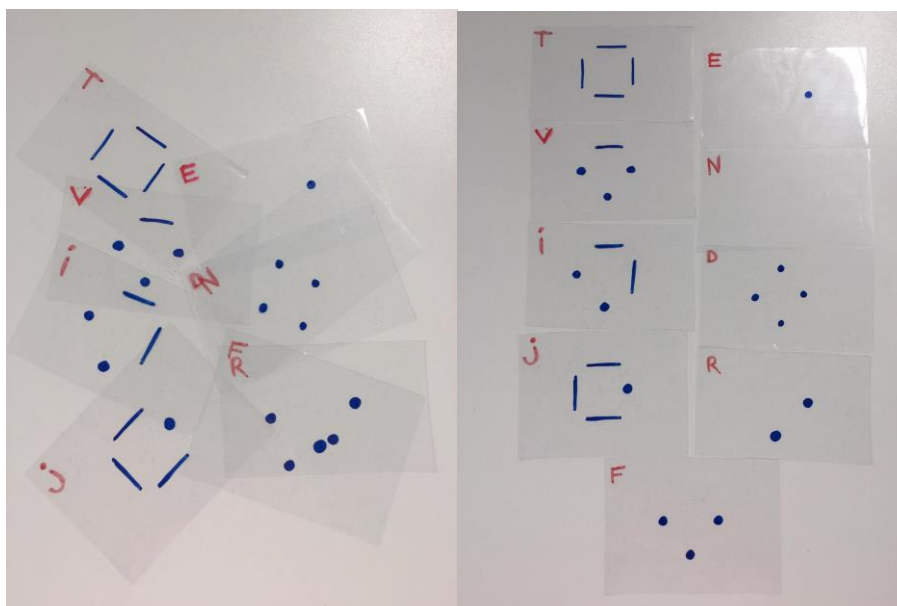
Om te vermijden dat de leerlingen gaan gokken, is het nodig om voldoende sleutels te voorzien. In dit voorbeeld werden 15 sleutels gebruikt. Hiernaast kan gokken ook tegengegaan worden door te werken met straf tijd of door het aantal pogingen te beperken.

5.2.2. Poster en transparanten

Wanneer de leerlingen de juiste sleutel hebben gevonden, kan deze gebruikt worden om een lade te openen in de lessenaar (Figuur 15). Afhankelijk van het lokaal, kan de leerkracht een extra aanwijzing voorzien voor de leerlingen om de juiste lade, of indien niet aanwezig een koffer/aktetas met een sleutelslot, te vinden. In de lade vinden de leerlingen negen transparanten. Op deze transparanten staan streepjes en bolletjes getekend. Deze tekeningen stellen lewisstructuren voor van verschillende chemische elementen. In iedere hoek van de transparant staat ook een letter zoals te zien is in Figuur 16. Deze letter is belangrijk voor de oplossing van dit puzzelpad.



Figuur 15: Lade van lessenaar geopend met gevonden sleutel.

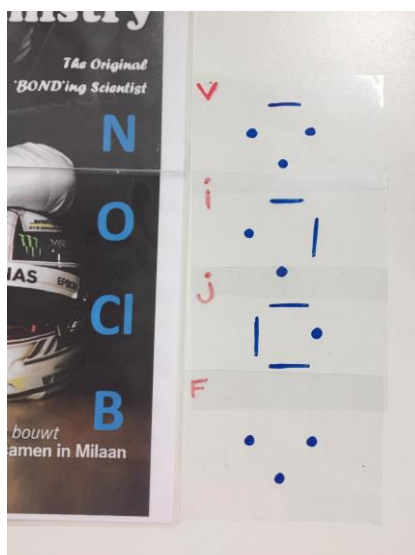
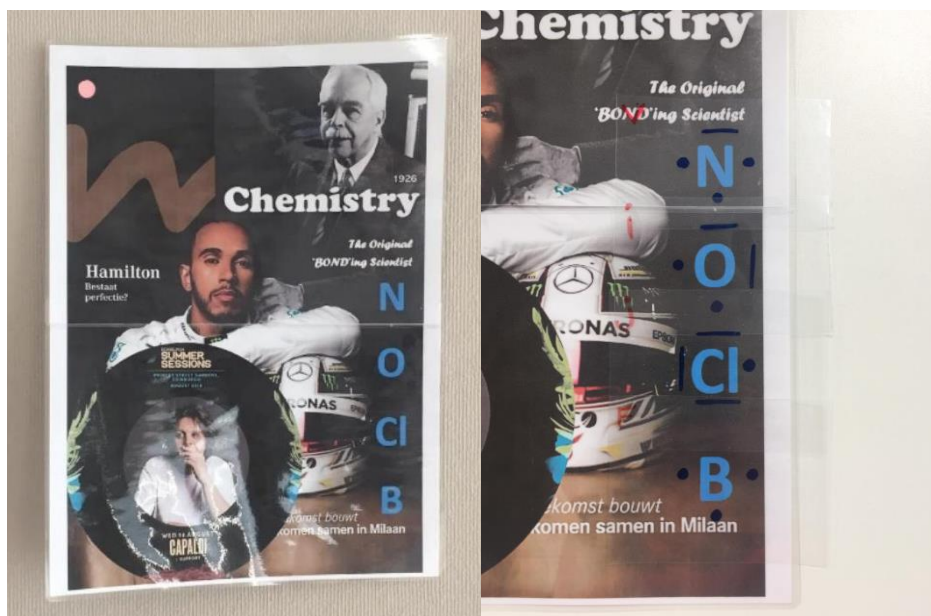


Figuur 16: Transparanten uit lade met streepjes, bolletjes en letters.

Op een muur in het lokaal hangt een poster. Hierop staan drie personen afgebeeld, Lewis Capaldi, Lewis Hamilton en Gilbert Newton Lewis, en vier chemische elementen onder elkaar. De personen op de poster zijn een aanwijzing om de lewisstructuren van de vier chemische elementen te zoeken. Door de juiste transparanten met lewisstructuren op de elementen te plaatsen, komen de rode letters in de juiste volgorde te staan. Zo verschijnt het woord 'vijf' (Figuur 17). Dit is een tweede cijfer voor het hangslot (cijfer '5').

Opmerking:

Ook bij deze puzzel zijn extra transparanten voorzien (met foute lewisstructuren) om gokken te voorkomen. Hiernaast zou de puzzel veel te gemakkelijk zijn wanneer er maar vier transparanten zijn waardoor het woord 'vijf' onmiddellijk gevonden kan worden.



Figuur 17: Links-boven: Lewis-poster met chemische elementen op. Rechts-boven: Lewis-poster met bijhorende transparanten. Onder: Weergave transparanten in juiste volgorde met voorstelling 'vijf'.

Op de poster plakt in de linkerbovenhoek een roze bolvormige sticker (Figuur 18). Deze kleur komt terug bij het tweede cijfer van het hangslot (Figuur 28). Hierdoor weten de leerlingen waar het gevonden cijfer van dit puzzelpad geplaatst moet worden.



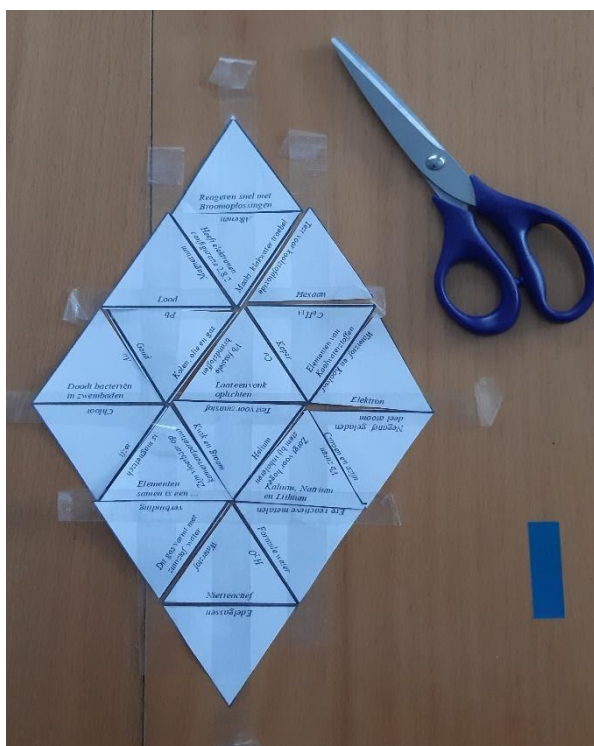
Figuur 18: Verwijzings-sticker naar hangslot.

5.3. Puzzelpad: Jigsaw puzzel

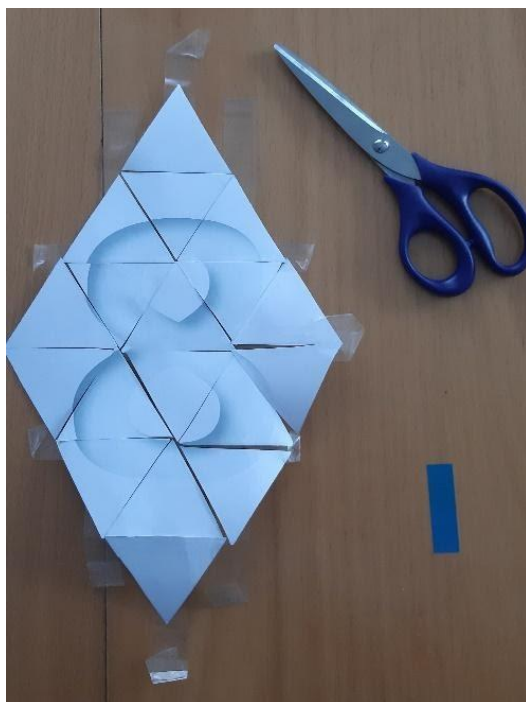
Dit puzzelpad bestaat uit één Jigsaw puzzel, een speciaal soort legpuzzel, die onmiddellijk leidt tot een cijfer voor het hangslot. Ergens in het lokaal liggen de stukken van een Jigsaw puzzel bij elkaar. Deze puzzel bestaat uit 18 driehoeken, wat hier overeenkomt met 21 oplossingsparen, zoals te zien is in Figuur 19. De leerlingen dienen de puzzel op te lossen door de driehoeken met de oplossingsparen tegen elkaar te leggen en met plakband aan elkaar te plakken (Figuur 20). Wanneer ze de puzzel vervolgens omdraaien, verschijnt het nummer '8' (Figuur 21). De leerlingen kunnen dit cijfer linken met de blauwe kleur op het hangslot door het blauwe stickertje dat naast de puzzel geplakt is. De oplossing en het nummer op de achterkant staan in de bijlage 11.4.



Figuur 19: Geknipte Jigsaw puzzel met 18 driehoeken.



Figuur 20: Aan elkaar geplakte Jigsaw puzzel.



Figuur 21: Achterkant Jigsaw puzzel met nummer '8'.

Opmerking:

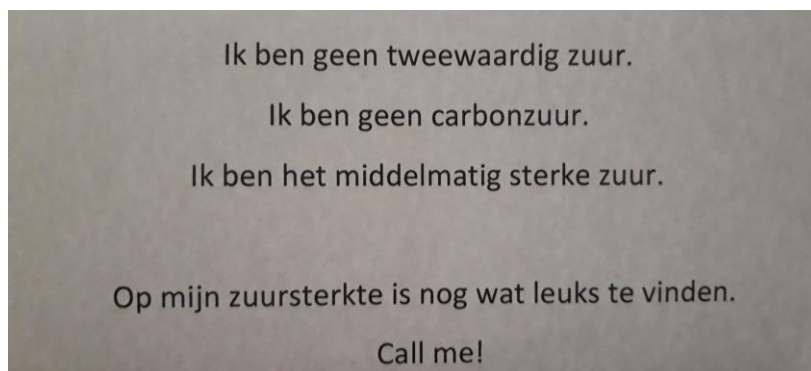
Deze puzzel is gemaakt met behulp van het programma Tarsia Formulator van Hermitech Laboratory en is gratis te downloaden via: <http://www.mmlsoft.com/index.php/products/tarsia>. Om de moeilijkheidsgraad aan te passen, kunnen via deze weg andere oplossingsparen ingegeven worden. Ook het aantal oplossingsparen en de vorm van de puzzel kunnen aangepast worden.

5.4. Puzzelpad: zuurconstanten

Het laatste puzzelpad start met een raadsel over zuurconstanten. Daarbij staan drie zuren in het lokaal bij elkaar met daarbij een korte omschrijving. Als voorbeeld zijn salpeterzuur, zwavelzuur en azijnzuur gebruikt zoals in Figuur 22. Om veiligheidsredenen kunnen de flessen met reagentia best vervangen worden door drie, al dan niet bruine, flessen waar eventueel water in zit. Hierop wordt een sticker met enkele gegevens geplakt waaronder zeker de naam van het zuur. De bijhorende omschrijving is weergegeven in Figuur 23.



Figuur 22: Opstelling van drie zuren (salpeterzuur – zwavelzuur – azijnzuur).



Figuur 23: Omschrijving bij de drie zuren.

Uit deze omschrijving kan afgeleid worden dat salpeterzuur verder gebruikt moet worden. Zwavelzuur is namelijk het enige tweewaardige zuur en azijnzuur het enige carbonzuur. In de buurt van de flessen met zuren zal ook een tabel met zuurconstanten liggen (bijlage 11.5). Wanneer deze tabel gebruikt wordt om de zuurconstanten van de drie zuren te vergelijken, zal ook hieruit blijken dat salpeterzuur het middelmatig sterk zuur is zoals aangeduid in Figuur 24. De zuurconstante van salpeterzuur is gelijk aan $1,00 \cdot 10^2$ (= 100) zoals aangeduid op de figuur.

ZUUR	K_a	pK_a	BASE	K_b	pK_b
HClO ₄	$1,00 \cdot 10^9$	-9,00	ClO ₄ ⁻	$1,00 \cdot 10^{-23}$	23,00
HI	$1,00 \cdot 10^9$	-9,00	I ⁻	$1,00 \cdot 10^{-23}$	23,00
HBr	$1,00 \cdot 10^6$	-6,00	Br ⁻	$1,00 \cdot 10^{-20}$	20,00
HCl	$1,00 \cdot 10^3$	-3,00	Cl ⁻	$1,00 \cdot 10^{-17}$	17,00
H ₂ SO ₄	$1,00 \cdot 10^3$	-3,00	HSO ₄ ⁻	$1,00 \cdot 10^{-17}$	17,00
HNO₃	$1,00 \cdot 10^2$	-2,00	NO ₃ ⁻	$1,00 \cdot 10^{-16}$	16,00
HClO ₃	$7,01 \cdot 10^1$	-1,90	ClO ₃ ⁻	$1,26 \cdot 10^{-16}$	15,90
H₃O⁺	$5,56 \cdot 10^1$	-1,75	H₂O	$1,78 \cdot 10^{-16}$	15,75
HIO ₃	$1,70 \cdot 10^1$	0,77	IO ₃ ⁻	$5,89 \cdot 10^{-14}$	13,23
HOOC - COOH (oxaalzuur)	$5,37 \cdot 10^{-2}$	1,27	HOOC - COO ⁻	$1,86 \cdot 10^{-13}$	12,73

Figuur 24: Tabel met zuurconstanten (K_z) met aanduiding zuurconstante salpeterzuur.

5.4.1. Telefoonboek

In het lokaal zal een telefoonboek (Figuur 25) liggen. Met de gevonden zuurconstante van salpeterzuur wordt naar een paginanummer van dit boek verwezen. Op pagina 100 zal, zoals weergegeven in Figuur 26, een telefoonnummer geschreven zijn van een collega, die op dat moment geen les heeft, of het secretariaat waarnaar de leerlingen moeten bellen. De collega zal bij het opnemen niet meer zeggen dan 'zes'. Dit is één van de nummers die de leerlingen nodig hebben voor het cijferslot. Om te weten op welke plaats in het cijferslot ze het nummer '6' nodig hebben, staat bovenaan pagina 100 van het telefoonboek een groen bolletje getekend (Figuur 26). Ook op het hangslot is een groene sticker geplakt zoals weergegeven in Figuur 28.



Figuur 25: Telefoonboek.



Figuur 26: Links: GSM-nummer vakcollega op pagina 100. Rechts: Aanduiding positie nummer op cijferslot.

Opmerkingen:

- 1) De gsm die nodig is om deze puzzel op te lossen wordt ter beschikking gesteld door de leerkracht. De leerkracht kan er ook voor kiezen dat één van de leerlingen gebruik maakt van zijn/haar eigen gsm.
- 2) Indien het niet mogelijk is om een collega te bellen, kan de leerkracht op voorhand zijn/haar voicemailintro aanpassen en daarin enkel 'zes' zeggen. In dat geval zal het gsm-nummer van de leerkracht in het telefoonboek geschreven worden. Als de leerlingen hun eigen gsm gebruiken om dit nummer te bellen, moet de leerkracht verder niets voorzien. Anders moet de leerkracht een tweede gsm voorzien waarmee de leerlingen bellen. Best zet de leerkracht zijn/haar gsm op stil zodat de leerlingen niet weten wie ze aan het bellen zijn.

5.5. Einde

Na het oplossen van de vier puzzelpaden is het mogelijk om het hangslot te openen en zo het vaccin te bemachtigen. Dit hangslot is bevestigd aan een tas of doos waarin het vaccin zit (Figuur 27). De tas kan enkel geopend worden via het hangslot.



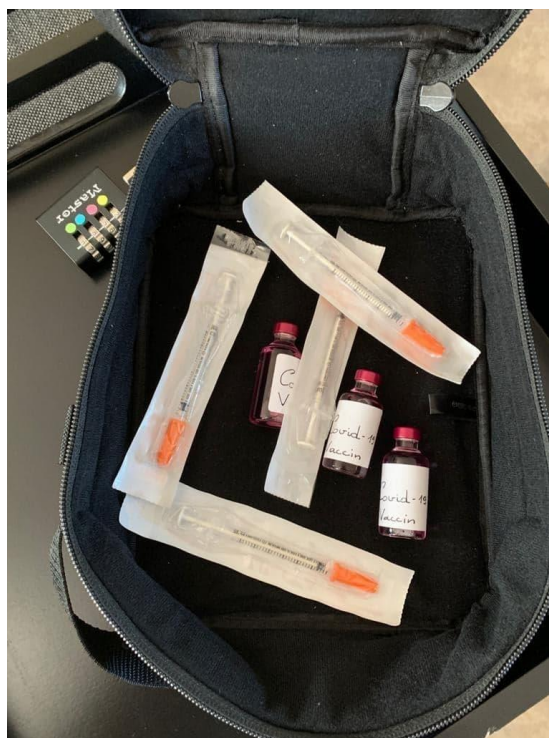
Figuur 27: 4-cijferig hangslot.

Wanneer alle puzzelpaden correct opgelost zijn, zou de openingscode uit Figuur 28 gevonden moeten zijn en bijgevolg het hangslot open moeten gaan. Het eerste getal '2' van het 'Wie is het?'-bord, het tweede getal '5' van de transparanten, het derde getal '8' van de Jigsaw puzzel en het vierde getal '6' van het telefoontje vormen samen de juiste openingscode. Zoals aangegeven bij de verschillende puzzelpaden, worden de puzzelpaden en het 4-cijferig hangslot aan elkaar gekoppeld aan de hand van de gekleurde stickers.



Figuur 28: Hangslot met gekleurde cijferaanduiding en openingscode.

Wanneer de tas geopend wordt, vinden de leerlingen enkele flacons met het 'Covid-19 vaccin' en enkele spuiten terug (Figuur 29). Dit is het einde van de eduscape room. De leerkracht deelt op dit moment de tijd, die de groep nodig heeft gehad om de eduscape room te voltooien, mee aan de leerlingen.



Figuur 29: Inhoud tas: vaccin flacons met enkele spuiten.

6. Hints

Tijdens de eduscape room voorziet de leerkracht hints bij elke puzzel. De leerlingen kunnen deze raadplegen wanneer ze in tijdnood dreigen te geraken en bijgevolg de eduscape room niet volledig kunnen doorlopen. De leerkracht kan ook te hulp schieten als hij of zij ziet dat de leerlingen te lang bezig zijn met een bepaalde puzzel. De puzzelpaden zijn opgebouwd uit denk- en doe-puzzels. Als een puzzelpad bestaat uit meerdere puzzels verwijst een puzzel telkens naar de volgende. Ook hierin wordt een onderscheid gemaakt bij de hints. Enerzijds kan de leerkracht tips geven over de volgende stap in het puzzelpad door middel van doorstroom hints. Anderzijds kan een hint helpen om een puzzel op te lossen, dit zijn de inhoudelijke hints. De leerkracht kan de hints bijhouden in een logboek zodat dit meegenomen kan worden in de evaluatie van de gehele groep en zodat groepen onderling vergeleken kunnen worden. Per hint wordt bij een groep één punt afgetrokken. Iedere groep krijgt aan het begin van de eduscape room vier 'jokers', die de groep kan inruilen voor hints doorheen de hele eduscape room. Het aantal jokers is gebaseerd op het aantal puzzelpaden in de eduscape room zodat de leerlingen één joker per puzzelpad kunnen inzetten. Echter mogen meerdere jokers ook in één puzzelpad gebruikt worden. Wanneer deze jokers opgebruikt zijn, wordt één punt in mindering gebracht van hun eindscore. Dit staat verder uitgewerkt in het stuk over evaluatie. Doorstroom hints tellen mee voor de puntenaftrek. Dit wekt een competitiegevoel op en zo wordt voorkomen dat de leerlingen te gemakkelijk hints vragen om naar de volgende puzzels door te stromen.

6.1. Hints: kruiswoordpuzzelpad

6.1.1. Inhoudelijke hints

Kruiswoordpuzzel

Bij het oplossen van de kruiswoordpuzzel kan de leerkracht tips geven per in te vullen woord. Hierbij kan bij sommige vragen de structuurformule gegeven worden, een tabel of overzicht waaruit de leerlingen meer informatie kunnen halen.

Voorbeeld hints per vraag:

1. Wat zijn 2-methylpentaan en 3-methylpentaan van elkaar?

'Teken de structuurformules eens, wat valt je op?' of 'Schrijf de brutoformules er eens bij, hoe heten moleculen met dezelfde brutoformule maar andere structuurformule ook alweer?' of 'Welk soort isomeren zijn deze moleculen?'

2. Hoeveel isomeren heeft octaan?

'Wat zijn isomeren ook alweer? Vertrek vanuit de brutoformule.'

3. Wat zijn C_6^{14} en C_6^{12} ?

'Hoe heten atomen met hetzelfde aantal protonen maar een verschillend aantal neutronen ook alweer?'

4. Wat is de naam van deze brutoformule: C_5H_8 ?

'Welke stofklasse voldoet aan de brutoformule C_nH_{2n-2} ?' of 'Probeer de structuurformule eens te tekenen.'

5. Wat zijn n-butaan en 2-methylpropan van elkaar?

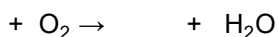
'Teken de structuurformules eens, wat valt je op?' of 'Schrijf de brutoformules er eens bij, hoe heten moleculen met dezelfde brutoformule maar andere structuurformule ook alweer?' + 'Welk soort isomeren zijn deze moleculen?'

6. Wat is de naam van deze brutoformule: C_5H_{10} ?

'Welke stofklasse voldoet aan de brutoformule C_nH_{2n} ?' of 'Probeer de structuurformule eens te tekenen.'

Verbrandingsreactie

1. Wanneer de leerlingen de volledige verbrandingsreactie niet kunnen opstellen of fout hebben opgesteld kan de leerkracht een deel van de reactie als hint geven. Dit kan door voor de pijl 'zuurstofgas' op de juiste plaats te noteren en na de pijl water correct te plaatsen.



2. Indien deze hint onvoldoende is voor de leerlingen, kan de leerkracht de structuurformule van propeen geven.
3. Als laatste hint is het mogelijk om te zeggen dat ze de volledige verbrandingsreactie moeten vervolledigen met voorgetallen om deze in evenwicht te brengen.

'Wie is het?'

De leerkracht kan de leerlingen helpen met het beantwoorden van de 'Wie is het?'-aanwijzingen door hints te geven per vraag. De leerlingen mogen ook gebruik maken van het periodiek systeem (zie bijlage 11.2). Indien ze deze nog niet gevonden hebben/geraadpleegd hebben, kan dit ook een hint zijn.

Voorbeeld hints per vraag:

1. **Het is geen element uit de nevangroepen**

'Er zijn hoofdgroepen Ia, IIa, ... en er zijn nevangroepen IIIb, IVb, ...'

2. **Het is geen element met een oneven aantal elektronen op de buitenste schil**

'Kijk naar de elektronenconfiguratie.' of 'Het element behoort niet tot de oneven groepen.'

3. **Het is geen element dat tot de aardalkalimetalen behoort**

'De aardalkalimetalen behoren tot de groep IIa.'

4. **Het is geen element dat meer dan één s-orbitaal bezit**

'Kijk naar de elektronenconfiguratie.'

6.1.2. Doorstroom hints

Kruiswoordpuzzel

Indien de leerlingen de link tussen de kruiswoordpuzzels en de laptop aanwezig in het lokaal niet leggen, kan de leerkracht hen hierbij helpen door de laptop aan te wijzen. De leerlingen zullen de laptop moeten openklappen om aan de volgende puzzel te beginnen.

Verbrandingsreactie

1. Als hint kan de leerkracht zeggen dat de oplossing van de verbrandingsreactie helpt om in te loggen in de laptop.
2. Wanneer de leerlingen de verbrandingsreactie correct hebben maar niet weten hoe het verder moet, kan de leerkracht verwijzen naar de 4-cijferige ontgrendelcode van de laptop en de vier voorgetallen van de verbrandingsreactie.

‘Wie is het?’

1. De leerkracht verwijst naar het ‘Wie is het?’-bord indien de leerlingen de vraagjes op de laptop hier niet aan linken.
2. Aan het einde van de ‘Wie is het?’-puzzel bekomen de leerlingen een cijfer. Indien de link met het hangslot nog niet werd gelegd, kan de leerkracht verwijzen naar de gekleurde sticker op het spelbord (en eventueel naar het hangslot).

6.2. Hints: zuren en basen puzzelpad

6.2.1. Inhoudelijke hints

pH-berekenen

1. Om de pH te berekenen kan de leerkracht de formule $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ aan de leerlingen geven.
2. Daarnaast moeten de leerlingen de link leggen tussen de kleuren van het indicatorpapier en de volgorde waarin de oplossingen staan. De leerkracht kan de hint geven om rekening te houden met de aanwijzing ‘Van groot naar klein’.

Transparanten en poster

In de lade liggen verschillende transparanten. Indien de leerlingen de lewisstructuren op de transparanten niet herkennen, kan de leerkracht hiervoor een hint geven. De leerkracht kan zeggen dat de streepjes en bolletjes lewisstructuren zijn.

Opmerking: Geef deze hint pas nadat de leerlingen de overeenkomende poster met chemische elementen hebben ontdekt (al dan niet na een hint).

6.2.2. Doorstroom hints

pH-berekenen

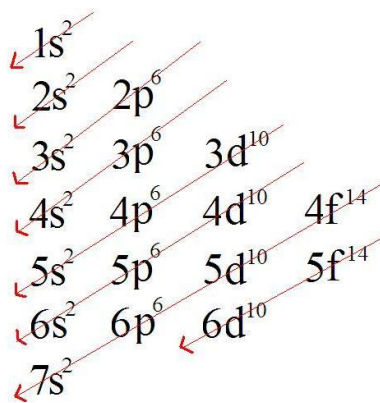
Met deze puzzel bekomen de leerlingen een kleurcode. Indien de leerlingen dit niet zien, kan de leerkracht vragen of ze deze kleuren ergens anders in lokaal al hebben gezien en verwijzen naar de sleutels.

Sleutels

1. De sleutel met de juiste kleurcode moet gekozen worden. Een hint kan zijn dat de kleuren beginnen aan de sleutel en de volgorde aannemen zoals bepaald bij de pH-berekening.
2. Met deze sleutel moeten de leerlingen een lade/doos openen. Indien er meerdere lades zijn in het lokaal kan de leerkracht een extra hint geven over de juiste lade. Eventueel kan de lade op voorhand al gemarkeerd worden.

Transparanten en poster

1. Wanneer de leerlingen de transparanten gevonden hebben kan de leerkracht als hint geven dat ze moeten rondkijken in het lokaal (om de link met de poster te vinden).
2. Om de juiste lewisstructuren te vormen op de poster kan een hint naar de elektronenconfiguratie gegeven worden (Figuur 30).



Figuur 30: Voorbeeld hint elektronenconfiguratie.

- Een hint naar de gekleurde sticker op de poster helpt de leerlingen weer een link te leggen met de code van het hangslot.

6.3. Hints: Jigsaw puzzel

6.3.1. Inhoudelijke hints

Leerlingen kunnen door middel van andere oplossingsparen de puzzel maken door eliminatie, ook al weten ze de oplossing op een aantal vragen niet. Het is belangrijk om hun aan te moedigen om de puzzel zo ver mogelijk op te lossen en pas op het punt dat ze echt vastzitten een hint vragen.

In Tabel 6 worden mogelijke hints gegeven per oplossingspaar.

Tabel 6: Hints per oplossingspaar.

Oplossingspaar		Hint
Edelgassen	Niet reactief	Wat maakt edelgassen uniek?
H ₂ O	Brutoformule van water	Uit welke atomen bestaat water?
Erg reactieve metalen	Kalium, Natrium en Litium	Reageren deze metalen hevig?
Vb zuren	Citroen en azijn	Hoe smaakt citroen?
Negatief geladen deel atomen	Elektron	De protonen zijn positief geladen. Welk deeltje van het atoom is negatief?
Hexaan	C ₆ H ₁₄	Wat is de brutoformule van hexaan?
Waterstof en koolstof	Elementen van koolwaterstoffen	Uit welke elementen zijn koolwaterstoffen opgebouwd?
Koper	Cu	- (voorkennis)
Vb fossiele brandstoffen	Kolen, olie en gas	Dit zijn natuurlijke brandstoffen
Goud	Au	- (voorkennis)
Lood	Pb	- (voorkennis)

Doodt bacteriën in zwembaden	Chloor	Bekende toepassing van deze stof om te ontsmetten
Ijzer	Is magnetisch	Element dat je permanent magnetisch kunt maken
Elementen samen vormen een	Molecule	-
Dit gas vormt met zuurstof water	Waterstof	Wat is de brutoformule voor water?
Zorgt voor een hoge stem bij inhaleren	Helium	Element dat lichter is dan lucht
Kwik en broom	Zijn vloeibaar bij kamertemperatuur	Is het kwik in een thermometer vast of vloeibaar?
Test voor zuurstof	Laat een vonk oplichten	Wat is er nodig om vuur te maken?
Test voor koolstofdioxide	Maakt kalkwater troebel	Hierbij wordt CaCO_3 gevormd
Alkenen	Reageren snel met broomplossingen	Dit is een additiereactie
Heeft elektronenconfiguratie 2,8,2	Magnesium	De som van de elektronen van een neutraal atoom is het atoomnummer

6.3.2. Doorstroom hints

1. Als leerlingen niet begrijpen dat ze oplossingsparen tegen elkaar moeten leggen kan de leerkracht dat aangeven door een niet noodzakelijk correct oplossingspaar tegen elkaar te leggen en hierbij te zeggen 'Stel dat deze bij elkaar horen, leg ze op deze manier op de juiste plek.'
2. De leerlingen vragen wat ze denken dat ze moeten doen bij deze puzzel met de plakband en schaar. Als ze de link niet maken kan de leerkracht aanraden om de achterkant van de puzzel te bekijken.

6.4. Hints: zuurconstanten puzzelpad

6.4.1. Inhoudelijke hints

Zuurconstante

De leerkracht kan de hint geven om de aanwijzing bij de zuren te gebruiken om het juiste zuur te kiezen. Per aanwijzing kunnen de volgende hints gegeven worden.

1. Ik ben geen tweewaardig zuur.

'Welke zuren kunnen twee waterstoffen afgeven?'

2. Ik ben geen carbonzuur.

'Welk zuur voldoet aan de brutoformule CH_3COOH ?' of 'Welk zuur bestaat enkel uit waterstof-, zuurstof- en koolstofatomen?'

3. Ik ben het middelmatig sterke zuur.

'Zoek de zuurconstanten eens op in de tabel.'

6.4.2. Doorstroom hints

Telefoonboek

1. 'Lees de boodschap/omschrijving bij de drie zuren opnieuw'. Met deze hint kunnen de leerlingen de link leggen tussen de oplossing van de gevonden zuurconstante en het telefoonboek (Call me!).
2. Op de pagina met het telefoonnummer is een gekleurd stickertje aangebracht. Indien de leerlingen dit niet opmerken kan de leerkracht aansturen om nog eens goed naar de volledige pagina te kijken.

6.5. Hints: Einde

Wanneer de leerlingen de vier cijfers gevonden hebben, kan de leerkracht indien nodig zeggen dat ze alle puzzelpaden hebben opgelost. Hiermee geeft de leerkracht een hint om het hangslot te gaan openen en de cijfers correct in te geven volgens de kleuren. Indien de leerlingen deze link nog niet maken, kan de leerkracht nog eens verwijzen naar de aangebrachte gekleurde stickers bij ieder puzzelpad en de overeenkomende cijfers.

Na ieder puzzelpad kan de leerkracht een hint geven dat het puzzelpad is afgerond. Op deze manier weten de leerlingen (na een eerste puzzelpad) wat het doel is en hoe het er uit ziet. Daarna kunnen ze aan een nieuw puzzelpad beginnen.

7. Bevraging

Meer informatie rond de motivatie van de leerlingen wordt verzameld via vragenlijsten. De vragenlijsten dienen om de eduscape room kwalitatief te beoordelen en een antwoord te vinden op de onderzoeksvraag:

“Welke impact heeft het oplossen van verschillende soorten puzzels en puzzelpaden tijdens een eduscape room op de motivatie van ASO en TSO leerlingen in het zesde jaar van het secundair onderwijs voor het vak chemie?”

In de initiële vragenlijst (bijlage 11.7.1) meten we de mate van intrinsieke, geïdentificeerde, externe of amotivatie van de leerlingen (“Motivatietool,” n.d.). Dit is belangrijk om te kunnen vergelijken met de resultaten van de post-escaperoom vragenlijst. Wanneer de leerlingen het nummer ‘1’ (‘helemaal mee eens’) aanduiden in de vragenlijst, duiden:

- de vragen 1, 5 en 9 op intrinsieke motivatie,
- de vragen 2, 6 en 10 op geïdentificeerde motivatie,
- de vragen 3, 7 en 11 op externe motivatie,
- de vragen 4, 8 en 12 op amotivatie.

In de post-escaperoom vragenlijst (bijlage 11.7.2) worden de puzzelpaden met elkaar vergeleken. Zijn ze nuttig, duidelijk, leuk of te lang en is er iets nieuws geleerd. De algemene vragen zijn bedoeld om te meten of de escaperoom van toegevoegde waarde is, motivatie verhogend is, welke puzzels (“denk (kennis)” of “doe”) de voorkeur hebben, en over het werken in een groep. De resultaten kunnen vervolgens vergeleken worden tussen ASO en TSO klassen, met een eventueel verschil tussen studierichtingen.

8. Evaluatie

Deze eduscape room wordt formatief geëvalueerd door de leerkracht aan de hand van een rubric. De leerkracht gebruikt de ingevulde rubric en de opmerkingen voor het geven van feedback. De rubric is opgebouwd op basis van de algemene doelstellingen en de onderzoekscompetenties uit de leerplannen en is terug te vinden in bijlage 11.6. De leerplandoelstellingen worden niet geëvalueerd in deze rubric. In deze rubric is volgende onderverdeling gemaakt:

- *learning skills*: eigenschappen die een leerling zich eigen maakt om een goede leermethode te ontwikkelen (creatief denken, kritisch denken, samenwerken en communiceren);
- *life skills*: eigenschappen die een leerling in zijn verdere carrière nodig heeft om succesvol te zijn (flexibiliteit, leiderschap, initiatief nemen, productiviteit en empathie);
- *lab skills*: eigenschappen die een leerling in laboratoriumomstandigheden hoog in het vaandel moet dragen (veiligheid en nauwkeurig- en properheid).

Op deze criteria kan de leerkracht de leerling beoordelen met 'Goed', 'Voldoende' of 'Onvoldoende'. Bijkomende vragen, zoals of alle puzzels opgelost zijn geraakt binnen de tijd, hoeveel jokers de leerlingen hebben gebruikt en hoeveel extra hints zijn gevraagd, kunnen helpen om een onderscheid te maken tussen groepen die op vergelijkbare wijze de eduscape room hebben doorlopen. De getallen die bij deze vragen dienen ingevuld te worden, hebben geen betekenis voor de uiteindelijke formatieve evaluatie.

Deze rubric kan eventueel ook ingevuld worden door de leerlingen zelf, na het uitvoeren van de eduscape room. Op die manier kan de leerkracht een beeld krijgen van hoe de leerlingen zichzelf hebben ingeschat tijdens het doorlopen van de eduscape room en daarop de feedback ook bijsturen.

9. Conclusie

Leerlingen motiveren voor een vak is belangrijk omdat dit het leerrendement bevordert. Deze motivatie is echter vaak ver zoek. Het gebruik van gamification geeft hier gelukkig een antwoord op. Dit is een concept waarbij game-denken en game-technieken het probleemoplossend denken bevordert. Uit vele bevragingen is reeds gebleken dat de motivatie van leerlingen na het uitvoeren van een eduscape room, dat gebaseerd is op gamification, significant toeneemt. Echter is dit meestal op hoger onderwijs niveau onderzocht.

De onderzoeksvraag rond hoe verschillende soorten puzzels en puzzelpaden in een eduscape room impact hebben op de motivatie van ASO en TSO klassen van het zesde jaar secundair onderwijs, is tot op dit moment nog niet beantwoord. Dit komt doordat er door het Covid-19 virus geen resultaten bekomen zijn voor dit onderzoek. Het onderzoek zal op een later tijdstip dus nog uitgevoerd moeten worden met behulp van deze onderzoeksopzet.

We verwachten dat uit het onderzoek zal blijken dat leerlingen eduscape rooms met meerdere puzzelpaden motiverender gaan vinden en dat puzzelpaden met meerdere tussenstappen de motivatie ook gaan bevorderen. Dit omdat leerlingen bij zulke eduscape rooms zullen moeten samenwerken onder tijdsdruk en het herhaaldelijk slagen in een puzzel geeft een gevoel van slagen. Daarnaast verwachten we dat de ASO klassen eerder geïnteresseerd zullen zijn in de denk-puzzels en dat bij TSO klassen hun voorkeur zal liggen bij de doe-puzzels.

10. Literatuurlijst

- Borrego, C., Fernández, C., Blanes, I., & Robles, S. (2017). Room escape at class: Escape games activities to facilitate the motivation and learning in computer science. *Journal Technology Science Education*, 7(2), 162–171.
- Buckley, P., & Doyle, E. (2016). Gamification and student motivation. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1162–1175.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychological Association*, 55(1), 68–78.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2004). *Handbook of self-determination research*. Boydell & Brewer Ltd.
- Dietrich, N. (2018). Escape classroom: The Leblanc process - An educational “Escape Game” to illustrate chemical engineering. *Journal Chemical Education*, 95(6), 996–999.
- Elzen, L. van den. (2019). *Improving the motivation of students using an educational escape room*.
- Fotaris, P., & Mastoras, T. (n.d.). *Escape rooms for learning: A systematic review*.
- Guigon, G., Humeau, J., & Vermeulen, M. (2017). *Escape Classroom: un escape game pour l'enseignement*.
- López-Pernas, S., Barra, E., & Quemada, J. (2019). Examining the use of an educational escape room for teaching programming in a higher education setting. *IEEE Access*, 7, 31723–31737.
- Motivatietool. (n.d.). Retrieved from Leerling 2020 website:
<https://leerling2020.nl/research/motivatietool/>
- Nguyen, T. (2018). Chemistry education moves from classroom to escape room. *Chemical & Engineering News*, 96(19).
- Nicholson, S. (2015a). A recipe for meaningful gamification. In *Gamification in Education and Business* (pp. 1–20).
- Nicholson, S. (2015b). *Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities*.
- Profcoaches. (2012). *David Kolb en de leerstijlen*.
- Sárközi, Z., & Vörös, A. I. V. (2017). Physics escape room as an educational tool. *AIP Conference Proceedings*, 1916(050002), 1–6.
- Steinprinz, G., Kronberga, R., & Salgado, I. (n.d.). *Eduesc@peroom: Handleiding voor leerondersteuners*.
- Struyven, K., Gheysens, E., Coubergs, C., De Doncker, H., & De Neve, D. (2019). *Binnenklasdifferentiatie in de praktijk*. Acco.
- Struyven, K., & Janssens, S. (2007). *Begeleid zelfstandig leren via activerende werk- en toetsvormen*. Antwerpen: de Boeck.
- Vaes, J. & M. (2019). Weerstand tegen verandering. In *Syllabus Groepsdynamica*.
- Vansteenkiste, M., Sierens, E., Soenens, B., & Lens, W. (2007). Willen, moeten en structuur in de klas: over het stimuleren van een optimaal leerproces. *Begeleid Zelfstandig Leren*, 16, 37–58.
- VVKSO. (2002). *Leerplan secundair onderwijs: Gezondheids- en welzijnswetenschappen derde graad TSO*. Retrieved from <http://ond.vvksso-ict.com/leerplannen/doc/Gezondheids- en welzijnswetenschappen-2002-041.pdf>
- VVKSO. (2012). *Leerplan secundair onderwijs: Farmaceutisch-technisch assistent derde graad TSO*. Retrieved from <http://ond.vvksso-ict.com/leerplannen/doc/Farmaceutisch-technisch assistent-2012-010.pdf>
- VVKSO. (2014a). *Leerplan secundair onderwijs: Chemie derde graad ASO - wetenschappen*. Retrieved from <http://ond.vvksso-ict.com/leerplannen/doc/Chemie-2014-013.pdf>

- VVKSO. (2014b). *Leerplan secundair onderwijs: Chemie derde graad ASO - wiskunde*. Retrieved from <http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Chemie-2014-012.pdf>
- VVKSO. (2014c). *Leerplan secundair onderwijs: Toegepaste chemie derde graad TSO - techniek-wetenschappen*. Retrieved from [http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste Chemie-2014-025.pdf](http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20Chemie-2014-025.pdf)
- VVKSO. (2017). *Leerplan secundair onderwijs: Toegepaste chemie derde graad TSO - industriële wetenschappen*. Retrieved from [http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste chemie-2017-023.pdf](http://ond.vvkso-ict.com/leerplannen/doc/Toegepaste%20chemie-2017-023.pdf)
- Wiemker, M., Elumir, E., & Clare, A. (2015). Escape room games: "Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one?" In *Game Based Learning* (pp. 55–68).
- Woolfolk, A. H., Winne, P. H., & Perry, N. (2016). Motivation in learning and teaching. In *Educational Psychology* (p. 545). Pearson Canada Inc.
- Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: implementing game mechanics in web and mobile apps*. O'Reilly Media, Inc.

11. Bijlagen



Inhoudsopgave

11.	Bijlagen	63
11.1.	Materialenlijst	64
11.2.	Periodiek systeem der elementen	65
11.3.	'Wie is het?'-bord	66
11.4.	Oplossing Jigsaw puzzel	67
11.5.	Tabel zuurconstanten	68
11.6.	Evaluatie rubric	69
11.7.	Vragenlijst	72
11.7.1.	Vragenlijst vooraf	72
11.7.2.	Vragenlijst achteraf	73
11.8.	Informed consent	75
11.9.	Creatief eindproduct	81
11.9.1.	Sleutels	83
11.9.2.	Poster en transparanten	83

11.1. Materialenlijst

- Envelop
- Kruiswoordpuzzel op papier
- Laptop
- Verbrandingsreactie op papiertje
- Presentatie met vragen 'Wie is het?'
- PSE
- 'Wie is het?' bord
- 24 elementen in 'Wie is het?' poortjes
- 4 potjes/maatbekers
- 4 huishoudelijke producten
- Universeel pH-indicatorpapier
- pH-berekeningen op papier
- Sleutelbakje
- Sleutels met kleurcodes
- Poster 'Lewis'
- Transparanten
- Alcoholstift
- Jigsaw puzzel op papier
- Schaar
- Plakband
- 3 zuren in fles
- Raadsel zuren
- Tabel zuurconstanten
- Telefoonboek
- Doos/zak
- 4-cijferig hangslot
- Gekleurde stickers
- Enkele flacons gevuld met gekleurd water
- Enkele spuiten

11.2. Periodiek systeem der elementen

GROUP

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

PERIOD

1 2 3 4 5 6 7

- Nonmetals
- Halogens
- Inert gases
- Alkali-earth metals
- Alkali metals
- Transition metals
- Lanthanides
- Actinides
- Other metals
- Semi metals

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1.01 hydrogen	2 He 4.00 helium	3 Li 6.94 lithium	4 Be 9.01 beryllium	5 B 10.81 boron	6 C 12.01 carbon	7 N 14.01 nitrogen	8 O 15.99 oxygen	9 F 18.99 fluorine	10 Ne 20.18 neon	11 Na 22.99 sodium	12 Mg 24.30 magnesium	13 Al 26.98 aluminium	14 Si 28.08 silicium	15 P 30.97 phosphorus	16 S 32.06 sulfur	17 Cl 35.45 chlorine	18 Ar 39.95 argon
19 K 39.10 potassium	20 Ca 40.08 calcium	21 Sc 44.96 scandium	22 Ti 47.88 titanium	23 V 50.94 vanadium	24 Cr 51.99 chromium	25 Mn 54.94 manganese	26 Fe 55.85 iron	27 Co 58.93 cobalt	28 Ni 58.69 nickel	29 Cu 63.55 copper	30 Zn 65.38 zinc	31 Ga 69.72 gallium	32 Ge 72.64 germanium	33 As 74.92 arsenic	34 Se 78.96 selenium	35 Br 79.90 bromine	36 Kr 83.80 krypton
37 Rb 85.47 rubidium	38 Sr 87.62 strontium	39 Y 88.91 yttrium	40 Zr 91.22 zirconium	41 Nb 92.91 niobium	42 Mo 95.94 molybdenum	43 Tc 98.91 technetium	44 Ru 101.07 ruthenium	45 Rh 102.90 rhodium	46 Pd 106.42 palladium	47 Ag 107.87 silver	48 Cd 112.41 cadmium	49 In 114.82 indium	50 Sn 118.71 tin	51 Sb 121.75 antimony	52 Te 127.60 tellurium	53 I 126.90 iodine	54 Xe 131.29 xenon
55 Cs 132.90 caesium	56 Ba 137.33 barium	57 La 138.90 lanthanum	58 Ce 140.12 cerium	59 Pr 140.91 praseodymium	60 Nd 144.24 neodymium	61 Pm 144.91 promethium	62 Sm 150.36 samarium	63 Eu 151.96 europium	64 Gd 157.25 gadolinium	65 Tb 158.93 terbium	66 Dy 162.50 dysprosium	67 Ho 164.93 holmium	68 Er 167.26 erbium	69 Tm 168.93 thulium	70 Yb 173.04 ytterbium	71 Lu 174.97 lutetium	72 Hf 178.49 hafnium
73 Fr 223.02 francium	74 Ra 226.02 radium	75 Ac 227.03 actinium	76 Rf 261.10 rutherfordium	77 Db 262.11 dubnium	78 Sg 263.10 seaborgium	79 Bh 264.10 bohrium	80 Hs 277.10 hassium	81 Mt 268.10 meitnerium	82 Ds 281.10 darmstadtium	83 Rg 289.10 roentgenium	84 Uub 289.10 ununbium	85 Nh 289.10 nihonium	86 Fl 289.10 flerovium	87 Lv 289.10 livermorium	88 Ts 289.10 tennessine	89 Og 289.10 oganesson	90 Th 232.04 thorium
91 Pa 231.04 protactinium	92 U 238.03 uranium	93 Np 237.04 neptunium	94 Pu 244.06 plutonium	95 Am 243.06 americium	96 Cm 247.07 curium	97 Bk 247.07 berkelium	98 Cf 251.08 californium	99 Es 252.08 einsteinium	100 Fm 257.10 fermium	101 Md 258.10 mendelevium	102 No 259.10 nobelium	103 Lr 262.11 lawrencium	104 Rf 261.10 rutherfordium	105 Db 262.11 dubnium	106 Sg 263.10 seaborgium	107 Bh 264.10 bohrium	108 Hs 277.10 hassium

*Most stable isotope **IUPAC Recommendation

atomic number — 2 226.02 — relative atomic mass Ra — symbol


electron structure — 2 8 18 32 54 86 118 150 182 210 238 — oxidation

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 — electroreogativity

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 — electron configuration

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 — name

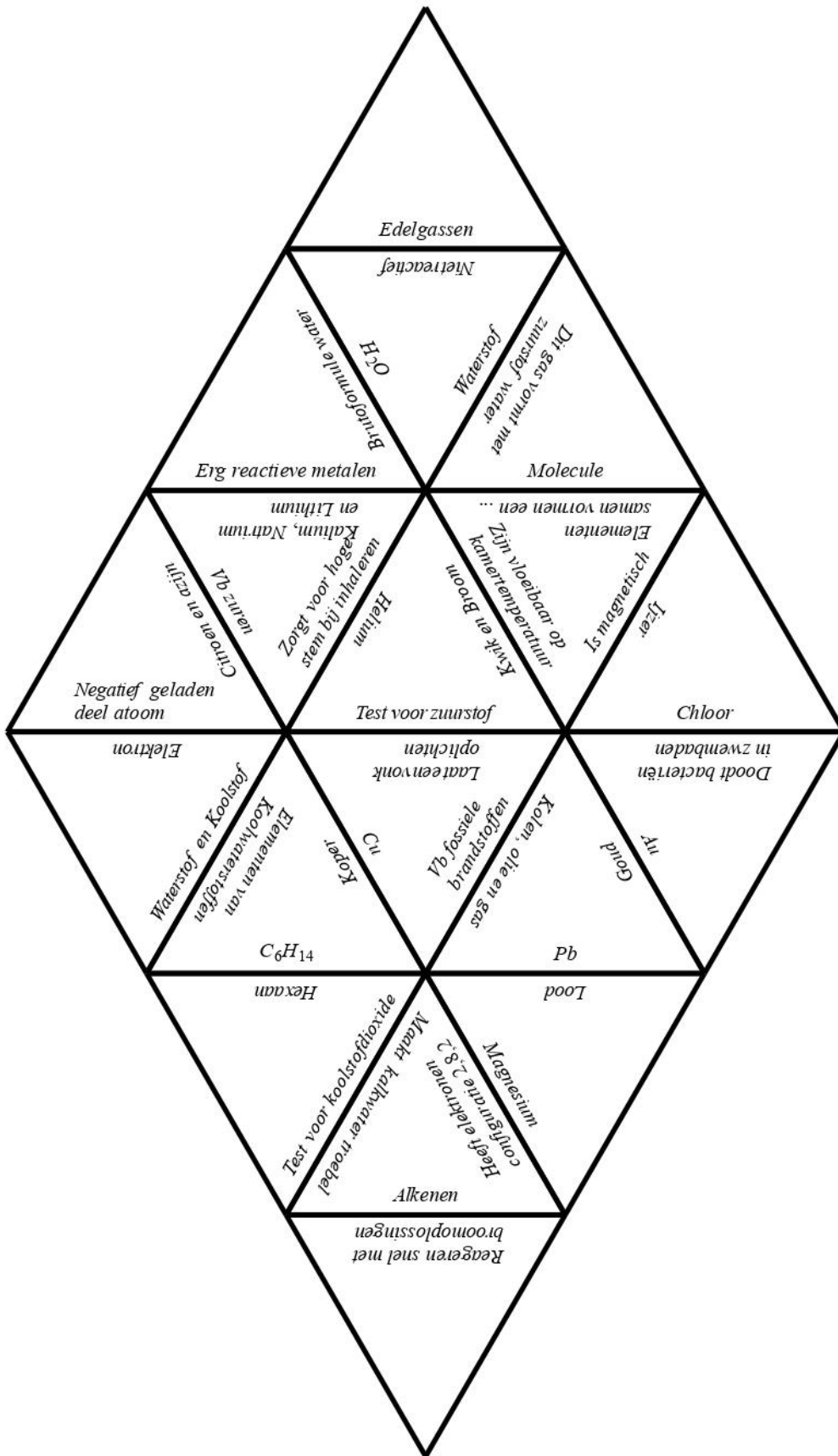
For more information about VWR Chemicals, visit www.vwr.com



11.3. 'Wie is het?'-bord

H 1	He 2	Li 3	Be 4	B 5	C 6
N 7	O 8	F 9	Ne 10	Na 11	Mg 12
Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24

11.4. Oplossing Jigsaw puzzel



11.5. Tabel zuurconstanten

ZUUR	K_a	pK_a	BASE	K_b	pK_b
HClO ₄	$1,00 \cdot 10^9$	-9,00	ClO ₄ ⁻	$1,00 \cdot 10^{-23}$	23,00
HI	$1,00 \cdot 10^9$	-9,00	I ⁻	$1,00 \cdot 10^{-23}$	23,00
HBr	$1,00 \cdot 10^6$	-6,00	Br ⁻	$1,00 \cdot 10^{-20}$	20,00
HCl	$1,00 \cdot 10^3$	-3,00	Cl ⁻	$1,00 \cdot 10^{-17}$	17,00
H ₂ SO ₄	$1,00 \cdot 10^3$	-3,00	HSO ₄ ⁻	$1,00 \cdot 10^{-17}$	17,00
HNO ₃	$1,00 \cdot 10^2$	-2,00	NO ₃ ⁻	$1,00 \cdot 10^{-16}$	16,00
HClO ₃	$7,94 \cdot 10^1$	-1,90	ClO ₃ ⁻	$1,26 \cdot 10^{-16}$	15,90
H₃O⁺	$5,56 \cdot 10^1$	-1,75	H₂O	$1,78 \cdot 10^{-16}$	15,75
HIO ₃	$1,70 \cdot 10^{-1}$	0,77	IO ₃ ⁻	$5,89 \cdot 10^{-14}$	13,23
HOOC - COOH (oxaalzuur)	$5,37 \cdot 10^{-2}$	1,27	HOOC - COO ⁻	$1,86 \cdot 10^{-13}$	12,73
H ₂ SO ₃	$1,74 \cdot 10^{-2}$	1,76	HSO ₃ ⁻	$5,75 \cdot 10^{-13}$	12,24
H ₃ PO ₃	$1,58 \cdot 10^{-2}$	1,80	H ₂ PO ₃ ⁻	$6,31 \cdot 10^{-13}$	12,20
HSO ₄ ⁻	$1,20 \cdot 10^{-2}$	1,92	SO ₄ ²⁻	$8,32 \cdot 10^{-13}$	12,08
HClO ₂	$1,00 \cdot 10^{-2}$	2,00	ClO ₂ ⁻	$1,00 \cdot 10^{-12}$	12,00
H ₃ PO ₄	$7,59 \cdot 10^{-3}$	2,12	H ₂ PO ₄ ⁻	$1,32 \cdot 10^{-12}$	11,88
Fe(H ₂ O) ₆ ³⁺	$6,31 \cdot 10^{-3}$	2,20	Fe(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	$1,58 \cdot 10^{-12}$	11,80
C ₄ H ₆ O ₆ (wijnsteenzuur)	$1,29 \cdot 10^{-3}$	2,89	C ₄ H ₅ O ₆ ⁻	$7,76 \cdot 10^{-12}$	11,11
C ₆ H ₈ O ₇ (citroenzuur)	$7,94 \cdot 10^{-4}$	3,10	C ₆ H ₇ O ₇ ⁻	$1,26 \cdot 10^{-11}$	10,90
HF	$7,24 \cdot 10^{-4}$	3,14	F ⁻	$1,38 \cdot 10^{-11}$	10,86
HNO ₂	$5,13 \cdot 10^{-4}$	3,29	NO ₂ ⁻	$1,95 \cdot 10^{-11}$	10,71
HIO ₂	$3,98 \cdot 10^{-4}$	3,40	IO ₂ ⁻	$2,51 \cdot 10^{-11}$	10,60
HCOOH	$1,78 \cdot 10^{-4}$	3,75	HCOO ⁻	$5,62 \cdot 10^{-11}$	10,25
HOOC - COO ⁻	$6,46 \cdot 10^{-5}$	4,19	OOC - COO ⁻	$1,55 \cdot 10^{-10}$	9,81
C ₆ H ₅ COOH	$6,31 \cdot 10^{-5}$	4,20	C ₆ H ₅ COO ⁻	$1,58 \cdot 10^{-10}$	9,80
CH ₃ COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76	CH ₃ COO ⁻	$5,75 \cdot 10^{-10}$	9,24
C ₂ H ₃ COOH	$1,29 \cdot 10^{-5}$	4,89	C ₂ H ₃ COO ⁻	$7,76 \cdot 10^{-10}$	9,11
Al(H ₂ O) ₆ ³⁺	$1,00 \cdot 10^{-5}$	5,00	Al(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	$1,00 \cdot 10^{-9}$	9,00
H ₂ PO ₃ ⁻	$7,08 \cdot 10^{-7}$	6,15	HPO ₃ ²⁻	$1,41 \cdot 10^{-8}$	7,85
H ₂ CO ₃	$4,47 \cdot 10^{-7}$	6,35	HCO ₃ ⁻	$2,24 \cdot 10^{-8}$	7,65
HSO ₃ ⁻	$6,46 \cdot 10^{-8}$	7,19	SO ₃ ²⁻	$1,55 \cdot 10^{-7}$	6,81
H ₂ PO ₄ ⁻	$6,31 \cdot 10^{-8}$	7,20	HPO ₄ ²⁻	$1,58 \cdot 10^{-7}$	6,80
H ₂ S	$5,75 \cdot 10^{-8}$	7,24	HS ⁻	$1,74 \cdot 10^{-7}$	6,76
HClO	$2,88 \cdot 10^{-8}$	7,54	ClO ⁻	$3,47 \cdot 10^{-7}$	6,46
NH ₄ ⁺	$5,62 \cdot 10^{-10}$	9,25	NH ₃	$1,78 \cdot 10^{-5}$	4,75
HCN	$5,01 \cdot 10^{-10}$	9,30	CN ⁻	$2,00 \cdot 10^{-5}$	4,70
HCO ₃ ⁻	$5,01 \cdot 10^{-11}$	10,30	CO ₃ ²⁻	$2,00 \cdot 10^{-4}$	3,70
HIO	$2,29 \cdot 10^{-11}$	10,64	IO ⁻	$4,37 \cdot 10^{-4}$	3,36
HPO ₄ ²⁻	$4,17 \cdot 10^{-13}$	12,38	PO ₄ ³⁻	$2,40 \cdot 10^{-2}$	1,62
HS ⁻	$1,20 \cdot 10^{-14}$	13,92	S ²⁻	$8,32 \cdot 10^{-1}$	0,08
CH ₃ OH	$3,16 \cdot 10^{-16}$	15,50	CH ₃ O ⁻	$3,16 \cdot 10^1$	-1,50
H₂O	$1,78 \cdot 10^{-16}$	15,75	OH⁻	$5,56 \cdot 10^1$	-1,75
C ₂ H ₅ OH	$1,26 \cdot 10^{-16}$	15,90	C ₂ H ₅ O ⁻	$7,94 \cdot 10^1$	-1,90
OH ⁻	$1,00 \cdot 10^{-29}$	29,00	O ²⁻	$1,00 \cdot 10^{15}$	-15,00
NH ₃	$1,00 \cdot 10^{-35}$	35,00	NH ₂ ⁻	$1,00 \cdot 10^{21}$	-21,00

11.6. Evaluatie rubric

Datum: Tijdstip: TSO / ASO Studierichting: Groepsgrootte:

	Goed	Voldoende	Onvoldoende
	Learning skills		
Creatief denken	De leerling komt met creatieve oplossingen/aanpakken voor het oplossen van puzzels.	De leerling probeert met creatieve oplossingen te komen maar slaagt hier niet altijd in.	De leerling heeft geen creatieve bijdrage bij het zoeken van oplossingen.
	○	○	○
Kritisch denken	De leerling maakt gebruik van zijn/haar voorkennis, maakt gebruik van overleg met teamgenoten en denkt voldoende na vooraleer naar hints te vragen.	De leerling gebruikt zijn/haar kennis en die van teamgenoten maar vraagt bij tegenslag snel hints.	De leerling vraagt te snel naar hints i.p.v. voldoende na te denken en gebruikt de kennis van teamgenoten niet.
	○	○	○
Samenwerken	De leerling werkt samen met teamgenoten, neemt taken op zich en geeft taken uit handen.	De leerling werkt samen met teamgenoten maar delegeert vooral of neemt veel opdrachten op zichzelf.	De leerling werkt op zichzelf en betreft geen teamgenoten.
	○	○	○
Communiceren	De leerling communiceert met teamgenoten, luistert naar teamgenoten en houdt rekening met de ideeën van anderen.	De leerling communiceert met teamgenoten maar luistert niet naar hun ideeën en doet z'n eigen ding.	De leerling communiceert niet met teamgenoten.
	○	○	○

	Goed	Voldoende	Onvoldoende
	Life Skills		
Flexibiliteit	De leerling kan zich aanpassen aan nieuwe ideeën vanuit de groep en helpt om aanpassingen zo simpel mogelijk door te voeren.	De leerling accepteert aanpassingen vanuit de groep maar kan zich hier moeilijk aan houden en wijkt er soms toch van af.	De leerling gaat in tegen aanpassingen vanuit de groep.
	○	○	○
Leiderschap	De leerling toont leiderschap door de groep te ondersteunen en iedereen zijn ideeën te laten uiten maar toch het voortouw te nemen indien nodig.	De leerling toont leiderschap door teamgenoten te ondersteunen maar hakt geen knopen door bij discussies.	De leerling toont zich niet als leider maar als individu in een groep. De leerling werkt afzonderlijk van de groep.
	○	○	○
Initiatief nemen	De leerling neemt vaak initiatief en betreft de groep bij zijn/haar ideeën/handelingen.	De leerling neemt soms/vaak initiatief maar durft niet altijd voluit voor zijn/haar idee/handeling te gaan.	De leerling neemt geen initiatief en volgt de richtlijnen van de groep.
	○	○	○
Productiviteit	De leerling werkt productief mee en levert een duidelijke bijdrage binnen de groep door zelf oplossingen te zoeken.	De leerling werkt goed mee met de groep maar gaat niet zelfstandig op zoek naar oplossingen.	De leerling is allesbehalve productief en handelt enkel wanneer hem/haar iets gevraagd wordt.
	○	○	○
Empathie	De leerling houdt rekening met zijn/haar teamgenoten in de manier van omgang en wanneer teamgenoten frustraties/problemen uiten.	De leerling luistert naar de frustraties/problemen van teamgenoten maar kan hier niet op de juiste manier mee omgaan.	De leerling houdt geen rekening met zijn/haar teamgenoten en reageert ongepast.
	○	○	○

	Goed	Voldoende	Onvoldoende
	Lab skills		
Veiligheid	De leerling houdt zich nauwgezet aan de veiligheidsvoorschriften bij de proeven die dit vereisen en zet de groepsleden aan eenzelfde houding ten opzichte van veiligheid aan te nemen.	De leerling houdt slechts gedeeltelijk rekening met de nodige veiligheidsvoorschriften.	De leerling draagt geen handschoenen, veiligheidsbril of labojas bij de proeven die dit vereisen.
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nauwkeurig-/properheid	De leerling werkt proper en nauwkeurig aan de proeven. Berekeningen worden correct uitgevoerd.	De leerling morst maar ruimt dit onmiddellijk op. Berekeningen worden correct uitgevoerd. (of andersom)	De leerling werkt onordelijk en onnauwkeurig. Berekeningen worden niet (correct) uitgevoerd.
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Opmerkingen verloop eduscape room leerkracht:

Is de eduscaperoom binnen de tijd afgerond? Ja Nee

Zo nee, hoeveel cijfers voor het hangslot zijn gevonden?/4

Aantal jokers ingezet:/4

Aantal gegeven extra hints?

.....

11.7. Vragenlijst

11.7.1. Vragenlijst vooraf

Deze vragenlijst vul je in voordat je met de educatieve escaperoom start. De vragen zijn bedoeld om je algemene motivatie voor het vak chemie te peilen. Deze vragenlijst invullen neemt minder dan een minuutje in beslag, en na de escaperoom krijg je nog een vragenlijst om je ervaringen op te schrijven. De resultaten worden uiteraard anoniem verwerkt. Wel willen we je vragen om jouw onderwijsvorm (ASO of TSO) en studierichting op te geven.

Je kunt je mening geven op een schaal van 1 tot en met 5 waarbij 1 “helemaal mee eens” wil zeggen en 5 “helemaal NIET mee eens”.

Helemaal mee eens	Mee eens	Neutraal	Niet mee eens	Helemaal niet mee eens
--------------------------	-----------------	-----------------	----------------------	-------------------------------

Duid aan:

Datum escaperoom:

TSO / ASO

Studierichting:

	1	2	3	4	5
1. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat ik denk dat het interessant is.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat het voor mijn eigen bestwil is.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat het van me verwacht wordt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Er zullen goede redenen zijn om dit te doen, maar persoonlijk zie ik ze niet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat het werken hieraan leuk is.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat ik denk dat deze activiteit belangrijk voor me is.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat ik geen keuze heb.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Ik doe dit maar ik weet niet zeker of het de moeite waard is.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat ik me goed voel als ik hieraan werk.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat ik het zelf besloten heb.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Ik span me in tijdens het vak chemie omdat het iets is dat ik moet doen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Ik doe dit wel, maar ik weet niet zeker of het goed is om mee door te gaan.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11.7.2. Vragenlijst achteraf

Dank je voor het deelnemen aan deze educatieve escaperoom. We hopen dat je ervan genoten hebben. Deze vragenlijst is belangrijk om jouw ervaringen te peilen en de escaperoom eventueel in de toekomst aan te passen. De vragenlijst duurt ongeveer 5 minuten en is anoniem. Omdat de escaperoom door verschillende studierichtingen uitgevoerd is, willen we wel weten welke richting je volgt. Daarna kun je je mening geven op een schaal van 1 tot en met 5 waarbij 1 "helemaal mee eens" wil zeggen en 5 "helemaal NIET mee eens".

Helemaal mee eens	Mee eens	Neutraal	Niet mee eens	Helemaal niet mee eens
--------------------------	-----------------	-----------------	----------------------	-------------------------------

Er zijn algemene vragen en een aantal zijn opgesplitst naar de 4 puzzelpaden die je hebt doorlopen om één cijfer van het cijferslot te bemachtigen. Na de vragenlijst heb je ook de mogelijkheid om suggesties en opmerkingen te geven.

Duid aan:

Datum escaperoom:

TSO / ASO Studierichting:

KRUISWOORDPUZZEL – LAPTOP – WIE IS HET?	1	2	3	4	5
Ik geloof dat dit puzzelpad nuttig was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik geloof dat dit puzzelpad duidelijk was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik geloof dat dit puzzelpad leuk was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik heb het gevoel dat ik iets nieuws heb geleerd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond het puzzelpad te lang om tot een oplossing te komen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
OPLOSSINGEN – INDICATOR PAPIER – TRANSPARENTEN – LEWIS	1	2	3	4	5
Ik geloof dat dit puzzelpad nuttig was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik geloof dat dit puzzelpad duidelijk was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik geloof dat dit puzzelpad leuk was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik heb het gevoel dat ik iets nieuws heb geleerd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond het puzzelpad te lang om tot een oplossing te komen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
JIGSAW PUZZEL	1	2	3	4	5
Ik geloof dat deze puzzel nuttig was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik geloof dat deze puzzel duidelijk was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik geloof dat deze puzzel leuk was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik heb het gevoel dat ik iets nieuws heb geleerd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond de puzzel te lang om tot een oplossing te komen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ZUURCONSTANTEN – TELEFOONBOEK	1	2	3	4	5
Ik geloof dat dit puzzelpad nuttig was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik geloof dat dit puzzelpad duidelijk was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik geloof dat dit puzzelpad leuk was.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik heb het gevoel dat ik iets nieuws heb geleerd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond het puzzelpad te lang om tot een oplossing te komen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ALGEMEEN	1	2	3	4	5
Ik vond de eduscape room een leuke ervaring.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik ben meer gemotiveerd voor het vak chemie dan vóór de escaperoom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik zou deze ervaring aanbevelen aan andere leerlingen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ik prefereer deze ervaring boven 'normale' werkboek opdrachten in de les.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik denk dat deze ervaring behulpzaam is in het leren voor een toets / examen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vind deze manier van leren een goede toevoeging aan mijn 'normale' manier van leren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond de "kennis"-puzzels (bv. het kruiswoordraadsel, Jigsaw, "Wie is het?", pH-waardes berekenen, lewisstructuren) het leukst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond de "doe"-puzzels (bv. het proefje met het indicatorpapier, de transparanten, opzoeken zuurconstante) het leukst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond sommige puzzelpaden te lang om tot een resultaat te komen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik had mijn groepsleden nodig om de puzzels op te lossen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond het leuk om samen met mijn groep de puzzels op te lossen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond het KRUISWOORDPUZZEL- pad het leukst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond het OPLOSSING-puzzel pad het leukst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond het JIGSAW-puzzel pad het leukst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik vond het ZUURCONSTANTE-puzzel pad het leukst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mijn groep had ... minuten nodig om alle puzzels opgelost te krijgen. (duid hieronder aan)

minder dan 25

meer dan 25

meer dan 40

meer dan 50

Als je moeite had met een specifieke puzzel, meer informatie wenst of suggesties en / of opmerkingen hebt, kun je die hier kwijt:

.....

.....

.....

.....

Informed Consent

Inhoudsopgave

Bij vragen	76
De studie in een oogopslag	77
Hoofdstuk 1 – beschrijving van de studie en je rechten bij deelname	77
1. Waarom doen we deze studie	77
2. Waarom wordt mij gevraagd deel te nemen?	77
3. Moet ik deelnemen aan een studie?	77
4. Wat gaat er tijdens de studie gebeuren?	77
5. Zal ik voordeel halen uit de studie?	78
6. Welke zijn de mogelijke risico's en ongemakken bij deelname aan de studie?	78
7. Kan mijn deelname aan de studie vroegtijdig eindigen?	78
8. Zal mijn deelname aan de studie bijkomende kosten met zich meebrengen voor mij?	78
9. Welke gegevens worden over mij verzameld tijdens de studie en wat gaat ermee gebeuren?	78
9.1. Welke gegevens worden tijdens de studie verzameld en verwerkt?	78
9.2. Hoe zal de onderzoeker mijn persoonsgegevens behandelen?	78
Hoofdstuk 2 – Geïnformeerde toestemming	79
Deelnemer	79
Vereisten voor je deelname aan de studie	79
Onderzoekers	80

Bij vragen

Naam	Functie	Reden	Contactgegevens
Henkens Sien	Student	Informatie, problemen, bezorgdheden	sien.henkens@student.uhasselt.be
Fransis Sylke	Student	Informatie, problemen, bezorgdheden	sylke.fransis@student.uhasselt.be
Molin Manfred	Student	Informatie, problemen, bezorgdheden	manfred.molin@student.uhasselt.be
Voets Jana	Student	Informatie, problemen, bezorgdheden	jana.voets@student.uhasselt.be
Kristien Brassinne	Professor	Bezorgdheden over je rechten als deelnemer aan een studie en bij betwisting of klachten	kristien.brassinne@uhasselt.be
Wanda Guedens	Professor	Bezorgdheden over je rechten als deelnemer aan een studie en bij betwisting of klachten	wanda.guedens@uhasselt.be

De studie in een oogopslag

Hoofdstuk 1 – beschrijving van de studie en je rechten bij deelname

1. Waarom doen we deze studie

Deze kwalitatieve studie wordt uitgevoerd om na te gaan welke soort escape room puzzels en paden leerlingen van de derde graad het meest motiverend vinden. Daarbij willen we nagaan of er verschil in keuze is tussen ASO en TSO.

2. Waarom wordt mij gevraagd deel te nemen?

Je wordt gevraagd om deel te nemen omdat je een leerling uit het 6de jaar ASO of TSO richting bent met voldoende uren chemie.

3. Moet ik deelnemen aan een studie?

De leerstof behoort tot de leerdoelen en de deelname gebeurt tijdens de verplichte schooluren. Indien je geen geldige reden hebt om niet deel te nemen aan de les, ben je verplicht om deel te nemen aan de escape room.

4. Wat gaat er tijdens de studie gebeuren?

Deze studie is een kwalitatief onderzoek naar de motivatie van leerlingen door het gebruik van een escape room in de klas. Welke puzzels het meest motiveren, welk traject het interessantste is en of er een verschil in keuze is tussen ASO en TSO wordt in deze studie nagegaan. De verschillende groepen hebben een grootte van 4 – 6 personen van eenzelfde studierichting en krijgen dezelfde puzzels om op te lossen binnen het vakgebied chemie. Achteraf dient een vragenlijst naar alle eerlijkheid ingevuld te worden om jullie motivatie na te gaan.

De duur van deze studie is 2 lessen of 100 minuten waarbij, na een korte inleiding, het oplossen van de puzzels zo'n 50 minuten in beslag zal nemen. Achteraf is er dan nog tijd om de vragenlijst in te vullen en jullie ervaringen met ons te delen. Hierbij een overzicht van de planning.

Vrijdag 3 april 2020		
8u30 – 8u45	Inleiding	6 IW
8u45 – 9u40	Escape room	6 WWi
9u40 – 10u	Vragenlijst	6 GWW (5 pers.)
10u30 – 10u45	Inleiding	6 TW
10u45 – 11u40	Escape room	6 GWW (2 x 4 pers.)
11u40 – 12u	Vragenlijst	6 FTA 6 MTW (2 x 4 pers.)

5. Zal ik voordeel halen uit de studie?

De informatie die tijdens de studie verkregen wordt, kan bijdragen tot een beter inzicht in het gebruik van een escape room binnen het onderwijs om de motivatie van leerlingen te laten toenemen. De studie zou ervoor kunnen zorgen dat de leerkracht aan de hand van een escape room leerstof kan aanbieden.

Je zal geen direct voordeel halen uit deze studie. Er kan zich echter een voordeel voordoen indien de escape room je geholpen heeft om deze leerstof te verwerken.

6. Welke zijn de mogelijke risico's en ongemakken bij deelname aan de studie?

Er zijn geen risico's en ongemakken verbonden bij de deelname aan de studie.

7. Kan mijn deelname aan de studie vroegtijdig eindigen?

Zoals reeds vermeld gaat de deelname aan de studie door tijdens verplichte lesuren en over leerplandoelstellingen binnen chemie. Slechts in drie gevallen kan jouw deelname vroegtijdig beëindigd worden:

- Indien je besluit jouw toestemming in te trekken om deel te nemen,
- Indien de onderzoekers besluiten jouw deelname stop te zetten o.w.v. het niet volgen van instructies of dwarsbomen van andere deelnemers,
- Indien de school besluit jouw deelname te beëindigen.

8. Zal mijn deelname aan de studie bijkomende kosten met zich meebrengen voor mij?

Nee, de studie brengt geen bijkomende kosten met zich mee voor jou als deelnemer.

9. Welke gegevens worden over mij verzameld tijdens de studie en wat gaat ermee gebeuren?

9.1. Welke gegevens worden tijdens de studie verzameld en verwerkt?

De gegevens die verzameld worden vanuit de vragenlijst zijn: het jaar (6de), de studierichting, de onderwijsvorm (ASO of TSO) en de groepsgrootte. De vragenlijst wordt verder anoniem ingevuld.

9.2. Hoe zal de onderzoeker mijn persoonsgegevens behandelen?

De onderzoekers zullen de gegevens vertrouwelijk behandelen en niet verder verspreiden. De gegevens die de onderzoekers krijgen, stellen hen niet in staat je te identificeren.

Hoofdstuk 2 – Geïnformeerde toestemming

Deelnemer

Vereisten voor je deelname aan de studie

- Ik verklaar dat ik geïnformeerd ben over het doel van de studie, de duur en de gevolgen ervan, mogelijke risico's en ongemakken en wat van mij verwacht wordt, en dat ik dit alles begrepen heb. Mijn rechten als deelnemer aan een studie zijn mij uitgelegd en ik heb ze begrepen.
- Ik heb de kans gekregen om alle vragen te stellen die bij me opkwamen en ik heb een bevredigend antwoord gekregen.
- Ik begrijp dat ik vrijwillig en zonder daartoe gedwongen te zijn, zal deelnemen aan deze studie en dat ik op ieder moment mijn deelname aan de studie stop kan zetten
- Ik begrijp dat er gegevens over mij zullen worden verzameld en dat deze vertrouwelijk zullen behandeld worden.
- Ik begrijp dat ik bij deelname aan deze studie geen kosten heb.
- Ik begrijp dat ik moet meewerken en de instructies van de onderzoeker en van het studiepersoneel rond de studie moet volgen.
- Ik begrijp dat mijn deelname aan de studie zonder mijn toestemming kan beëindigd worden.

Ik stem in met deelname aan de studie, en ik heb een ondertekende en gedateerde kopie ontvangen van alle bladzijden van dit document.

Datum (DD/MMM/JJJJ):

Handtekening van de deelnemer:

Onderzoekers

Ik, de ondergetekende onderzoeker, bevestig

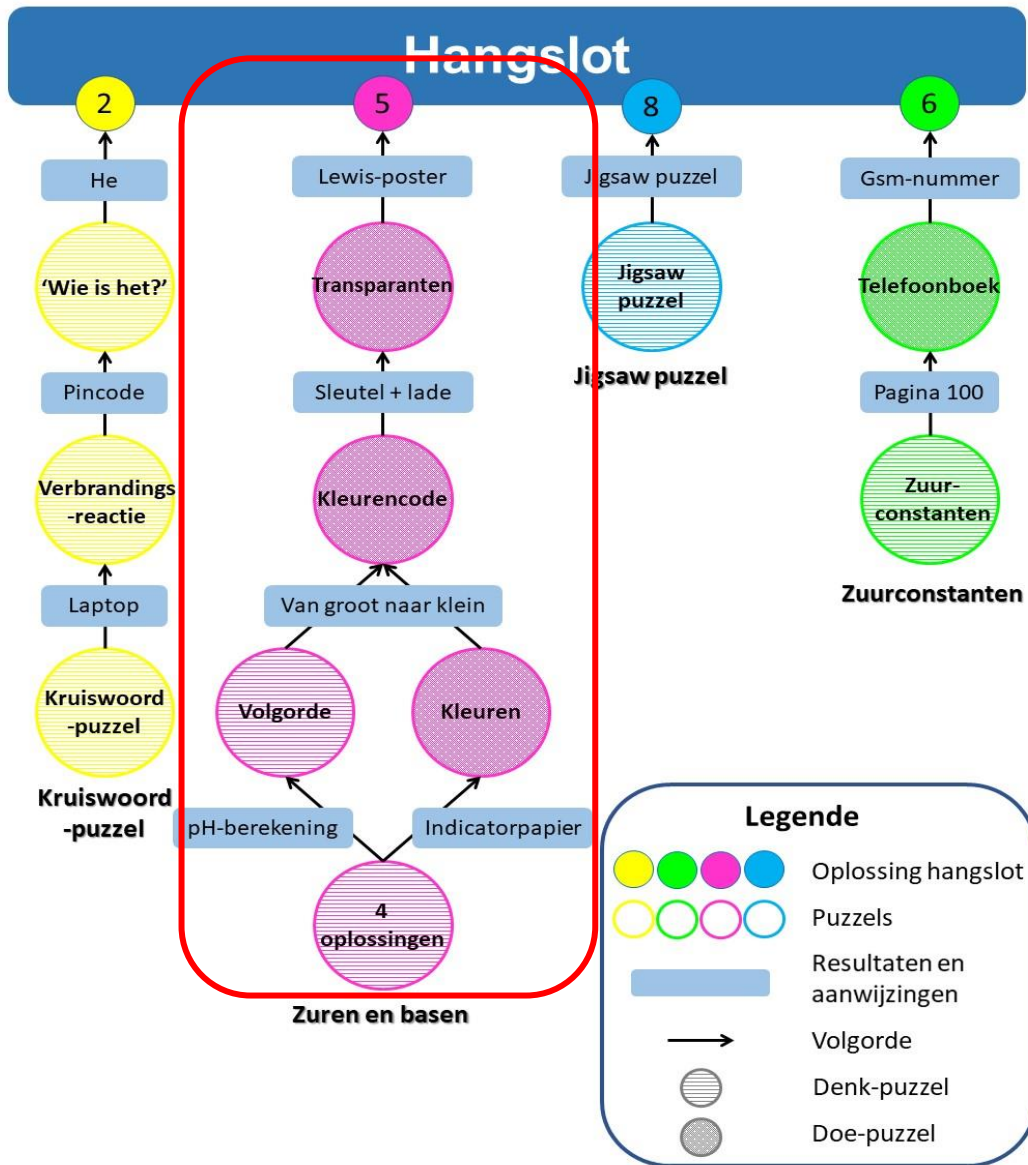
- Dat de deelnemer mondeling de noodzakelijke informatie over de studie heeft gekregen, dat de inhoud hem/haar is uitgelegd en dat hij/zij een origineel ondertekende versie van dit document heeft gekregen.
- Dat ik heb nagegaan of de deelnemer de studie heeft begrepen.
- Dat ik de deelnemer voldoende tijd heb gegeven om na te denken over zijn/haar deelname en om vragen te stellen.
- Dat geen enkele druk op de deelnemer werd uitgeoefend om hem/haar te doen toestemmen in deelname aan de studie.

Datum (DD/MMM/JJJJ):

Handtekening onderzoekers:

11.9. Creatief eindproduct

Als creatief eindproduct is het sequentiële puzzelpad rond zuren en basen gekozen omdat er een variatie aan denk- en doe-puzzels aanwezig is. Dit maakt dit puzzelpad belangrijk om de hypothesen te kunnen toetsen.



Figuur (creatief eindproduct) 1: Zelf opgestelde puzzelpaden met aanduiding puzzelpad zuren en basen.

Een ander puzzelpad begint met het berekenen van vier pH-waarden. De gegevens voor deze berekeningen zijn terug te vinden op vier erlenmeyers gevuld met een bepaalde oplossing (Tabel 5). Van deze oplossingen wordt dus de pH berekend. Bij de 4 erlenmeyers ligt een aanwijzing die zegt 'Van hoog naar laag'. Hierdoor weten de leerlingen dat ze de oplossingen moeten ordenen van base naar zuur.

Tabel (creatief eindproduct) 1: Overzichtstabel oplossingen met zuurtegraad.

	Oplossing 1	Oplossing 2	Oplossing 3	Oplossing 4
Product	Cif/Wc-net ontstopper	citroensap	Cilit bang/eres	Dreft
zuur/base	base	zuur	zuur	base
[H ₃ O ⁺] (mol/l)	1.10 ⁻¹²	1.10 ⁻²	1.10 ⁻¹	1.10 ⁻⁸
pH-waarde (te berekenen)	12	2	1	8
Kleur indicatorpapier	donker groen	oranje	donker roze, licht rood	lichtgroen

Nu de oplossingen in de juiste volgorde geplaatst zijn, moeten de leerlingen een kleurcode vormen. Dit doen ze door met universeel pH-indicatorpapier de pH-waarden te bepalen. Door een indicatorpapiertje gedeeltelijk in de oplossing onder te dompelen, verkleurt dit papier. Deze kleur is verschillend voor de vier oplossingen omdat de zuurtegraad verschillend is. De overeenkomende kleuren zijn ook in Tabel 5 weergegeven voor iedere oplossing. De correcte kleurcode die bekomen wordt is afgebeeld in Figuur 13.



Figuur (creatief eindproduct) 2: Kleurcode gevormd door ordeningen pH-waardes van hoog naar laag.

Opmerkingen:

- 1) De volgorde waarin de erlenmeyers met oplossingen geplaatst worden, voor aanvang van de eduscape room, staat niet vast. De leerkracht kan deze anders plaatsen dan in Tabel 5 is weergegeven. Let wel op dat de erlenmeyers niet in de juist volgorde (pH-waardes van hoog naar laag) geplaatst wordt. Dit kan het puzzelpad vergemakkelijken ofwel de leerlingen in de war brengen.
- 2) Deze puzzel kan op twee manieren opgelost worden.
 - a) Ofwel starten de leerlingen met de berekeningen, plaatsen ze deze in de juiste volgorde en bepalen ze daarna de overeenkomende kleuren met het universeel pH-indicatorpapier.
 - b) Ofwel bepalen de leerlingen eerst de kleuren van oplossingen met het universeel pH-indicatorpapier en plaatsen ze deze vervolgens in de juiste volgorde aan de hand van de pH-berekeningen.
 - c) Het is ook mogelijk om de taken te verdelen binnen de groep, bijvoorbeeld twee leerlingen bepalen de kleuren en twee leerlingen doen de berekeningen. Op deze manier zal de puzzel sneller opgelost worden.
- 3) De gebruikte producten in dit opzet zijn keukenmiddeltjes. Deze kunnen uiteraard ook vervangen worden door basen en zuren uit het labo.

11.9.1. Sleutels

De bekomen kleurcode is gelinkt aan een sleutel. Deze sleutel hangt in een open kastje of sleutelrekje aan de muur. Maar hier hangen meerdere sleutels. Aan elke sleutel is een andere kleurcode bevestigd. Een voorbeeld van de sleutels met kleurcodes is weergegeven in Figuur 14. De bedoeling is dat de leerlingen de sleutel met de juiste kleurcode vinden. Dit kan alleen wanneer ze bij de vorige puzzel de berekeningen correct hebben uitgevoerd. De kleurcode dient afgelezen te worden van aan de sleutel te beginnen. Dit kan verduidelijkt worden door aan de achterkant van de codes een pijl te tekenen volgens de leesrichting.



Figuur (creatief eindproduct) 3: Kastje met sleutels en hun kleurcodes.

Opmerking:

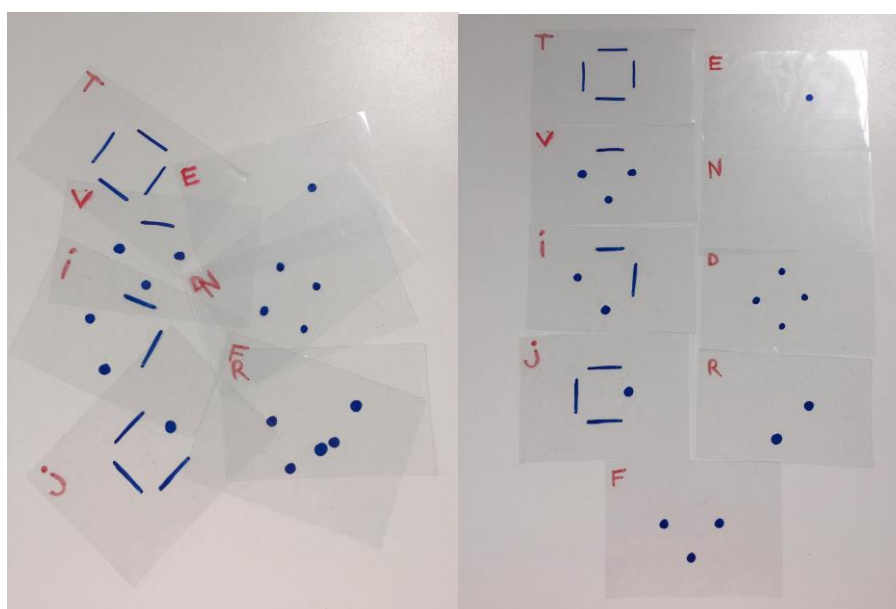
Om te vermijden dat de leerlingen gaan gokken, is het nodig om voldoende sleutels te voorzien. In dit voorbeeld werden 15 sleutels gebruikt. Hiernaast kan gokken ook tegengegaan worden door te werken met straf tijd of door het aantal pogingen te beperken.

11.9.2. Poster en transparanten

Wanneer de leerlingen de juiste sleutel hebben gevonden, kan deze gebruikt worden om een lade te openen in de lessenaar (Figuur 15). Afhankelijk van het lokaal, kan de leerkracht een extra aanwijzing voorzien voor de leerlingen om de juiste lade, of indien niet aanwezig een koffer/aktetas met een sleutelslot, te vinden. In de lade vinden de leerlingen negen transparanten. Op deze transparanten staan streepjes en bolletjes getekend. Deze tekeningen stellen lewisstructuren voor van verschillende chemische elementen. In iedere hoek van de transparant staat ook een letter zoals te zien is in Figuur 16. Deze letter is belangrijk voor de oplossing van dit puzzelpad.



Figuur (creatief eindproduct) 4: Lade van lessenaar geopend met gevonden sleutel.

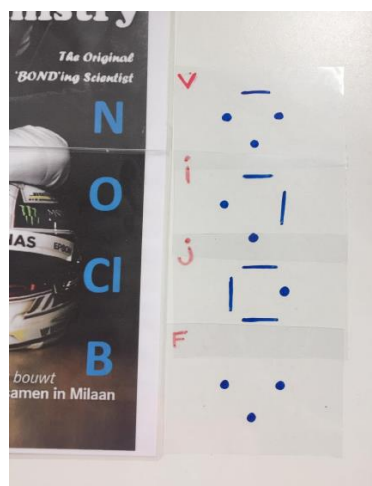
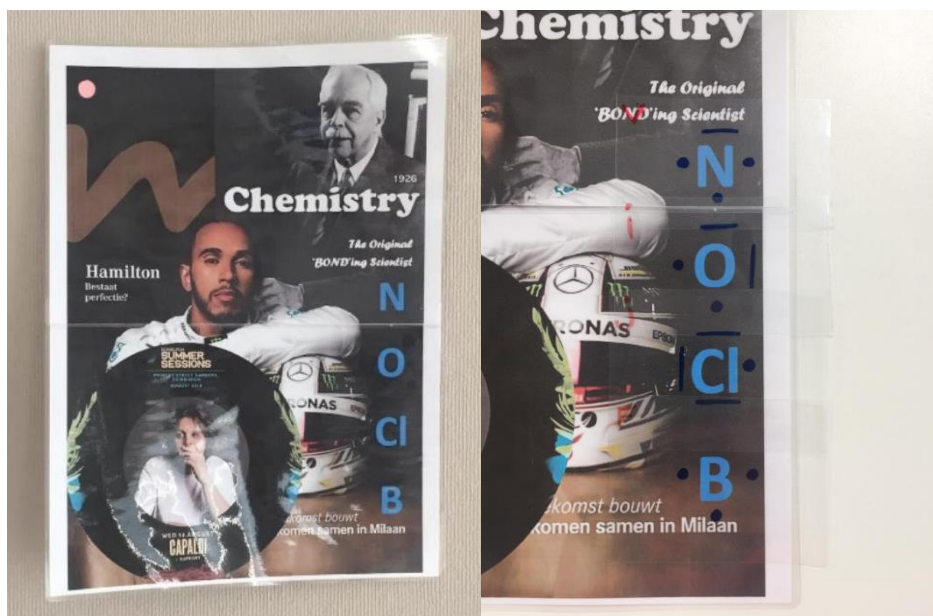


Figuur (creatief eindproduct) 5: Transparanten uit lade met streepjes, bolletjes en letters.

Op een muur in het lokaal hangt een poster. Hierop staan drie personen afgebeeld, Lewis Capaldi, Lewis Hamilton en Gilbert Newton Lewis, en vier chemische elementen onder elkaar. De personen op de poster zijn een aanwijzing om de lewisstructuren van de vier chemische elementen te zoeken. Door de juiste transparanten met lewisstructuren op de elementen te plaatsen, komen de rode letters in de juiste volgorde te staan. Zo verschijnt het woord 'vijf' (Figuur 17). Dit is een tweede cijfer voor het hangslot (cijfer '5').

Opmerking:

Ook bij deze puzzel zijn extra transparanten voorzien (met foute lewisstructuren) om gokken te voorkomen. Hiernaast zou de puzzel veel te gemakkelijk zijn wanneer er maar vier transparanten zijn waardoor het woord 'vijf' onmiddellijk gevonden kan worden.



Figuur (creatief eindproduct) 6: Links-boven: Lewis-poster met chemische elementen op. Rechts-boven: Lewis-poster met bijhorende transparanten. Onder: Weergave transparanten in juiste volgorde met voorstelling 'vijf'.

Op de poster plakt in de linkerbovenhoek een roze bolvormige sticker (Figuur 18). Deze kleur komt terug bij het tweede cijfer van het hangslot (Figuur 28). Hierdoor weten de leerlingen waar het gevonden cijfer van dit puzzelpad geplaatst moet worden.



Figuur (creatief eindproduct) 7: Verwijzings-sticker naar hangslot.