

**Werken aan de OC in
de les fysica**

Woensdag 24 februari 2010



Katholieke Universiteit Leuven
Faculteit Wetenschappen

SLO Wetenschap en Technologie

Specifieke Lerarenopleiding Natuurwetenschappen:
optie Fysica
Naamsestraat 61, 3000 Leuven
Tel. 016/32 42 48 – Fax 016/32 42 54
<http://fys.kuleuven.be/alon>

Werken aan de onderzoekscompetentie in de les fysica

M. De Cock

VOORAF

Deze tekst werd oorspronkelijk samengesteld door Marie Josée Janssens, met als focus chemie. We danken haar dan ook graag voor het ter beschikking stellen van de tekst en de vele goede tips bij de uitwerking ervan voor fysica.

1 DE SPECIFIEKE ONDERZOEKSCOMPETENTIE

1.1 ALGEMEEN KADER

1.1.1 Wat verstaat men onder onderzoekscompetentie?

Letterlijk betekent onderzoekscompetentie de competentie om te onderzoeken. Een *competentie* is een combinatie van kennis, vaardigheden en attitudes waarmee een persoon op een correcte wijze handelt in een bepaalde situatie. Een competentie veronderstelt altijd een combinatie van denken en doen: het is een doordacht handelen. Dat doordacht handelen, engageert de hele persoon en houdt bijgevolg ook persoonskenmerken en attitudes in.

Onderzoeken betekent het uitvoeren van een aantal handelingen waarbij men gegevens verzamelt om tot de oplossing van een bepaald probleem te komen. Onderzoekscompetent is men dus indien men over de nodige kennis, vaardigheden en attitudes beschikt om de handelingen voor een onderzoek uit te voeren.

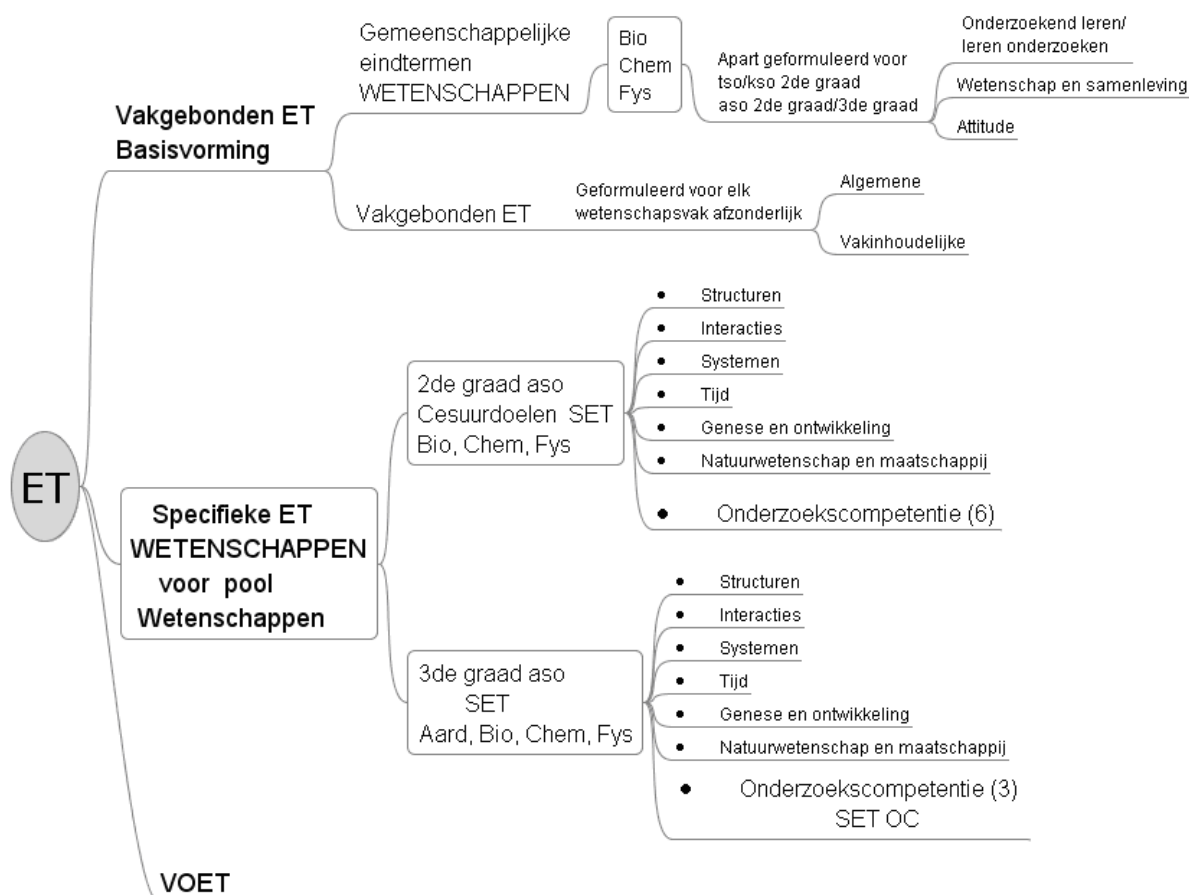
1.1.2 Waarom aandacht voor de onderzoekscompetentie in het SO?

- Onderzoek ligt aan de basis van en ondersteunt de ontwikkeling van Natuurwetenschappen.
- Leren onderzoeken is opgenomen in de gemeenschappelijke eindtermen voor Wetenschappen GET.
- De onderzoekscompetentie OC staat expliciet vermeld in de specifieke eindtermen SET, voor elke pool, dus niet enkel voor Natuurwetenschappen.
- Leren onderzoeken en het werken aan de onderzoekscompetentie bevorderen het actief leren.
- De kans dat een leerling in het hoger onderwijs min of meer zelfstandig onderzoek zal uitvoeren is vrij groot. Denk maar aan de bachelor- en masterproef.
- Last but not least: oefenen in probleemoplossend denken is ook nuttig voor het dagelijkse leven.

1.1.3 Eindtermen en onderzoekscompetentie

A. Overzicht van de eindtermen

Eindtermen	ASO 2 ^{de} en 3 ^{de} graad	TSO en KSO 2 ^{de} graad
Vakgebonden ET voor iedereen Resultaatsverplichting voor 3 ^{de} graad ASO	Gemeenschappelijke ET voor wetenschappen Onderzoekend leren / leren onderzoeken Wetenschap en samenleving Attitudes Vakgebonden ET Algemene Vakinhoudelijke	Onderzoekend leren / leren onderzoeken Wetenschap en samenleving Attitudes
Specifieke ET voor de pool Wetenschappen Resultaatsverplichting voor 3 ^{de} graad ASO Cfr. Q-scan - Inspectie	Structuren Interacties Systemen Tijd Genese en ontwikkeling Natuurwetenschap en maatschappij Onderzoekscompetentie (gedoogbeleid tot 07-08)	
VOETen	GEED, LELE, MIED, SOVA, BUZI, muzisch-creatieve vorming, technisch-technologische vorming	GEED, LELE, MIED, SOVA, BUZI, muzisch-creatieve vorming



Figuur gemaakt door Marijke Covens

B. Vakgebonden eindtermen

1 GET WET. Onderzoekend leren/leren onderzoeken in ASO – 2^{de} en 3^{de} graad

Met betrekking tot een concreet wetenschappelijk of toegepast wetenschappelijk probleem, vraagstelling of fenomeen kunnen de leerlingen

- 1 *relevante parameters of gegevens aangeven, hierover informatie opzoeken en deze oordeelkundig aanwenden.*
- 2 een eigen hypothese (bewering, verwachting) formuleren en aangeven hoe deze kan worden onderzocht.
- 3 voorwaarden en omstandigheden die een hypothese (bewering, verwachting) weerleggen of ondersteunen, herkennen of aangeven.
- 4 *ideeën en informatie verzamelen om een hypothese (bewering, verwachting) te testen en te illustreren.*
- 5 omstandigheden die een waargenomen effect kunnen beïnvloeden, inschatten.
- 6 aangeven welke factoren een rol kunnen spelen en hoe ze kunnen worden onderzocht.
- 7 resultaten van experimenten en waarnemingen afwegen tegenover de verwachte, rekening houdend met de omstandigheden die de resultaten kunnen beïnvloeden.
- 8 *resultaten van experimenten en waarnemingen verantwoord en bij wijze van hypothese, veralgemenen.*
- 9 *experimenten of waarnemingen in klassituaties met situaties uit de leefwereld verbinden.*
- 10 doelgericht, vanuit een hypothese of verwachting, waarnemen.
- 11 waarnemings- en andere gegevens mondeling en schriftelijk verwoorden en weergeven in tabellen, grafieken, schema's of formules.
- 12 *alleen of in groep, een opdracht uitvoeren en er een verslag over uitbrengen.*

2 ET WET. Onderzoekend leren/leren onderzoeken in TSO en KSO – 2^{de} graad

Met betrekking tot een concreet natuurwetenschappelijk of toegepast natuurwetenschappelijk probleem, vraagstelling of fenomeen, kunnen de leerlingen

- 1 relevante parameters of gegevens aangeven en hierover doelgericht informatie opzoeken.
- 2 een eigen hypothese (bewering, verwachting) formuleren en aangeven waarop deze steunt.
- 3 omstandigheden die een waargenomen effect kunnen beïnvloeden inschatten.
- 4 resultaten van experimenten en waarnemingen afwegen tegenover de verwachte resultaten, rekening houdende met de omstandigheden die de resultaten kunnen beïnvloeden.
- 5 experimenten of waarnemingen in klassituaties met situaties uit de leefwereld verbinden.
- 6 doelgericht, vanuit een hypothese of verwachting, waarnemen.
- 7 alleen of in groep waarnemings- en andere gegevens mondeling of schriftelijk verwoorden.
- 8 alleen of in groep, een opdracht uitvoeren en er verslag over uitbrengen.
- 9 informatie op elektronische dragers raadplegen en verwerken.
- 10 een fysisch, chemisch of biologisch verschijnsel of proces met behulp van een model voorstellen en uitleggen.
- 11 in het kader van een experiment een meettoestel aflezen.
- 12 samenhangen in schema's of andere ordeningsmiddelen weergeven.

C. Specifieke eindtermen voor de pool Wetenschappen

1 Cesaurodoelen voor de 2^{de} graad

De leerlingen kunnen

- 31 **onder begeleiding** voor een gegeven onderzoeksprobleem onderzoeksvragen formuleren.
- 32 op basis van geselecteerde bronnen voor een gegeven onderzoeksvraag, op een systematische wijze informatie verzamelen en ordenen.
- 33 **onder begeleiding** een gegeven probleem met een aangereikte methode onderzoeken.
- 34 **onder begeleiding** onderzoeksresultaten verwerken, interpreteren en conclusies formuleren.
- 35 volgens een gegeven stramien over de resultaten van de eigen onderzoeksactiviteit rapporteren.

36 **onder begeleiding** reflecteren over de bekomen onderzoeksresultaten en de aangewende methode.

2 SET voor de 3^{de} graad

De leerlingen kunnen

29 zich oriënteren op een onderzoeksprobleem door gericht informatie te verzamelen, te ordenen en te bewerken.

30 een onderzoeksopdracht met een **wetenschappelijke** component voorbereiden, uitvoeren en evalueren.

31 de onderzoeksresultaten en conclusies rapporteren en ze confronteren met andere standpunten.

1.1.4 Werken aan de eindtermen in verband met onderzoek

A. Relatie tussen de eindtermen onderzoek voor de natuurwetenschappen

Uit de vergelijking van de ET Onderzoekend leren/leren onderzoeken en de SET in verband met de onderzoekscompetentie blijkt duidelijk dat er een zekere overlapping is tussen beide. Onderzoekend leren is didactisch een mooi opstapje naar leren onderzoeken. De ervaring met de ET van de basisvorming (voor alle aso-leerlingen) in verband met onderzoek leidt automatisch verder naar het werken aan de onderzoekscompetentie voor de pool Wetenschappen. **Van de leerlingen uit die pool wordt verwacht dat ze groeien naar het grotendeels zelfstandig uitvoeren van een integraal (mini)-onderzoek waarin gelijktijdig de verschillende SETOC (onderzoeksstappen) aan bod komen.**

B. Waar werken aan de onderzoekscompetentie voor Wetenschappen?

Door de aard van de vakken in de pool wetenschappen zitten het onderzoekend leren en het leren onderzoeken in de gemeenschappelijke eindtermen wetenschappen, dus ook in de leerplannen van de basisvorming. Het werken aan de onderzoekscompetentie is aldus aanwezig in de leerplannen biologie, chemie en fysica van de basisvorming. Het werken aan de specifieke eindtermen onderzoekscompetentie gebeurt uitgebreider in de studierichtingen van de pool wetenschappen, in de tweede graad voor de vakken, biologie, chemie en fysica, in de derde graad voor de vakken aardrijkskunde, biologie, chemie en fysica.

De school/vakgroep kiest zelf op welke manier ze de SET onderzoekscompetentie realiseert. *Bij de tweepolige studierichtingen*, zoals voor wetenschappen, dient echter voor beide polen de onderzoekscompetentie te worden gerealiseerd. De school/vakgroep kan ervoor kiezen de polen naast elkaar aan hun onderzoekscompetentie te laten werken of geïntegreerd aan beide polen samen te werken. Kiest men voor geïntegreerd werken, dan dient het evenwicht tussen en de gelijkwaardigheid van beide polen te worden bewaakt. Er ontstaat een onevenwicht wanneer de inhouden van één pool ondersteunend ingezet worden in dienst van de andere pool. Zo verrijkt het louter gebruiken van het Engels in een onderzoeksproject chemie wel de taalcompetenties, maar kan dit niet worden beschouwd als een realiseren van de onderzoekscompetentie moderne talen.

Bovendien bestaat *de pool wetenschappen uit verschillende vakken*: Biologie, Chemie, Fysica in tweede en derde graad, aangevuld met Aardrijkskunde in de derde graad. De doelen moeten worden behaald voor de pool. De school/vakgroep kan voor een geïntegreerd onderzoek kiezen, voor een vakoverschrijdende aanpak ofwel kan ze werken in elk of in één van de natuurwetenschappelijke vakken. Omdat de leerplannen van elk van deze vakken de specifieke eindtermen onderzoekscompetentie hebben opgenomen dient erover gewaakt dat ook de individuele leerplannen worden gerealiseerd. Aldus dient er voor deze doelen in de afzonderlijke vakken aandacht te zijn tijdens de leerjaren 3, 4, 5 en 6 conform de leerplannen. Dit mondt uit in een zelfstandig eindonderzoek bijvoorbeeld in de tweede helft / aan het eind van het zesde jaar:

- of voor één van de natuurwetenschappelijke vakken;
- of voor elk natuurwetenschappelijk vak;
- of vakoverschrijdend tussen de natuurwetenschappelijke vakken.

Om de taaklast te bewaken, is het te verkiezen om af te spreken, dat we dit integraal onderzoek tot één van de poolvakken beperken. Onder geïntegreerd onderzoek wordt hier een onderzoeksopdracht verstaan waarin elk van de drie stappen (eindtermen) van de onderzoekscompetentie uitgevoerd worden.

C. Wanneer werken aan de onderzoekscompetentie?

Het is evident dat de school aan de onderzoekscompetentie voldoende aandacht besteedt *in de vaklessen*. Er hoeven *geen extra lesuren* uitgetrokken te worden bovenop het pakket dat voor de pool voorzien is. Om zowel de taakbelasting van de leraar als de studiebelasting van de leerling te bewaken worden het aantal opdrachten *buiten de lesuren* zoveel mogelijk beperkt.

Sommige scholen kiezen ervoor aan de onderzoekscompetentie te werken *in het kader van de Vrije ruimte*. Dit biedt ontegensprekelijk extra tijdruimte en kansen op verdiepend werken. Behalve dat er een andere invulling aan de Vrije ruimte wordt gegeven dan oorspronkelijk bedoeld – werken aan vernieuwende projecten – kan deze optie inherent een aantal problemen geven. Vooreerst is de Vrije ruimte dan niet langer ‘vrij’, maar wordt ze voorwerp van controle bij schooldoorlichting. Verder moeten in dat geval alle leerlingen van eenzelfde pool kiezen voor een onderzoeksproject binnen hun pool. Ze kunnen dan niet langer vrij kiezen voor een project in een ander domein. Zo behaalt bijvoorbeeld een leerling uit Wetenschappen-wiskunde die een seminarie economie volgt, daarmee niet de eindtermen onderzoekscompetentie voor zijn studierichting.

D. Praktisch werken aan de onderzoekscompetentie

In de VVKSO-mededeling van 26 juni 2008 (<http://ond.vvkso-ict.com/vvksosites/UPLOAD/2008/M-VVKSO-2008-043.pdf>) lezen we: “*Toch is het niet uit te sluiten dat de vakken van een pool, los van elkaar aan hun doelen werken (zie ook de voetnoot i.v.m. natuurwetenschappelijke vakken onder 3.3). De aard (inhouden, te oefenen vaardigheden, ...) van de vakken laat niet altijd even vlot vakoverschrijdend werken toe. Dan kan de school ervoor kiezen om bijvoorbeeld voor de pool moderne talen in de poolvakken afzonderlijk maar complementair aan de opbouw van de onderzoekscompetentie te werken. Ook daar zijn afspraken nodig.*” Zowel bij vak- als bij pooloverstijgend werk moet telkens de gelijkwaardige uitwerking worden gewaarborgd.

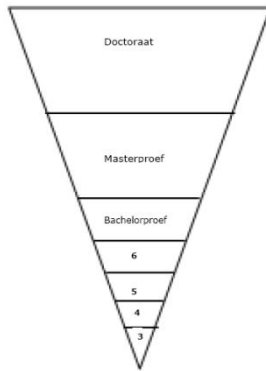
Zoals destijds afgesproken in de Coördinatiecommissie Natuurwetenschappen van het VVKSO vermelden de leerplannen biologie, chemie en fysica ieder afzonderlijk de onderzoekscompetentie. Als dusdanig dient elk leerplan te worden gerealiseerd.

E. Hoe werken aan de onderzoekscompetentie?

Hoe men concreet werkt aan de onderzoekscompetentie is de vrijheid van de leraar. Alleszins met **haalbare opdrachten** zowel voor de leraar als voor de leerling. *Eenvoudige mini-onderzoekjes* volstaan, op het niveau van de leerling. Al de onderzoeksopdrachten gebeuren bij voorkeur tijdens de lessen op school met de infrastructuur van de school. Een extra bezoek en contacten met een onderzoekslabo kan daarbij zeer waardevol zijn maar is geen vereiste. Ook bij ICT-opdrachten en actieve werkvormen (BZL) kunnen open onderzoeksopdrachten aan bod komen. De onderzoekscompetentie koppelen aan een uitgebreid eindwerk hoeft evenmin. In geen geval wordt de vorming van ‘toekomstige wetenschappelijke onderzoekers’ beoogd.

Belangrijk is een **geleidelijke groei** te waarborgen: van klein naar groot, van gesloten naar open opdrachten, van begeleid naar zelfstandig, van 1 naar enkele lesuren ... Dit betekent een groei vanaf de tweede graad via kleine mini-probleempjes, onder begeleiding, aan de hand van een gesloten instructie, met het accent op ‘onderzoekend leren’ en op ‘verwondering wekken’, als een introductie tot leren onderzoeken.

Voorbeelden:



- Twee blikjes: eentje met Coca-Cola, eentje met Cola Light. Welk blikje bevat Cola Light?

Naar het einde van de derde graad vindt een evolutie plaats naar een open opdrachtje met beperkte inhoud, met het accent op meer zelfstandig onderzoek. Voorbeeld:

- Bepaal de waarde van een onbekende massa, zonder gebruik te maken van een balans. Er mag wel gebruik gemaakt worden van een veer, chronometer en een meetlat.

Het leren onderzoeken gaat gepaard met onderzoekend leren en mondt uit in een zelfstandig onderzoekje. Leerlingen leren een onderzoeksvraag stellen, een eenvoudig onderzoek opzetten, uitvoeren en daarover rapporteren en reflecteren. Duidelijk is dat hierbij de **natuurwetenschappelijke onderzoeksmethode** wordt gehanteerd: vanuit een hypothese of (onderzoeks)vraag gegevens verzamelen (metingen doen, experimenteren, waarnemen), de bekomen resultaten ordenen en een verband zoeken ter staving van de hypothese of om de onderzoeksvraag te beantwoorden, conclusie trekken, rapporteren en eventueel bijsturen of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag. Kortweg spreekt men van de OVUR-methode: oriënteren, voorbereiden, uitvoeren, reflecteren.

1.2 DE OVUR-METHODE

1.2.1 Integraal onderzoek

Een volledig onderzoek verloopt in verschillende stappen, die vaak worden samengevat in de OVUR-methode: oriënteren, voorbereiden, uitvoeren en reflecteren.

A. Oriënteren

Een waarneming, idee, probleem ... wordt omgezet naar een **onderzoekbare** vraag. De onderzoeksvraag wordt gesteld, eventueel een hypothese (beredeneerd gokje) opgesteld en verwachtingen geformuleerd (als ..., dan ...). Dit veronderstelt verbanden kunnen leggen tussen de probleemstelling en de aanwezige natuurwetenschappelijke voorkennis.

B. Voorbereiden

In functie van het onderzoek wordt allerlei informatie verzameld: de gekende theoretische achtergronden worden geformuleerd, over de mogelijkheden en randvoorwaarden wordt nagedacht, een onderzoeksplan (ruwe werkwijze) wordt uitgeschreven en de vereiste benodigdheden worden verzameld.

C. Uitvoeren

In deze fase worden onderzoeksgegevens verzameld meestal via relevante metingen en waarnemingen uit experimenteel werk maar ook uit (meet)gegevens verzameld door andere onderzoekers. De verzamelde gegevens worden nadien geordend gerapporteerd.

D. Reflecteren

In de laatste fase wordt gezocht naar een verband tussen de gegevens om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen/verwerpen. We reflecteren over de uitvoering van het onderzoek en trekken een conclusie op basis van het uitgevoerd onderzoek. Eventueel betekent dit het bijsturen van het experiment of het verder gaan met een nieuwe, uit het onderzoek voortvloeiende onderzoeksvraag.

In de meeste practica voeren de leerlingen het experiment uit en schrijven nadien een al dan niet voorgestructureerd verslag. Voor het vak fysica start de groei naar zelfstandig onderzoek vanaf het eerste leerjaar van de tweede graad. Aan het einde van de derde graad doorlopen de leerlingen in een open onderzoek nagenoeg zelfstandig de vier fasen van een onderzoek.

1.2.2 Illustratie van de OVUR – Is Coca-Cola Light ook licht?

Onderzoeksvraag

	Is Coca-Cola Light echt 'lichter' dan gewone Coca-Cola? → Is de dichtheid van Coca-Cola Light kleiner dan de dichtheid van Coca-Cola? → Is dit ook bij andere Cola merken?
---	---

Voorbereiden

Laat de leerlingen zelf bedenken hoe ze kunnen bepalen of de dichtheid van Coca-Cola Light kleiner is dan die van Coca-Cola: vast volume afmeten, massa bepalen; blikjes onderdompelen in water en kijken of er een verschil in archimedeskracht is, ... In functie van de gekozen werkwijze worden de benodigdheden uitgezocht.

Voorstel werkwijze:

Als we enkel kwalitatief willen weten of er een verschil in dichtheid is, kunnen we kijken naar de archimedeskracht.

Willen we de dichtheid effectief bepalen, dan meten we massa en volume en berekenen daaruit de dichtheid.

Benodigdheden:

Coca-Cola en Coca-Cola Light, zonder koolzuur
Bekerglas 250 ml
Pipet 25 ml
Balans

Uitvoeren

Werkwijze

Bepaal de massa van een droog en schoon bekerglas van 250 ml.

Spoel de pipet met de koolzuurvrije Coca-Cola. Pipetteer nauwkeurig 25 ml Cola in het bekerglas. Bepaal de massa van bekerglas met Coca-Cola. Herhaal de vorige twee stappen tot het volume van de Cola in het bekerglas 125 ml bedraagt.

Herhaal deze metingen met Coca-Cola Light i.p.v. Coca-Cola.

Meetgegevens

Noteer de meetgegevens in een overzichtelijke tabel.

Massa bekerglas:

V (ml)	Coca-Cola		Coca-Cola Light	
	Totale massa (g)	Massa cola (g)	Totale massa (g)	Massa cola (g)
0				
25,0				
50,0				
75,0				
100,0				
125,0				

Reflecteren

Verwerken van meetgegevens

Welk verband vermoed je tussen de massa van de cola en het volume?

Controleer dit verband in de tabel.

Zet de meetgegevens uit in een grafiek. Welke grootte plaatsen we op de horizontale as, welke op de verticale as?

Kan je hieruit de dichtheid van Coca-Cola en Coca-Cola Light bepalen?

Conclusie

De dichtheid van Coca-Cola Light is inderdaad kleiner dan de dichtheid van Coca-Cola.

Aanvullende vragen

Waardoor ontstaat dit verschil?

Is dit verschil ook meetbaar bij andere Cola-merken?

2 DE ONDERZOEKSTAPPEN VOLGENS DE OVUR-METHODE

2.1 ORIËNTEREN

A. Het opdoen van een idee – Onderwerp kiezen

Misschien heeft een leerling een leuk idee of loopt die rond met een leuke, onderzoekbare vraag vanuit een hobby, een of andere natuurwetenschappelijke uitzending, een practicum-proef die extra vragen oproep ... Indien hier geen inspiratie te vinden is kunnen knipsels uit kranten, tijdschriften, boeken, advertenties, verpakkingen, waarnemingen in het dagelijkse leven ... hulp bieden.

Voorbeeld:

Tips voor rationeel energiegebruik (REG)

Rendement van de lampen

- Gloeilamp: slecht rendement. Slechts vijf procent van het opgenomen elektrisch vermogen wordt omgezet in licht. De rest gaat verloren als warmte.
- Halogeenlamp: iets beter rendement dan de gloeilamp. Tot elf procent van het opgenomen elektrisch vermogen wordt omgezet in licht.
- Klassieke TL-lamp en spaarlampen: geven bij hetzelfde opgenomen elektrisch vermogen 5,5 keer meer licht dan een gloeilamp.
- LED-verlichting (Light Emitting Diodes, lichtafgevend diodes): hoog rendement. Bijna alle energie wordt omgezet in licht. LED-verlichting wordt o.a. gebruikt voor reclamepanelen of oriëntatieverlichting (bijvoorbeeld langs de plinten in gangen).

Bron:

http://www.electrabel.be/sme/energymanagement/ure_advice_tips_buildings_lighting.aspx

"90% minder hoofdwonden bij algemeen gebruik fietshelm"



9 reacties

E-mail bericht

Bookmarks/Delen

11/08 Met de zomermaanden in zicht zullen weer veel liefhebbers de fiets buiten halen om uitstapjes te maken. Mobiliteitsorganisatie Touring wijst erop dat het aantal verkeersslachtoffers bij fietsers niet daalt, in tegenstelling tot het totaal aantal verkeersslachtoffers.

"In 2007 telden we zelfs meer dan 8.000 fietsongevallen of 500 meer dan het jaar voordien. Er vielen 962 zwaargewonden of 63 meer dan in 2006 en er waren 88 dodelijke slachtoffers tegenover 91 in 2006 en 71 in 2005."

Verheugende resultaten

Daarom besloot Touring om, samen met de Duitse mobiliteitsclub ADAC, een onderzoek te doen naar de kwaliteit, de gebruiksvriendelijkheid, de efficiëntie en het veiligheidsniveau van fietshelmen. "Een algemeen gebruik van de fietshelm (niet verplicht in België) zou het aantal hoofdverwondingen met bijna 90% verminderen. De resultaten zijn bijzonder verheugend: geen enkele helm scoort onder het gemiddelde", aldus Touring.

Bron: www.hbvl.be

B. Het stellen en afbakenen van een onderzoekbare onderzoeksvraag of hypothese

Een idee voor onderzoek kan moeilijk uitvoerbaar zijn, zelfs voor ervaren onderzoekers. Misschien bemoeilijken materiële factoren het onderzoek: veel te breed onderwerp, te tijdrovend, ontbreken van apparatuur of andere benodigdheden op school, kostprijs van de benodigdheden, veiligheidsaspecten ... Uiteraard zullen leerlingen snel deze beperkingen ondervinden en een onderzoeks-idee noodgedwongen moeten afvoeren.

Voorbeelden van niet onderzoekbare onderzoeksvraag

Noodoplossing voor het klimaat kan ozonlaag schaden

(...) Zwaveldruppeltjes in de atmosfeer weerkaatsen het zonlicht. Dat een nevel van zwavel effectief de temperatuur op aarde kan doen zakken is gebleken na de uitbarsting van de vulkaan Pinatubo in 1991. (...)

De Standaard 1 mei 2008

Idee voor onderzoek: Hoeveel warmte wordt tegengehouden door zwaveldruppeltjes?
Geen onderzoekbare onderzoeksvraag.

Jodiumtabletten eenvoudige bescherming bij kernongeval



1989 ramp bij Tsjernobyl

Het slikken van jodiumtabletten kort na een ongeval bij een kerncentrale waarbij veel radioactieve stoffen vrijkomen, is een eenvoudig hulpmiddel tegen één van de risico's na zo'n ongeluk.

Bij een groot ongeval met een kerncentrale, zoals bij Tsjernobyl in 1986, worden tal van radioactieve stoffen in de atmosfeer geblazen. Eén daarvan is radioactief jodium, een element dat vrijkomt bij de splijting van uranium.

Als mensen in contact komen met het radioactieve jodium, wordt de stof in de schildklier opgeslagen. Daar kan de straling het weefsel beschadigen en mensen ziek maken. Als er onmiddellijk na een ongeval een jodiumtablet wordt geslikt, zal de schildklier verzadigd raken met het niet-radioactieve

Jodium. De radioactieve variant zal het lichaam dan ongemoeid laten.

De slachtoffers van de kernramp moeten het slikken van de tabletten een paar weken volhouden. De zogeheten halveringstijd (de tijd waarin de helft van de radioactieve stof is verdwenen) van radioactief jodium is een dag of acht. Na enige weken is de stof praktisch verdwenen.

In de fall-out, de radioactieve neerslag na een ongeval, zitten meer radioactieve stoffen, zoals strontium en cesium, die door het lichaam worden opgenomen. De effecten van die radioactieve stoffen zijn niet zo gemakkelijk te bestrijden als die van radioactief jodium. De halveringstijd van cesium en strontium is bovendien veel langer, ongeveer een jaar of dertig.

Bron: de Volkskrant.

Idee voor onderzoek: Hoeveel niet-radioactief Jodium moet ingenomen worden om het effect van radioactief Jodium teniet te doen?

Geen onderzoekbare onderzoeksvraag.

Lichtopbrengst Led-lampen valt tegen

De lichtopbrengst van Led-verlichting is vaak veel lager dan de door producenten opgegeven waardes. Dit concludeert VSL, het nationale metrologisch instituut van Nederland.

door: Mischa Brendel
donderdag 2 april 2009

VSL heeft de resultaten van een aantal metingen uiteengezet in het rapport 'OpgeLED – Minder opbrengst dan verwacht'. Het rapport toont duidelijk aan dat de lichtopbrengst van de geteste Led-verlichtingen ver onder de opgegeven waardes liggen:



Led-verlichting maakt haar beloftes niet waar.

Lamp type	Vermeld op verpakking		Gemeten	
	Verbruik	Lichtopbrengst	Verbruik	Lichtopbrengst
Gloeilamp, 25W	25 Watt	210 lm	27,3 ± 0,1 Watt	203 ± 3 lm
Gloeilamp, 40W	40 Watt	395 lm	41,9 ± 0,1 Watt	404 ± 4 lm
Gloeilamp, 60W	60 Watt	675 lm	61,0 ± 0,1 Watt	728 ± 4 lm
Spaarlamp, 7W	7 Watt	275 lm	6,1 ± 0,1 Watt	225 ± 16 lm
Spaarlamp, 9W	9 Watt	358 lm	7,9 ± 0,1 Watt	405 ± 10 lm
Spaarlamp, 11W	11 Watt	450 lm	10,4 ± 0,1 Watt	472 ± 11 lm
Led lamp merk 01	1,2 Watt	≈ Gloeilamp 25W	1,15 ± 0,1 Watt	54 ± 2 lm
Led lamp merk 02	1,2 Watt	≈ Gloeilamp 25W	1,16 ± 0,1 Watt	56 ± 2 lm
Led lamp merk 03	2,0 Watt	≈ Gloeilamp 40W	2,24 ± 0,1 Watt	107 ± 3 lm
Led lamp merk 04	1,0 Watt	≈ Gloeilamp 25W	0,97 ± 0,1 Watt	21 ± 1 lm
Led lamp merk 05	2,0 Watt	≈ Gloeilamp 30W	2,94 ± 0,1 Watt	90 ± 3 lm

Bron: VSL. Het verbruik is weergegeven in Watt (W), de lichtopbrengst in lumen (lm).

VSL wijst erop dat zij de technologie van Led-verlichting niet afwijzen; Led-verlichting toont inderdaad veel potentieel als opvolger van gloei- en spaarlampen. Het instituut wijst er echter op dat de technologie nog verder ontwikkeld moet worden. VSL roept fabrikanten op hun claims met betrekking tot de lichtopbrengst beter te onderbouwen. De metingen van het instituut laten zien dat de geclaimde gelijkwaardigheid met gloeilampen van bepaalde wattages in geen enkel geval worden gerealiseerd. De lichtopbrengsten van de Led-lampen zijn zo'n 25 procent lager dan de lichtopbrengsten van de vermelde gloeilampen.

Hier komt nog eens bij dat Led-lampen veel meer in één richting schijnen dan gloeilampen, namelijk voorwaarts. Uit het VSL-rapport blijkt dat de Led-verlichtsterkte typisch 30 tot 50 procent ten opzichte van de vergeleken gloeilamp op de verpakking is.

Ook is – net zoals bij spaarlampen – de kleurbeleving van de Led-lampen anders dan die van gloeilampen; bij Led-verlichting ontbreken de kleuren turquoise en donkerrood. Of mensen hierdoor – wederom net als bij de spaarlamp – het Led-licht als onprettiger ervaren, is niet duidelijk.

Bron: VSL

REAGEREER STUUR DOOR  PRINT

Mogelijke onderzoeksvragen:

- Kunnen we het verbruik van verschillende soorten lampen zelf meten? Komt dit overeen met de waarden die aangegeven zijn op de verpakking? Is er een verschil bij verschillende merken van lampen?
- Kunnen we lichtopbrengst van verschillende soorten lampen meten? Komt dit overeen met wat vermeld wordt op de verpakking?

- Kunnen we bepalen hoe de hoeveelheid licht bij LED-lampen afhangt van de hoek waaronder we naar de lamp kijken? Kunnen we dit ook doen voor gloei- en spaarlampen?
- Kunnen we bepalen welke kleuren aanwezig zijn in het licht van LED-lampen, gloeilampen, spaarlampen? → Deze vraag is moeilijk onderzoekbaar: de technische apparatuur hiervoor is niet overal voorhanden!

C. Kenmerken van een goede onderzoeksvraag

Na de keuze van een idee voor onderzoek en het formuleren van een concrete onderzoeksvraag wordt nagegaan of de onderzoeksvraag beantwoordt aan volgende kenmerken:

- specifiek geformuleerd: niet te algemeen maar concreet
- specifiek geformuleerd: zonder details
- afgebakend: **beperkt tot 1 probleem of 1 parameter**
- ondubbelzinnig duidelijk: kan slechts op één manier worden begrepen
- eenvoudig: is de vraag te beantwoorden door het uitvoeren van een meting, een telling, een experiment?
- beperkt: is de uitvoering haalbaar binnen de beschikbare tijd en met de beschikbare middelen?
- geen waaromvraag tenzij de verklaring (experimenteel) kan worden bewezen.

Niet goed	Goed
Wat is de invloed van de temperatuursverandering op een tennisbal?	Hoe beïnvloedt een temperatuurverandering de terugbths hoogte van een tennisbal?
Wat is de invloed van de lengte en dikte op de weerstand van een draad?	Wat is de invloed van de lengte van een draad op de weerstand ervan? Wat is de invloed van de dikte van een draad op de weerstand ervan?

D. Onderzoeksvraag leren stellen

- 1 Vanuit de didactiek van een demo-experiment. Experiment uitvoeren vanuit een onderzoeksvraag, zowel bij een axiomatisch-verifiërende proef als bij een empirisch opbouwend experiment.
- 2 Boven elk practicum de onderzoeksvraag formuleren
 - * als voorbeeld aanreiken en expliciet benadrukken
 - * na uitvoering van een practicum door de leerlingen de onderzoeksvraag laten formuleren.
- 3 Als oefening bijvoorbeeld in de tweede graad: leerlingen in groepjes onderzoeksvragen laten bedenken rond aangereikte knipsels, verpakking, reclamefolder, leestekst, ... In een tweede ronde laten nadenken over de onderzoekbaarheid van de onderzoeksvraag.



Al meer dan 33.000 Vlaamse dakisolatiepremies uitbetaald

Donderdag 11 Februari 2010 | 10 d. | powered by belga

(Belga) De Vlaamse dakisolatiepremie lijkt een groot succes. Sinds de invoering begin 2009 werden al 33.065 premies uitbetaald. De toegekende premies zijn goed voor 3,28 miljoen vierkante meter geïsoleerde dakoppervlakte. Dat meldt het kabinet van Vlaams minister van Wonen en Energie Freya Van den Bossche (sp.a). Het kabinet noemt de premie "een schot in de roos".

De Vlaamse overheid voerde begin vorig jaar een dakisolatiepremie in voor wie minstens 40 vierkante meter dakisolatie zelf plaatst of laat plaatsen door een erkend vakman. De premie kan oplopen tot 1.000 euro. Intussen zijn er al 33.065 premies uitbetaald, goed voor een totaalbedrag van bijna 14,5 miljoen euro. Verbouwers hebben nog tot 30 juni 2010 de tijd om een premie aan te vragen voor investeringen die in 2009 werden gedaan. De gemiddelde premie bedraagt 443 euro. Uit de cijfers blijkt nog dat 57 procent van de werken werden uitgevoerd door doe-het-zelvers. Het kabinet van minister Van den Bossche reageert tevreden op het succes van de premie. "Dit is een winst voor het milieu en voor de gezinnen en een opsteker voor de renovatiesector". De premie wordt ook dit jaar voortgezet. Dit jaar is er een budget voorzien van 50 miljoen euro, goed voor minstens 50.000 premies. De voortzetten van de premie kadert in de ambitie van de sp.a-minister om tegen 2020 alle daken in Vlaanderen te isoleren. (MUA)

- 4 Filmpje tonen of ppt met foto's van enkele stappen van een concreet onderzoek en leerlingen de vraag laten formuleren waarop het weergegeven onderzoek een antwoord geeft.

<http://www.youtube.com/watch?v=yrUkx9ZITyw&feature=related>

→ Onderzoeksvraag: is er een verband tussen de uitrekking van een veer en de kracht die op de veer wordt uitgeoefend?

2.2 VOORBEREIDEN

In functie van het onderzoek wordt allerlei informatie verzameld: de gekende theoretische achtergronden worden geëxpliciteerd, het onderzoeksplan (werkwijze) wordt uitgeschreven en de benodigdheden worden verzameld.

Wezenlijk komt dit neer op het beantwoorden van volgende vragen:

- Wat is de onderzoeksvraag?
- Wat weet/ken ik al van ... (het onderwerp, de methode ...)? Wat moet ik voorafgaand aan de uitvoering van het onderzoek nog te weten komen?
- Hoe denk ik het onderzoek uit te voeren?
- Wat heb ik nodig om dit onderzoek uit te voeren?
- Is dit onderzoek op die manier haalbaar op school?

A. Info verzamelen - Expliciteren van de theoretische achtergronden

De eerste stap van het eigenlijke onderzoek omvat steeds het verkennen van het probleem en het expliciteren van de al gekende informatie die direct in verband staat met de te onderzoeken onderzoeksvraag. De antwoorden op volgende vragen kunnen hierbij helpen:

- Welke geziene inhouden uit de theorie of uit het practicum houden met deze vraag verband?
- Welke informatie uit deze inhouden is bruikbaar?
- Welke informatie ontbreekt nog? Waar kan ik die vinden?
- Welke aanpak lijkt geschikt?
- Welk vooronderzoek is er nodig?

Tip: stel met de vakgroep een overzichtslijst of een intern labboek samen waarin een overzicht en beschrijving staat van de **geoefende vaardigheden of uitvoerbare meetmethodes**. Stel een leerlijn op samen met de vakgroep en leg deze ergens beschikbaar in het vaklokaal en/of plaats ze op de ELO.

B. Opsporen en uitschrijven van de werkwijze

Een werkwijze voor de concrete uitvoering van het experiment wordt uitgestippeld en uitgeschreven. Eventueel wordt een schets gemaakt van de opstelling die zal worden gebruikt.

C. Benodigdheden verzamelen

Zodra de werkwijze uitgeschreven is wordt de benodigdhedenlijst aangemaakt en het materiaal verzameld. Een voorbeeld hiervan vinden de leerlingen in een practicum van de lagere jaren. Alleszins wordt in deze stap ook aandacht besteed aan eventuele **veiligheidsaspecten** bij de gebruikte apparatuur.

Tip: stel met de vakgroep een lijst samen met de **beschikbare labomaterialen**. Leg hiervan enkele exemplaren in het vaklokaal en/of plaats een elektronische versie op het ELO van de school.

2.3 UITVOEREN

In deze fase worden onderzoeksgegevens verzameld meestal via metingen en waarnemingen uit experimenteel werk, eventueel ook uit (meet)gegevens verzameld door andere onderzoekers. De bekomen gegevens worden nadien geordend gerapporteerd.

A. Leren waarnemen

Goede wetenschap begint met zorgvuldig waarnemen.



Bron: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Dalton_John_engraving_Stephenson.jpg

	Waarneming	Besluit
Duw een pingpongballetje onder water en laat het los.	Het balletje beweegt terug omhoog.	Er werkt een opwaartse kracht op het balletje.
1) Hang een PVC-staaf met een touw aan een statief. 2) Wrijf met een doek over een andere PVC-staaf 3) Breng de staven bij elkaar zonder dat ze elkaar raken. 4) Vervang plastieken staaf door glazen staaf en herhaal voorgaande. 5) Vervang andere staaf ook door glazen staaf en herhaal voorgaande.	- De opgehangen PVC-staaf beweegt weg van de andere PVC-staaf. - De opgehangen PVC-staaf beweegt naar de glazen staaf toe. - De opgehangen glazen staaf beweegt weg van de andere glazen staaf.	- Gelijksoortige ladingen oefenen op elkaar een afstotingskracht uit. - Ongelijksoortige ladingen oefenen op elkaar een aantrekkingskracht uit.

B. Ordenen van bekomen gegevens - Rapporteren

Waar mogelijk in het kader van een demoproef of practicum wordt de aandacht gevestigd op de wijze van rapporteren van waarnemingen: in woorden, tabel, schets, grafiek, foto ...

Fysica biedt bij uitstek de kans om leerlingen numerieke gegevens te leren verzamelen, ordenen, rapporteren en interpreteren. Veel meer dan bij chemie of biologie zullen leerlingen bij proeven kwantitatieve gegevens verzamelen.

Het rapporteren van dergelijke gegevens moet ook aangeleerd worden: leerlingen moeten leren hoe een tabel moet worden opgesteld (wat wordt erin vermeld, hoe, ...?), hoe het verband tussen de getalwaarden kan worden gezocht en geïnterpreteerd, hoe de gegevens grafisch kunnen worden voorgesteld. ICT kan hierbij zeer zinvol ingeschakeld worden (bvb. Excel). We pleiten ervoor ook hierin een leerlijn te ontwikkelen.

Meer informatie over het gebruik van Excel in de lessen fysica bij de verwerking van meetgegevens vind je op de website <http://fys.kuleuven.be/alon/Lesmateriaal.html>

Tip: stel met de vakgroep een lijst samen met voorbeelden/werkmodellen hoe **waarnemingen en meetgegevens overzichtelijk** kunnen worden gerapporteerd: woorden, tabel, grafiek, schets, foto, filmpje ... Leg hiervan enkele exemplaren in het vaklokaal en/of plaats een elektronische versie op het ELO van de school.

Tip: stel met de vakgroep een leerlijn samen over het rapporteren van meetgegevens m.b.v. Excel. Overleg hierover eventueel met de collega's van informatica en de collega's van de andere wetenschappen en wiskunde.

2.4 REFLECTEREN

Reflectie over de uitvoering mag in geen geval ontbreken: mogelijke fouten opsporen en remediëren van de eventuele fouten. De antwoorden op volgende vragen kunnen hierbij een hulp zijn: wat verliep er goed, welke stap dient te worden herhaald, welke aanpassing dient te gebeuren voor een betere nauwkeurigheid ...? Mogelijk betekent dit dat het onderzoek geheel of gedeeltelijk moet worden herhaald om betrouwbare conclusies te kunnen trekken of het bijsturen van de uitvoering.

Worden de onderzoeksresultaten aanvaard, dan wordt in deze fase gezocht naar een verband tussen de gegevens om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen/verwerpen. Afhankelijk van het probleem wordt een verklaring geformuleerd en/of een conclusie getrokken. Mogelijk betekent dit het afsluiten van het onderzoek of het verder gaan met een nieuwe, uit het onderzoek voortvloeiende hypothese of aanvullende onderzoeksvraag.

Onderzoek tijdens een practicum leidt steeds tot een resultaat. **Bij het verwerven van de onderzoekscompetentie hoort echter ook het inzicht dat niet alle onderzoek tot het gehoopte resultaat leidt.** Soms levert onderzoek iets totaal anders op. Dan weer mislukken de proeven. Ook dat is een resultaat: op die manier gaat het niet.

3 OP WEG NAAR DE ONDERZOEKSCOMPETENTIE

Onderzoekscapaciteit verwerven

Van **onderzoekend leren** via **leren onderzoeken** naar **onderzoekend leren onderzoeken**

3.1 ONDERZOEKEND LEREN (OL)

Onderzoekend leren is kennis opbouwen op een actieve manier aan de hand van vragen, waarnemingen, opzoeken ... een construerend leren tegenover een absorberend leren bij pure kennisoverdracht van de leraar naar de leerling. Onderzoekend leren kan ook worden beschouwd als een voorwaardelijke stap ondersteunend voor leren onderzoeken.

Eenvoudige voorbeelden hiervan werden voorgesteld door de Stuurgroep Chemie van het Eekhoutcentrum Kortrijk en aangereikt tijdens hun Dag van Chemie op 8 maart 2008. Een illustratie hiervan is weergegeven hieronder.

Meer voorbeelden vind je in bijlage 6.1 pag. 35

Welk metaalplaatje bevat de meeste atomen?

Leg een loodplaatje en een koperplaatje op tafel.

Onderzoeksprobleem

Welk plaatje bevat de meeste atomen?

Laat de leerlingen eerst raden en vraag daarna om het probleem op te lossen en hun oplossing te vergelijken met wat men geraden heeft.

Onderzoeksvragen die de leerling zich moet stellen om het probleem op te lossen (onder begeleiding)

- Welke kennis (formules) heb ik nodig om het probleem op te lossen?
- Welke gegevens heb ik nodig om het probleem op te lossen?
- Hoe geraak ik aan de nodige gegevens?
- Hoe bepaal ik de massa van de plaatjes?

Zorg ervoor dat het grootste plaatje het minste aantal atomen bevat. Zo laat je meer nadenken (reflecteren). Je speelt in op bestaande voorkennis (op bestaande misconcepten ...). Hoe groter, hoe meer atomen gaat slechts op als het gaat over dezelfde stof.

3.2 LEREN ONDERZOEKEN (LO)

Het expliciteren van de NW-onderzoeksmethode, het duiden van de verschillende stappen in het onderzoek hoort bij de **didactiek** van een demonstratie-experiment. Het zijn belangrijke (eerste) stappen in leren onderzoeken.

3.2.1 Demo-experimenten volgens de OVUR-methode

A. Voorbeeld: Wet van Archimedes – zie bijlage 6.2 pag. 36

3.2.2 Practica

Klassieke practica beogen het inoefenen van technieken, vaardigheden, dus vooral de uitvoerende stappen van het onderzoek ... Tijdens de practica kunnen echter zowel het 'onderzoekend en ontdekkend leren' als 'leren onderzoeken' aan bod komen als een noodzakelijk opstapje naar het ontwikkelen van onderzoekscompetentie.

Voorbeeld: Wet van Boyle - zie bijlage 6.3 pag. 39

Voorbeeld: Wet van Pouillet - zie bijlage 6.3 pag. 41

Voorbeeld: Spanning - zie bijlage 6.3 pag. 44

Voorbeeld: Open practicum Trillingen - zie bijlage 6.3 pag. 48

3.2.3 Aspecten te ervaren door leerlingen

1 De verschillende stappen van de onderzoeksmethode.

2 Belang van blanco of referentie

Dit is vooral van toepassing bij chemie en biologie. Waar mogelijk moet aan leerlingen duidelijk getoond worden of hen laten ervaren dat in onderzoek een blanco of referentie van belang zijn voor een goede waarneming.

Bij fysica is het soms nodig een nulpuntsmeting uit te voeren.

Voorbeelden: Als je de magnetische inductie in een spoel wilt meten met een Teslameter, vertrek je met stroom nul. De aflezing op de meter is niet nul. Waarom? De meter kan wel manueel op nul gezet worden. Is dat geen vervalsing van de aflezing?

Meet je de Magnetische inductie als functie van de afstand tot een rechte geleider, dan gaat de $B(d)$ grafiek niet door nul. Naast de invloed van het aardmagnetische veld is hier ook het probleem van de afstand nul. Daar kan je de Teslameter niet plaatsen.

Ook bij een slinger zie je op de $T(l)$ -grafiek dat deze niet door nul gaat. Oorzaak? Hoe heb je de lengte precies gemeten?

3 Slechts 1 parameter gelijktijdig veranderen

De leerlingen laten ervaren dat in onderzoek slechts 1 parameter gelijktijdig mag veranderen om eenduidige conclusies te kunnen trekken.

Voorbeeld: wet van Archimedes – bijlage 6.2 pag. 36

4 Nota leren nemen van alle onderzoeksgegevens

Goed noteren van allerlei gegevens: gebruikt materiaal, concentraties, waarnemingen, opstellingen, ...

Laat de leerlingen de noodzaak inzien om alle gegevens gedetailleerd te noteren. Die informatie is nodig om het verslag te kunnen schrijven en tevens opdat een collega diezelfde proef zou kunnen herhalen. Als ervaringsleren kan bij een bepaalde opdracht een onvolledige werkwijze worden gegeven waarin bijvoorbeeld geen hoeveelheden staan vermeld zodat leerlingen ondervinden dat dit praktische problemen, alsook tijdverlies, met zich meebrengt.

Een andere mogelijkheid is om leerlingen bij een complementair practicum de proef van een groepje te laten overdoen op basis van het verslag. Vaak ondervinden leerlingen dan dat het verslag onvoldoende informatie bevat om de proef snel en efficiënt te kunnen overdoen.

3.3 INTEGRALE ONDERZOEKEN

3.3.1 Vergelijkend overzicht

OVUR	Demo	Practicum	Onderzoek(je)
Oriënteren - onderwerp kiezen - onderzoeksvraag stellen	Leraar Leraar	Leraar Leraar	Leraar en/of Leerling(en)
Voorbereiden - achtergrondinformatie opzoeken - werkwijze voorstellen - behoeften verzamelen	Leraar Leraar Leraar	Leraar Leraar Leraar	Leerling(en) Leerling(en) Leerling(en)
Uitvoeren - gegevens verzamelen - gegevens rapporteren	Leraar, leerling klassikaal	Leerling Leerling	Leerling(en) Leerling(en)
Reflecteren - gegevens verwerken (verslag) - onderzoek evalueren - conclusies naar de toekomst	Klassikaal Leraar/leerlingen Leraar	Leerling Leraar (leerling) Leraar	Leerling(en) Leerling(en)/leraar Leerling(en)/leraar

3.3.2 Soorten onderzoek

- *Verifiërend/uittestend*: Is dat zo dat ...? Klopt het dat ...?
- *Vergelijkend*: Verschillende merken vergelijken – verschillende werkwijzen uittesten
- *Analytisch kwalitatief*: de aanwezigheid van bestanddelen bepalen = bestanddelen identificeren.
Voorbeeld: eurocenten. Ze zien eruit als kopermuntjes, maar worden toch gemagnetiseerd. Ze bevatten inderdaad nikkel, maar zijn bedekt met een koperen laagje. Waarom? De discussie kan ook gaan naar de euro en de 2 euromunten: door de twee afzonderlijke materialen waaruit ze zijn opgebouwd zijn ze gevoelig voor magneten. Dat heeft een aantal voordelen, o.a. het automatiseren van geldstromen of het gebruik ervan in automaten.
- *Analytisch kwantitatief*: het gehalte van bestanddelen bepalen (azijnzuurgehalte, NaOH-gehalte in ontstopper, vetgehalte in chips, gehalte aan vitamine C, ...)
Voorbeeld: de dichtheid van de kroon van Archimedes bepalen
- *Voorspellend onderzoek*: wat zou er gebeuren als
- *Parameteronderzoek of opsporen van verbanden*: wat is het verband tussen? Wat is de invloed van ... op ...? Kies telkens voor 1 parameter per onderzoek.
- *Methodisch*: na aanleren van een werkwijze de techniek verder uittesten/verbeteren waarbij telkens slechts 1 variabele wordt veranderd.

3.3.3 Haalbare voorbeelden

In bijlage 6.4 pag. 49 zijn een aantal haalbare voorbeelden volgens de OVUR methode uitgewerkt.

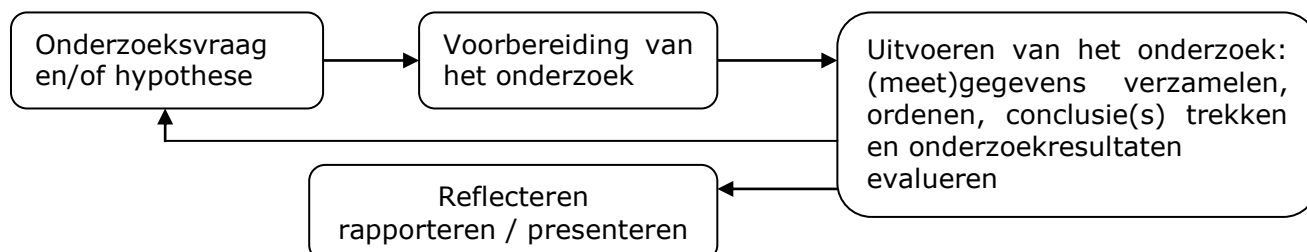
3.3.4 Extra materiaal SLO Fysica ter inspiratie

Voor de beschrijving van dit materiaal: zie bijlage 6.5 pag. 56

4 AANVULLINGEN EN SUGGESTIES

4.1 WERKMODELLEN

Elk onderzoek gebeurt steeds in verschillende fasen. Om een onderzoeksvraag te beantwoorden worden in praktijk altijd dezelfde stadia doorlopen zoals in onderstaand schema staat weergegeven.



Ter ondersteuning van de leerling is het belangrijk deze fasen vooraf duidelijk te onderscheiden. Het hanteren van hetzelfde werkmodel in verschillende vakken en/of polen en het **bewust inoefenen van welbepaalde stappen**, verhogen de onderzoekscompetentie van de leerling. De keuze voor een welbepaald werkmodel dient dan ook weloverwogen te gebeuren. Enkele courant voorkomende modellen staan hieronder vermeld.

4.1.1 Volgens de SETOC

Fasen (SETOC)	Stappen
Fase 1: Onderzoek afbakenen = vooronderzoek <i>De leerlingen kunnen:</i> - zich oriënteren op een onderzoeksprobleem door gericht informatie te verzamelen, te ordenen en te bewerken;	<i>Onderzoekbare onderzoeksvraag of hypothese formuleren bij een onderzoeksidee</i> - kan de vraag door onderzoek worden beantwoord? Is de vraag te beantwoorden door een meting, telling, experiment, test, enquête ...? - is het onderzoek ethisch verantwoord? - is de vraag eenduidig en concreet? - is het onderzoeksprobleem voldoende afgebakend, beperkt tot 1 probleem of parameter? - is het onderzoek materieel uitvoerbaar: benodigdheden, hulpmiddelen, labomateriaal? - is er voldoende tijd en geld voor dit onderzoek? - zijn de te onderzoeken objecten/subjecten bereikbaar en bereid? - ... <i>In voorbereiding van het onderzoek gerichte informatie verzamelen, ordenen en bewerken</i> Wat weet ik al? Wat wil ik nog te weten komen? Welke onderzoekstechnieken bestaan hiervoor? Welke onderzoekstechniek kies ik?
Fase 2: Onderzoek uitwerken = eigenlijke onderzoek <i>De leerlingen kunnen:</i> - een onderzoeksopdracht met een wetenschappelijke component voorbereiden, uitvoeren en evalueren;	<i>Specifieke voorbereiding van het onderzoek = concreet onderzoeksplan</i> Werkplan opstellen: benodigdheden, werkwijze, eventueel tijdschema Benodigdheden, hulpmiddelen verzamelen Eventueel voorafgaandelijk onderzoekje/test

	<i>Concrete uitvoering van het onderzoek</i> - Gegevens verwerven/verzamelen door literatuurstudie, tekstanalyse, enquête, interview, veldexperiment, labo-experiment, waarneming, meting, simulatie, test, ... - Verzamelde gegevens verwerken: in tekst, tabel, grafiek, schets, film, ... - Resultaten interpreteren - Beantwoorden van de onderzoeksvraag, formuleren van conclusie(s) <i>Evalueren van het onderzoek (proces en product)</i> - De uitvoering bijsturen indien nodig met aangepaste of andere methode. - Het resultaat bijsturen met aanvullend onderzoek, extra vragen
Fase 3: Onderzoek communiceren <i>De leerlingen kunnen:</i> - de onderzoeksresultaten en conclusies rapporteren en ze confronteren met andere standpunten.	- <i>Rapporteren over het uitgevoerde onderzoek</i>, verslag maken en/of presentatie geven - <i>Bekomen resultaten toetsen aan andere gegevens</i>, aan andere meningen, aan andere voorbeelden

4.1.2 Volgens het OVUR-schema

Een volledig onderzoek verloopt in verschillende stappen, die vaak worden samengevat in het OVUR-schema: oriënteren, voorbereiden, uitvoeren en reflecteren. De leerlingen VVKSO kennen dit vanuit het vak Nederlands in de eerste graad.

Oriënteren	1 Oriënteren op het onderzoeksprobleem 2 Formuleren van de onderzoeksvraag
Voorbereiden	3 Maken van een onderzoeksplan
Uitvoeren	4 Verwerven van informatie: waarnemen, meten ... 5 Verwerken van informatie: tabel, grafiek ... 6 Beantwoorden van vragen en formuleren van conclusies
Reflecteren	7 Overdragen van informatie: verslag, presentatie, poster ... 8 Eigen evaluatie van het onderzoeksproces en het onderzoeksproduct

4.1.3 Volgens het APUC-schema

Stap 1: Analyse van het onderzoeksprobleem
 Stap 2: Planning van het onderzoek
 Stap 3: Uitwerking van het onderzoek
 Stap 4: Controle van het onderzoek

4.1.4 Volgens het OVAR-schema

Stap 1: **O**ntwerpen van het onderzoek
 Stap 2: **V**erzamelen van de gegevens
 Stap 3: **A**nalyseren van de gegevens
 Stap 4: **R**apporteren van de gegevens

4.1.5 Volgens voorstel Vrije ruimte



4.1.6 Volgens doelenboek IO (STW – competentie onderzoeken)

- Fase 1: Een onderwerp kiezen en afbakenen
- Fase 2: Een werkplan voor een onderzoek opstellen
- Fase 3: Informatie zoeken
- Fase 4: Informatie structureren en verwerven
- Fase 5: Conclusie van de analyse formuleren
- Fase 6: Conclusie van de analyse voorstellen
- Fase 7: Uitvoering van een opdracht evalueren

4.2 MOGELIJKE LEERLIJN

Het is aan de vakgroep om binnen de school, eventueel binnen de scholengemeenschap, te werken aan een leerlijn. Een mogelijke leerlijn wordt weergegeven in volgende tabel.

Voorbeeld van een OVUR-leerlijn

Deelcompetenties	Derde jaar	Vierde jaar	Vijfde jaar	Zesde jaar
O riënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothese vooropstellen	Vakgroep beslist Onderwerp bepaald en onderzoeksvraag afgebakend door leraar	Vakgroep inspireert Onderwerp(en) bepaald door leraar - onderzoeksvraag gesteld door leerling samen met leraar (leraar geeft inspiratie, aanvulling, optie, ...)	Begeleid zelfstandig (leraar geeft criterium /doet suggestie) Leerling kiest uit een aanbod van onderwerpen, stelt onder begeleiding de onderzoeksvraag en bakent die af onder begeleiding.	Zelfstandig (leraar geeft advies) Leerling kiest uit een aanbod van onderwerpen, stelt zelfstandig de onderzoeksvraag en bakent die zelfstandig af.
V oorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Leraar expliciteert deze stappen	Deels zelfstandig: bijvoorbeeld nadenken over en het klaar zetten van de benodigdheden	Meer zelfstandig: bijvoorbeeld informatie verzamelen, nadenken over en klaar zetten van de benodigdheden.	Volledig zelfstandig
U itvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Onder begeleiding en volgens voorgeschreven werkwijze Naar voorbeeld van de leraar de waarneming(en), bekomen uit een experiment, een meting, ... weergeven in woorden, in tabel, op een schets, in een grafiek, ... Eerste kennismaking met en gebruik van enkele mogelijkheden	Volgens voorgeschreven werkwijze, deels zelfstandig Onder begeleiding de waarneming(en), bekomen uit een experiment, een meting, ... weergeven in woorden, in tabel, op een schets, in een grafiek Uitgebreidere (naar aantal en soort) kennismaking en gebruik van mogelijkheden	Deels persoonlijke werkwijze als toepassing van eerder uitgevoerde experimenten en gekende technieken Begeleid kiezen uit gekend arsenaal van mogelijkheden om waarnemingen weer te geven en gegevens te ordenen	Persoonlijke werkwijze Zelfstandig kiezen uit gekend arsenaal van mogelijkheden om waarnemingen weer te geven en gegevens te ordenen
R eflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwerpen) 4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren	Samen met de leraar een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een ver-	Onder begeleiding een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een	Voor een eenvoudig experiment zelfstandig een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren,	Zelfstandig een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een

4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek	klaring te formuleren. Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Samen met de leraar een invulverslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Onder begeleiding maar deels zelfstandig een invulverslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	een besluit en eventueel een verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Onder begeleiding maar deels zelfstandig een open verslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Zelfstandig een open en uitvoerig verslag maken met vermelding van de onderzoeksvraag of hypothese, voorstel van werkwijze(n), gekozen werkwijze met motivatie, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflecties
---	--	---	--	--

De leerlingen kunnen:

- zich oriënteren op een onderzoeksprobleem door gericht informatie te verzamelen, te ordenen en te bewerken;
- een onderzoeksopdracht met een wetenschappelijke component voorbereiden, uitvoeren en evalueren;
- de onderzoeksresultaten en conclusies rapporteren en ze confronteren met andere standpunten.

Opmerking:

Iets opzoeken verschilt van iets onderzoeken: men zoekt bestaande gegevens uit ander onderzoek versus men verzamelt zelf nieuwe gegevens uit een experiment

Een aantal voorbeelden werden expliciet uitgewerkt volgens deze leerlijn. Ze zijn terug te vinden in de bijlagen 6.5 pag. 56.

4.3 EVALUATIE

Het evaluatiebeleid behoort volledig tot de autonomie van de school. De school/vakgroep legt vooraf vast op welke wijze het werken aan onderzoeksoopdrachten geëvalueerd zal worden. Dit kan zowel in een klassiek examen als aansluitend bij het uitgevoerde onderzoek of practicum. Opgemerkt wordt dat de evaluatie zich vooral moet toespitsen op het verwerven van de onderzoekscompetentie, eerder dan op de inhoudelijke versterking van de vakkennis.

Mogelijkheden voor evaluatie bij een klassiek examen:

- Een onderzoekbare onderzoeksvraag formuleren.
- Een onderzoeksaanpak voorstellen.
- Een waarneming vanuit beeldmateriaal omschrijven.
- Gegeven waarnemingen geordend weergeven.
- Gegeven waarnemingen interpreteren: een besluit trekken uit gegeven waarnemingen.
- Onderzoek evalueren op basis van een beschrijving van de uitvoering.

Mogelijkheden voor evaluatie bij een onderzoek:

- De formulering van een onderzoekbare onderzoeksvraag.
- Het voorstellen van een onderzoeksaanpak.
- De voorbereiding van een experiment (informatie, ontwerp, verzamelen benodigdheden, ...).
- De uitvoering van een experiment (waarneming, rapportering gegevens, ...).
- De interpretatie van de waarnemingen, het trekken van het besluit.
- De persoonlijke evaluatie van het uitgevoerde onderzoek.

4.3.1 Voorbeelden voor een klassiek examen

Hieronder volgen enkele voorbeelden om de onderzoekscompetentie te toetsen in een klassiek examen.

A. Verband weerstand – temperatuur bij elektrische geleider

Opmerking: dit experiment werd niet gedaan in de klas

De $I(U)$ -karakteristiek van een Ni-draad werd gemeten met en zonder koeling. De meetgegevens vind je in onderstaande tabel.

	zonder koeling	met koeling
U (V)	I (A)	I (A)
1,00	0,31	0,36
2,00	0,68	0,70
3,00	0,99	1,09
4,00	1,28	1,41
5,00	1,49	1,80
6,00	1,62	2,15
7,00	1,80	2,45
8,00	1,90	2,79
9,00	2,02	3,02
10,00	2,09	3,30

- Stel deze meetgegevens grafisch weer.
- Welke besluiten kan je trekken uit deze gegevens? Kan je hiervoor een verklaring formuleren?

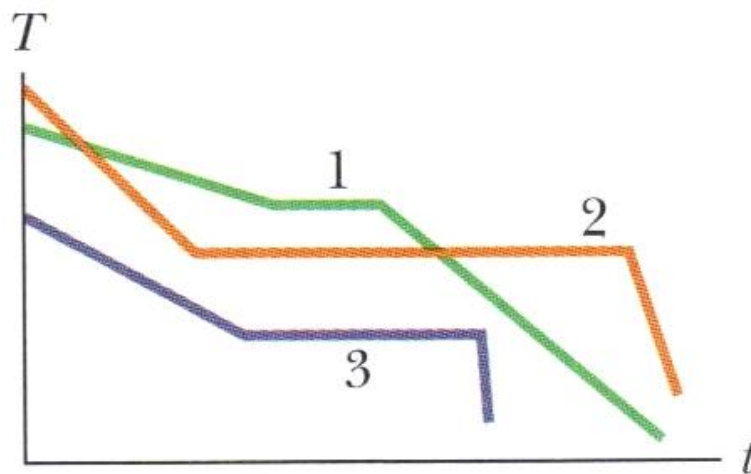
B. Coca-cola of Coca-cola Light?

Je krijgt twee identieke blikjes met frisdrank. Het ene bevat Coca-Cola, het andere Coca-Cola Light, maar zonder etiketten. Hoe kan je experimenteel vaststellen welk van beide blikken Coca-Cola bevat zonder de blikken te openen?

C. Soortelijke warmte

Drie soorten materialen maar met dezelfde massa worden, elk om beurt, in een diepvries geplaatst. De hoeveelheid energie die de diepvries aan een voorwerp onttrekt per tijdseenheid is constant. In het begin zijn de materialen telkens vloeibaar, maar tijdens het koelproces worden ze vast.

De figuur toont de grafiek van de temperatuur T als functie van de tijd t voor de drie materialen.



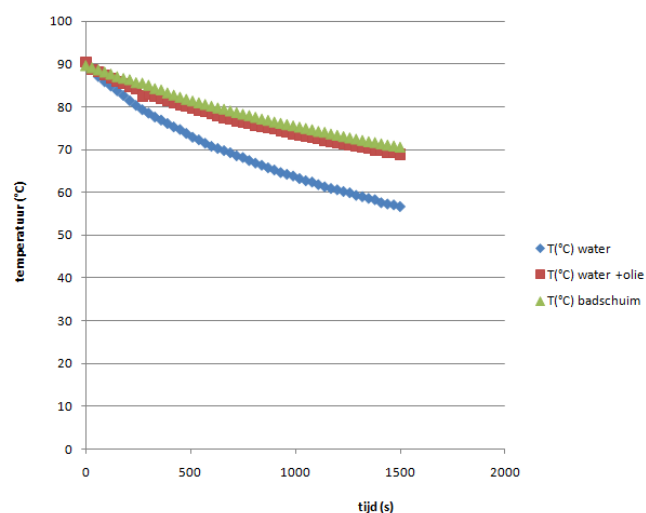
1. Is de soortelijke warmtecapaciteit van materiaal 1 het grootst voor de vloeibare of vaste toestand?
2. Orden de materialen volgens de temperatuur van hun vriespunt, hoogste eerst.
3. Orden de materialen volgens de specifieke warmtecapaciteit van de vloeibare toestand, grootste eerst.
4. Orden de materialen volgens hun smeltwarmte, grootste eerst.

D. Laboschrift gevonden

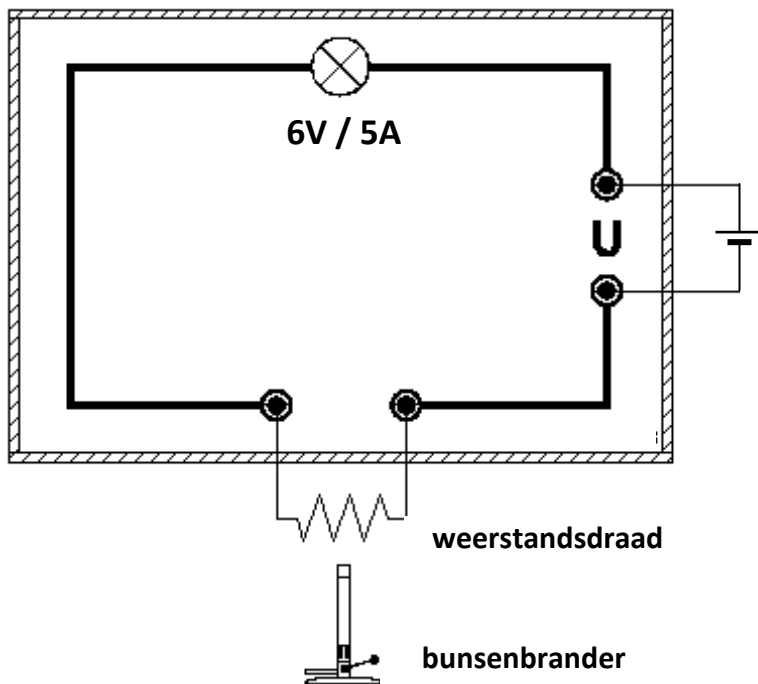
Je vindt een laboschrift met daarin volgende meetgegevens.

1. Wat probeerden de onderzoekers na te gaan? Formuleer de onderzoeksvraag.
2. Kan je een antwoord formuleren op deze vraag met behulp van deze gegevens?

$t(s)$	$T(^{\circ}C)$ water	$T(^{\circ}C)$ water +olie	$T(^{\circ}C)$ badschuim
0	90,3	90,4	89,7
30	88,7	88,7	89,2
60	87	88,2	88,7
90	85,8	87,4	88,2
120	84,8	86,7	87,7
150	83,7	86	87,1
180	82,6	85,4	86,7
210	81,4	84,7	86,4
240	80,3	84,1	85,7
270	79,3	82,5	85,6
300	78,5	83	85,1
330	77,6	82,4	84,3
360	76,9	81,9	84
390	76,1	81,4	83,3
420	75,3	81	82,8
450	74,7	80,5	82,3
480	73,8	80,1	81,8
510	72,9	79,6	81,4
540	72,3	79,2	81
570	71,5	78,8	80,6
600	70,8	78,4	80,2
630	70,3	78	79,8
660	69,8	77,5	79,5
690	69,3	77,1	79,1
720	68,6	76,7	78,7
750	68,2	76,4	78,3
780	67,5	76	78
810	66,9	75,7	77,6
840	66,4	75,4	77,2
870	65,8	75	76,9
900	65,3	74,8	76,5
930	64,7	74,4	76,2
960	64,3	74,1	75,9
990	63,9	73,7	75,6
1020	63,3	73,4	75,3
1050	62,8	73,1	75



E. Temperatuursafhankelijkheid van R



Bekijk aandachtig de bovenstaande proefopstelling.

De spanningsbron wordt aangeschakeld zodat het lampje brandt. Later wordt de bunsenbrander opgezet. Vink aan wat je waarneemt:

- De weerstand warmt op.
- De weerstand neemt toe.
- Het lampje dooft uit.
- De stroom door het lampje vermindert.

F. Planeet

Op een verre planeet gooit een astronaut een steen verticaal omhoog. Met een camera die foto's neemt op een vast tijdsinterval bepaalt hij de hoogte van de steen als functie van de tijd (zie tabel).

- Vul de tabel verder aan. Leg de betekenis uit van de snelheid die je berekent in de laatste kolom.
- Schets in de kadertjes op het volgende blad de plaatsgrafiek en de snelheidsgrafiek van deze beweging. Gebruik de grafieken van uw rekentoestel.
- Leid hieruit af welke soort beweging de steen beschrijft.
- Bereken de regressielijn voor de snelheidsgrafiek.
- Hoe groot is de valversnelling op die planeet?
- Bereken de plaats en het tijdstip van het hoogste punt van de worp.
- Bereken de totale duur van de vlucht van de steen (tot op hoogte 0 m).

nr	t (s)	x (m)	Δx (m)	v (m/s)
0	0,00	5,00		
1	0,25	5,75		
2	0,50	6,40		
3	0,75	6,94		
4	1,00	7,38		
5	1,25	7,72		
6	1,50	7,96		
7	1,75	8,10		
8	2,00	8,13		
9	2,25	8,07		
10	2,50	7,90		
11	2,75	7,62		
12	3,00	7,25		
13	3,25	6,77		
14	3,50	6,20		
15	3,75	5,52		
16	4,00	4,73		
17	4,25	3,85		
18	4,50	2,86		
19	4,75	1,77		
20	5,00	0,58		

G.ERB – interpretatie van gegevens

Gsm in auto gevaarlijker dan alcohol

Telefoneren tijdens het autorijden is gevaarlijker dan dronken rijden. Dat is gebleken uit een onderzoek bij twintig mannen en vrouwen in Groot-Brittannië. Zelfs gebruikers van een handenvrije gsm maken een grotere kans op een ongeval dan mensen die hun auto besturen nadat ze enkele glazen alcohol hebben gedronken.

De reactiesnelheid van telefonerende bestuurders lag in de test een halve seconde lager dan die van bestuurders die zich volledig concentreren op de weg. Bellers moeten het ook afleggen tegen dronken chauffeurs, hoewel het verschil iets kleiner is.

Bij een gemiddelde snelheid van 112 kilometer per uur heeft een normale weggebruiker 31 meter nodig om te reageren. Dronken bestuurders hebben vier meter meer nodig en bestuurders met een handenvrije gsm-kit reageren pas na 39 meter. Wie belt met de gsm in de hand, reageert doorgaans pas na 45 meter.

1. Controleer de uitspraak over de reactiesnelheid in dit artikel:
2. Leg uit hoe je de reactiesnelheid precies berekent.
3. Plaats de verschillende cijfers uit het artikel in een aangepaste tabel. Maak ook een kolom voor de reactietijden.
4. Maak een betekenisvolle grafiek, zodat het verband tussen de verschillende grootheden duidelijk wordt?
5. Kan je hiermee ook uitspraken doen over een chauffeur die 60 km/h rijdt?

H. Elektrostatica

Opmerking: de demoproeven werden in de klas uitgevoerd

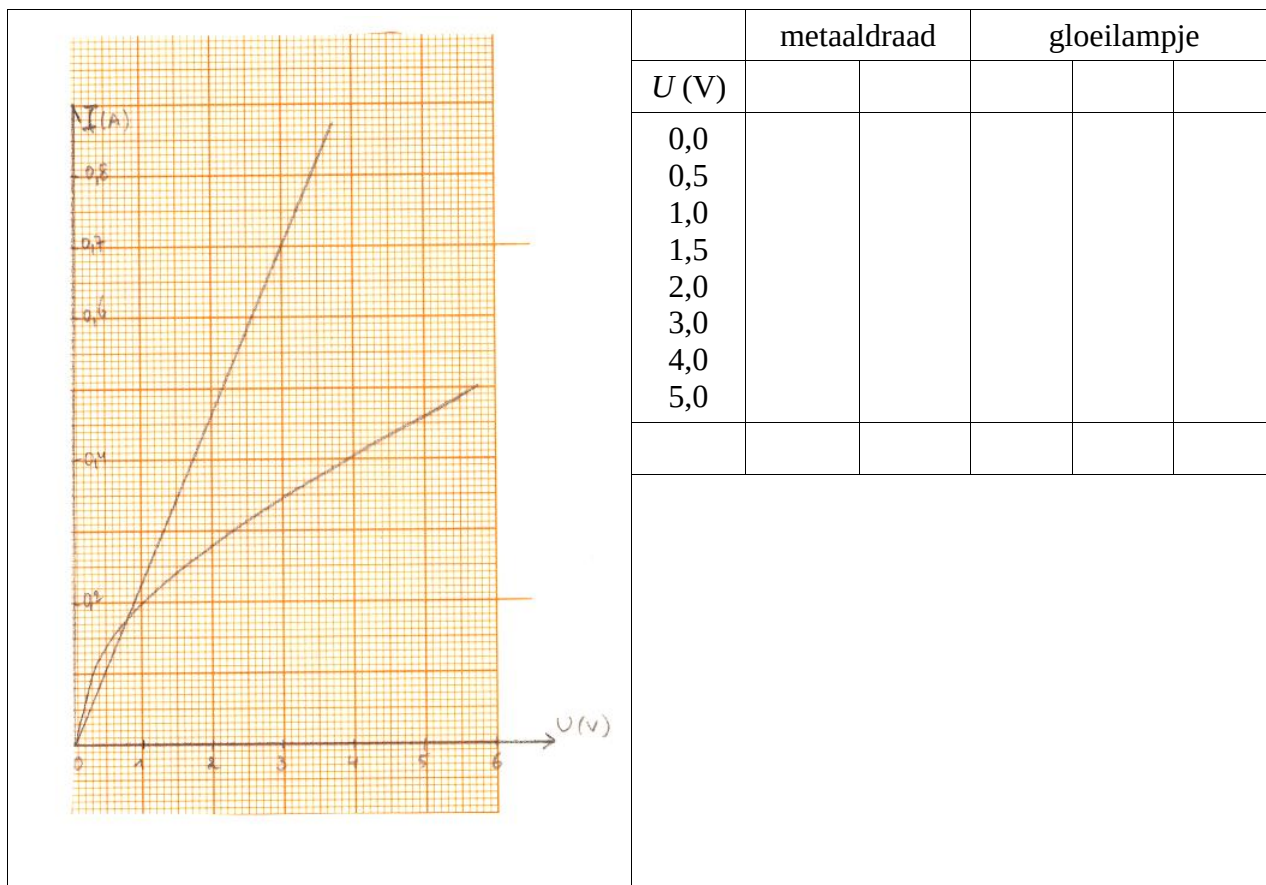
Je beschikt over een elektroscop, 3 staven (glas, PVC, koper), papier, een PVC plaatje en doeken in materialen volgens je eigen keuze.

1. Stel minstens 5 onderzoeksvragen die je met deze benodigdheden kan testen.
2. Beschrijf in detail één proef waarbij de elektroscop wordt aangeraakt.
3. Beschrijf in detail één proef waarbij de elektroscop net niet wordt aangeraakt.
4. Formuleer besluiten uit deze 2 proeven.
5. Beantwoord minstens één van de onderzoeksvragen door gebruik te maken van de besluiten uit je experimenten.

I. Elektrische stroom

Opmerking: de proef werd uitgevoerd in een practicum

Door een reeks metingen uit te voeren aan een metaaldraad en aan een gloeilampje hebben we de volgende grafiek kunnen tekenen:



1. Maak een duidelijk elektrisch schema, met meettoestellen.
2. Leg uit hoe het experiment uitgevoerd kan worden.
3. Welke grafiek geeft de resultaten weer van de metaaldraad en welke die van het lampje? Beargumenteer je antwoord.
4. Welke grootheid lees je af op de grafiek en welke bereken je om het elektrisch gedrag van beide voorwerpen met elkaar te vergelijken? Vul de bijhorende tabel verder aan.
5. Bereken in de onderste rij de gemiddelde waarde van de kolom erboven als die zinvol is.
6. Formuleer voor beide voorwerpen afzonderlijk een passend besluit.
7. Formuleer een hypothese om het verschillend elektrisch gedrag van een metaaldraad en een lampje te verklaren.
8. Stel een onderzoeksplan op om deze hypothese te controleren.

4.3.2 Evaluatie van een totaal onderzoek

	Beoordeling				Opmerkingen
	S	O	G	E	
1 <i>Probleemstelling</i> Onderwerpkeuze, vraagstelling, hypothesen: eenduidig, afgebakend, motivering, onderzoekbaarheid,					
2 <i>Algemene voorbereiding</i> Gerichte informatie: de inhoud van de verzameling, het ordenen en verwerken ervan naar uitvoerbaarheid van het onderzoek: keuze onderzoeksmethode, inventarisatie hulpmiddelen, selectie informatiebronnen.					
3 <i>Onderzoeksplan</i> Werkplan: benodigdheden, werkwijze, ... Verzamelen van benodigdheden en hulpmiddelen, voorafgaandelijk onderzoek of test Realistische tijdsindeling?					
4 <i>Verzamelen van gegevens</i> Zorgvuldigheid, doelgerichtheid, controle op kwaliteit en bruikbaarheid voor het onderzoek, systematiek, ...					
5 <i>Verwerken van gegevens</i> Bewerken, ordenen, weergeven, analyseren, interpreteren volgens criteria in punt 4					
6 <i>Conclusies</i> Formuleren van het antwoord op de onderzoeksvraag: duidelijk, gericht, correct vanuit de gegevens?					
7 <i>Evalueren van het onderzoek</i> Consistentie tussen de stappen (1,2,5), sterke en zwakke punten aangeven, mogelijkheden voor verbetering, brede geldigheid van de conclusie(s), mogelijke vervolgvragen					
8 <i>Rapporteren</i> Inhoud, opbouw, volledigheid, structuur, vormgeving, leesbaarheid, taalgebruik, bronnen					
9 <i>Reflecteren</i> Inhoudelijk relevant, breedte					
10 <i>Andere aspecten</i> Tijdig inleveren Zelfstandigheid Moeilijkheidsgraad Niveau, diepgang van de uitwerking					

Voorstel naar voorbeeld van Stokking en Van de Schaaf (1999)

Opmerkingen:

- Tussentijdse beoordelingen = procesevaluatie
- Concrete formuleringen voor slecht, onvoldoende, goed en excellent uitschrijven op basis van ervaringen

- Het aantal van 10 onderdelen maakt een vlotte omzetting naar een schoolcijfer mogelijk.

5 GERAADPLEEGDE WERKEN

Janssens, Marie Josée. Werken aan de onderzoekscompetentie in de les chemie – februari 2010

Bax, Ada et all. Op weg naar een zelfstandig Experimenteel onderzoek. SLO-Enschede 1998

Claus, Felix, Desmet, D., Robberecht, P., en Doms, H. (2004-2005). Werken in de Vrije Ruimte - Nascholingsproject 3/04/12 – Syllabus 1: Onderzoeksvaardigheden p.2-20

Hulzebosch, Gert en andere projectmedewerkers van de SLO Enschede in samenwerking met Het Amsterdams Lyceum te Amsterdam en Sint-Antoniuscollege te Gouda. Cd-rom BasisNatuurWetenschappen

Laureys, B., (2008). Stapstenen – Onderzoek stap voor stap – Uitgeverij De Boeck - ISBN978 90 455 2525 9

Stokking, K.M., en Van der Schaaf, M.F. (1999). Beoordelen van onderzoeksvaardigheden van leerlingen. Richtlijnen, alternatieven en achtergronden. Utrecht: ICO-ISOR

Vrijzen, M., en Van Woensel, C. (2005/2006). Implementatie van de specifieke eindtermen m.b.t. onderzoekscompetentie. Persoon en gemeenschap (58/1) p.1-19

VVKSO Mededeling - Dienst Leren en Onderwijzen, freddy.cloet@vsko.be, 02 507 07 31
M-VVKSO-2008-043 – Versie 2009 nov Onderzoekscompetentie in leerplannen van de derde graad aso

M-VVKSO-2008-043-B01: Decretale specifieke eindtermen voor het aso

M-VVKSO-2008-043-B02: Aandachtspunten bij het werken met onderzoekscompetentie

M-VVKSO-2008-043-B03: Onderzoekscompetentie in leerplannen

© Mieke De Cock – februari 2010

Alle rechten voorbehouden

6 BIJLAGEN

6.1 ONDERZOEKEND LEREN

A. Concept Cartoon (B Keogh & S Naylor)

Voor het gebruik van Concept Cartoons verwijzen we naar de tekst 'Samen leren in de fysica-les' op de website

<http://fys.kuleuven.be/alon/Lesmateriaal/Samen%20leren/Samen%20leren%20-%20vliebergh.pdf>



Laat leerlingen kleine experimentjes bedenken en doen om de verschillende visies te ondersteunen of ontkrachten.

B. Eendimensionale beweging (Jan Druyts)

A.d.h.v. een interactieve ppt bestuderen de leerlingen de vrije val. De ppt is te vinden op

<http://fys.kuleuven.be/alon/Lesmateriaal.html>

6.2 DEMONSTRATIE-EXPERIMENTEN VOLGENS OVUR

A. De wet van Archimedes

Inleidende demonstratie:

Duw een pingpongballetje onder water en laat het los.

Observatie: het balletje beweegt terug omhoog.

Conclusie: er werkt een opwaartse kracht op het balletje.

Leg een steen in het water en laat los.

Observatie: de steen blijft op de bodem liggen.

Conclusie: er werkt geen nettokracht in op de steen.

Leg een citroen in het water en laat los.

Observatie: de citroen zweeft in het water.

Conclusie: er werkt geen nettokracht in op de citroen.

Welke krachten werken in op het pingpongballetje? Zwaartekracht en opwaartse stuwkracht = archimedeskracht.

Waardoor wordt de archimedeskracht beïnvloed?

Onderzoeksvraag 1

Wat is de invloed van de massa op de grootte van de archimedeskracht F_A ?

Eventuele hypothesen: grotere massa $\rightarrow$ grotere archimedeskracht

Voorbereiden 1

Wat hebben we nodig om een kracht te meten?

Hoe kunnen we met een dynamometer de archimedeskracht bepalen?

Benodigdheden:

- blokjes met eenzelfde volume, maar uit verschillende materialen
- dynamometer
- bak met water

Uitvoeren 1

Proef 1: Hang een voorwerp met gekende massa aan een dynamometer en lees af.

Dompel het voorwerp volledig onder water en lees opnieuw de dynamometer af. Bepaal de archimedeskracht. Herhaal dit voor een ander voorwerp met een zelfde volume maar verschillende massa.

Waarneming: We lezen in beide gevallen dezelfde kracht af op de dynamometer.

Reflecteren 1

Conclusie: De grootte van de archimedeskracht is onafhankelijk van de massa van het voorwerp.

Opmerking: Het kan erg leerzaam zijn om eventueel de proef uit te voeren met twee willekeurige voorwerpen met verschillende massa. Stel in dat geval in de reflectiefase expliciet de vraag hoe er nu een besluit kan geformuleerd worden over de invloed van de massa (als bvb. ook volume verschillend zijn)?

Onderzoeksvraag 2

Wat is de invloed van het volume van een voorwerp op de grootte van de archimedeskracht?

Eventuele hypothesen: groter volume → grotere archimeskracht / kleiner volume → grotere archimedeskracht

Vorbereiden 2

Wat hebben we nodig om een kracht te meten?

Hoe bepalen we de archimedeskracht?

Welke voorwerpen kunnen we hiervoor gebruiken? Waarop letten?

Benodigdheden:

- blokje uit eenzelfde materiaal maar verschillend volume
- dynamometer
- bak water

Uitvoeren 2

Proef 2: Voer proef 1 opnieuw uit, maar ditmaal met voorwerpen met eenzelfde massa maar verschillend volume. Bepaal telkens het volume V_{vw} van het voorwerp.

Waarneming: De afgelezen waarde op de dynamometer verschilt in beide situaties.

Reflecteren 2

Conclusie: De grootte van de archimedeskracht hangt af van het volume van het ondergedompelde voorwerp. Een groter volume impliceert een grotere archimedeskracht. Als we de $F_A(V_{vw})$ -grafiek maken vinden we een lineair verband.

Onderzoeksvraag 3

Wat is de invloed van de vloeistof waarin het voorwerp wordt ondergedompeld op de grootte van de archimedeskracht?

Vorbereiden 3

Wat hebben we ditmaal nodig?

Hoe meten we de archimedeskracht?

Benodigdheden:

- blokje
- bakken met verschillende vloeistoffen (water, olie, glycerine, ...)
- dynamometer

Uitvoeren 3

Proef 3: We voeren opnieuw dezelfde proef uit, ditmaal dompelen we hetzelfde voorwerp onder in verschillende vloeistoffen. We bepalen telkens de archimedeskracht.

Waarneming: De afgelezen waarde op de dynamometer verschilt in de verschillende situaties.

Reflecteren 3

Conclusie: De grootte van de archimedeskracht hangt af van de vloeistof waarin het voorwerp wordt ondergedompeld.

Als we voor elke vloeistof de dichtheid ρ_{vl} bepalen en we maken de $F_A(\rho_{vl})$ -grafiek, dan vinden we een lineair verband.

Als we de vorige resultaten samennemen vinden we $\frac{F_A}{\rho_{vl} \cdot V_{vw}} = cte$.

Uit de voorgaande experimenten kan de gemiddelde waarde van de constante bepaald worden.

We vinden de wet van Archimedes: $F_A = \rho_{vl} \cdot V_{vw} \cdot g$

Onderzoeksvraag 4

Hoe groot is de archimedeskracht op een niet volledig ondergedompeld voorwerp?

Voorbereiden 4

Benodigdheden:

- blokje
- dynamometer
- bak met water
- watervaste stift

Uitvoeren 4

Proef 4:

- Trek op het blokje lijnen op $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ en $\frac{3}{4}$ van de totale hoogte.
- Dompel het blokje voor de helft onder in de vloeistof en bepaal voor die situatie de archimedeskracht.
- Herhaal dat voor een hoogte van respectievelijk $\frac{1}{4}$ en $\frac{3}{4}$.

Waarneming: De archimedeskracht wordt groter naarmate het blokje verder ondergedompeld wordt.

Reflecteren 4

Conclusie: De grootte van de archimedeskracht wordt bepaald door het ondergedompeld volume.

Zetten we de archimedeskracht uit als functie van het ondergedompeld volume, dan vinden we een lineair verband.

6.3 PRACTICA VOLGENS OVUR

A. Wet van Boyle (Bernadette Hendrickx)

Opmerking: Deze leerlingenproef voeren de leerlingen uit voordat de leerstof wordt aangebracht. Ze ontdekken op die manier zelf het verband tussen druk en volume voor een gas bij constante temperatuur (Onderzoekend Leren).

ONDERZOEKSVRAAG

Welk verband bestaat er tussen de druk en het volume van een bepaalde hoeveelheid gas bij constante temperatuur?

VOORBEREIDEN

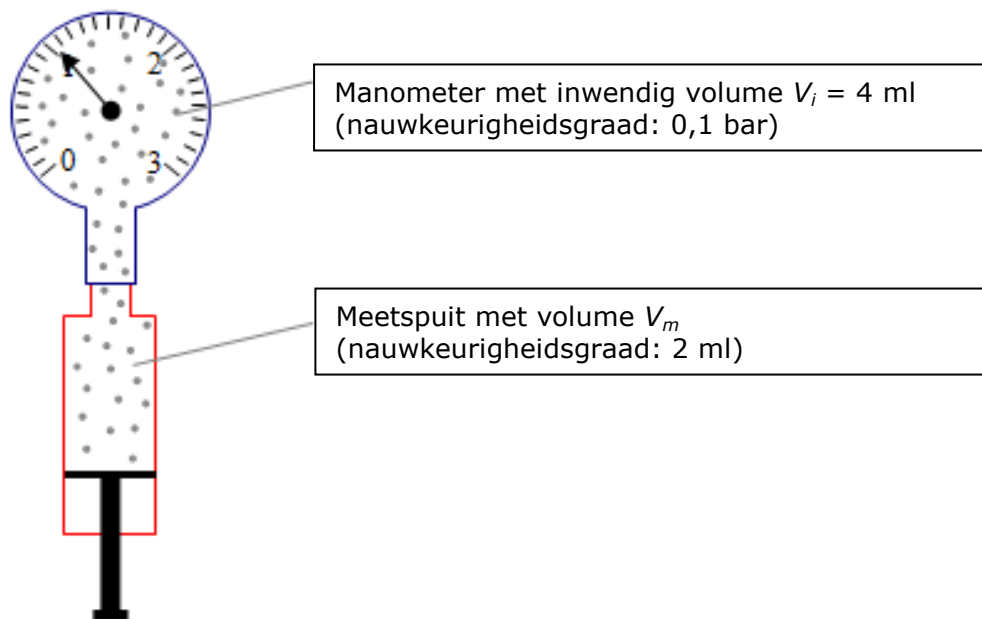
Hypothese:

Welk verband verwacht je?

Benodigheden:

- Manometer
- meetspuit

Proefopstelling:



Werkwijze:

- Zuig lucht in de meetspuit totdat ze meer dan halfvol is.
- Verbind de meetspuit met de manometer: die wijst dan de normale luchtdruk aan.
- Maak het volume in de meetspuit afwisselend groter en kleiner (om de invloed van lekken te minimaliseren).
- Bepaal voor elk volume de druk in het gas.

UITVOEREN

Meetgegevens:

V_m (ml)	p (bar)	$V = V_m + V_i$ (ml)	 (.....)
14			
16			
12			
18			
10			
20			

REFLECTEREN

Maak met de gegevens een grafiek waarin druk als functie van volume wordt uitgezet.
Welke vorm heeft deze grafiek?

Op basis van de vorm bepalen we wat er in de laatste kolom berekend wordt:

- is de grafiek een rechte door de oorsprong, dan berekenen we p/V ;
- is de grafiek een stuk van een hyperbool, dan berekenen we $p.V$.

Is de laatste kolom constant (op schommelingen na), dan wordt het verband afgeleid uit de grafiek bevestigd.

B. Wet van Pouillet

ONDERZOEKSVRAAG

Welke factoren beïnvloeden de weerstand van een geleider:

- Hoe verandert de weerstand van een geleider als functie van de lengte?
- Hoe verandert de weerstand van een geleider als functie van de doorsnede?
- Wat is de invloed van de aard van de stof op de weerstand van een geleider?
- Heeft de temperatuur van een geleider een invloed op de weerstand van de geleider?

VOORBEREIDEN

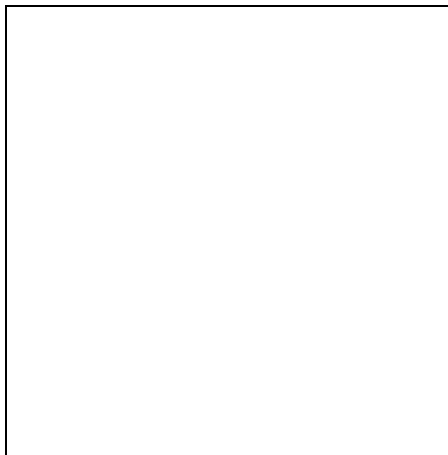
Informatie verzamelen

Wat is de weerstand van een geleider?

Hoe kan de weerstand van een geleider bepaald worden?

Wat kan de temperatuur van een geleider doen toenemen? Hoe houden we de temperatuur van een geleider constant?

Werkwijze



Teken de stroomkring in het venster hiernaast en laat controleren door de leraar.

Kies een kleine spanning zodat de stroom door de geleider niet groter wordt dan 200 mA.

Meet voor elke geleider de spanning en de stroom, bepaal de weerstand met behulp van de wet van Ohm.

Benodigdheden

Je hebt de volgende stoffen tot je beschikking:

- Plank met verschillende weerstandsdraden
- Spanningsbron
- Snoeren
- Krokodillenklemmen
- Voltmeter
- Ampèremeter

UITVOEREN

Proef 1: Invloed van de lengte

Hypothese:

Uitvoering:

Meetgegevens:

$l \text{ (m)}$	$U \text{ ()}$	$I \text{ (A)}$	$R \text{ ()}$	
1,000				
0,900				
0,800				
0,700				
0,600				
0,500				
0,400				
0,300				
0,200				
0,100				

Proef 2: Invloed van de doorsnede

Hypothese:

Uitvoering:

Meetgegevens:

$d \text{ (mm)}$	$A \text{ ()}$	$U \text{ ()}$	$I \text{ (A)}$	$R \text{ ()}$	
0,20					
0,30					
0,40					

Proef 3: Invloed van de aard van de stof

Hypothese:

Uitvoering:

Meetgegevens:

soort stof	$U (\quad)$	$I (A)$	$R (\quad)$
Fe			
NiCr			

REFLECTEREN

Conclusie vraag 1:

Vergelijk de lengte l met R . Wat vermoed je?
Controleer dit in de opengelaten kolom.
Geef dit verband grafisch weer.

Conclusie vraag 2:

Vergelijk A met R . Wat vermoed je?
Controleer dit in de opengelaten kolom.
Geef dit verband grafisch weer.

Conclusie vraag 3:

Formuleer een besluit.

Algemeen besluit:

(1) $\Rightarrow$
..... $\Rightarrow$ $\Rightarrow$
(2) $\Rightarrow$

Welke informatie zit er in die constante?

Naam:

Symbool:

Eenheid: [.....] =

We kunnen nu een formule voor de weerstand R bepalen. Dit is de **wet van Pouillet**.

.....

Evalueren van de uitvoering:

Zijn mijn waarnemingen correct?

Indien alles OK: proficiat.

Indien een fout: hoe verklaar ik die fout? Wat liep er mis? Hoe kan ik dat in de toekomst voorkomen?

Welke problemen heb ik ervaren?

Hoe heb ik die opgelost?

Lessen naar de toekomst?

Voor de praktijk van de uitvoering:

Nieuwe onderzoeksvraag?

C. Spanning en stroom (Geneviève Janssens)

(Elektrodynamica – 5^e jaar)

ONDERZOEKSVRAAG

Kan je met een zelf gemaakte spanningsbron een lamp laten branden?
Is het voldoende dat de bron de juiste spanning heeft?

VOORBEREIDEN

Informatie verzamelen

Wat is elektrische stroom?

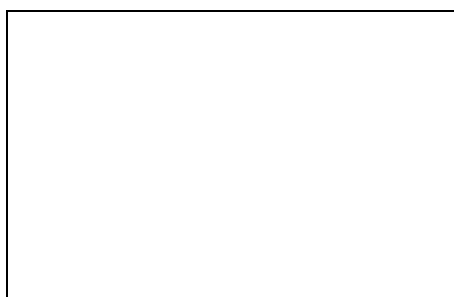
.....
Onder welke 2 voorwaarden ontstaat elektrische stroom?

.....
Hoe maak je zelf een gelijkspanningsbron?

.....
Hoe meet je de spanning van de bron?

Welk soort lampje kies je?

Werkwijze



Meet de spanning van een batterij.
Schakel het juiste lampje over de batterij.
Maak zelf een bron.
Meet de spanning van je bron.
Schakel het geschikte lampje over je bron.

Benodigdheden

Je hebt het volgende ter beschikking:

- 4 batterijen van 1,5 V
- 2 koperen plaatjes, 2 ijzeren plaatjes, 2 nikkelen plaatjes, 2 koolstofplaatjes, 2 aluminium plaatjes, ...
- krokodilklampen
- citroen of appel, bakje, zout, gedistilleerd water,
- een multimeter met snoeren (of een voltmeter en een ampèremeter)
- lampjes met verschillende specificaties (van 0,5 V tot 6 V)
- een geschikte lampenhouder
- verschillende LED-lampjes

UITVOEREN

Proef 1: Spanning van een batterij meten

Hypothese: ik kan de spanning van de batterij meten als ik de volgende schakeling maak:

Uitleg:	Elektrische schakeling

Controleer je hypothese door deze schakeling te maken.
 Klopt je hypothese?
 Zoniet herneem je **proef 1** en pas je de schakeling aan.
 De spanning van de batterij is $U = \dots V$

Proef 2: Een lampje laten branden

Hypothese: ik verwacht dat het lampje brandt als ik de volgende schakeling maak:

Uitleg:	Elektrische schakeling

Controleer je hypothese op de volgende manier:

- Kies een geschikt lampje: lees op de schroefdraad van elk lampje de spanning af.
- Maak de schakeling die je beschreven hebt.

Klopt je hypothese?

Zoniet kies je een ander lampje en herneem je **proef 2**.

Op het lampje dat brandt lees ik volgende gegevens: $U = \dots V$ en

Dat betekent:

Proef 3: De stroom door de lamp meten

Hypothese: ik verwacht dat de stroom die door de lamp loopt ook door de hele kring loopt en met een ampèremeter kan gemeten worden als:

Uitleg:	Elektrische schakeling

Controleer je hypothese op de volgende manier:

- Schakel de voltmeter om als ampèremeter.
- Verbind de ampèremeter in serie met het lampje.
- Schakel de batterij over die serieschakeling. Lees de stroomintensiteit af: $I = \dots A$.
- Verwissel de klemmen van de batterij en lees de ampèremeter opnieuw af: $I = \dots A$.

Klopt je hypothese?

Proef 4: Zelf een spanningsbron maken

Hypothese: ik verwacht dat er een elektrische spanning is tussen de twee plaatjes als:

.....
.....

Controleer je hypothese op de volgende manier:

- Duw twee metalen plaatjes in een citroen, zorg dat ze elkaar niet raken.
- Verbind de 2 snoeren van de voltmeter met de plaatjes via krokodilklemmen.

Klopt je hypothese?

Zoniet kies je een ander stel plaatjes en herneem je **proef 4** .

Proef 5: Het teken van de spanning

Hypothese: ik verwacht dat het teken van de spanning tussen de twee plaatjes verandert als :

.....

Controleer je hypothese :

Klopt je hypothese?

Proef 6: De grootte van de spanning

Hypothese: ik verwacht dat de grootte van de spanning tussen de twee plaatjes verandert als :

.....

Controleer je hypothese :

Klopt je hypothese?

Plaats de waarnemingen in een overzichtelijke tabel.

Plaatje aan +contact van Voltmeter	Plaatje aan -contact van Voltmeter	Teken	Spanning (V)

Proef 7: Het lampje laten branden

Ik kies het geschikte lampje.

Hypothese: ik verwacht dat het lampje wel/ niet brandt omdat

.....
.....

Controleer je hypothese op de volgende manier:

Verbind het lampje via krokodilklemmen met de 2 plaatjes, zorg dat ze elkaar niet raken.

Klopt je hypothese? Zoniet kies je een ander lampje en herneem je **proef 7** .

Proef 8: De stroom meten

Hypothese: ik verwacht dat het lampje wel/ niet brandt omdat de stroom

.....

.....

Controleer je hypothese op de volgende manier:

- Schakel de voltmeter om als ampèremeter.
- Verbind de 2 snoeren van de ampèremeter rechtstreeks met de plaatjes via krokodilklampen. Lees de stroomintensiteit af: $I = \dots\dots$ A
- Plaats het lampje in serie in die kring en lees de ampèremeter opnieuw af: $I = \dots\dots$ A.

Klopt je hypothese?

REFLECTEREN

Conclusie:

Antwoord op vraag 1:

Antwoord op vraag 2:

Verklaring:

Evalueren van de uitvoering:

Zijn mijn waarnemingen correct?

Indien alles OK: proficiat.

Indien een fout: hoe verklaar ik die fout? Wat liep er mis? Hoe kan ik dat in de toekomst voorkomen?

Welke problemen heb ik ervaren?

Hoe heb ik die opgelost?

Lessen naar de toekomst?

Voor de praktijk van de uitvoering:

Nieuwe onderzoeksvraag?

Even nadenken

Op een lamp staat naast de spanning meestal het vermogen afgedrukt. Wanneer wordt dat vermogen in de lamp bereikt?

Is elke bron die de vereiste spanning heeft geschikt om dat vermogen te leveren?

Waarom (niet)?

In mijn rekentoestel of in mijn zaklamp moet ik 4 batterijen van 1,5 V plaatsen. Waarop moet ik letten?

Welke spanning verwacht je als één van de batterijen verkeerd steekt?

Kan je dat controleren? Teken de manier waarop je de batterijen schakelt.

D. Harmonische trillingen (Jo Vanhaecht)

ONDERZOEKSVRAAG

Dit practicum dient als controle op de geziene leerstof i.v.m. harmonische trillingen (slinger of veer). (verifiërend practicum)

Formuleer minimum twee onderzoeksvragen rond de beweging van een massa aan een veer of een slinger.

VOORBEREIDEN

Werkplan opstellen:

Bepaal hoe je de experimenten zal uitvoeren. Bedenk hoe je zo nauwkeurig kan werken.

Benodigdheden:

Verzamel het materiaal.

UITVOEREN

Meetgegevens: Geef je meetresultaten overzichtelijk weer in een tabel.

REFLECTEREN

Verwerk de meetgegevens in een grafiek. Formuleer een besluit.

Toets je resultaten aan de theorie.

Bespreek eventuele afwijkingen (oorzaken?)

Geef alles weer in een overzichtelijk verslag.

6.4 HAALBARE VOORBEELDEN

A. Afkoelingsverschijnselen: Soep met vetogen koelt minder snel af?

Onderzoeksvraag

Koelt soep met vetogen minder snel af dan soep zonder vetogen?

Vorbereiden

Onderzoeksvoorstel - hypothese

We nemen als 'model' een beker met heet water en een beker met eenzelfde hoeveelheid heet water (op dezelfde temperatuur) waar we olie aan toevoegen.

We meten het temperatuurverloop in beide vloeistoffen.

Benodigdheden

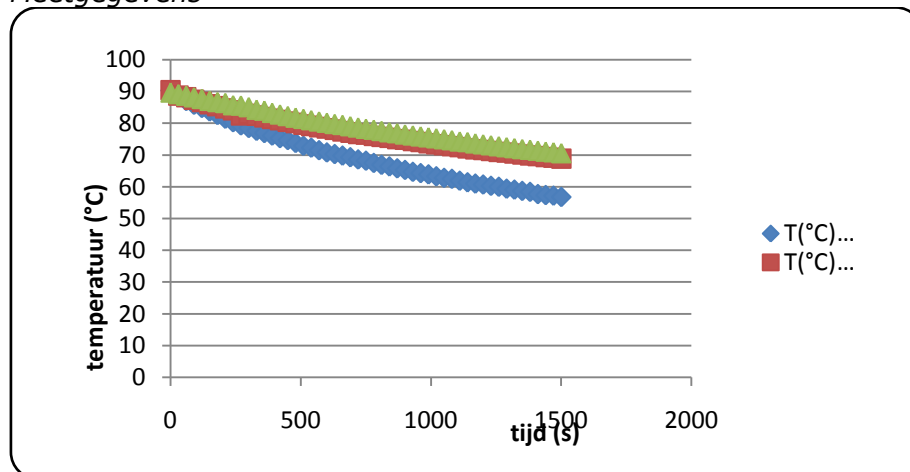
- isomobekertjes
- waterkoker
- maatbeker
- keukenolie
- thermometer

Uitvoeren

Werkwijze

- Breng water aan de kook met behulp van een waterkoker.
- Meet 300 ml heet water af met behulp van de maatbeker.
- Breng het heet water in een isomobekertje.
- Meet elke 30s de temperatuur van het water.
- Herhaal de voorgaande stappen maar voeg olie bij het heet water in het isomobekertje.

Meetgegevens



Rapporteren - reflecteren

We zetten de meetgegevens uit in een grafiek. We zien dat het water waaraan olie werd toegevoegd minder snel afkoelt dan het water zonder olie.

Tips voor verder onderzoek

- Hoe verandert de afkoelsnelheid als we meer olie toevoegen, bvb. het hele oppervlak bedekken met een olielaag?
- Koelt water met badolie ook minder snel af? En water met badschuim?
- Is het afdekken van het wateroppervlak de (enige) reden? Ook geleidbaarheid, specifieke warmtecapaciteit van olie, ... kunnen een invloed hebben?

B. Lampen allerhande

ONDERZOEKSVRAAG

Welke lamp kiezen we best wat betreft energieverbruik en lichtopbrengst?

Deelvragen:

- Kloppen de opgegeven vermogens op de verpakkingen?
- Heeft het opstarten van een spaarlamp een effect op het energieverbruik? Zo ja, hoe groot is dat effect?
- Hoeveel maal goedkoper is het gebruik van een spaarlamp / halogeenlamp / LED-lamp in vergelijking met een gloeilamp?
- Geven een gloeilamp en een vergelijkbare spaarlamp/halogeenlamp/LED-lamp inderdaad evenveel licht?
- Wat is het rendement van een gloeilamp / spaarlamp / halogeenlamp / LED-lamp?

VOORBEREIDEN

Onderzoeksvoorstel - hypothese

Om het verbruik van verschillende soorten lampen te vergelijken meten we het gedissipeerd vermogen met behulp van een kWh-meter.

Met behulp van een lichtsensor bepalen we de lichtopbrengst van de verschillende soorten lampen.

Door te bepalen hoeveel warmte vrijkomt bij de verschillende lampen kunnen we het rendement bepalen.

Benodigdheden

- Verschillende soorten lampen, van verschillende vermogens en verschillende merken
- Lampvoet E27 op plankje met snoer, stekker en schakelaar
- kWh-meter
- chronometer
- lichtsensor + PC

UITVOEREN

Werkwijze

1. Energieverbruik brandende lamp
 - Sluit de lamp aan op de kWh meter.
 - Schakel de lamp aan en zorg dat die minstens 30s brandt.
 - Meet de tijd nodig voor één omwenteling van de schijf van de kWh-meter.
 - Noteer de tijd.
 - Herhaal voor de andere lampen.
2. Energieverbruik opstartende lamp
 - Schakel de lamp in, wacht 10s en schakel de lamp dan weer uit. Wacht weer 10s en herhaal deze cyclus tot de schijf één omwenteling heeft gemaakt.
 - Meet de tijd nodig voor één omwenteling van de schijf. Noteer deze tijd.
 - Herhaal voor de andere lampen.
3. Lichtopbrengst

Neem verschillende lampen waarvan beweerd wordt dat ze evenveel licht uitzenden.
Meet de lichtsterkte op een vaste afstand m.b.v. de lichtsensor.
Noteer de meetgegevens.

Meetgegevens

RAPPORTEREN - REFLECTEREN

Om te kunnen vergelijken of we ook effectief kosten besparen, moeten we ook aanschafkosten, ... meerekenen.

Bepaal voor de verschillende lampen hoeveel energie verbruikt werd na 1 toer van de kWh-meter.

Bereken hiermee telkens het vermogen.

Bereken de totale kostprijs voor de volledige levensduur van de verschillende lampen.

Vergelijk de verschillende gegevens i.v.m. lichtopbrengst. Klopt dit met de opgegeven gegevens?

Dit meten met een lichtsensoren is erg moeilijk: de hoeveelheid licht neemt af met de afstand ($1/r^2$) en het is moeilijk om effecten te meten.

Een lichtgevoelige weerstand kan misschien lukken. Dit hebben we nog niet kwantitatief uitgetest.

C. Kreukelzone van auto's

Filmpje crashtest: <http://www.youtube.com/watch?v=QYVO36MF6pM>

Informatie voor de leraar:

Op de website van het Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid vind je een brochure 'Basiswetten van de fysica toegepast op verkeersveiligheid'. Je kan deze daar afladen.

<http://www.bivv.be/dispatch.wcs?uri=881852666&action=viewStream&language=nl>

ORIENTEREN

A. Verkennen van onderwerp

B. Stellen van onderzoeksvraag



Vragen die leerlingen kunnen stellen:

Hoe wordt de veiligheid in auto's verhoogd?

Welke factoren hebben invloed op letsels?

Wat is de functie van Airbags?

...

Deze vragen moeten verfijnd worden!

Hoe verandert de kreukelzone de kracht die inwerkt op de bestuurder?

VOORBEREIDEN

A. Informatie verzamelen

Hoe verandert de snelheid tijdens een botsing?

Welke versnelling gaat hiermee gepaard?

Welke kracht werkt in op de bestuurder?

...

B. Werkplan opstellen

We laten een karretje van een hellend vlak rollen en botsen tegen een krachtsensor. We meten de kracht tijdens de impact. We rusten het karretje uit met een kreukelzone en voeren het experiment opnieuw uit.

Het is belangrijk de massa van het karretje en de aerodynamische vorm constant te houden om de invloed op de kracht te meten.

Met behulp van een bewegingssensor kunnen we ook de versnelling tijdens impact meten.

C. Benodigdheden

- hellend vlak
- autootje
- krachtsensor + PC
- knutselmateriaal voor kreukelzone
- weegschaal
- eventueel bewegingssensor

UITVOEREN

Meetgegevens:

REFLECTEREN

De kreukelzones in een auto zorgen ervoor dat de versnelling van de auto minder groot is, zodat ook de kracht op de bestuurder kleiner is.

Aanvullende vragen

Welke kracht werkt in op de bestuurder als de auto niet helemaal frontaal op de krachtsensor botst?

Wat is de rol van bumpers?

D. Stopafstand als functie van beginsnelheid (Jo Vanhaecht)

Artikel: 'Al even stilgestaan bij snelheid' (BIVV)

ORIENTEREN

A. Verkennen van onderwerp

B. Stellen van onderzoeksvraag

Hoe verandert de stopafstand met de fiets als functie van de beginsnelheid?

VOORBEREIDEN

A. Informatie verzamelen

Wat is stopafstand?
Wat is remafstand?
Wat is reactiesnelheid?
Wat is reactieafstand?
Hoe kan reactietijd gemeten worden?
Hoe kan remafstand gemeten worden?
...

B. Werkplan opstellen

We maken een reactiemeter en bepalen de reactietijd.
We bepalen de remafstand als functie van de beginsnelheid met de fiets.
Dit doen we door met een bepaalde beginsnelheid te fietsen, en vanaf een afgesproken plaats te remmen (bvb. krijtlijn). We meten de remafstand.

C. Benodigdheden

- | | |
|---------------------------------|---------------|
| - fiets (met snelheidsmetertje) | - chronometer |
| - reactiemeter | - krijt |

UITVOEREN

Meetgegevens: zie voorbeeldverslag op
<http://fys.kuleuven.be/alon/Lesmateriaal.html>

REFLECTEREN

Met de gemeten gegevens kunnen we

- uit de reactietijd de reactieafstand berekenen voor een gegeven beginsnelheid
- de remafstand bepalen voor een gegeven beginsnelheid
- de stopafstand berekenen.

We zetten zowel reactie-, rem- als stopafstand uit als functie van de beginsnelheid.

Aanvullende vragen

Hoe verandert de stopafstand / remafstand als het wegdek nat is?

E. Wrijving (Bernadette Hendrickx)

ONDERZOEKSVRAAG

Welke invloed heeft zeep op de maximale statische wrijvingskracht op een muismatje?

VOORBEREIDEN

Onderzoeksvoorstel – hypothese

We nemen als 'model' een houten blokje met haak waaraan een dynamometer kan bevestigd worden.

We meten de maximale statische wrijvingskracht tussen het blokje en de muismat en tussen het blokje en vloeibare zeep verdeeld over de muismat.

Benodigdheden

- houten blokje
- dynamometer
- muismat
- vloeibare handzeep

UITVOEREN

Werkwijze

- Zet het blok op de muismat en duid de contouren van het blok aan op de muismat (deze is immers misschien niet overal even ruw!).
- Bevestig de dynamometer aan het blok en trek tot het blok in beweging komt. Lees de waarde van de trekkracht af net vóór het blok in beweging komt: je meet dan de maximale statische wrijvingskracht.
- Herhaal dit 5 x en bereken de gemiddelde waarde.
- Bedek de muismat met zeep en doe de proef op dezelfde manier over.

Meetgegevens

RAPPORTEREN-REFLECTEREN

We brengen de meetgegevens samen in een tabel. We zien dat zeep de maximale statische wrijvingskracht verkleint.

Tips voor verder onderzoek

- Is het verschil in maximale statische wrijvingskracht even groot als we extra gewichten aanbrengen op het blok?
- Is het verschil in maximale statische wrijvingskracht even groot als we meer / minder zeep aanbrengen op de muismat?

6.5 EXTRA MATERIAAL

Deelcompetenties	Derde jaar	Concrete Voorbeelden:
O riënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothese vooropstellen	Vakgroep beslist Onderwerp bepaald en onderzoeksvraag afgebakend door leraar.	
V oorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek. 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Leraar expliciteert deze stappen	
U itvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Onder begeleiding en volgens voorgeschreven werkwijze Naar voorbeeld van de leraar de waarneming(en), bekomen uit een experiment, een meting, ... weergeven in woorden, in tabel, op een schets, in een grafiek, ... Eerste kennismaking met en gebruik van enkele mogelijkheden.	
R eflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwerpen) 4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren 4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek.	Samen met de leraar een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Samen met de leraar een invulverslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	

Deelcompetenties	Vierde jaar	Concrete Voorbeelden
O riënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothesen vooropstellen	Vakgroep inspireert Onderwerp(en) bepaald door leraar - onderzoeksvraag gesteld door leerling samen met leraar (leraar geeft inspiratie, aanvulling, optie, ...)	
V orbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Deels zelfstandig: bijvoorbeeld nadenken over en het klaar zetten van de benodigdheden	
U itvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Volgens voorgeschreven werkwijze, deels zelfstandig Onder begeleiding de waarneming(en), bekomen uit een experiment, een meting, ... weergeven in woorden, in tabel, op een schets, in een grafiek, Uitgebreidere (naar aantal en soort) kennismaking en gebruik van mogelijkheden	
R eflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwerpen) 4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren 4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek	Onder begeleiding een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Onder begeleiding maar deels zelfstandig een invulverslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	

Deelcompetenties	Vijfde jaar	Concrete Voorbeelden
O riënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothesen vooropstellen	Begeleid zelfstandig (leraar geeft criterium /doet suggestie) Leerling kiest uit een aanbod van onderwerpen, stelt onder begeleiding de onderzoeksvraag en bakent die af onder begeleiding.	
V oorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Meer zelfstandig: bijvoorbeeld informatie verzamelen, nadenken over en klaar zetten van de benodigdheden.	
U itvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Deels persoonlijke werkwijze als toepassing van eerder uitgevoerde experimenten en gekende technieken Begeleid kiezen uit gekend arsenaal van mogelijkheden om waarnemingen weer te geven en gegevens te ordenen	
R eflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwerpen) 4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren 4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek	Voor een eenvoudig experiment zelfstandig een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Onder begeleiding maar deels zelfstandig een open verslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	

Deelcompetenties	Zesde jaar	Concrete Voorbeelden
O riënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothesen vooropstellen	Zelfstandig (leraar geeft advies) Leerling kiest uit een aanbod van onderwerpen, stelt zelfstandig de onderzoeksvraag en bakent die zelfstandig af.	
V oorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Volledig zelfstandig	
U itvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Persoonlijke werkwijze Zelfstandig kiezen uit gekend arsenaal van mogelijkheden om waarnemingen weer te geven en gegevens te ordenen	
R eflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwerpen) 4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren 4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek	Zelfstandig een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Zelfstandig een open en uitvoerig verslag maken met vermelding van de onderzoeksvraag of hypothese, voorstel van werkwijze(n), gekozen werkwijze met motivatie, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflecties	

Deelcompetenties	Derde jaar	Concrete Voorbeelden: <i>Massadichtheid</i>							
Oriënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothese vooropstellen	Vakgroep beslist Onderwerp bepaald en onderzoeksvraag afgebakend door leraar, <i>maar door leerlingen een concrete vraag laten formuleren.</i>	<i>Massadichtheid van een vaste stof meten.</i> <i>Leraar: Je moet vragen bedenken over de massadichtheid van <u>homogene</u> voorwerpen naar keuze. Je mag enkel meten en wegen.</i> <i>Leerling: <u>Is de massadichtheid van een lego, Duplo-blokje vergelijkbaar met de massadichtheid van een houten blokje?</u></i>							
Vorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek. 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Leraar expliciteert deze stappen <i>In een onderwijsleergesprek samen de te meten grootheden zoeken en de methode bepalen. Onregelmatige voorwerpen zijn moeilijk te meten. Hoe bepaal je heel nauwkeurig het volume? (Opzoeken?)</i> <i>Complementair werken door verschillende voorwerpen en verschillende afmetingen te kiezen.</i>	<i>Wat kunnen we <u>meten</u>? massa (met weegschaal), volume? Hieruit <u>berekenen</u> we de massadichtheid: massa (in kg) delen door volume (in m³).</i> <i>Een houten blokje = regelmatig voorwerp, Duplo-blokje = onregelmatig. van het 1^{ste} moeten we de afmetingen nemen, het volume <u>berekenen</u> en het voorwerp wegen. Het volume van het 2^e <u>meten</u> we door het onder te dompelen in water. Wat meet je?</i> <i>Meerdere regelmatige vormen: houten speelblokjes, cilinders, balken, kubussen en meerdere Duplo-blokjes (laten) meebrengen. Meetlat, schuifmaat?, maatbeker, balans.</i>							
Uitvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Onder begeleiding en volgens voorgeschreven werkwijze Naar voorbeeld van de leraar de waarneming(en), bekomen uit een experiment, een meting, ... weergeven in woorden, in tabel, op een schets, in een grafiek, ... Eerste kennismaking met en gebruik van enkele mogelijkheden.	<i>Slechts één parameter tegelijk veranderen. Nauwkeurig werken, systematisch: in elk groepje meet iedereen elke zijde of diameter afzonderlijk, dus hebben we meerdere metingen van hetzelfde voorwerp. Gemiddelde? Wat doen we met sterk afwijkende waarden? Schets de onderdompelmethode. Wat lees je af op de maatbeker?</i> <i>Wat we meten moet in een tabel komen. Ook de berekeningen komen in de tabel. Welke kolommen maken we? Eenheden? Welke bewerking doe je in de verschillende kolommen?</i> <table><tr><td><i>nr</i></td><td><i>lengte</i></td><td><i>breedte</i></td><td><i>hoogte</i></td><td><i>volume</i></td><td><i>massa</i></td><td><i>massadichtheid</i></td></tr></table> <i>Welke grafieken zijn zinvol? Wat plaatsen we op de assen, hoe delen we de assen in, hoe stellen we de resultaten voor?</i>	<i>nr</i>	<i>lengte</i>	<i>breedte</i>	<i>hoogte</i>	<i>volume</i>	<i>massa</i>	<i>massadichtheid</i>
<i>nr</i>	<i>lengte</i>	<i>breedte</i>	<i>hoogte</i>	<i>volume</i>	<i>massa</i>	<i>massadichtheid</i>			
Reflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwerpen)	Samen met de leraar een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een be-	<i>We groeperen de metingen van alle leerlingen: welke gegevens kunnen samen op één grafiek komen? Zijn de cijfers uit de tabel vergelijkbaar? Grote afwijkingen? Zijn de verschillen te wijten aan fouten?</i> <i>Wat zien we op de grafiek: is er een regelmatig patroon, liggen de meetpunten in een eenvoudig verband? Zijn er punten die sterk</i>							

4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren 4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek.	sluit en eventueel een verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Samen met de leraar een invulverslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	<i>afwijken? zijn ze wel correct geplaatst?</i> <i>Verwachten we dat alle houten blokjes dezelfde massadichtheid hebben?</i> <i>En wat verwachten we van de Duplo-blokjes? Zijn er misschien holle blokjes gebruikt?</i> <i>Kunnen we een duidelijk antwoord formuleren? Hebben de Duplo-blokjes een grotere massadichtheid dan de houten blokjes, of is het omgekeerd? Of hebben we voor de houten blokjes verschillende dichtheden gevonden?</i> <i>Wat vinden we in tabellen (boek, wikipedia, bibliotheek?)</i> <i>Moeten (kunnen) we een nieuwe vraag formuleren? Of onze vraag wat bijstellen?</i>
--	---	--

Deelcompetenties	Vierde jaar	Concrete Voorbeelden: <i>Hydrostatische druk</i>
O riënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothese vooropstellen	Vakgroep inspireert Onderwerp(en) bepaald door leraar - onderzoeksvraag gesteld door leerling samen met leraar (leraar geeft inspiratie, aanvulling, optie, ...)	<i>De druk in water meten en de factoren onderzoeken die deze druk beïnvloeden.</i> <i>Hoe laten we de onderzoeksvraag of de hypothese zoeken? (cfr tekst GJ)</i> <i>Betekenis en ontstaan van druk binnen in het water, invloed van druk op het water, verschijnsel formuleren, concrete situaties opzoeken, factoren die de druk kunnen beïnvloeden, ... samen <u>onderwijsleergesprek</u> voeren.</i> <i>Hypotheses: 1. De diepte bepaalt de druk op elke plaats. 2. De hoeveelheid water bepaalt de druk binnen in het water van een aquarium. 3.</i>
V oorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Deels zelfstandig: bijvoorbeeld nadenken over en het klaar zetten van de benodigdheden. <i>De leerkracht zet verschillende meettoestellen klaar en bespreekt die. Hoe meet je de druk op de gewenste diepte?</i>	<i>Met welke <u>kleine experimenten</u> kunnen wij onze ideeën controleren?</i> <i>Blaas op een rietje in een vol <u>glas</u>, daarna in een breed <u>aquarium</u> en in een <u>hoge glazen buis</u>. Hou het glas schuin, probeer opnieuw. Prik op verschillende plaatsen in een plastic zak vol met water, duw op de zak, ...</i> <i>Zoek samen naar meetmethodes voor druk: holle buis, verbonden met plastic darm, naar U-buis met water, naar druksensor. Lat voor de diepte. Waar en wat meet je? Wat gebeurt er met het waterniveau in de buis?</i>
U itvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Volgens voorgeschreven werkwijze, deels zelfstandig. Onder begeleiding waarneming(en), bekomen uit een experiment, een meting, ... weergeven in woorden, in tabel, op een schets, in een grafiek, Uitgebreidere (naar aantal en soort) kennismaking en gebruik van mogelijkheden	<i>Eventueel <u>complementair</u> werken: verschillende groepen gebruiken verschillende meetinstrumenten en /of verschillende vaten.</i> <i>We schrijven de meetresultaten in <u>een tabel</u>: welke meetcijfers schrijf je in de verschillende kolommen? Welke berekeningen maak je: voeg de nodige kolommen toe.</i> <i>Zien we een verband tussen de verschillende kolommen?</i> <i>Kunnen we de meetresultaten in <u>een grafiek</u> plaatsen? Welke grootheden plaats je op de assen, welke horizontaal? Waarom? (onafhankelijke of vrij gekozen veranderlijke)</i>
R eflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwerpen)	Onder begeleiding een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te	<i>Mogen we de gegevens van de verschillende groepen samenbrengen? Waarom (niet)? Zijn er parameters die verschillend zijn? Bvb breedte en inhoud van het aquarium, hoge glazen buis: zelfde inhoud of niet?</i> <i>Zien we een verschil tussen de gebruikte vaten?</i> <i>Kunnen we het verband uitdrukken in een wiskundige formule? Welke</i>

4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren	determineren, een besluit en eventueel een verklaring te formuleren	<i>betekenis hebben de coëfficiënten in de formule? Kunnen we die beïnvloeden?</i>
4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen	Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen?	<i>Hebben we voldoende nauwkeurig kunnen meten? Zijn sommige meettoestellen minder geschikt? Waar precies is de diepte bepaald? Is het op het uiteinde van de open buis?</i>
Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag)		<i>Zijn we geen factoren vergeten? Is de temperatuur van belang? Welke belangrijke factor kan er veranderen als de temperatuur, of als de vloeistof verandert?</i>
4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek	Onder begeleiding maar deels zelfstandig een invulverslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	<i>Kunnen we de hypothese(s) aannemen of moeten we nog bijkomende informatie hebben?</i>

Deelcompetenties	Vierde jaar	Concrete Voorbeelden: <i>Wet van Boyle (uitgevoerd B.H.)</i>
Oriënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothese vooropstellen	Vakgroep inspireert Onderwerp(en) bepaald door leraar - onderzoeksvraag gesteld door leerling samen met leraar (leraar geeft inspiratie, aanvulling, optie, ...)	<i>Leraar brengt een aantal verschijnselen aan waaruit blijkt welke grootheden een rol spelen bij de studie van gassen (ook de leerlingen geven gelijkaardige voorbeelden):</i> <i>-een "lege" fles in de diepvries krimpt</i> <i>-het deksel van een bokaal met hete confituur trekt naar binnen bij het afkoelen</i> <i>-een vuilniszak die je "toedraait" wordt hard</i> <i>-als je met een flesje cola schudt, wordt het hard</i> <i>-als je de diepvrieskast geopend hebt en weer sluit, kan je ze niet onmiddellijk terug openen</i> <i>-als je in de zomer je fiets parkeert in de volle zon, kunnen je banden springen</i> <i>-als je lucht bijpompt in de banden van je fiets worden ze harder</i> <i>-een luchtballon kan weer opstijgen als de gasbranders weer aangestoken worden</i> <i>-een gesloten petfles opdraaien en de stop losdraaien zodat die wegvliegt</i> <i>-een open petfles opdraaien, je tong tegen de opening drukken en de fles terug haar normale vorm proberen te geven zodat je tong in de fles wordt gezogen</i> <i>-veel lucht in je mond happen tot je kaken bol staan en dan met beide handen op je kaken slaan</i> <i>-in 2 ballonnen even veel lucht blazen, de ene ballon toe draaien en observeren hoe de lucht ontsnapt uit beide ballonnen als je er in prikt</i> <i>-ballonnen met een beetje lucht in onder de klok van een vacuüm-pomp zetten en de lucht onder de klok wegzuigen</i> <i>-een kolf met lucht waarop een stop met U-vormige buis opwarmen met de handen</i> <i>-lucht opzuigen in een meetspuit, de opening afdichten met de vinger en de zuiger uittrekken en weer loslaten of induwen en weer loslaten</i> <i>Leraar: "Vermeld voor elk van deze verschijnselen de grootheden</i>

		<i>waartussen een verband bestaat en geef kwalitatief aan hoe dat verband is: hoe groter....., hoe groter / kleiner....."</i> <i>Leraar: "Welke verschijnselen geven aanleiding tot een onderzoeksvraag die ons toelaat dat verband op te meten?" (nadruk leggen op het feit dat dat alleen maar kan bij slechts 2 grootheden waarbij je meet hoe de 2e grootheid verandert als de 1e veranderd wordt)</i> <i>Vb. "Hoe verandert de druk van een bepaalde hoeveelheid gas als het volume gewijzigd wordt (bij constante temperatuur)?"</i> <i>"Hoe verandert de druk van een bepaalde hoeveelheid gas als de temperatuur gewijzigd wordt (bij constant volume)?"</i> <i>... ..</i>
Vorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Deels zelfstandig: bijvoorbeeld nadenken over en het klaar zetten van de benodigdheden	<i>Leraar toont het materiaal voor de eerste onderzoeksvraag (meetspuit en manometer), maakt een tekening van de proefopstelling en geeft een mogelijke werkwijze aan.</i> <i>Leraar merkt op dat we moeten rekening houden met het inwendig volume van de manometer (wordt gegeven) dat bij het volume van de meetspuit moet geteld worden.</i>
Uitvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Volgens voorgeschreven werkwijze, deels zelfstandig Onder begeleiding de waarneming(en), bekomen uit een experiment, een meting, ... weergeven in woorden, in tabel, op een schets, in een grafiek, ... Uitgebreidere (naar aantal en soort) kennismaking en gebruik van mogelijkheden	<i>Leerlingen doen de metingen in groepjes van 2, schrijven hun meetresultaten op in tabel en maken de bijhorende grafiek.</i> <i>Leraar merkt op dat de nauwkeurigheidsgraad van de meetresultaten moet overeenkomen met deze van de meettoestellen en dat bij berekeningen met meetresultaten de benaderingsregels voor . en / of + en - moeten toegepast worden.</i> <i>Leraar merkt op dat er een trendlijn moet getekend worden i.p.v. punt voor punt te verbinden.</i>
Reflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verweren)	Onder begeleiding een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een	<i>Leerlingen bevestigen het vermoeden van het verband dat uit de grafiek blijkt door de laatste kolom in de tabel aan te vullen:</i> <i>te kiezen uit: p/V indien de $p(V)$-grafiek een schuine rechte door de oorsprong is,</i> <i>$p.V$ indien de $p(V)$-grafiek een stuk van een hyperbool is</i>

pen) 4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren 4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek	besluit en eventueel een verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Onder begeleiding maar deels zelfstandig een invulverslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	<i>Is deze waarde constant (op schommelingen na, te wijten aan meetfouten)?</i> <i>Leerlingen trekken een besluit en gaan na of er afwijkende metingen zijn en proberen een verklaring te vinden daarvoor: vb. ruwe afrondingen, lekken van gas, meetfouten...</i> <i>Leerlingen vullen hun bevindingen aan op het invulverslag.</i> <i>Leraar maakt de leerlingen attent op de invloed van de temperatuur en komt zo tot een aanvullende onderzoeksvraag: Vb. "Hangt de constante af van de temperatuur?"</i>
--	--	--

Deelcompetenties	Vijfde jaar	Concrete Voorbeelden: <i>Elektrische spanning en stroom (uitgevoerd GJ)</i>
O riënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothese vooropstellen	Begeleid zelfstandig (leraar geeft criterium /doet suggestie) Leerling kiest uit een aanbod van onderwerpen, stelt onder begeleiding de onderzoeksvraag en bakent die af onder begeleiding.	<i>Gebruik van een voltmeter en ampèremeter, van een klassieke batterij en geschikte lampjes uitproberen en analoge experimenten uitvoeren met een <u>zelfgemaakte bron</u>. Beperking tot <u>gelijkspanningsbron</u>.</i> <i>Kan je met een zelf gemaakte spanningsbron een lamp(je) laten branden?</i> <i>Is het voldoende dat de bron de juiste spanning heeft?</i> <i>Hoe pas je de spanning aan in een zelf gemaakte bron?</i>
V oorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Meer zelfstandig: bijvoorbeeld informatie verzamelen, nadenken over en klaar zetten van de benodigdheden.	<i>Wat is elektrische stroom? Hoe maak je zelf een spanningsbron? Hoe meet je de spanning van een bron? Hoe gebeurt de elektrische verbinding met een lampje, waar zitten de contacten? Welk verschil is er precies tussen lampjes met verschillende specificaties? Hoe kan je dat controleren, meten?</i> <i>Welk materiaal heb je nodig om een bron te maken? Om lampjes in een kring te kunnen schakelen? Om verbindingen te maken?</i> <i>Zij kunnen het materiaal kiezen uit een reeks metalen plaatjes, lampjes van verschillende soort en LEDs. Daarmee maken ze zelf een spanningsbron..</i>
U itvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Deels persoonlijke werkwijze als toepassing van eerder uitgevoerde experimenten en gekende technieken Begeleid kiezen uit gekend arsenaal van mogelijkheden om waarnemingen weer te geven en gegevens te ordenen	<i>Gebruik van multimeters, contact maken, polariteit, serie- schakeling, ... De hele proef wordt in korte deelexperimenten opgedeeld, telkens voorafgegaan van een hypothese, die zij moeten vervolledigen en die meteen getest wordt.</i> <i>Zij tekenen de schakelingen en vervolledigen een tabel.</i>
R eflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwer-	Voor een eenvoudig experiment zelfstandig een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te	<i>Geleidelijk hebben ze afzonderlijk alle stappen in de redenering bestudeerd die tot een besluit kunnen leiden: brandt de lamp, waarom wel of waarom niet?</i> <i>Het teken en de grootte van de spanning kan je veranderen door de constructie van de bron te wijzigen. De stroom echter is afhankelijk</i>

pen) 4.2 Conclusie trekken / verklaring formuleren 4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek	classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een verklaring te formuleren Discussie over de aanpak: verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Onder begeleiding maar deels zelfstandig een open verslag maken met vermelding van minstens de onderzoeksvraag of hypothese, werkwijze, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflectie	<i>van de gebruiker die tussen de polen geplaatst wordt.</i> <i>Als je een spanning van 1 V maakt door 2 metalen voorwerpen in een citroen te steken is dat nog niet voldoende om een lamp (continu of eventjes) te laten branden. Wat kan daarvan de reden zijn? Het begrip stroom zorgvuldig herbekijken.</i> <i>Hebben we wel het geschikte lampje gebruikt? Bestaan er lampjes die je met één "citroenbron" kan laten branden?</i> Nieuwe onderzoeksvragen: <i>kunnen we een serieschakeling maken van meerdere citroenen of is een parallelschakeling nodig, of een combinatie van beide?</i> <i>Met een wisselspanningbron lukt het waarschijnlijk beter?</i> <i>Voorbeeld van een verslag is bijgevoegd. (cfr Spanning en stroom)</i>
--	--	---

Deelcompetenties	Zesde jaar	Concrete Voorbeelden: <i>Wrijvingskracht (uitgevoerd B.H.)</i>
O riënteren 1.1 Onderwerp kiezen 1.2 Onderzoekbare vraag stellen of hypothese vooropstellen	Zelfstandig (leraar geeft advies) Leerling kiest uit een aanbod van onderwerpen, stelt zelfstandig de onderzoeksvraag en bakent die zelfstandig af.	<i>Leerstof i.v.m. maximale statische wrijvingskracht en dynamische wrijvingskracht en wrijvingscoëfficiënten (o.a. bepaling met horizontaal of hellend vlak).</i> <i>Leraar: "Wat is relevant om te onderzoeken in deze context? Stel een onderzoekbare vraag. Vb. Hoe verandert de maximale statische wrijvingskracht als de ondergrond nat is? of met zeep bedekt is? of een oliespoor bevat?"</i> <i>Leraar herinnert eraan dat slechts één factor tegelijk mag veranderd worden om een valabel antwoord te kunnen bekomen.</i>
V oorbereiden 2.1 Info verzamelen voor mogelijk onderzoek 2.2 Werkwijze bedenken en voorstel uitschrijven 2.3 Benodigdheden verzamelen	Volledig zelfstandig	<i>Leerlingen frissen de leerstof op.</i> <i>Leerlingen zoeken thuis eventueel extra materiaal en schrijven de werkwijze uit voor hun specifiek onderzoek. Ze maken een tekening van de proefopstelling en geven er de krachten op aan.</i>
U itvoeren 3.1 Gegevens verzamelen (opzoeken, experimenteren, meten, waarnemen, ...) 3.2 Bekomen gegevens geordend neerschrijven	Persoonlijke werkwijze Zelfstandig kiezen uit gekend arsenaal van mogelijkheden om waarnemingen weer te geven en gegevens te ordenen	<i>Leerlingen wisselen van taken in de groep (organiseren van de werking en het opvolgen ervan / uitvoeren van proeven / registreren en verwerken van meetresultaten).</i> <i>Leerlingen geven hun meetresultaten weer in tabelvorm (minstens 5 metingen en gemiddelde).</i>
R eflecteren - rapporteren 4.1 Verband zoeken tussen verzamelde gegevens (om de onderzoeksvraag te beantwoorden of de hypothese te bevestigen / verwerpen) 4.2 Conclusie trekken / verklaring	Zelfstandig een conclusie trekken op basis van verzamelde gegevens, waarnemingen of experimentele resultaten = eenvoudige grafieken, tabellen en modellen hanteren om te classificeren, te determineren, een besluit en eventueel een verklaring te formuleren	<i>Leerlingen trekken een conclusie op basis van hun meetresultaten om hun specifieke onderzoeksvraag te beantwoorden en confronteren dit met gekende theorie.</i> <i>Leerlingen bespreken eventuele beperkingen van de proefop-</i>

formuleren 4.3 Evalueren van de uitvoering - eventueel toetsen aan andere uitvoeringen/beweringen Lessen trekken (eventueel bijsturen van experiment of overgaan naar een daaruit vloeiende vraag) 4.4 Verslag schrijven, eventueel een presentatie geven over het uitgevoerde onderzoek	Discussie over de aanpak: Verwachte, vreemde, aanvaardbare of te verwerpen resultaten? Wat liep mis? Andere variabelen? Zelfstandig een open en uitvoerig verslag maken met vermelding van de onderzoeksvraag of hypothese, voorstel van werkwijze(n), gekozen werkwijze met motivatie, benodigdheden, waarnemingen of (meet)resultaten, conclusie, reflecties	<i>stelling, oorzaken van meetfouten... Vb. de hoeveelheid water op de ondergrond speelt een rol: dit kan aanleiding geven tot een volgend onderzoek.</i> <i>Leerlingen <u>schrijven</u> een ordelijk <u>verslag</u> en besteden daarbij voldoende aandacht aan taal. Dit verslag moet bevatten: de onderzoeksvraag, een beschrijving van de werkwijze a.d.h.v. een tekening van de proefopstelling met alle krachten, de meetresultaten in tabelvorm, het antwoord op de onderzoeksvraag, een kritische reflectie bij hun onderzoek en een evaluatie van zichzelf en van de andere groepsleden. (zie bijgevoegd blad)</i> <i>Leerlingen brengen kort <u>mondeling verslag</u> uit in de klas.</i>
---	--	---

6.6 VINDEN VAN DE ONDERZOEKSVRAAG

<http://www.mv-united.be/fileadmin/filestore/Eurekas/didactischPakket.pdf>

Vinden van ideeën, ze samen leggen en verrijken.

Mogelijk uitgangspunt:

met de leerlingen wordt afgesproken dat een aantal van hen de volgende les *reclame over wasproducten uit tijdschriften meebrengt en dat andere leerlingen reclamespots over wasproducten die op TV worden uitgezonden observeren en de inhoud ervan kort noteren. Nog andere leerlingen zoeken op het internet wat fabrikanten van wasmiddelen vermelden over de kwaliteit van hun producten.*

Deze gegevens worden samen gelegd, en dan wordt daaruit een voorstel gezocht voor een mogelijk onderzoek.

Dit kan in een groepsgesprek met de ganse klas, maar dit kan nogal verward verlopen. Niet iedereen zal zich actief inzetten.

Daarom stellen we de formule van **een brainstorming** voor. De klas wordt verdeeld in **groepjes van 3 of 4**. Denk daarbij aan de genderaspecten bij het verdelen in groepjes (*cf. 4. Meisjes in projectwerk – resultaten genderonderzoek*). Elk groepje denkt een 5-tal minuten na over **mogelijke voorstellen** en formuleert die **schriftelijk**, zoveel mogelijk in **de vorm van een vraag**.

Alle voorstellen worden op het bord genoteerd. Iedereen kan bij de voorstellen vragen stellen, opmerkingen maken, of juist nog verdere mogelijkheden geven. Een voorstel dat door bijna alle leerlingen wordt afgewezen als: te utopisch, belachelijk of kinderachtig, moet daarom nog niet onmiddellijk worden verworpen.

Laat altijd iemand van het groepje dat het voorstel heeft gedaan het eerst nogmaals toelichten alvorens het al dan niet definitief te verwerpen.

Als leerkracht noteer je de reacties op het bord. Dan volgt een tweede ronde waarin elk groepje uit de voorstellen 3 onderwerpen in volgorde van voorkeur kiest.

TIPS:

- Aansluiten bij een maatschappelijk thema (reclame) maakt wetenschappen voor meisjes aantrekkelijker.
- Als leerkracht kan je dit gedeelte (vinden van een onderzoeksvraag) inkorten door zelf reclame mee te brengen en daarover een idee te formuleren.
- Sommige voorstellen van de leerlingen zullen in vraagvorm geformuleerd, worden en anderen niet. Als de leerlingen hun voorstellen van onderzoeksvragen niet als vraag (kunnen) formuleren kan je hen hierbij helpen.
- Het is best mogelijk dat een bepaalde groep weinig ervaring heeft met de techniek van een brainstorming en/of met het vinden van onderzoeksvragen. Trek dan voldoende tijd uit om het proces te verduidelijken.

Enkele voorstellen die de groepjes zouden kunnen formuleren: ...

1. Toepassen op het begrip druk.

- a. Laat leerlingen **het woord** 'druk' opzoeken (Google, Wikipedia) in verband met fysica.
Zoek in een woordenboek, in een encyclopedie.
- b. Laat leerlingen vragen omtrent **het verschijnsel** druk formuleren:
 - Waar komt druk vandaan?
 - Binnen welke omgeving wordt druk hinderlijk? Te groot? Te klein?
 - Wat kan voor druk zorgen? Wanneer valt druk weg?
 - Waardoor vergroot, verkleint, verandert druk?
 - Is druk anders binnen een gebouw?
 - Is druk afhankelijk van de plaats? van de omgeving? van het weer? van de temperatuur?
 - ...
- c. Zoek samen naar **meetmethodes** voor druk.
 - Hoe kan je druk waarnemen? voelen? zien? horen?
 - Ken je voorwerpen die gevoelig zijn voor druk?
 - Zoek een manier om dat te meten: lat? balans? filmopname? audio?
 - Kan je een cijfer plakken op druk?
 - In welk verband wordt druk gemeten?
 - Hoe wordt druk in eenheden uitgedrukt?
 - Heb je al meettoestellen gezien voor druk?
 - ...
- d. Bedenk een **concrete situatie** waarin druk duidelijk wordt (voorgesteld).
 - ballon opblazen, erin knijpen, ...
 - een stapel boeken bovenop een mousse matje, boek plat, boek rechtop, ...
 - kartonnen doos laten vallen op een dwarse kant, op een hoekpunt, op een vlakke kant.
 - indruk van tafelpoten op een mat, tandafdruk op kauwgom, voetafdruk in sneeuw, in modder, ...
 - manier om die afdruk minder diep te maken, of juist dieper?
- e. Doe een **voorstel** voor een mogelijk **onderzoek**.
 - in groepjes nadenken
 - voorstellen groeperen
 - materiaal bedenken
 - bestaand materiaal opzoeken
 - haalbare methode voor eenvoudige druktoestand (vast, vloeibaar, lucht)

2. Toepassen op het begrip hydrostatische druk.

- a. Laat leerlingen **het woord** 'hydrostatisch' opzoeken (Google, Wikipedia) in verband met fysica.
Zoek in een woordenboek, in een encyclopedie.
- b. Laat leerlingen vragen omtrent **het verschijnsel** hydrostatische druk formuleren:
 - Waar komt vloeistofdruk vandaan?
 - Wat kan voor vloeistofdruk zorgen? Wanneer valt die druk weg?
 - Waarop drukt de vloeistof?
 - Waardoor vergroot, verkleint, verandert druk?
 - Hoe is de druk binnen de vloeistof zelf?
 - Is druk afhankelijk van de plaats? van de diepte? van het weer? van de temperatuur? van de soort vloeistof?
 - Verandert de druk door de vloeistof boven, onder, naast ... de plaats waar je de druk voelt?
 - ...
- c. Bedenk een **concrete situatie** waarin hydrostatische druk duidelijk wordt.
 - Een vat water op een mat toont de druk **van** de vloeistof **op de mat**.
 - **In** het water **voel** je de druk **op je oren**.
 - In een aquarium drukt het water op de wanden, op de onderkant maar ook **op de zijwanden**.
 - In het ruim van een schip drukt het zeewater op de wanden van het schip.
 - Als er een gat is in de scheepswand spuit het water naar binnen.
 - Water in een plastic zak doet de wanden bol staan.
 - Als er een gaatje is in de plastic zak spuit het water naar buiten.
- d. Welke factoren veranderen de druk **binnen in het water** van een aquarium?
 - Minder water?
 - Invloed van een bredere, hogere waterbak?
 - Is het de diepte of de hoeveelheid water die de druk in het water bepaalt?
 - Voel je de luchtdruk boven het water ook in het water?
 - Maak een zijbuis vast aan het vat. Verandert dat de druk?
 - Verbind een aantal waterbekers met elkaar.
 - Houd het aquarium schuin
- e. Zoek samen naar **meetmethodes** voor hydrostatische druk in de vloeistof.
 - Hoe kan je waterdruk waarnemen? voelen? zien? horen?
 - Ken je voorwerpen die gevoelig zijn voor die druk? oren, trommelvlies, ballon,
 - Prik op verschillende plaatsen in een plasticzak vol water
 - Zoek een manier om die druk te meten: lat? balans? filmopname? audio?
 - Heb je al meettoestellen gezien voor waterdruk?

6.7 VERDERE INSPIRATIEBRONNEN (NIET UITGEWERKT)

- Op de website <http://www.fi.uu.nl/bps/> vind je heel wat inspiratie voor opdrachten. Het gaat om opdrachten gericht op 'leren onderzoeken' die in een middag moeten gedaan zijn. Ideaal dus!
- <http://www.eurekas.be/> bevat een schat aan mogelijke proefjes/onderzoekjes.
- <http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=678483> over de fysica van boogschieten.
- Wat is de functie van een fietsvalhelm? Kunnen we meten hoeveel vervormings-energie die opneemt?
- Hoe verandert de terugbotshoogte van een tennisbal als die wordt opgewarmd?
- <http://www.dpbbrugge.be/fysica/>

Vooraf.....	1
1 De specifieke onderzoekscompetentie.....	1
1.1 Algemeen kader	1
1.1.1 Wat verstaat men onder onderzoekscompetentie?	1
1.1.2 Waarom aandacht voor de onderzoekscompetentie in het SO?	1
1.1.3 Eindtermen en onderzoekscompetentie	2
1.1.4 Werken aan de eindtermen in verband met onderzoek	4
1.2 De OVUR-methode	6
1.2.1 Integraal onderzoek	6
1.2.2 Illustratie van de OVUR – Is Coca-Cola Light ook licht?	7
2 De onderzoeksstappen volgens de OVUR-methode	9
2.1 Oriënteren.....	9
2.2 Voorbereiden	14
2.3 Uitvoeren	15
2.4 Reflecteren	16
3 Op weg naar de onderzoekscompetentie.....	17
3.1 Onderzoekend leren (OL)	17
3.2 Leren onderzoeken (LO).....	18
3.2.1 Demo-experimenten volgens de OVUR-methode	18
3.2.2 Practica.....	18
3.2.3 Aspecten te ervaren door leerlingen	18
3.3 Integrale onderzoeken	20
3.3.1 Vergelijkend overzicht	20
3.3.2 Soorten onderzoek	20
3.3.3 Haalbare voorbeelden	20
3.3.4 Extra materiaal SLO Fysica ter inspiratie	20
4 Aanvullingen en suggesties	21
4.1 Werkmodellen.....	21
4.1.1 Volgens de SETOC.....	21
4.1.2 Volgens het OVUR-schema	22
4.1.3 Volgens het APUC-schema.....	22
4.1.4 Volgens het OVAR-schema	22
4.1.5 Volgens voorstel Vrije ruimte	23
4.1.6 Volgens doelenboek IO (STW – competentie onderzoeken).....	23
4.2 Mogelijke leerlijn	23
4.3 Evaluatie.....	26
4.3.1 Voorbeelden voor een klassiek examen	26
4.3.2 Evaluatie van een totaal onderzoek	33
5 Geraadpleegde werken	34
6 Bijlagen	35
6.1 Onderzoekend leren	35
6.2 Demonstratie-experimenten volgens OVUR.....	36
6.3 Practica volgens OVUR	39
6.4 Haalbare voorbeelden	49
6.5 Extra materiaal	56
6.6 Vinden van de onderzoeksvraag	71
6.7 Verdere inspiratiebronnen (niet uitgewerkt).....	74