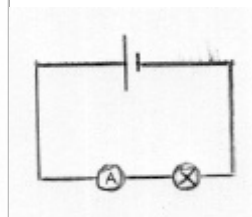
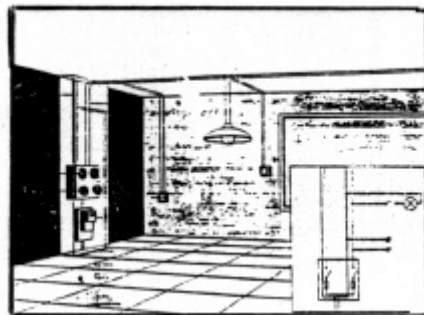


Docentenhandleiding bij  
2 De elektrische huisinstallatie  
Elektrische schakelingen



Docentenhandleiding bij Newton Natuurkunde voor de tweede fase vwo1a  
en havo 1 voor de vierde klassen vwo en havo.  
volgens een laagdrempelige probleemstellende aanpak

Project Probleemgeoriënteerd Onderwijs  
Centrum voor beta-didactiek, Universiteit van Utrecht, oktober 2001

## **Inhoudsopgave**

<b>Voorwoord</b>	<b>3</b>
------------------	----------

### **Deel 1 Algemene opzet lessenserie**

1.1 Leerlingen motiveren via probleemstellend onderwijs	5
1.2 Een lessenserie met veel inhoudelijke inbreng	9
1.3 De opzet van het lessenplan en de studiewijzer (algemeen)	13
1.4 Introductie en afronding met hoofdstukvragen en paragraafvragen	16
1.5 Instapprobleem met demonstratie	19
1.6 Leerlingenpracticum	22
1.7 Toepassingsprobleem en probleemaanpak	23
1.8 Denken –delen –uitwisselen	31
1.9 Focus ontwikkelingsonderzoek	32

### **Deel 2 De lessenplan en leerdoelen**

2.1 Lessenplan havo en vwo	33
2.2 Studiewijzer havo	41
2.3 Studiewijzer vwo	43
2.4 Leerdoelen voor de leerlingen	45

### **Deel 3 Aanwijzingen per les**

3.1 Les 1 en huiswerk 1>2	47
3.2 Les 2 en huiswerk 2>3	59
3.3 Les 3 en huiswerk 3>4	65
3.4 Les 4 en huiswerk 4>5	77
3.5 Les 5 en huiswerk 5>6	81
3.6 Les 6 en huiswerk 6>7	91
3.7 Les 7 en huiswerk 7>8	97
3.8 Les 8 en huiswerk 8>9	101
3.9 Les 9 en huiswerk 9>10	113
3.10 Les 10 en huiswerk 10>11	117
3.11 Les 11 en huiswerk 11>12	125
3.12 Les 12 en huiswerk 12>T	127

## Voorwoord

Deze lessenserie is ontwikkeld en wordt geobserveerd door mensen van het project *probleemgeoriënteerd onderwijs* dat is voortgekomen uit het project *laagdrempelig probleemstellend leren* van het Centrum voor beta-didactiek van de Universiteit van Utrecht.

Een eerste kenmerk is het werken met hoofdstukvragen en paragraafvragen die in de introductie worden gesteld, maar daar nog niet worden beantwoord. De antwoorden moeten komen van de studie en de lessen. Er wordt dus gewerkt met *richtvragen*.

Een tweede kenmerk het gebruik van een *instaprobleem* meestal in de vorm van een demonstratie. Een instaprobleem wordt gekenmerkt door het feit dat het de leerlingen uitdaagt het instaprobleem te beantwoorden met de kennis die ze al hebben. Dat lukt voor een gedeelte, maar voor een ander deel schiet de voorkennis te kort. Dit roept een kennisbehoefte op.

Een derde kenmerk is het gebruik van *toepassingsproblemen* na een eerste verwerking van de nieuwe leerstof. In de nabespreking van de toepassingsproblemen wordt aandacht besteed aan systematisch en handig problemen oplossen over elektrische schakelingen..

Zowel bij het instaprobleem als bij het toepassingsprobleem wordt gebruik gemaakt van een nieuwe werkvorm denken -delen -uitwisselen. Eerst werken de leerlingen individueel, dat kan het huiswerk zijn, maar hoeft niet. Daarna delen de leerlingen hun resultaten met een klein groepje. Vervolgens rapporteert één groepslid aan de klas als geheel.

Bij het instaprobleem wordt gebruik gemaakt van een korte trits ( 2 min individueel; 2 min in twee- of drietalen, en dan klassikaal nabespreken); Bij het toepassingsprobleem wordt gebruik gemaakt van een lange trits (10 min als huiswerk individueel; 10 min werken in groepen aan het begin van de volgende les; en dan klassikaal nabespreken).

Een beschrijving van de ideeën achter *probleemstellend leren* is te vinden in het artikel Marjolein Vollebregt, Kees Klaassen, Rupert Genseberger, Piet Lijnse, *Leerlingen motiveren via probleemstellend onderwijs*, uit: nvox nummer 7, september 1999, 339-341.

In dit project richten we ons op probleem georiënteerd leren dat beschouwd kan worden als een laagdrempelige vorm van probleemstellend leren.. Uitgangspunt is dat leerlingen gemotiveerd worden door inhoudelijke inbreng, als daar tenminste serieus iets mee gebeurt. In het ontwerp van de lessenserie en in de uitvoering van de lessenserie is daarom Van groot belang is hierbij dat docenten anticiperen op leerlingeninbreng wezenlijk. Ideeën over inhoudelijke inbreng en motivatie te vinden in het artikel Rupert Genseberger en Ton van de Valk, *Past zo iets wel in de tweede fase? "Druk" een lessenserie met veel inhoudelijke inbreng van leerlingen.*, uit: nvox nummer 5, mei 2000, 228-230

De probleemgeoriënteerde opzet van de lessenserie en het gebruik van activerende werkvormen uit het repertoire van samenwerkend leren, moet er toe leiden dat leerlingen actiever en meer op tijd leren, dat leerlingen meer inhoudelijke interactie aangaan met medeleerlingen en de docent, dat leerlingen meer inhoudelijke inbreng hebben waar de docent serieus iets mee doet. Volgens ons zal dit er toe bijdragen dat leerlingen gemotiveerder, betekenisvoller en effectiever leren. We zijn erg benieuwd naar de resultaten van de uitvoering

Ontwikkelaars:  
H. Poorthuis  
T. van de Valk

Uitvoerders:  
K. Hooyman  
A. Migchielsen  
R. Vonk

M.Vollebregt  
H. Wielenga



## **1.1 Leerlingen motiveren via probleemstellend onderwijs**

Zie artikel Marjolein Vollebregt, Kees Klaassen, Rupert Genseberger, Piet Lijnse, *Leerlingen motiveren via probleemstellend onderwijs*, uit: nvox nummer 7, september 1999, 339-341.









## **1.2 Een lessenserie met veel inhoudelijke inbreng.**

Rupert Genseberger en Ton van de Valk, *Past zoiets wel in de tweede fase? “Druk” een lessenserie met veel inhoudelijke inbreng van leerlingen.*, uit: nvox nummer 5, mei 2000, 228-230







## Docentenhandleiding deel 1

### 3 Opzet lessenplan en studiewijzer (algemeen)

#### *algemeen*

Hieronder geven we enkele kenmerken en uitgangspunten die ten grondslag liggen aan het ontwerp voor deze lessenserie zoals neergelegd in lessenplan (voor de docenten) en studiewijzer (voor de leerlingen)

De lessenserie betreft het tweede hoofdstuk in 4 vwo uit Newton N1a Hoofdstuk 2 De elektrische huisinstallatie - elektrische schakelingen. Het hoofdstuk heeft vier paragrafen. Bij de opzet van de lessenserie De elektrische huisinstallatie - elektrische schakelingen is er van uitgegaan dat er twaalf lessen van vijftig minuten beschikbaar zijn. Daarnaast is er een toets over hoofdstuk 2 in de toetsweek. Het precieze aantal beschikbare lessen hangt af van de actuele situatie op school. Voor een paragraaf zijn beschikbaar twee tot drie lessen. In de lessenserie is er in de eerste les een introductie op het hoofdstuk en de studiewijzer. In deze les is er ook een introductie op § 2. De laatste les is er afsluitende activiteit voor het hoofdstuk als geheel.

Verder heeft de lessenserie heeft twee leerlingenpractica zonder verslag en één onderzoekspracticum met verslag.

Bovendien zijn twee voortgangstoetsen van een half lesuur beide over de helft van de stof van het hoofdstuk. De leerlingen krijgen de voortgangstoets nagekeken met uitwerking terug. Leerlingen moeten deze toetsen zonder veel extra voorwerk kunnen maken als ze de planning goed volgen. De voortgangstoetsen tellen niet mee voor het cijfer.

Voor het maken en nakijken van opgaven beschikken de leerlingen beschikken over uitwerkingen van de opgaven zodat ze zelf (ook thuis) hun gemaakte opgaven kunnen nakijken.

#### *studiewijzer*

De leerlingen krijgen een studiewijzer. Dit geeft een planning van leerstof en activiteiten. De klas als geheel volgt de planning zoals in de studiewijzer is vastgelegd. In de opzet van deze lessenserie willen we af van het idee dat plannen door leerlingen betekent dat ze werken wanneer hen dat uitkomt. Dit betekent meestal dat ze prioriteit geven aan inleveropdrachten voor andere vakken en het werk voor natuurkunde uitstellen tot vlak voor de toetsweek. Goed plannen betekent echter niet je werk uitstellen, maar het op tijd af hebben overeenkomstig de voorgeschreven planning in de studiewijzer. De zinvolheid van de lessen en de mogelijkheid van inhoudelijke inbreng wordt bevorderd door een goede voorbereiding van de les door leerlingen. Interactie met medeleerlingen en docent kan alleen zinvol worden als de leerlingen ongeveer even ver zijn.

#### *Structuur per paragraaf*

De lessenserie heeft een introductie en een afronding van het hoofdstuk. Daarnaast heeft iedere paragraaf dezelfde structuur en opbouw met de volgende elementen:

- Introductie met paragraafvraag
- Instaprobleem met demonstratie
- Tekst over theorie
- Opgaven
- Practicum (experiment of onderzoek)
- Tekst over toepassingen
- Toepassingsprobleem (met probleemaanpak)
- Voortgangstoets (per twee paragrafen)

Binnen een paragraaf zijn de leeractiviteiten geordend volgens de volgende vier fasen die in een leerproces onderscheiden kunnen worden::

- oriënteren ( focusseren en problematiseren)
- aanleren (met voorbeelden)
- verwerken (met voorbeelden)
- toepassen (generaliseren en integreren)

De soort inbreng die we van leerlingen verwachten wordt mede bepaald door de fase van het leerproces.

#### *Lessenplan voor in de les en voor huiswerk*

Het lessenplan geeft een planning voor de leeractiviteiten in de les en voor leeractiviteiten tussen de lessen (huiswerk). Huiswerk is over het algemeen individueel werk. Het wordt voorbereid in de voorafgaande les en verwerkt in de daaropvolgende les. We gaan er van uit dat contacttijd zinvoller wordt voor de leerlingen als het werk interactie met de docent of interactie met medeleerlingen vraagt of als het bronnen vraagt die alleen op school zijn. Individueel werken kan het beste in een thuisomgeving die meestal minder sociale afleiding kent.

In iedere les zijn er klassikale activiteiten. We gaan er van uit dat klassikale activiteiten nodig zijn om docenten de kans te geven om leerlingen te motiveren, om verbanden te leggen en om samenhangen zichtbaar te maken. Te lang zelfwerkzaamheid geeft vaak aanleiding tot een klakkeloos uitvoeren van taken zonder echte verdieping (en motivatie).

In iedere les is er ook zelfwerkzaamheid. De opzet gaat uit van een gemiddelde per les van circa de helft niet-centraal, dat wil zeggen individueel werk of groepswerk. We gaan er van uit dat veel wordt geleerd in interactie met medeleerlingen en bij klassikale introducties of afrondingen. Introducties en afrondingen moeten naast het aandragen van informatie, vooral ook gericht zijn op het aanbrengen van motivatie en het zichtbaar maken van samenhangen. Groepswerk moet voldoen aan criteria als wederzijdse afhankelijkheid en individuele aanspreekbaarheid, met een afronding in de klas. Zo maar werken aan opgaven die ook als huiswerk gelden geeft veel afhakers die het werk uitstellen tot thuis.

#### *Denken-delen-uitwisselen*

Bij het instapprobleem met demonstratie wordt gebruik gemaakt van de werkvorm denken-delen-uitwisselen (denken 2 min; delen 2 min). Voor de waarnemingen aan de demonstratie wordt leerlingen gevraagd verwachtingen te formuleren en argumenten te bedenken.

Bij het toepassingsprobleem wordt ook gebruik gemaakt van deze werkvorm (10 min denken; 10 min delen; 10 min uitwisselen). Het gaat hier om het oplossen van een toepassingsprobleem vanuit één of twee vraagstellingen en om het nabespreken op probleemaanpak.

#### *Lessenplan per paragraaf (algemeen)*

Voor een paragraaf zijn steeds eenheden van twee of drie lessen beschikbaar. Dit is verdeeld over een halve les (B), een of twee hele lessen en een halve les (A).

In het schema is aangegeven hoe de elementen per paragraaf verdeeld kunnen zijn over werken in de klas en werken thuis.

Les datum	In de les	Huiswerk (gedaan voor de volgende les)
A	Afronden vorige §	10 min Bestuderen theorie § (wit)
B	5 min klassikaal introdactie § met paragraafvragen	20 min maken en nakijken opgaven
	10 min klassikaal (met kort denken-delen-uitwisselen) instaprobleem en demonstratie	10 min Oplossen instaprobleem met vervolgvragen
	10 min nabespreken instaprobleem	10 min maken verwerkingsopdracht leerlingenpracticum
	5 min inleiding practicum	10 min bestuderen toepassingen § (geel)
	30 min uitvoeren leerlingenpracticum	10 min maken en nakijken opgaven
		10 min oplossen toepassingsprobleem (denken individueel)
	10 min in groepjes bespreken toepassingsprobleem (delen in groepjes)	Maken en nakijken van opgaven (zie werkboek <i>verwerking</i> , <i>oefenen</i> )
	10 min klassikaal nabespreken van het toepassingsprobleem (uitwisselen) en practicum	
	15 min in groepjes doorspreken theorie en opgaven §	
	10 min klassikaal afsluiten § met samenvattingformulier	
A	Bijvoorbeeld Voortgangstoets twee §§	
B	Introdactie volgende §	

## **Docentenhandleiding deel 1**

### **4 Introductie en afronding van hoofdstuk en paragrafen**

#### ***Introductie van het hoofdstuk met behulp van de hoofdstukvraag***

Het hoofdstuk wordt geïntroduceerd door iets van het onderwerp te vertellen of te laten zien, door het belang van het onderwerp aan te geven en door de hoofdstukvraag te formuleren. In een leergesprek worden aspecten van de hoofdstukvraag besproken en wordt geïnventariseerd wat leerlingen daarvan al weten. Het gaat om een hoofdstuk met stof voor circa twaalf lessen.

De introductie met hoofdstukvraag heeft als functie:

- het onderwerp van de lessenserie is voor leerlingen duidelijk en gemotiveerd
- de leerlingen hebben zicht op het komende hoofdstuk en de lessenserie
- de leerlingen zien het verband met wat ze al kennen en kunnen
- de leerlingen begrijpen in welke context het hoofdstuk en de lessenserie moeten worden geplaatst en welke betekenis dit voor hen heeft
- leerlingen raken gemotiveerd voor dit onderwerp

Aandachtspunten voor opzet en de uitvoering

- de docent stelt het onderwerp van het hoofdstuk en motiveert dit
- de docent inventariseert bij leerlingen van aspecten van de hoofdstukvraag
- de docent ordent in samenspraak de aspecten van de hoofdstukvraag
- de docent verwijst naar de diverse paragrafen (via titels?)
- de docent geeft de samenhang en betekenis aan

#### ***Introductie van de paragraaf met behulp van de paragraafvraag***

Bij de introductie van ieder paragraaf wordt gebruikgemaakt van een of enkele paragraafvragen. Er wordt teruggekeken naar de hoofdstukvragen; de paragraafvragen zijn een specificatie van de hoofdstukvragen. Verder wordt geïnventariseerd wat leerlingen daarvan al weten.

Het gaat om paragrafen met stof voor circa twee tot drie lessen. De introductie van een paragraaf sluit aan op de introductie van het hoofdstuk (voor de eerste paragraaf) of op de afronding van de vorige paragraaf (voor de andere paragrafen)

De introductie met een paragraafvraag heeft als functie:

- leerlingen hebben zicht op het onderwerp van de komende paragraaf
- leerlingen zien het verband met de vorige paragraaf
- leerlingen zien het verband met de hoofdstukvraag
- leerlingen raken gemotiveerd voor het onderwerp

Aandachtspunten voor opzet en uitvoering

- de docent stelt van het onderwerp van de paragraaf en motiveert dit.
- de docent geeft samenhang en betekenis aan (met name het verband met de vorige paragraaf en met het hoofdstuk als geheel)

#### ***Richtvragen***



Hoofdstukvragen en paragraafvragen dienen als richtvragen voor de bestudering van het hoofdstuk en de paragrafen. Een richtvraag is de vraag waarop een te bestuderen tekst of een te volgen uitleg antwoord op geeft. Bij een uitleg geeft zo'n richtvraag veel richting en houvast voor de docent en voor de leerlingen. Bij studie van een tekst helpt de richtvraag de aandacht te richten op essentiële kennis.

Aan een goed gestelde richtvraag kunnen de volgende eisen worden gesteld:

- a) De richtvraag is gesteld in termen van voorkennis van de leerlingen, met andere woorden er komen nog geen begrippen in voor die worden aangeleerd in de komende les, hoofdstuk of paragraaf. (dus niet: Wat is spanning? Of Wat is gravitatie?)
- b) De richtvraag stimuleert tot het inbrengen van voorkennis, eigen ervaringen en eigen denkbeelden; daagt uit tot argumenteren of onderzoeken en in tweede instantie tot het willen krijgen van informatie.
- c) De richtvraag geeft aanleiding tot het bespreken van aspecten waarmee het probleemgebied in kaart wordt gebracht
- d) De nieuw aan te leren begrippen en regels zijn nodig voor het beantwoorden van de richtvraag.
- e) De richtvraag wordt voorafgegaan door en vloeit voort uit (wordt gemotiveerd door) uit een inleiding met een aanbod door de docent.

### ***Afronding van een paragraaf door het bespreken van de paragraafvraag***

De afronding van iedere paragraaf gebeurt door het bespreken van de paragraaf in relatie tot de hoofdstukvraag. Essentieel is hier de dynamiek van vraag-en-antwoord. Heeft de paragraaf nu een (gedeeltelijk) antwoord gegeven op de paragraafvraag? (in hoeverre wel en in hoeverre niet? hoe verder?); Is met deze paragraaf het antwoord op de hoofdstukvraag dichterbij gekomen? (welke aspecten zijn er nog meer? hoe verder?) Deze bespreking is de voorbereiding op de introductie van de volgende paragraaf.

De functie van de afronding is:

- De leerlingen ziet dat met de leerstof uit de paragraaf de paragraafvraag grotendeels beantwoord kan worden.
- Verder leren wordt gestimuleerd door het onbeantwoorde deel van de paragraaf vraag en het onbeantwoorde deel van de hoofdstukvraag
- leerlingen zien de samenhang tussen de paragraafvraag, de hoofdstukvraag en de nieuwe paragraafvraag en ontwikkelen gevoel voor de dynamiek van vraag-en-antwoord

Aandachtspunten voor de uitvoering zijn:

- De paragraafvraag wordt grotendeels beantwoord door de paragraaf en de lessen.
- De grotendeels beantwoorde paragraafvraag en de gedeeltelijk beantwoorde hoofdstukvraag geeft aanleiding tot een nieuwe paragraafvraag
- De introductie van een nieuwe paragraaf sluit aan op de afronding van de daaraan voorafgaande paragraaf.

In de afronding wordt gebruik gemaakt van een samenvattingformulier dat is opgenomen in het leerlingenboekje.

### ***Afronding hoofdstuk door het beschrijven en begrijpen van karakteristieke situaties***

Het hoofdstuk wordt afgerond door de leerlingen situaties te laten verklaren die typisch zijn voor de hoofdstukvragen en de paragraaf vragen. Hier wordt gebruik gemaakt van de expertwerkvorm. Leerlingen beantwoorden de afrondingsopdracht individueel als huiswerk; de daaropvolgende les, tevens laatste les wordt dit verwerkt door elkaars producten te lezen en van commentaar te voorzien ; vervolgens presenteren leerlingen dit aan elkaar in kleine groepen; vervolgens is er een klassikale nabespreking.

De afrondingsopdracht houdt in dat de leerlingen voor één van de vier gegeven situaties een beschrijving geven wat er gebeurt en hoe je dat kunt begrijpen met de kernbegrippen en wetmatigheden die je in dit hoofdstuk hebt geleerd. Het becommentariëren en bijstellen gebeurt in kleine groepen met dezelfde voorbereide situatie. Het presenteren door voor te lezen gebeurt in gemengde groepjes met verschillende situaties.

Aandachtspunten voor de uitvoering

- de karakteristieke situaties sluiten goed aan bij de hoofdstukvraag en de inhoud van het hoofdstuk
- de situaties, vraagstellingen en kernbegrippen passen goed bij elkaar.
- de schrijfoopdrachten moeten zeer divers kunnen worden uitgevoerd

## Docentenhandleiding deel 1

### 5. Instaprobleem met demonstratie

In het tweede deel van de introductie van iedere paragraaf wordt gebruik gemaakt van een instaprobleem met demonstratie in aansluiting op de paragraafvraag.

De introductie met demonstratie met instaprobleem heeft als functie:

- leerlingen leren door eigen waarneming een aantal eigenschappen kennen van een voor de paragraaf karakteristieke situatie.
- leerlingen mobiliseren voorkennis die relevant is om deze situatie (gedeeltelijk) te begrijpen
- leerlingen voelen de behoefte aan uitbreiding van hun kennis omdat hun voorkennis ontoereikend is om de situatie als geheel te begrijpen.

#### ***Aandachtspunten voor de opzet en uitvoering***

- de docent toont met een opstelling voor de klas enkele karakteristieke eigenschappen
- de docent inventariseert verklaringen van leerlingen en vat gemobiliseerde voorkennis samen
- de docent identificeert eigenschappen die niet met de gemobiliseerde voorkennis kunnen worden begrepen
- de docent formuleert het probleem dat opgelost kan worden na verwerven van nieuwe leerstof door bestudering van de nieuwe paragraaf
  - als huiswerk bestuderen de leerlingen de theorie, oefenen met enkele eenvoudige opgaven en proberen het instaprobleem te beantwoorden met deze nieuwe kennis
- de volgende les start met een bespreking van de oplossingen voor het instaprobleem

#### ***De interactie met de leerlingen bij het instaprobleem is als volgt gestructureerd***

##### *Confrontatie en startvraag*

1. De docent toont de opstelling aan de leerlingen en een startvraag wordt gesteld.

##### *Verwachtingen en argumenten*

2. De leerlingen spreken (individueel) hun *verwachting* uit wat er zal gebeuren (=inbreng wordt schematisch vastgelegd op papier)
3. De leerlingen geven in kleine groepjes een argumentatie
4. De docent inventariseert verwachting en argumentatie

##### *Waarneming*

5. De docent toont wat er gebeurt en vat de verschijnselen geordend samen
6. De docent inventariseert argumenten voor de overeenkomst en voor het verschil tussen verwachting en waarneming.  
NB er vindt bij leerlingen een *objectwisseling* plaats van opstelling naar geordende waarnemingen (dus van opstelling naar tabel)

##### *Verklaringsvragen*

7. De docent stelt de verklaringsvraag: met welke wetmatigheden kun je de waargenomen verschijnselen begrijpen?) (zie ook vervolgvragen.)  
NB Dit vraagt van leerlingen een *perspectiefwisseling* : niet alleen de verschijnselen samenvatten in geordende patronen, maar ook de waargenomen verschijnselen verklaren met theoretische wetmatigheden (dus van ordenen naar verklaren)

*Relevante nieuwe kennis verwerven*

8. De leerling bestudeert de wetmatigheden die nodig zijn om het verschijnsel te begrijpen.(zie teskt boek)
9. De leerling geeft een *argumentaties* voor de verklaring van het verschijnsel (=inbreng)
10. De docent inventariseert argumentaties voor de verklaring van het verschijnsel
11. De docent vat samen hoe met de bestudeerde wetmatigheden het verschijnsel te verklaren is.

***Voorbeeld van een schema voor verwachtingen en waarnemingen***

Verwachtingen instapprobleem § 2 *kortsluiting in de huisinstallatie*

Contact tussen niet-geïsoleerde draden met de kleuren	Groepenkast Met zekeringen zonder aardlekschakelaar	groepenkast met zekeringen met aardlekschakelaar	
	Zekering brandt door?	zekering brandt door?	Aardlekschakelaar eruit
Bruin en blauw	ja / nee	ja / nee	ja / nee
Bruin en geelgroen	ja / nee	ja / nee	ja / nee
Blauw en geelgroen	ja / nee	ja / nee	ja / nee

*Generale wetmatigheden en klassen van toepassingssituaties*

Het lijkt er op dat wetmatigheden (hoewel ze vaak generaal geformuleerd zijn) voor de leerlingen een geldigheid hebben die zich beperkt tot de klasse van situaties waarin de wetmatigheden zijn aangeleerd. Zodra de wetmatigheid wordt toegepast op een andere klasse van situaties, dan schiet het begrip van de leerlingen tekort. De generaal geformuleerde wetmatigheid is in principe wel toereikend voor nadere verklaring van de nieuwe klasse van situaties, maar het begrip van de toepassingsmogelijkheden moet bij de leerling nog ontwikkeld worden.

Voorbeeld.

De leerlingen kennen de weerstandsregel (=wet van ohm)  $R = U / I$ , maar hebben deze alleen nog toegepast in enkelvoudige schakelingen. Dit betekent dat voor leerlingen de weerstandsregel gespecificeerd dient te zijn naar het object waarop deze van toepassing is.

$$R_{\text{apparaat}} = U_{\text{bron}} / I_{\text{schakeling}}$$

Het gebruiken van  $R = U/I$  in een meervoudige schakeling vraagt een aangevuld spanningsbegrip: niet alleen spanning als eigenschap van de bron, maar als spanningsdaling over weerstanden in de kring en spanningsstijging bij de bron. De weerstandsregel wordt dan:

$$R_i = U_i / I_i \text{ en } R_{\text{schakeling}} = U_{\text{bron}} / I_{\text{schakeling}}$$

Een ander voorbeeld

Leerlingen leren de momentenwet (kracht x arm)  $_{\text{links}} = (\text{kracht x arm})_{\text{recht}}$  vaak aan in evenwichtsituaties zoals een wip, een spoorboom met contragewicht of een hijskraan. Hierbij

is het grijpen de zowel de kracht linksom als de kracht rechtsom aan op het draaiende of kantelende voorwerp.

Toepassen van deze evenwichtsregel op overbrengsituaties (koevoet, hefboom, notenkraaker, nijptang) blijkt veelal problematisch. Bij een overbrengsituatie gaat het veelal om gereedschap dat spierkracht overbrengt op een voorwerp. De aandacht van de leerling wordt gericht op enerzijds de spierkracht die op de “overbenger” wordt uitgeoefend en anderzijds op de “overgebrachte kracht” die op het voorwerp wordt uit geoefend. Strikt genomen geldt de momentenwet niet voor deze krachten, wel voor de spierkracht en de ravctiekracht van de overgebrachte kracht. Veelal is echter het principe van actie en reactie bij wisselwerking nog aangeleerd. Oplossing kan zijn om naast een evenwichtsregel een overbrengregel te formuleren ieder voor een eigen klasse van situaties. Bij overbrengsituaties dient een nader onderscheid gemaakt te worden tussen overbrengsitauties waarin de krachten aan weerszijden van het draaipunt aangrijpen (koevoet, hefboom, nijptang, flesopener) en overbrengsituaties waarin de krachten aan dezelfde kant van het draaipunt aangrijpen (notenkraaker) Bovenstaande pleit ervoor om zowel een evenwichtsregel als een overbrengregel aan te leren.

### *Keuze instaprobleem*

Criteria voor de keuze van het instaprobleem zijn:

- het is fenomenologisch interessant
- met voorkennis kan een gedeelte van het probleem begrijpen worden
- de voorkennis schiet te kort om het instaprobleem geheel te begrijpen.
- Nieuwe kennis is nodig of het toepassingsgebied van de oude kennis dient te worden uitgebreid.

## **Docentenhandleiding deel 1**

### **6 Leerlingenpracticum (experiment of onderzoek)**

Bij het practicum maken we onderscheid in de functie van een experiment en een onderzoek . Het experiment heeft als functie om verschijnselen te verkennen of apparaten te leren kennen aan het begin van een paragraaf . Deze door eigen waarneming verworven kennis van verschijnselen kan als basis voor theorievorming benut worden. Bij de experimenten bleken de voorbereidingsopdrachten te veel de eigenlijke start van het uitvoeren van het experiment op te houden. Verder werden er mijns inziens te veel deelopdrachten gegeven (wat het werken met sturing vanuit een duidelijke vraagstelling in je hoofd belemmerd). Veelal zal een omschrijving van de onderzoeksvraag en de opstelling gevolgd door een aantal denkvragen over de waarnemingen of metingen voldoen.

Het onderzoek heeft als functie om een eigen onderzoeksplan op te stellen en dat uit te voeren, te bewaken en zo nodig bij te sturen. Dit betekent dat in de opdracht niet de opstelling en niet de werkwijze moet zijn beschreven, anders is er te weinig mogelijkheid voor eigen inbreng. Veelal zal een omschrijving van de onderzoeksvraag en de beschikbare materialen (dus niet de opstelling) voldoen..

## Docentenhandleiding deel 1

### 7 Toepassingsprobleem en probleemaanpak

#### *Didactische functie*

Het toepassingsprobleem dient om het toepassen van net geleerde kennis op enigszins nieuwe situaties te oefenen. Daarmee wordt het toepassingsgebied van de net aangeleerde kennis verbreed en wordt de aangeleerde kennis verankerd en wendbaar. Het oplossen van een toepassingsprobleem betekent tevens oefenen in probleemaanpak met expliciete reflectie daarop.

#### *Denken –delen -uitwisselen*

De werkvorm denken-delen-uitwisselen is een krachtige doch weinig bekende werkvorm die veel en gevarieerde activiteiten vraagt van de leerling.

*Denken* staat voor het uitvoeren van een individuele opdracht. Deze opdracht moet leiden tot een zichtbaar product. Deze producten zullen in het algemeen sterk verschillen per leerling.

*Delen* staat voor een opdracht in klein groepsverband, waarin de producten van het *denken* worden vergeleken en op een hoger niveau worden beschouwd. In een klas kunnen dat groepjes van 3 of 4 leerlingen zijn.

*Uitwisselen* staat voor de rapportage door één van de groepsleden van het resultaat van het delen. De klassikale bespreking moet leiden tot hogere orde inzichten. In een klas kun je denken aan 6 á 8 rapporteurs. Deze worden door de docent aangewezen en zijn tijdens het *delen* nog niet bekend.

#### *Aanwijzingen voor de docent*

De fasen denken, delen en uitwisselen worden steeds voorafgegaan door een korte instructie. De uitgebreidheid hiervan hangt samen met de bekendheid van de leerlingen met de werkvorm. Meestal is dat geen bezwaar.

Het denken is individueel. Het zet leerlingen aan om voor zichzelf zonder overleg met anderen te komen tot het gevraagde product. Wordt het denken in de klas gedaan dan roept dit meestal een geconcentreerde werksfeer op. Het is essentieel dat een zichtbaar en tastbaar product wordt gevraagd. De manier waarop het product zal worden gebruikt wordt globaal aangekondigd.

Voor het delen is van belang dat alle leerlingen beschikken over hun product van het denken. Als denken als huiswerk is opgegeven, verdient het aanbeveling om leerlingen die hun huiswerk niet gemaakt hebben (dus geen product kunnen tonen) in te delen in een aparte groep. Als niemand huiswerk heeft gemaakt kan er niet gedeeld worden.

De groep moet ervoor zorgen dat ieder in staat is het resultaat van het delen te rapporteren. Vandaar dat de rapporteur pas bij het uitwisselen door de docent wordt aangewezen.

Voor het uitwisselen zijn er 6 á 8 bijdragen. De docent probeert de uitwisseling op een hoger denkniveau te brengen. Vaak ontstaan korte gedachtenwisselingen.

In dit hoofdstuk wordt tijdens het denken-delen-uitwisselen speciaal aandacht gegeven aan de aanpak van problemen met elektrische schakelingen. Na bestudering van de betreffende tekst gaat de leerlingen individueel aan het werk met een complexe opgave (denken). Deze opgave wordt in de daaropvolgende les in de klas verwerkt in groepswork (delen) en wordt nabesproken (uitwisselen). In de opdracht is aandacht voor probleemaanpak en reflectie daarop. Deze opgave dient als voorbeeld voor opgaven met een soortgelijke aanpak.



## ***Probleemaanpak***

### *Inleiding*

Newton gebruikt de stappen van OPUCE om een systematische aanpak van problemen te ordenen. OPUCE staat voor:

- Oriënteren
- Plan maken
- Uitvoeren van het plan
- Controleren
- Evalueren.


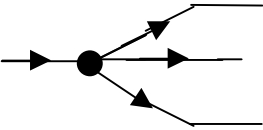
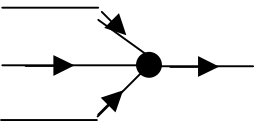
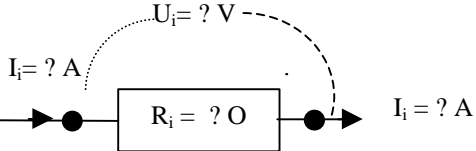
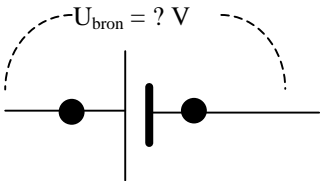
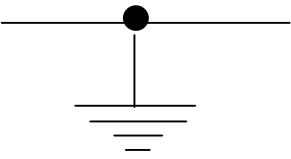
Binnen ieder van deze stappen kunnen onderwerpspecifieke aandachtspunten worden geformuleerd voor de aanpak van problemen.

Het gaat in hoofdstuk 2 van Newton 4vwo en 4havo om een tweetal typen problemen waar nogal wat formules gecombineerd moeten worden.

- (1) Berekenen van spanning, stroom en weerstand in gemengde schakelingen
- (2) Berekenen van warmteontwikkeling in serieschakeling en in parallelschakeling

*Het maken van een tekening*

In bijna alle aanwijzingen voor probleemaanpak wordt het maken van een situatieschets genoemd als een nuttige activiteit om je te oriënteren op het probleem. Voor elektrische schakelingen betekent dit: het tekenen van een schakelschema en het inschrijven van gespecificeerde symbolen. Dit wordt hieronder uitgewerkt.

	<p>verbindingspunt</p>
	<p>Vertakkingspunt Splitsing van hoofdstroom in deelstromen</p>
	<p>Samenvoegingspunt Samenvoegen van deelstromen in hoofdstroom</p>
	<p>Er staat spanning over de weerstand De stroomsterkte is voor en na de weerstand even groot</p>
	<p>Er is een spanning over de polen van de spanningsbron.</p>
	<p>Aardpunt; geleidend verbonden met aarde. De spanning van het aardpunt ten opzichte van de aarde is 0 volt.</p>

### *Het geven van activerende opdrachten*

Om leerlingen te leren hoe ze een opgave zelf kunnen aanpakken in het nodig om in de begeleiding van zelfwerkzaamheid je als docent niet alleen richten op uitleg. Als docent moet je je aanwennen eerst te luisteren waar de leerlingen mee bezig zijn, dan samen te wat er aan de hand is en dan door te denken op de denklijn van de leerlingen. Dit kan het beste met het geven van activerende opdrachten. Dit zijn opdrachten die de leerling aanzetten tot het zelf oplossen van het vraagstuk. De indeling OPUCE geeft aanknopingspunten voor het ordenen van een aantal activerende opdrachten. Hieronder wordt dit toegelicht met een opgave waarin gerekend moet worden aan een gemengde schakeling.

#### **Opgave: Rekenen aan een gemengde schakeling**

In het practicum heb je gemeten aan een gemengde schakeling van een weerstand van  $17\ \Omega$  die in serie is geschakeld met de parallelschakeling van een weerstand van  $27\ \Omega$  en een weerstand van  $56\ \Omega$ . We stellen de bronspanning in op  $24\ \text{V}$ .

Bereken de spanningsdaling over elke weerstand en de stroomsterkte door elke weerstand.

Activerende opdrachten geordend volgens OPUCE

##### **Oriënteren**

- Teken het schakelschema van de elektrische schakeling (spanningsbron, geleiders, weerstanden, verbindingspunten, vertakkingspunten en samenvoegingspunten, stroomrichting)
- Geef de weerstanden een nummer
- Zet geïndiceerde symbolen voor  $U$ ,  $I$  en  $R$  op de juiste plaats
- Zet de gegevens op de juiste plaats (\*)
- Zet een vraagteken bij het gevraagde (?)
- Schrijf bruikbare formules op

##### **Plan van aanpak**

- Maak een symbolenboom met daarin verwerkt de gespecificeerde formules.

##### **Uitwerking**

- Maak een uitwerking volgens je plan van aanpak

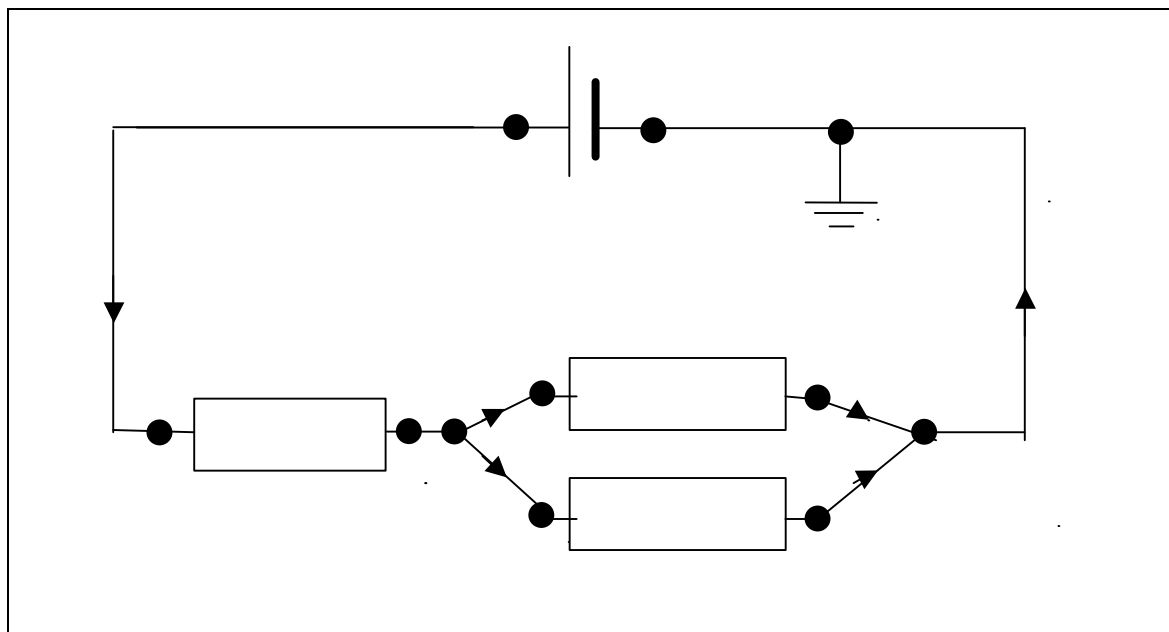
##### **Controleren**

- Heb je antwoord gegeven op het gevraagde? Kan dat kloppen?
- Zet al je antwoorden in de schakeling? Voer enkele controles uit met de basisvergelijkingen.
- Facultatief: maak deze schakeling in crocodile physics en controleer je antwoorden.

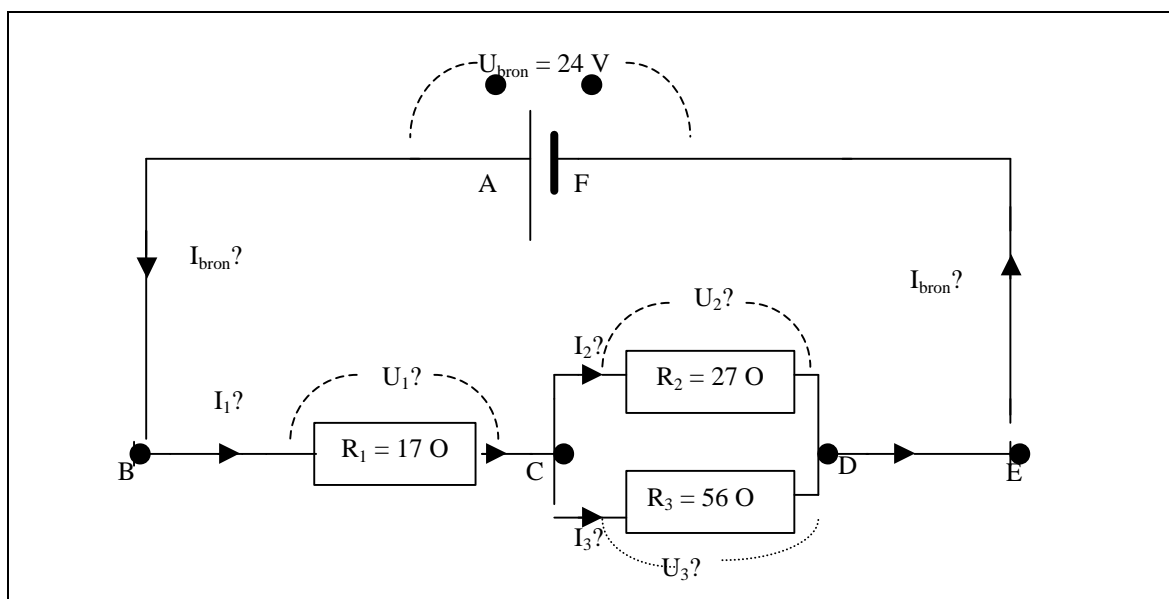
##### **Evalueren**

- Hoe heb je deze opgave aangepakt? Kun je dit voor jezelf uit je hoofd samen vatten?

Situatieschets



situatieschets met gespecificeerde symbolen



*Plan van aanpak in de vorm van een formulereeks en een symbolenreeks*

Het gaat er om een goed startpunt te vinden voor je berekeningen. Is dat de schakeling als geheel of is dat een onderdeel van de schakeling? In de tekening kun je zien waar je genoeg gegevens hebt voor een berekening. In dit geval is dat schakeling als geheel; dan  $R_1$  en dan  $R_2$  en  $R_3$ .

$R_{123} = R_1 + R_{23}$ $1/R_{23} = 1/R_2 + 1/R_3$	$U_{bron} =$ $I_{schak} R_{123}$	$U_i = I_i R_i$	$U_{bron} = U_1 + U_2$	$U_i = I_i R_i$						
$R_1 =$	$=$	$R_{123}$	$\Rightarrow$	$I_{bron} = I_1?$	$\Rightarrow$	$U_1?$	$\Rightarrow$	$U_2?$	$\Rightarrow$	$I_2?$
$R_2 =$	$>$	$U_{bron}$		$R_1$		$U_{bron}$		$R_2$		
$R_3 =$										
								$U_i = I_i R_i$		
								$U_2 = U_3?$	$\Rightarrow$	$I_3?$
								$R_3$		
schakeling als geheel				weerstand $R_1$				weerstand $R_2$ en $R_3$		

## **Toepassingsproblemen in de vorm denken-delen-uitwisselen**

### ***Didactische functie***

Iedere paragraaf heeft een toepassingsprobleem in de vorm denken-delen-uitwisselen. De toepassingsproblemen zijn steeds achterin de paragraaf geplaatst na bestudering van de theorie en na enige oefening met eenvoudige opgaven.

De toepassingsproblemen hebben als functie:

- de leerlingen verwerken de aangeleerde leerstof en bereiden het toepassingsgebied ervan uit.
- de leerlingen reflecteren op hun aanpak van elektriciteitsproblemen.
- leerlingen gaan aspecten van een planmatige probleemaanpak vaker gebruiken

Aandachtspunten opzet en uitvoering

- er is een duidelijk verband tussen de op te lossen problemen en de leerstof uit de paragrafen.
  - er zijn een of twee probleemstellingen die niet verder onderverdeeld zijn in deelopdrachten..
- Het risico van een grote reeks deelopdrachten is dat leerlingen er tegen op zien om te beginnen, dat het gauw overzicht verloren gaat, en dat het de sturing van het werk vanuit een duidelijke vraagstelling in je hoofd belemmerd. Verder maak de uitsplitsing in deelopdrachten een nabespreking over probleemaanpak onmogelijk.
- de individuele voorbereiding (denken) is voor het merendeel van de leerlingen goed uitvoerbaar en motiveren
  - d groepsopdracht (het delen) is gericht op het vinden van de juiste oplossing en op het overdenken van de probleemaanpak. Het vergelijken van de individuele voorbereiding (delen) stimuleert de reflectie op probleemaanpak
  - in de nabespreking (uitwisselen) worden attentiepunten voor probleemaanpak van het betreffende type problemen geformuleerd
  - er is veel ruimte voor zelfwerkzaamheid, eigen inbreng en overleg
  - er is een duidelijke samenhang en opbouw tussen de onderdelen denken, delen en uitwisselen.
  - vermijdt een grote reeks van deelopdrachten maar beperk je tot een beknopte probleemstelling

## Docentenhandleiding deel 1

### 8 Denken-delen-uitwisselen

De werkvorm denken-delen-uitwisselen is een krachtige doch weinig bekende werkvorm die veel en gevarieerde activiteiten vraagt van de leerling.

*Denken* staat voor een individuele opdracht met een divergent karakter. Deze opdracht moet leiden tot een zichtbaar product. Deze producten zullen in het algemeen sterk verschillen per leerling.

*Delen* staat voor een opdracht in klein groepsverband, waarin de producten van het “denken” worden vergeleken en op een hoger niveau worden beschouwd. In een klas kunnen dat groepjes van 3 of 4 leerlingen zijn.

*Uitwisselen* staat voor de rapportage door één van de groepsleden van het resultaat van het “delen”. De klassikale bespreking moet leiden tot hogere orde inzichten. In een klas kun je denken aan 6 á 8 rapporteurs. Deze worden door de docent aangewezen en zijn tijdens het “delen” nog niet bekend.

#### *Aanwijzingen voor de docent*

De fasen denken, delen en uitwisselen worden steeds voorafgegaan door een korte instructie. De uitgebreidheid hiervan hangt samen met de bekendheid van de leerlingen met de werkvorm. Meestal is dat geen bezwaar.

Het denken is individueel. Het zet leerlingen aan om voor zichzelf zonder overleg met anderen te komen tot het gevraagde product. Wordt het denken in de klas gedaan dan roept dit meestal een geconcentreerde werksfeer op. Het is essentieel dat een zichtbaar en tastbaar product wordt gevraagd. De manier waarop het product zal worden gebruikt wordt globaal aangekondigd.

Voor het delen is van belang dat alle leerlingen beschikken over hun product van het denken. Als denken als huiswerk is opgegeven, verdient het aanbeveling om leerlingen die hun huiswerk niet gemaakt hebben (dus geen product kunnen tonen) in te delen in een aparte groep. Als niemand huiswerk heeft gemaakt kan er niet gedeeld worden.

De groep moet ervoor zorgen dat ieder in staat is het resultaat van het delen te rapporteren. Vandaar dat de rapporteur pas bij het uitwisselen door de docent wordt aangewezen.

Voor het uitwisselen zijn er 6 á 8 bijdragen. De docent probeert de uitwisseling op een hoger denkniveau te brengen. Vaak ontstaan korte gedachtenwisselingen.

In dit hoofdstuk wordt de werkvorm denken-delen-uitwisselen in een korte vorm gebruikt voor het inventariseren van verwachtingen met argumenten bij het instaprobleem (denken 2 min delen 2 min).

Verder wordt de werkvorm gebruikt in een lange versie voor het toepassingsprobleem (denken 10 min delen 10 min). speciaal aandacht gegeven aan de aanpak van problemen met elektrische schakelingen. In het groepswerk wordt aandacht betreed aan het vinden van de oplossing en aan probleemaanpak.

## **Focus ontwikkelingsonderzoek**

Deze lessenserie is ontwikkeld in het kader van ontwikkelingsonderzoek ten aanzien van de laagdrempelige probleemstellende benadering en de probleemgeoriënteerde benadering. Daarin is anticiperen op leerlingeninbreng door docenten essentieel. Het gaat enerzijds om het stimuleren van inhoudelijke inbreng; anderzijds om serieus iets te doen met deze inbreng. Voor een aantal activiteiten is in de docentenhandleiding omschreven hoe docenten kunnen anticiperen op mogelijke inbreng van leerlingen.

We willen docenten stimuleren die activiteiten voor te bereiden vanuit de volgende vragen:

1. Wat is de beoogde (inhoudelijke) inbreng van leerlingen voor de betreffende activiteit ?  
(zie docentenhandleiding)
2. Hoe stimuleer ik die (inhoudelijke) inbreng en (welke) inhoudelijke inbreng verwacht ik?
3. Wat is de beoogde manier van reageren zodat deze (inhoudelijke) inbreng productief gemaakt kan worden voor het leerproces? (zie docentenhandleiding)
4. Hoe reageer ik op (inhoudelijke) inbreng en hoe maak ik die (inhoudelijke) inbreng productief voor het leerproces?

Een activiteit wordt sterk ingekleurd door de fase in het leerproces; en daarmee ook de te verwachten inbreng en de beoogde reactie.



## Docentenhandleiding deel 2

### 1. Lessenplan havo-vwo

NB De opgaven hebben een eigen nummering en voor havo en vwo er verschillende opgaven geselecteerd.  
NB En \* bij een opgave betekent extra oefenopgave; deze nummers zijn niet vermeld in de studiewijzer.

les datum	activiteiten	didactische functie
Les 1 1A	15 min afronding hoofdstuk 1	
1B	10 min klassikaal Inhoudelijke introductie hoofdstuk 2 <i>Elektrische huisinstallatie – Elektrische schakelingen</i> -met hoofdstukvragen -met inventarisatie van aspecten (zie ook § 1 <i>Inleiding</i> )  5 min klassikaal introductie studiewijzer hoofdstuk 2 en verwerken in agenda	introductie hoofdstuk -leerlingen krijgen zicht op de grote lijnen van het onderwerp van het hoofdstuk -leerlingen kunnen enkele relevante aspecten van het onderwerp noemen in aansluiting op wat ze al weten van dit onderwerp -leerlingen zien de betekenis die dit onderwerp voor hen kan hebben en willen er meer van weten
1C	5 min klassikaal introductie § 2 <i>De elektrische schakeling</i> -met paragraafvragen in relatie tot de hoofdstukvraag  10 min klassikaal met kort denken-delen-uitwisselen -met instaprobleem en demonstratie <i>Kortsluiting in de elektrische huisinstallatie</i>	introductie paragraaf -leerlingen krijgen zicht op het onderwerp van de nieuwe paragraaf en op de samenhang met het hoofdstuk als geheel  instaprobleem met demonstratie -leerlingen worden geconfronteerd met een nieuw verschijnsel in een voor velen bekende situatie; zij halen relevante voorkennis op die wordt samengevat; kennisbehoefte wordt opgewekt
H 1>2	20 min bestuderen toepassingen (geel) 1 <i>Elektrische huisinstallatie</i> 4 <i>Weerstand van apparaten</i> 5 <i>Lichaam onder spanning</i> 7 <i>Overbelasting en kortsluiting</i>  10 min maken en nakijken havo-opgaven 1 2 vwo-opgaven 1 2  10 min oplossen instaprobleem	bestuderen toepassingen -uitbreiden van kennis over een aantal toepassingssituaties die grotendeels te begrijpen zijn met aanwezige voorkennis  maken opgaven -verwerken van het geleerde in enkele situaties waarin de kennis is aangeleerd  nagaan of het nieuw geleerde voldoende is om het instaprobleem op te lossen

Les 2	<p>10 min klassikaal nabespreken instaprobleem</p> <p>15 min in groepjes uitvoeren leerlingpracticum 1 <i>De spanningszoeker.</i></p> <p>10 min in groepjes maken verwerkingsopdracht leerlingpracticum1 <i>De spanningszoeker</i></p> <p>10 min klassikaal nabespreken practicum 1</p>	<p>afronden van het instaprobleem maken van een overgang naar het practicum</p> <p>kennismaken met de spanningzoeker als een handig instrument om te bepalen of iets ‘onder spanning’ staat</p> <p>begrijpen van de werking van een spanningzoeker met kringregel en weerstandsregel (=wet van ohm)</p>
H 2>3	<p>15 min bestuderen theorie (wit) § 2 <i>Elektrische schakeling</i></p> <p>15 min maken en nakijken havo-opgaven 3 4 5 vwo-opgaven 3 4 5</p> <p>10 min oplossen toepassingsprobleem <i>Aarding bij huizen van voor 1950</i></p>	<p>bestuderen theorie -herhalen van wetmatigheden voor een eenvoudige schakeling zoals de kringregel en de weerstandsregel (=wet van ohm)</p> <p>maken van opgaven -verwerken in situaties waarvoor de kennis is aangeleerd</p> <p>probleem -toepassen in een complexere praktijksituatie</p>
Les 3 3A          3B	<p>10 min in groepjes bespreken van het toepassingsprobleem</p> <p>10 min klassikaal uitwisselen en nabespreken</p> <p>10 min klassikaal afronding § 2 <i>Elektrische schakeling</i> met samenvattingformulier</p> <p>5 min klassikaal introductie § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i> -met paragraafvragen -in relatie tot de hoofdstukvraag</p> <p>10 min klassikaal met denken-delen-uitwisselen -met instaprobleem en demonstratie <i>Schakelingen met drie gelijke lampjes</i></p>	<p>probleem -expliciete aandacht voor de aanpak van het probleem</p> <p>afronding paragraaf -leerlingen krijgen zicht op de inhoudelijke voortgang leerproces. wat is geleerd? is alles begrepen? hebben we antwoord gekregen op de paragraafvragen? hebben we nieuwe vragen gekregen?</p> <p>introductie paragraaf -leerlingen krijgen zicht op het onderwerp van de nieuwe paragraaf en op de samenhang met het hoofdstuk als geheel</p> <p>instaprobleem met demonstratie -leerlingen worden geconfronteerd met een nieuw verschijnsel in een goed voorstelbare situatie; zij halen relevante voorkennis op die wordt samengevat; kennisbehoefte wordt opgewekt</p>

<p>H 3&gt;4</p>	<p>10 min bestuderen theorie (wit) § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i></p> <p>20 min maken en nakijken havo-opgaven 6 7 8 vwo-opgaven 6 7 8* 9*</p> <p>10 min oplossen instaprobleem <i>Schakelingen met drie gelijke lampjes</i></p>	<p>bestuderen theorie -aanleren van wetmatigheden over serie- en parallelschakelingen met het oog op het kunnen oplossen van het instaprobleem</p> <p>maken opgaven -verwerken van wetmatigheden over serie- en parallelschakelingen in enkele eenvoudige situaties met het oog op het kunnen oplossen van het instaprobleem</p> <p>instaprobleem -leerlingen proberen het instaprobleem op te lossen</p>
<p>Les 4</p>	<p>10 min nabespreken instaprobleem</p> <p>5 min klassikaal inleiding practicum</p> <p>30 min in groepjes uitvoeren leerlingpracticum2 <i>Spanning, stroom en weerstand in een schakeling met drie ongelijke weerstanden.</i></p>	<p>instaprobleem -het instaprobleem wordt nabesproken met behulp van de theorie van § 3; -dit leidt tot het focusering op goed branden van lampjes en spanningsdaling in schakeling C en D en motiveert voor het meten van spanningsdaling in een gemengde schakeling</p> <p>practicum -ervaring wordt opgedaan met het meten van spanning, stroom en weerstand -dit leidt tot de probleemstelling wetmatigheden voor stroom, spanning en weerstand op te sporen</p>
<p>H 4&gt;5</p>	<p>10 min maken verwerkingsopdracht Leerlingpracticum 2</p> <p>10 min bestuderen toepassingen § 3 (geel) <i>6 spanningsregeling</i></p> <p>10 min maken en nakijken vwo-opgaven 10 havo-opgaven 9 10</p> <p>10 min oplossen toepassingsprobleem havo: <i>veiligheidsmaatregelen in de huisinstallatie</i> vwo: <i>De spanningsregelaar</i></p>	<p>practicum -opsporen van wetmatigheden voor spanning, stroom en weerstand in gemengde schakelingen</p> <p>bestuderen toepassingen -uitbreiden van kennis over een aantal toepassingsituaties die begrepen kunnen worden met de aangeleerde wetmatigheden</p> <p>maken opgaven -leren toepassen van deze wetmatigheden op nieuwe situaties</p> <p>toepassingsprobleem -confrontatie met een probleemsituatie die nu oplosbaar moet zijn, maar die begripsmatig lastig is.</p>

Les 5	<p>10 min in groepjes bespreken van het toepassingsprobleem</p> <p>10 min klassikaal uitwisselen en nabespreken van het probleem en het practicum</p> <p>15 min in groepjes doorspreken van theorie en opgaven § 3;</p> <p>10 min klassikaal afronding § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i> met samenvattingformulier</p>	<p>toepassingsprobleem -expliciete aandacht voor de aanpak van het probleem</p> <p>afronding paragraaf</p> <p>-leerlingen krijgen zicht op de inhoudelijke voortgang leerproces. wat is geleerd? is alles begrepen? hebben we antwoord gekregen op de paragraafvragen? hebben we nieuwe vragen gekregen?</p>
H 5>6	<p>25 min maken en nakijken havo-opgaven 11 12 vwo-opgaven 11* 14* 16* 12 13 15</p> <p>15 min afmaken en leren §2 en §3</p>	<p>maken opgaven -herhalen en oefenen</p>
<p>Les 6 6A</p> <p>6B</p>	<p><b>25 min individueel voortgangstoets §2 en §3</b></p> <p>10 min klassikaal introductie § 4 <i>Elektrische energie</i> -met paragraafvragen -in relatie tot de hoofdstukvraag</p> <p>10 min klassikaal -met instaprobleem en demonstratie <i>Een roodgloeiende metaaldraad gedeeltelijk onderdompelen in water</i></p>	<p>voortgangstoets -inhoudelijke voortgang vaststellen en daarop feedback geven</p> <p>introductie paragraaf -leerlingen krijgen zicht op het onderwerp van de nieuwe paragraaf en op de samenhang met het hoofdstuk als geheel</p> <p>instaprobleem met demonstratie -leerlingen worden geconfronteerd met een nieuw verschijnsel in een voor velen bekende situatie; zij halen relevante voorkennis op die wordt samengevat; kennisbehoefte wordt opgewekt</p>
H 6>7	<p>10 min bestuderen theorie (wit) §4 <i>Elektrische energie</i></p> <p>20 min maken en nakijken havo-opgaven 13 14 vwo-opgaven 17 18</p> <p>10 min oplossen instaprobleem</p>	<p>bestuderen theorie -aanleren van wetmatigheden over elektrische energie met het oog op het kunnen oplossen van het instaprobleem</p> <p>maken opgaven -verwerken van wetmatigheden over elektrische energie in enkele eenvoudige situaties met het oog op het kunnen oplossen van het instaprobleem</p> <p>instaprobleem -leerlingen proberen het instaprobleem op te lossen</p>

Les 7	<p>15 min in groepjes nakijken en bespreken van voortgangstoets § 2 en § 3 (met uitwerking)</p> <p>10 min klassikaal nabespreken instaprobleem</p> <p>20 min in groepjes werken aan een onderzoeksplan <i>De weerstandswaarde van een ntc-weerstand (om in te leveren)</i></p>	
H 7>8	<p>10 min bestuderen toepassingen (geel) 8 <i>Elektriciteitsrekening</i> 9 <i>Energieverlies</i></p> <p>20 min maken en nakijken havo-opgaven 15 16 vwo-opgaven 19 20</p> <p>10 min oplossen toepassingsprobleem <i>Warmteontwikkeling in een verlengsnoer</i></p>	<p>bestuderen toepassingen -uitbreiden kennis over een aantal toepassingssituaties die begrepen kunnen worden met de aangeleerde wetmatigheden</p> <p>-leren toepassen van deze wetmatigheden op nieuwe situaties</p> <p>toepassingsprobleem -confrontatie met een probleemsituatie die nu oplosbaar moet zijn, maar die begripsmatig lastig is</p>
Les 8 8A          8B	<p>10 min in groepjes bespreken van het toepassingsprobleem</p> <p>10 min klassikaal uitwisselen en nabespreken</p> <p>10 min klassikaal afronding § 4 <i>Elektrische energie</i> met samenvattingformulier</p> <p>5 min klassikaal introductie § 5 <i>Weerstand</i> -met paragraafvragen -in relatie tot de hoofdstukvraag</p> <p>10 min klassikaal -met demonstratie en instaprobleem <i>Een draaiweerstand geschakeld als hoeksensor</i></p>	<p>-expliciete aandacht voor de aanpak van het probleem</p> <p>afronding paragraaf -leerlingen krijgen zicht op de inhoudelijke voortgang leerproces. wat is geleerd? is alles begrepen? hebben we antwoord gekregen op de paragraafvragen? hebben we nieuwe vragen gekregen?</p> <p>introductie paragraaf -leerlingen krijgen zicht op het onderwerp van de nieuwe paragraaf en op de samenhang met het hoofdstuk als geheel</p> <p>instaprobleem met demonstratie -leerlingen worden geconfronteerd met een nieuw verschijnsel in een voor velen bekende situatie; zij halen relevante voorkennis op die wordt samengevat; kennisbehoefte wordt opgewekt</p>

<p>H 8&gt;9</p>	<p>10 min bestuderen theorie (wit) §5 <i>Weerstand</i></p> <p>20 min maken en nakijken havo-opgaven 17 18 19 vwo-opgaven 21* 22* 23 24</p> <p>10 min oplossen instaprobleem</p>	<p>bestuderen theorie -aanleren van wetmatigheden over weerstand het oog op het kunnen oplossen van het instaprobleem</p> <p>maken opgaven -verwerken van wetmatigheden over weerstand in enkele eenvoudige situaties met het oog op het kunnen oplossen van het instaprobleem</p> <p>-oplossen van het instaprobleem</p>
<p>Les 9</p>	<p>10 min klassikaal nabespreken instaprobleem</p> <p>5 min instructie practicum</p> <p>30 min Uitvoeren van een onderzoek volgens werkplan Practicum 3 <i>De weerstandswaarde van een ntc-weerstand</i></p> <p><b>maken verslag (om in te leveren)</b></p>	
<p>H 9&gt;10</p>	<p>10 min bestuderen toepassingen § 5 (geel) 10 <i>Diode als gelijkrichter</i> 11 <i>Leidingweerstand</i></p> <p>20 min maken en nakijken havo-opgaven 20 21 vwo-opgaven 25 26* 27</p> <p>10 min oplossen toepassingsprobleem <i>Een ntc-weerstand als temperatuursensor geschakeld.</i></p>	<p>bestuderen toepassingen -uitbreiden van kennis over een aantal toepassingsituaties die begrepen kunnen worden met de aangeleerde wetmatigheden</p> <p>maken opgaven -leren toepassen van deze wetmatigheden op nieuwe situaties</p> <p>toepassingsprobleem -confrontatie met een probleemsituatie die nu oplosbaar moet zijn, maar die begripsmatig lastig is</p>

Les 10	<p>10 min in groepjes bespreken van het toepassingsprobleem</p> <p>10 min klassikaal uitwisselen en nabespreken van het toepassingsprobleem</p> <p>15 min in groepjes doorspreken van theorie en opgaven § 5;</p> <p>10 min klassikaal afronding § 5 <i>Weerstand</i> met samenvattingformulier</p>	<p>-expliciete aandacht voor de aanpak van het probleem</p> <p>afronding paragraaf -leerlingen krijgen zicht op de inhoudelijke voortgang leerproces. wat is geleerd? is alles begrepen? hebben we antwoord gekregen op de paragraafvragen? hebben we nieuwe vragen gekregen?</p>
H 10>11	<p>15 min maken en nakijken havo-opgaven 22 23 vwo-opgaven 28* 29 30*</p> <p>15 min afmaken en leren § 4 en § 5</p>	
Les 11  11A  11B	<p><b>Inleveren verslag</b></p> <p><b>25 min individueel voortgangstoets §4 en §5</b></p> <p>20 min individueel Werken aan afrondingsopdracht <i>Goed en veilig werken van elektrische schakelingen</i> (taakverdelend A, B, C of D)</p>	<p>voortgangstoets -inhoudelijke voortgang vaststellen en daarop feedback geven</p>
H 11>12	<p>15 min maken en nakijken havo-opgaven 24 25 vwo-opgaven 31 32</p> <p>15 min maken afrondingsopdracht <i>Goed en veilig werken van elektrische schakelingen</i> (taakverdelend A, B, C of D)</p>	

Les 12	<p>10 min in expertgroepjes bespreken en aanvullen afrondingsopdracht</p> <p>10 min in gemengde groepjes presenteren afrondingsopdrachten</p> <p>10 min klassikaal -nabespreken -afronen hoofdstuk</p> <p>15 min in groepjes nakijken en bespreken van voortgangstoets § 4 en § 5 (met uitwerking)</p>	afronen hoofdstuk
H 12>T	<p>voorbereiden toets maken en nakijken moeilijke oefenopgaven havo-opgaven 26 27 28 vwo-opgaven 33 34</p>	



## Docentenhandleiding deel 2

### 2 Studiewijzer havo

les	Datum	In de klas	Huiswerk
1		Introductie hoofdstuk 2 Introductie studiewijzer Introductie § 2 <i>De elektrische schakeling</i> Instaprobleem en demonstratie <i>Kortsluiting in de elektrische huisinstallatie</i>	Bestuderen toepassingen (geel) 1 <i>Elektrische huisinstallatie</i> 4 <i>Weerstand van apparaten</i> 5 <i>Lichaam onder spanning</i> 7 <i>Overbelasting en kortsluiting</i> Maken en nakijken opgaven 1 2 Oplossen instaprobleem
2		Nabespreken instaprobleem Practicum 1 <i>De spanningszoeker.</i>	Bestuderen theorie (wit) § 2 <i>Elektrische schakeling</i> Maken en nakijken opgaven 3 4 5 Oplossen toepassingsprobleem <i>Aarding bij huizen van voor 1950</i>
3		Verwerken toepassingsprobleem Afronden § 2 <i>Elektrische schakeling</i> Introductie § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i> Instaprobleem en demonstratie <i>Schakelingen met drie gelijke lampjes</i>	Bestuderen theorie (wit) § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i> Maken en nakijken opgaven 6 7 8 Oplossen instaprobleem <i>Schakelingen met drie gelijke lampjes</i>
4		Nabespreken instaprobleem Practicum 2 <i>Spanning, stroom en weerstand in een schakeling met drie ongelijke weerstanden.</i>	Maken verwerkingsopdracht practicum 2 Bestuderen toepassingen § 3 (geel) 6 <i>spanningsregeling</i> Maken en nakijken 9 10 Oplossen toepassingsprobleem <i>Veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie</i>
5		Verwerken van het toepassingsprobleem Doorspreken van theorie en opgaven § 3; Afronden § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i>	Maken en nakijken 11 12 Afmaken en leren §2 en §3
6		<b>Voortgangstoets §2 en §3</b> Introductie § 4 <i>Elektrische energie</i> Instaprobleem en demonstratie <i>Een roodgloeiende metaaldraad gedeeltelijk onderdompelen in water</i>	Bestuderen theorie (wit) §4 <i>Elektrische energie</i> Maken en nakijken opgaven 13 14 Oplossen instaprobleem
7		Nakijken en bespreken van Voortgangstoets § 2 en § 3 (met uitwerking) Nabespreken instaprobleem Werken aan een onderzoeksplan <i>De weerstandswaarde van een ntc-weerstand (om in te leveren)</i>	Bestuderen toepassingen (geel) 8 <i>Elektriciteitsrekening</i> 9 <i>Energieverlies</i> Maken en nakijken opgaven 15 16 Oplossen toepassingsprobleem <i>Warmte-ontwikkeling in een verlengsnoer</i>

8	Verwerken van het toepassingsprobleem Afronding § 4 <i>Elektrische energie</i> Introductie § 5 <i>Weerstand</i> Instaprobleem en demonstratie <i>Een draaiweerstand geschakeld als hoeksensor</i>	Bestuderen theorie (wit) §5 <i>Weerstand</i> Maken en nakijken opgaven 17 18 19 Oplossen instaprobleem
9	Nabespreken instaprobleem Onderzoekspracticum <b>volgens werkplan</b> <i>De weerstandswaarde van een ntc-weerstand</i> <b>Maken verslag (om in te leveren)</b>	Bestuderen toepassingen § 5 (geel) 10 <i>Leidingweerstand</i> Maken en nakijken opgaven 20 21 Oplossen toepassingsprobleem <i>Een ntc-weerstand als temperatuursensor geschakeld.</i>
10	Verwerken van het toepassingsprobleem Doorspreken van theorie en opgaven § 5; Afronding § 5 <i>Weerstand</i>	Maken en nakijken opgaven 22 23 Afmaken en leren § 4 en § 5
11	<b>Inleveren verslag</b> <b>Voortgangstoets §4 en §5</b> Werken aan afrondingsopdracht <i>Goed en veilig werken van elektrische schakelingen</i> (taakverdelend A, B, C of D)	Maken en nakijken oefenopgaven 24 25 Maken afrondingsopdracht <i>Goed en veilig werken van elektrische schakelingen</i> (taakverdelend A, B, C of D)
12	Verwerken afrondingsopdracht Afronden hoofdstuk Nakijken en bespreken van voortgangstoets § 4 en § 5 (met uitwerking)	Vorbereiden toets Maken en nakijken oefenopgaven 26 27 28

Toets in de tweede toetsperiode  
Practicumverslag van onderzoekspracticum

## Docentenhandleiding deel 2

### 2 Studiewijzer vwo

les	Datum	In de klas	Huiswerk
1		Introductie hoofdstuk 2 Introductie studiewijzer Introductie § 2 <i>De elektrische schakeling</i> Instaprobleem en demonstratie <i>Kortsluiting in de elektrische huisinstallatie</i>	Bestuderen toepassingen (geel) 1 <i>Elektrische huisinstallatie</i> 4 <i>Weerstand van apparaten</i> 5 <i>Lichaam onder spanning</i> 7 <i>Overbelasting en kortsluiting</i> Maken en nakijken opgaven 1 2 Oplossen instaprobleem
2		Nabespreken instaprobleem Practicum 1 <i>De spanningszoeker.</i>	Bestuderen theorie (wit) § 2 <i>Elektrische schakeling</i> Maken en nakijken opgaven 3 4 5 Oplossen toepassingsprobleem <i>Aarding bij huizen van voor 1950</i>
3		Verwerken toepassingsprobleem Afronden § 2 <i>Elektrische schakeling</i> Introductie § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i> Instaprobleem en demonstratie <i>Schakelingen met drie gelijke lampjes</i>	Bestuderen theorie (wit) § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i> Maken en nakijken opgaven 6 7 Oplossen instaprobleem <i>Schakelingen met drie gelijke lampjes</i>
4		Nabespreken instaprobleem Practicum 2 <i>Spanning, stroom en weerstand in een schakeling met drie ongelijke weerstanden.</i>	Maken verwerkingsopdracht practicum 2 Bestuderen toepassingen § 3 (geel) 6 <i>spanningsregeling</i> Maken en nakijken 10 Oplossen toepassingsprobleem <i>De spanningsregelaar</i>
5		Verwerken van het toepassingsprobleem Doorspreken van theorie en opgaven § 3; Afronden § 3 <i>Serie- en parallelschakeling</i>	Maken en nakijken 12 13 15 Afmaken en leren §2 en §3
6		<b>Voortgangstoets §2 en §3</b> Introductie § 4 <i>Elektrische energie</i> Instaprobleem en demonstratie <i>Een roodgloeiende metaaldraad gedeeltelijk onderdompelen in water</i>	Bestuderen theorie (wit) §4 <i>Elektrische energie</i> Maken en nakijken opgaven 17 18 Oplossen instaprobleem
7		Nakijken en bespreken van Voortgangstoets § 2 en § 3 (met uitwerking) Nabespreken instaprobleem Werken aan een onderzoeksplan <i>De weerstandswaarde van een ntc-weerstand (om in te leveren)</i>	Bestuderen toepassingen (geel) 8 <i>Elektriciteitsrekening</i> 9 <i>Energieverlies</i> Maken en nakijken opgaven 19 20 Oplossen toepassingsprobleem <i>Warmte-ontwikkeling in een verlengsnoer</i>

8		Verwerken van het toepassingsprobleem Afronding § 4 <i>Elektrische energie</i> Introductie § 5 <i>Weerstand</i> Instaprobleem en demonstratie <i>Een draaiweerstand geschakeld als hoeksensor</i>	Bestuderen theorie (wit) §5 <i>Weerstand</i> Maken en nakijken opgaven 21 22 Oplossen instaprobleem
9		Nabespreken instaprobleem Onderzoekspracticum <b>volgens werkplan</b> <i>De weerstandswaarde van een ntc-weerstand</i> <b>Maken verslag (om in te leveren)</b>	Bestuderen toepassingen § 5 (geel) 10 <i>Diode als gelijkrichter</i> 11 <i>Leidingweerstand</i> Maken en nakijken opgaven 23 25 Oplossen toepassingsprobleem <i>Een ntc-weerstand als temperatuursensor geschakeld.</i>
10		Verwerken van het toepassingsprobleem Doorspreken van theorie en opgaven § 5; Afronding § 5 <i>Weerstand</i>	Maken en nakijken opgaven 26 Afmaken en leren § 4 en § 5
11		<b>Inleveren verslag</b> <b>Voortgangstoets §4 en §5</b> Werken aan afrondingsopdracht <i>Goed en veilig werken van elektrische schakelingen</i> (taakverdelend A, B, C of D)	Maken en nakijken oefenopgaven 31 32 Maken afrondingsopdracht <i>Goed en veilig werken van elektrische schakelingen</i> (taakverdelend A, B, C of D)
12		Verwerken afrondingsopdracht Afronden hoofdstuk Nakijken en bespreken van voortgangstoets § 4 en § 5 (met uitwerking)	Vorbereiden toets Maken en nakijken oefenopgaven 33 34

Toets in de tweede toetsperiode  
Practicumverslag van onderzoekspracticum

## Docentenhandleiding deel 2

### 4 Leerdoelen voor leerlingen

De leerdoelen zijn geordend volgens de paragrafen van het boek. Daarnaast zijn leerdoelen voor het gebruik van een metafoor voor elektrische stroom en van taalgebruik.

#### *§ 2 en § 3 De elektrische huisinstallatie*

1. Iln kunnen van randaarde, aardlekschakelaar, zekering en groepenkast uitleggen tegen welk gevaar deze veiligheidsmaatregel beschermt
2. Iln kunnen uitleggen hoe de veiligheidsmaatregelen aarding, aardlekschakelaar, zekering en groepenkast werken, in termen van gesloten stroomkring en stroomsterkte
3. Iln kunnen het gebruik en de werking van een spanningzoeker uitleggen in termen van een wel of niet gesloten stroomkring.
4. Iln kunnen de elektrische huisinstallatie beschrijven in termen van een spanningsbron en van parallel geschakelde lampen en apparaten.
5. Iln kunnen het gevaar aangeven van overbelasting en kortsluiting, en uitleggen hoe de elektrische installatie daartegen beveiligd is.

#### *§2 en §3 serie-, parallel- en gemengde schakelingen*

1. Iln kunnen een eenvoudige elektrische schakeling weergeven in een schakelschema met symbolen
2. Iln kunnen de gegevens van een elektrische schakeling overzichtelijk aangeven in een tekening van een schakelschema, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen de notatie van stroomsterkte, spanningsverschil en weerstandswaarde.
3. Iln kunnen aangeven hoe je een stroommeter, een spanningsmeter en een weerstandsmeter schakelt, bedient en afleest.
4. Iln kunnen in een tekening van een schakelschema in de juiste notatie de plaats van een stroommeter en van een spanningsmeter inteken
5. Iln kunnen gegevens over spanningsverschil en stroomsterkte van een weerstand of een lampje intekenen in een  $(I,U)$ -diagram en het verloop van een  $(I,U)$ -diagram interpreteren in termen van (al dan niet veranderende) weerstandswaarde van het lampje of de weerstand.
6. Iln kunnen bij een schakeling een kwalitatieve redenering houden over de stroomverdeling en de spanningsverschillen.
7. Iln kunnen de algemene formules  $R = U / I$  specificeren voor gegeven objecten zoals weerstanden, lampjes en voedingsbron door het toevoegen van indices 1, 2, 3, ..
8. Iln kunnen rekenen met de vervangingsweerstand van een serie-, een parallel- en een gemengde schakeling van weerstanden
9. Iln kunnen beredeneren hoe spanningsverschillen en stroomverdeling veranderen als in een schakeling een verandering wordt aangebracht.
10. Iln kunnen een spanningsdeler herkennen als een bijzondere vorm van een gemengde schakeling (alleen vwo)
11. Iln kunnen een plan van aanpak (in de vorm van een symbolenboom) opstellen voor een opgave met de berekening van spanningsverschillen en stroomverdeling in een gemengde schakeling

### *Metafoor (ontbreekt in Newton)*

1. Iln kunnen de begrippen stroomsterkte en energietransport, en de relatie daartussen omschrijven met behulp van de metafoor van een centrale verwarming
2. Iln kunnen de begrippen stroomsterkte, spanningsverschil en weerstandswaarde, en de relatie daartussen omschrijven met behulp van de metafoor van drukverschillen en stroomsterkte bij gassen en van drukverschil en stroomsterkte bij de bloedsomloop.

### *§ 4 Elektrische energie en elektrisch vermogen in serie-, parallel- en gemengde schakelingen*

1. Iln kunnen de warmteontwikkeling in apparaat berekenen met de formule  $U = P \cdot t$ , als het vermogen van het apparaat en het aantal apparaten bekend zijn.
2. Iln kunnen het ontwikkelde warmtevermogen in een apparaat berekenen door de formules  $P = UI$  en  $R = U/I$  te combineren voor de schakeling als geheel en voor delen van de schakeling  
(ze maken geen gebruik van de afgeleide formules  $P = U^2/R$  of  $P = I^2 R$ )
3. Iln kunnen de algemene formule  $P = UI$  specificeren voor gegeven objecten zoals weerstanden, lampjes en voedingsbron door het toevoegen van indices 1, 2, 3,.....
4. Iln kunnen een plan van aanpak (in de vorm van een symbolenboom) opstellen voor opgaven met de berekening van vermogens in een gemengde schakeling

### *§.5 Weerstand*

1. Iln kunnen soorten weerstanden noemen op basis van de afhankelijkheid van andere grootheden (temperatuur, licht, stroomrichting)
2. Iln kunnen noemen van welke grootheden de weerstandswaarde van een metaaldraad afhangt en kunnen berekeningen uitvoeren met de formule  $R = ? L/A$
3. Iln kunnen de lengte van een metaaldraad relateren aan een serieschakeling van weerstanden en het oppervlak van een metaaldraad aan een parallelschakeling van weerstanden.
4. Iln kunnen uitleggen dat het uitmaakt of je gebruik maakt van een spanningsbron of van een stroombron.
5. Iln kunnen de verandering spanningsverschillen en stroomverdeling berekenen in eenvoudige schakelingen waar de weerstandswaarde van een weerstand of lampje verandert

### *Taalgebruik*

1. Iln kunnen aangeven dat de *spanning over* verkort taalgebruik is voor *de spanning tussen de uiteinden van*.
2. Iln gebruiken de uitdrukking *de stroom in* de weerstand of in de deeltak (liever dan de stroom door)
3. Iln kunnen aangeven dat de *weerstand van* verkort taalgebruik is voor *de weerstandswaarde van*
4. Iln kunnen aangeven dat het *vermogen van* verkort taalgebruik is voor *het elektrisch vermogen dat door een bron geleverd wordt* of *het elektrisch vermogen dat door een apparaat verbruikt wordt*

## **Docentenhandleiding Deel 3**

### **Les 1B**

#### **1.1 Programma**

##### *In de les*

##### Les 1A

15 min  
afronding hoofdstuk 1

##### Les 1B

10 min klassikaal

Inhoudelijke introductie hoofdstuk 2 *Elektrische huisinstallatie – Elektrische schakelingen*  
-met hoofdstukvragen  
-met inventarisatie van aspecten  
(zie ook § 1 *Inleiding*)

5 min klassikaal

introductie studiewijzer hoofdstuk 2  
en verwerken in agenda

##### Les 1C

5 min klassikaal

introductie § 2 *De elektrische schakeling*  
-met paragraafvragen in relatie tot de hoofdstukvraag

10 min klassikaal met denken-delen-uitwisselen

-met instapprobleem en demonstratie *Kortsluiting in de elektrische huisinstallatie*

##### ***Huiswerk 1 > 2***

20 min

bestuderen toepassingen (geel)

1 *Elektrische huisinstallatie*

4 *Weerstand van apparaten*

5 *Lichaam onder spanning*

7 *Overbelasting en kortsluiting*

10 min

maken en nakijken

havo-opgaven 1 2

vwo-opgaven 1 2

10 min

oplossen instapprobleem

## 1.2 Inhoudelijke introductie op het hoofdstuk en de lessenserie

### ***Bedoeling***

- De docent geeft een korte inleiding op het onderwerp van het hoofdstuk. Hieruit blijkt het maatschappelijk belang van het onderwerp en de betekenis van dit onderwerp voor de leerlingen. Leerlingen weten in grote lijnen wat het onderwerp van het hoofdstuk is en kunnen noemen waarom dit voor hen betekenis heeft.
- Aan de hand van de hoofdstukvraag houdt de docent een inventariserend gesprek over aspecten van de hoofdstukvraag. De inbreng van de leerlingen wordt geordend en samengevat in categorieën die door de docent worden aangedragen. Leerlingen mobiliseren relevante voorkennis (in een nieuw geordende vorm) en willen meer over het onderwerp *Elektrische schakelingen* te weten komen.

### ***Werkvorm en tijdsduur***

Voordracht en vraag – en - antwoord. Tijdsduur 10 minuten  
De activiteit wordt ondersteund door het bijgevoegde bordschema dat de leerlingen overnemen in hun schrift

### ***Omschrijving van de activiteit***

#### *Voordracht door de docent*

Elektriciteit is onmisbaar in onze samenleving. Ons dagelijks leven zou er volstrekt anders uitzien zonder elektriciteit. Stel je maar eens voor wat er allemaal anders zou gaan als een dagje de stroom uitvalt. Om elektriciteit te kunnen benutten heb je in de praktijk allerlei verschillende *elektrische schakelingen*. Van die schakelingen wil je dat ze *goed werken* en dat ze *veilig werken*. Uit eigen ervaring weet je wellicht dat je goed uit moet kijken bij het gebruiken en repareren van elektrische schakelingen en elektrische apparaten thuis.

De hoofdstukvragen zijn:

- H1 Hoe kun je er voor zorgen dat een elektrische schakeling goed en veilig werkt?
- H2 Welke verschijnselen, eigenschappen en wetmatigheden gelden voor elektrische schakelingen?
- H3 Met welke wetmatigheden kun je het goed en veilig werken van elektrische schakelingen beter begrijpen?

#### *Inventariserend gesprek met uitleg.*

Aan de hand van aspecten van de hoofdstukvraag inventariseert de docent de voorkennis zowel van theorie als van praktijksituaties die bij de leerlingen aanwezig is. De docent maakt de ordening en vat de voorkennis in deze nieuwe ordening samen.

#### Aspect A: de elektrische schakeling

De docent laat leerlingen voorbeelden noemen van *elektrische schakelingen* in de praktijk. Apparaten worden geordend naar kachels (warmte), lampen (licht), motoren (beweging), elektronica - componenten (zoals weerstand)



Bronnen worden geordend naar spanning: hoogspanning (kV); netspanning (230V); laagspanning (<24 volt).

De docent geeft aan dat een *enkelvoudige schakeling* bestaat uit een bron, een apparaat, bedrading en een schakelaar. Hij tekent deze schakeling in symbolen op het bord. Eventueel inventariseert hij de componenten voor voorbeelden als fietsverlichting, huisinstallatie, zaklamp.

Aspect B: niet goed werken

De docent laat leerlingen mogelijke mankementen noemen waardoor een schakeling niet goed werkt en hoe je dit kan verhelpen. De docent expliciteert dat hierbij de *kringregel* wordt gebruikt

Aspect C: niet veilig werken

De docent laat leerlingen mogelijke gevaarlijke situaties noemen bij de elektrische huisinstallatie. De docent ordent de gevaren in twee categorieën: brandgevaar en elektrocutiegevaar.

De docent laat leerlingen voorzieningen noemen die de veiligheid van de elektrische huisinstallatie vergroten.

Daarna maakt de docent de overgang naar de introductie van § 2

*Globale verwachting*

De verwachting is dat leerlingen door dit inventariserend gesprek meer willen weten over de veiligheidsvoorzieningen in de elektrische huisinstallatie.

### ***Bordschema***

Aspecten van de hoofdstukvragen

A: de elektrische schakeling

apparaten: lampen (licht), kachels (warmte), motoren (beweging), weerstanden

bronnen: hoogspanning (kV), netspanning (230 V), laagspanning (<24 V)

schema in symbolen

B: niet goed werken

*kringregel*

om een apparaat (lampje, motor, kachel) goed te laten werken is een *gesloten stroomkring* nodig met daarin opgenomen een spanningsbron.

C: niet veilig werken

brandgevaar (teveel stroom in de bedrading)

door kortsluiting

door overbelasting

elektrocutiegevaar (teveel stroom door je lichaam)

door aanraking van een niet-geïsoleerde *fasedraad*

door aanraking van een apparaat dat *onder spanning staat*

D. Meer te weten komen over: veiligheidsvoorzieningen in de huisinstallatie

isolatie en dubbele isolatie

groepenkast met zekeringen

groepenkast met zekeringen en aardlekschakelaar

aarding (aardleiding en randaarde)

## ***Inhoudelijke achtergrondinformatie***

*A1 Welke voorbeelden van elektrische schakelingen ken je uit de praktijk?*

Elektrische huisinstallatie, Elektrische auto-installatie, Practicumopstelling, Elektronische schakeling (computerprint), Deurbel, Fietsverlichting, Zaklamp, Elektrische trein

*A2 Uit welke onderdelen bestaat een elektrische schakeling in het algemeen?*

Voeding of spanningsbron; Bedrading of snoeren; Schakelaar; kachel (warmte), lamp (licht), motor (beweging), elektronica-component (weerstand, diode, transistor)

*A3 Uit welke specifieke onderdelen bestaat een elektrische schakeling in de praktijk?*

Onderdelen in een elektrische schakeling	elektrische huisinstallatie	elektrische installatie van de auto	Deurbel	practicumopstelling
Voeding Spanningsbron Stroombron	Wandcontactdoos (230 volt wissel) groepenkast elektriciteitscentrale	Accu (24 volt gelijk) dynamo	Transformator (12 V wissel)	voedingskastje (0-24 V gelijk en wissel)
Bedrading Snoeren Leidingen	snoeren met stekkers -twee- en drie-aderig -geaard en ongeaard gekleurde draden in buizen -fasedraad -nuldraad aarddraad -schakeldraad kabels	Draden	Draden Snoeren	gekleurde snoeren met stekkers
Schakelaar	Tuimelschakelaar trekschakelaar hotelschakelaar	contactsleutel stoel deur etcetera	Drukschakelaar	tuimelschakelaar
Lampen (licht)	gloeilamp tl-buis (trafo) halogeenlamp (trafo)	voor en achter richting stop dashboard etcetera	-	lampje
Motoren (beweging)	stofzuiger boor	aanblazer luchtcooler	Bel	-
Kachels (warmte)	broodrooster kachel	verwarming		
Elektronica – componenten				

*B Wanneer werkt een elektrische schakeling niet goed?*

Geen (gesloten stroomkring)

- losse draden
- los of slecht contact
- kapotte schakelaar
- kapot lampje

Geen voeding

- lege batterij
- zekering doorgebrand
- groepsschakelaar eruit
- lekstroomschakelaar eruit

Apparaat/lampje en voedingsbron passen niet bij elkaar

-

Verkeerd aangesloten

- hotelschakeling
- dimmer

-

*C1 Welke soorten gevaren ken je?*

Er zijn twee soorten gevaren: *brandgevaar* en *elektrocutiegevaar* (=een dodelijke schok door aanraking).

Er is brandgevaar bij slechte contacten (vonken) en bij grote stroomsterkten (verhitte draden en isolatie).

Er is elektrocutiegevaar als iemand in aanraking komt met een niet-geïsoleerde geleider die op een hoge spanning (groter dan 24 volt) staat. Die persoon wordt dat zelf onderdeel van een stroomkring. De stroom mag niet te groot zijn en mag niet te lang duren.

*C2 Wanneer werkt een elektrische schakeling niet veilig?*

Snoeren vastspijker (ipv met beugeltjes)

Losse draden

Uiteinden van snoeren met een te groot stuk blote draad vastzetten

Repareren met de spanning er op.

Elektrische apparaten gebruiken in de badkamer

Gearde apparaten gebruiken in een niet-geraard stopcontact.

Teveel verwarmingsapparaten aansluiten (overbelasting)

Kortsluiting maken (door fasedraad en nuldraad per ongeluk te verbinden bv met een schroevendraaier)

*D1 Welke veiligheidsvoorzieningen heeft de elektrische huisinstallatie*

-isolatie en dubbele isolatie

-groepenkast met zekeringen

-groepenkast met zekeringen en aardlekschakelaar

-aarding (aardleiding en randaarde).

*Welke theorie behoort tot relevante voorkennis?*

*Kringregel:* om een apparaat (lampje, motor, kachel) goed te laten werken is een *gesloten stroomkring* nodig met daarin opgenomen een spanningsbron.

*Stroomregel:* in ieder punt van de schakeling geldt *stroombehoud*

-voor en na een apparaat:  $I_{\text{voor}} = I_{\text{na}}$

-bij een splitsing  $I_{\text{hoofdtak}} = I_{\text{deeltak1}} + I_{\text{deeltak2}} + \dots$

-bij een samenvoeging  $I_{\text{deeltak1}} + I_{\text{deeltak2}} + \dots = I_{\text{hoofdtak}}$

*Kortsluiting:* Als er geen apparaat is opgenomen in een kring (= kortsluiting) dan gaat er een grote stroom lopen.

*Elektrocutiegevaar:* Het gevaar voor de mens hangt af van de sterkte van de stroom door het lichaam, de duur van de stroom door het lichaam en de weg van de stroom door het lichaam. Aanraken van een niet-geïsoleerde spanningspunt is zeer gevaarlijk bij hoogspanning (kV), gevaarlijk bij netspanning (230 V) en ongevaarlijk bij laagspanning (< 24 volt).

*Brandgevaar:* Bij een te grote stroom in bedrading of apparaten ontstaat er brandgevaar door oververhitting. Ook bij het overspringen van vonken is er brandgevaar.

### **1.3 Introductie studiewijzer Hoofdstuk 2 Elektrische schakelingen**

#### ***Bedoeling***

-De docent vraagt de leerlingen de studiewijzer te bestuderen. Leerlingen weten in grote lijnen de opzet van de lessenserie *Elektrische schakelingen*.

-

#### ***Werkvorm en tijdsduur***

Voordracht en zelf lezen studiewijzer; 5 minuten.

#### ***Omschrijving van de activiteit.***

##### *Voordracht van de docent*

De docent geeft aan hoe het werk van de leerlingen is ingedeeld. (zie studiewijzer)

De docent legt uit dat deze lessenserie is ontwikkeld en wordt geobserveerd door mensen van het project *Probleemgeoriënteerd onderwijs* van de Universiteit van Utrecht.

Kenmerkend is het werken met hoofdstukvragen en paragraafvragen die in de introductie worden gesteld, maar daar nog niet worden beantwoord. De antwoorden moeten komen van de studie en de lessen.

Een ander kenmerk is het gebruik instaproblemen en toepassingsproblemen in combinatie met een nieuwe werkvorm denken-delen-uitwisselen. Eerst werk je individueel. Daarna deel je je resultaten met een klein groepje. Vervolgens rapporteert één groepslid aan de klas als geheel. Van de leerlingen wordt eigen inbreng verwacht.

De docent vraagt de leerlingen om de studiewijzer te bekijken en om de vette delen over te nemen in de agenda (twee voortgangstoetsen en een verslag)

## Docentenhandleiding Deel 3

### Les 1C

#### 1.3 Introductie § 2 *De elektrische schakeling*

##### ***Bedoeling***

-De docent stelt het onderwerp van §2 *Elektrische schakeling* (in samenhang met de hoofdstukvragen en in samenhang met de inhoud van de nieuwe paragraaf); de leerling krijgt zicht op het onderwerp van de paragraaf (de paragraafvraag) en op de samenhang met het hoofdstuk al geheel (de hoofdstukvraag).

##### ***Werkvorm en tijdsduur***

Voordracht afgewisseld met vraag-en-antwoord. De tijdsduur is 5 minuten. De docent werkt met het leerlingenboekje.

##### ***Omschrijving activiteit***

###### *Voordracht door de docent*

In huis waar gewerkt wordt met een spanning van 230 volt, kunnen *gevaarlijke situaties* voorkomen, bijvoorbeeld kortsluiting, overbelasting, het aanraken van een niet-geïsoleerde geleider die onder spanning staat of het aanraken van een apparaat dat onder spanning staat. Om het gevaar te voorkomen of te verminderen zijn er een aantal *veiligheidsvoorzieningen* zoals isolatie en dubbele isolatie, aarding, een groepenkast met zekeringen of een groepenkast met zekeringen en aardlekschakelaar.

De paragraafvraag is (zie leerlingenmateriaal)

P Met welke wetmatigheden die gelden voor de elektrische schakeling kun je de werking van aarding, zekering en aardlekschakelaar begrijpen?

## **1. 4 Instaprobleem en demonstratie *Kortsluiting in de elektrische huisinstallatie***

### ***Bedoeling***

- De docent inventariseert relevante voorkennis om bij aan te sluiten (schoolkennis, dagelijkse ervaring., denkbeelden) en vat deze kennis samen in een vorm die geschikt is voor de nieuwe toepassingssituatie; de leerling heeft relevante voorkennis paraat.
- De docent wekt kennisbehoefte op. De leerlingen ervaren een begripsgat en het probleem wordt een probleem voor de leerlingen.
- De docent straalt enthousiasme uit en leerlingen raken geïnteresseerd en gemotiveerd.

### ***Werkvorm en tijdsduur***

Demonstratie met kort denken-delen-uitwisselen en gesprek. Tijdsduur 10 min.

### ***Omschrijving activiteit***

#### ***Confrontatie en startvraag***

De docent toont het uiteinde van een drie-aderig snoer aan de leerlingen en vraagt naar de betekenis van de kleuren. Bruin is de fasedraad, blauw is de nuldraad en geelgroen is de aarddraad.

De docent stelt de startvraag: :

II Wat gebeurt er als er contact gemaakt wordt tussen twee niet-geïsoleerde draden?

#### ***Verwachtingen en argumenten***

De docent laat de leerlingen in het schema (leerlingenmateriaal) aangeven wat ieder verwacht dat er zal gebeuren als je een tweetal ongeïsoleerde draden verbindt ( 2 min individueel). Daarna laat de docent de leerlingen in twee- of drietallen argumenten uitwisselen. (2 min kleine groepjes)

Vervolgens inventariseert de docent kort verwachtingen en argumenten door per groepje iemand te laten rapporteren (2 min; klassikaal)

#### ***Waarnemingen***

Om de startvraag op een veilige manier uit te zoeken is er voor in de klas een opstelling met geaard verlengsnoer, brandende lamp, twee bijzondere stekkers met randaarde, een aantal zekeringen van 6A.

De docent toont de bijzondere stekkers met randaarde: stekker P heeft twee doorverbonden pootjes en maakt sluiting tussen fasedraad en nuldraad; stekker Q heeft de randaarde doorverbonden met één van de pootjes en maakt sluiting tussen fasedraad en aarddraad of tussen nuldraad en aarddraad.. Op de witte stekkers is de inwendige verbinding met zwarte viltstift aangegeven.

Contact tussen niet-geïsoleerde draden met de kleuren	Groepenkast Met zekeringen Zonder aardlekschakelaar Met lamp	Groepenkast met zekeringen met aardlekschakelaar met lamp	
	Zekering eruit ?	zekering eruit?	Aardlekschakelaar eruit ?
Bruin en blauw	Ja	Ja	nee
Bruin en geelgroen	Ja	Nee !!	Ja
Blauw en geelgroen	Nee	Nee	Ja !!

Contact tussen niet-geïsoleerde draden met de kleuren	Groepenkast met zekeringen zonder aardlekschakelaar zonder lamp	Groepenkast met zekeringen met aardlekschakelaar zonder lamp	
	Zekering eruit ?	Zekering eruit?	Aardlekschakelaar eruit ?
Bruin en blauw	Ja	Ja	nee
Bruin en geelgroen	Ja	Nee !!	Ja
Blauw en geelgroen	Nee	nee	Nee !!

### *Verklaringsvragen*

Het wel of niet uitschakelen van zekering of aardlekschakelaar laat zich verklaren met behulp van

-figuur 2.1 waarin dat deel van de elektrische huisinstallatie weergegeven is dat zich thuis in de meterkast bevindt.

-figuur 2.2 waarin een groepenkast met zekeringen en zonder aardlekschakelaar is weergegeven

-figuur 2.3 waarin een groepenkast met zekeringen en met aardlekschakelaar is weergegeven. Kijk naar de stroomkring die ontstaat en ga na of het een grote stroom oplevert door de fasedraad (zekering er uit) of dat er een kleine of grote lekstroom ontstaat (aardlekschakelaar er uit)

### *Vervolg vragen*

- I2 Welke beveiliging geeft de aardlekschakelaar die een zekering niet geeft?
- I3 Welke beveiliging geeft een zekering die een aardlekschakelaar niet geeft?
- I4 Als je met je ene hand de fasedraad vasthoudt en met je andere de nuldraad dan gaat er een stroom door je lichaam. Waarom geeft zowel een zekering als een aardlekschakelaar hier geen beveiliging tegen?



## 1.5 Overzicht beantwoording instapprobleem

### **Zekering**

Bij een groepenkast zonder aardlekschakelaar geldt:

- bij sluiting van fasedraad en nuldraad loopt er een zeer grote stroom door de schakeling; de zekering brandt door; de stroomkring wordt onderbroken; het gevaar is voorbij.
- bij sluiting van fasedraad en aarddraad; de zekering brandt door; de stroomkring wordt onderbroken; het gevaar is voorbij.
- bij sluiting van nuldraad en aarddraad gebeurt er niets, want er is geen kring met daarin opgenomen een spanningsbron.

### **Aanwezige voorkennis**

We verwachten dat de leerlingen de *kringregel* gemakkelijk weten toe te passen in het geval van sluiting tussen fasedraad en nuldraad, tussen fasedraad en aarddraad en tussen nuldraad en aarddraad. Daarmee is de werking van de zekering begrepen.

### **Aardlekschakelaar**

Bij een groepenkast met aardlekschakelaar geldt:

- bij sluiting van fasedraad en nuldraad is er geen lekstroom dus de aardlekschakelaar geeft dan geen beveiliging tegen te grote stroom
- bij sluiting van fasedraad en aarddraad is er wel een lekstroom dus de aardlekschakelaar schakelt uit en geeft beveiliging
- bij sluiting van fasedraad en nuldraad hangt het er van af of de aardlekschakelaar er uit gaat (zonder andere aangesloten apparaten of lampen niet; met andere aangesloten lampen of apparaten wel. Waarom !?)

### **Ontbrekende kennis**

We verwachten dat *lekstromen en de aardlekschakelaar* voor leerlingen (nog) niet (volledig) te begrijpen zijn.

Allereerst hebben leerlingen contextkennis nodig over de *huisinstallatie met een aardlekschakelaar* (zie figuur ). Een aardlekschakelaar beveiligt met name tegen aanraking van apparaten of draden die onder spanning staan, dus tegen elektrocutiegevaar.

Vervolgens is inzicht nodig in een *parallelschakeling* en op de *stroomregel* bij splitsen en samenvoegen van stroomtakken.

De stroomregel (die niet expliciet in 2 wordt genoemd!?) zegt dat op ieder punt in de schakeling de stroom behouden is:

-bij apparaten  $I_{\text{voor}} = I_{\text{na}}$

-bij splitsen van een stroomtak:  $I_{\text{hoofdtak}} = I_{\text{deeltak1}} + I_{\text{deeltak2}} + \dots$

-bij samenvoegen van stroomtakken:  $I_{\text{deeltak1}} + I_{\text{deeltak2}} + \dots = I_{\text{hoofdtak}}$

Bovendien is voor leerlingen de *weerstandregel* (nog) niet veralgemeniseerd voor een parallelschakeling. (bijvoorbeeld in het geval een lekstroom via je lichaam loopt).

De *weerstandregel of wet van ohm* voor een enkelvoudige schakeling luidt:

$U_{\text{bron}} = I_{\text{bedrading}} R_{\text{apparaat}}$ . Deze wordt in 3 toegepast en algemener gemaakt voor gemengde schakelingen met  $U_i = I_i R_i$  voor delen van de schakeling en voor de gehele schakeling.

## ***Vervolg vragen***

In het leerlingenmateriaal

- I2 Welke beveiliging geeft de aardlekschakelaar die een zekering niet geeft?
- I3 Welke beveiliging geeft een zekering die een aardlekschakelaar niet geeft?
- I4 Als je met je ene hand de fasedraad vasthoudt en met je andere de nuldraad dan gaat er een stroom door je lichaam. Waarom geeft zowel een zekering als een aardlekschakelaar hier geen beveiliging tegen?

Eventuele extra vervolgvragen

- I5 Waarom is een wasmachine meestal niet op een aardlekschakelaar aangesloten? Is het dan wel veilig?
- I6 Waarom is bij kortsluiting van fasedraad en aarddraad een aardlekschakelaar sneller dan een zekering?
- I7 Waarom schakelt de aardlekschakelaar niet uit als er een lekstroom is via de spanningzoeker?

## ***Ontbrekende kennis***

De verwachting is dat de meeste leerlingen de bovenstaande vervolgvragen (nog) niet kunnen begrijpen. Om bovenstaande vragen wel te kunnen beantwoorden is het noodzakelijk dat eerst studie wordt gemaakt hoe zekeringen en een aardlekschakelaar zijn opgenomen in stroomkring van de elektrische huisinstallatie (zie leerlingenmateriaal figuur 2.1 2.2 en 2.3). De zekering brandt door (en onderbreekt de kring) als er een te grote stroom is door de fasedraad en de aardlekschakelaar schakelt uit (en onderbreekt de kring) als er verschillende stroomsterktes zijn tussen fasedraad en nuldraad.

## Docentenhandleiding Deel 3 Les 2

### 2.1 Programma

#### *in de les*

10 min klassikaal  
nabespreken instaprobleem

15 min in groepjes  
uitvoeren leerlingpracticum 1  
*De spanningszoeker.*

10 min in groepjes  
maken verwerkingsopdracht leerling-practicum1 *De spanningszoeker*

10 min klassikaal  
nabespreken practicum 1

#### ***Huiswerk 2>3***

15 min  
bestuderen theorie (wit)  
§ 2 *Elektrische schakeling*

15 min  
maken en nakijken  
havo-opgaven 3 4 5  
vwo-opgaven 3 4 5

10 min  
oplossen toepassingsprobleem  
*Aarding bij huizen van voor 1950*

## 2.2 Nabespreking instaprobleem *Kortsluiting in de elektrische huisinstallatie*

### **Bedoeling**

-De leerlingen kunnen met behulp van de bestudeerde toepassingen de vervolgvragen bij het instaprobleem beantwoorden.

### **Werkvorm en tijdsduur**

Uitleg en vraag-en-antwoord 10 min.

### **Omschrijving van de activiteit**

#### *Inleiding*

In de vorige les heeft de bespreking van het instaprobleem een antwoord opgeleverd voor de instapvraag over *kortsluiting* mbv *de kringregel*. De antwoorden op de vervolgvragen over de *aardlekschakelaar* kunnen pas echt gegeven worden na bestudering van de toepassingen met contextgebonden kernbegrippen als *aardlekschakelaar*, *kortsluiting en overbelasting*, en *onder spanning staan*. Vanuit de theorie maken we gebruik van de *stroomregel*, die in het informatieboek niet expliciet behandeld wordt. Verwant aan de aan de stroomregel zijn in de onderbouw beruchte begripsproblemen zoals het idee van *stroomverbruik*. We verwachten dat dit in de bovenbouw nauwelijks een rol speelt.

#### *Voordracht door de docent*

De vorige keer hebben we een begin gemaakt met het oplossen van het instaprobleem.

Het ging om de startvraag

I1 Wat gebeurt er als er contact gemaakt wordt tussen twee niet-geïsoleerde draden van verschillende kleur?

Een om de vervolgvragen

I2 Welke beveiliging geeft de aardlekschakelaar die een zekering niet geeft?

I3 Welke beveiliging geeft een zekering die een aardlekschakelaar niet geeft?

I4 Als je met je ene hand de fasedraad vasthoudt en met je andere de nuldraad dan gaat er een stroom door je lichaam. Waarom geeft zowel een zekering als een aardlekschakelaar hier geen beveiliging tegen?

Om deze vragen te beantwoorden heb je de toepassingen 1, 4, 5 en 7 bestudeerd. Van belang is de functie van de *aardlekschakelaar*. De aardlekschakelaar onderbreekt de kring zodra de stroom door de fasedraad ongelijk is aan de stroom door de nuldraad.

De *stroomregel* zegt dat op ieder punt in de schakeling de stroom behouden is,

-voor en na een weerstand:  $I_{voor} = I_{na}$

-bij een splitsing van stroomtakken:  $I_{hoofdtak} = I_{deeltak1} + I_{deeltak2} + \dots$

-bij een samenvoeging van stroomtakken  $I_{deeltak1} + I_{deeltak2} + \dots = I_{hoofdtak}$

Dit betekent dat  $I_{fasedraad}$  en  $I_{nuldraad}$  alleen maar kunnen verschillen als er een lekstroom is.

Bijvoorbeeld via het lichaam van een mens die een niet-geïsoleerde fasedraad aanraakt of via de aardleiding bij kortsluiting van fasedraad en aarddraad.

De docent vraagt nu enkele leerlingen om het antwoord te formuleren op drie vervolgvragen en help ze bij de juiste formulering. We verwachten dat de meeste leerlingen de antwoorden nu kunnen begrijpen.

## ***Achtergrondinformatie voor de docent***

### *11 Wat gebeurt er bij kortsluiting bij een groepenkast zonder aardlekschakelaar?*

Bij sluiting tussen de fasedraad en de nuldraad zal er een grote stroom gaan lopen, de zekering brandt door en de stroom wordt uitgeschakeld.

Bij sluiting tussen fasedraad en aarddraad gaat er een grote stroom gaan lopen via de aarddraad, de zekering brandt door en de stroom wordt uitgeschakeld.

Bij sluiting tussen nuldraad en aarddraad kan er een kleine stroom lopen (!) in het geval er een spanning was tussen nuldraad en aarddraad. De stroom is te klein om de zekering uit te schakelen.

### *11 Wat gebeurt er bij kortsluiting bij een groepenkast met aardlekschakelaar?*

Bij sluiting tussen de fasedraad en de nuldraad zal er een grote stroom gaan lopen, de zekering brandt door en de stroom wordt uitgeschakeld. De aardlekschakelaar blijft ingeschakeld want de stroom door fasedraad en nuldraad zijn gelijk.

Bij sluiting tussen fasedraad en aarddraad gaat er een lekstroom lopen via de aarddraad. Dit betekent dat de aardlekschakelaar er uit zal gaan, nog voordat de zekering doorbrandt.

Bij sluiting tussen nuldraad en aarddraad kan er een kleine stroom lopen (!) in het geval er een spanning was tussen nuldraad en aarddraad. Dit betekent dat de zekering ingeschakeld blijft en dat de aardlekschakelaar soms wordt uitgeschakeld en soms niet.

### *Extra Hoe ontstaat een spanningsverschil tussen nuldraad en aarddraad?*

Als er een apparaat of een lamp is aangesloten loopt er in de nuldraad een stroom. Dit betekent dat er vanwege de kleine weerstand van de nuldraad ook een kleine spanning staat over de nuldraad. In de huisinstallatie kan dit enkele volts zijn. Als nuldraad en aarddraad dan verbonden worden gaat er een lekstroom lopen.

Als er geen apparaat of lamp is aangesloten loopt er in de nuldraad geen stroom. Dan is er ook geen spanningsverschil tussen nuldraad en aarddraad.

Een andere manier om dit te bekijken is je te realiseren dat bij contact tussen nuldraad en aarddraad de stroom door de fasedraad zich zal splitsen over nuldraad en aarddraad. Er is dan een verschil tussen de stroom door de fasedraad en de nuldraad, en de aardlekschakelaar schakelt uit.

### *12 Welke beveiliging geeft de aardlekschakelaar die een zekering niet geeft?*

Als iemand een niet-geïsoleerde fasedraad aanraakt of een niet-geaard apparaat dat onder spanning staat dan loopt er een kleine stroom door het lichaam. Deze kan te klein zijn om de zekering ( van bv 6 A) te laten doorbranden, maar kan groot genoeg zijn om levensgevaarlijk te zijn ((bv 100 mA). De aardlekschakelaar detecteert de verschilstroom tussen fasedraad en nuldraad (de lekstroom) en beveiligt daardoor tegen elektrocutiegevaar.

### *13 Welke beveiliging geeft een zekering die een aardlekschakelaar niet geeft?*

Bij kortsluiting en overbelasting is de (grote) stroom door de fasedraad gelijk aan de stroom door de nuldraad. Dit betekent dat de aardlekschakelaar geen beveiliging biedt tegen kortsluiting en overbelasting, dus niet tegen brandgevaar.

*14 Als je met je ene hand de fasedraad vasthoudt en met je andere de nuldraad dan gaat er een stroom door je lichaam. Waarom geeft zowel een zekering als een aardlekschakelaar hier geen beveiliging tegen?*

De zekering beveiligt niet omdat de stroom te klein is; de aardlekschakelaar beveiligt niet omdat er geen lekstroom is.

## 2.2 Practicum1 De spanningzoeker

### **Bedoeling**

De spanningzoeker levert een kwalitatief instrument om te bepalen of op een stopcontact of een draad spanning staat of niet. De felheid waarmee het lampje brand blijkt af te hangen van omstandigheden zoals: wel of geen rubberzolen, wel of geen natte handen, wel of niet de verwarming of de randaarde aanraken. Dit geeft enerzijds informatie hoe je gevaarlijke situaties met een spanningzoeker kan opsporen en vermijden. Anderzijds leidt dit tot begripsmatige vragen over het begrijpen van de werking van de spanningzoeker (*kringregel*) en over de grootte van de stroom door de spanningzoeker en je lichaam!. Hiervoor is de *weerstandregel = wet van Ohm* nodig. We gebruiken hier nog de weerstandsregel voor *enkelvoudige schakeling* uit § 2 in formule  $U_{bron} = I_{bedrading} R_{lampje}$ .

Na dit practicum:

- de leerlingen kunnen een spanningzoeker hanteren om te onderzoeken of op een stopcontact spanning staat.
- de leerlingen begrijpen de werking van de spanningzoeker met behulp van de kringregel en de weerstandsregel = wet van Ohm.

### **Werkwijze en tijdsduur**

uitvoeren 15 min  
verwerken 10 min  
nabespreken 10 min

### **Achtergrondinformatie voor de docent.**

1 en 2

Als je de spanningzoeker in de fase van de wandcontactdoos steekt, gaat het lampje normaal branden. Het lampje gaat feller branden als je met je andere hand de radiator van de verwarming aanraakt, als je je schoenen met rubberzolen uittrekt of als je met je andere hand de randaarde van een stopcontact aanraakt. Blijkbaar wordt de weerstandswaarde van de kring waarin spanningzoeker en lichaam zijn opgenomen kleiner en dus de stroom groter.

3 en 4

Je kunt verwachten dat sommige leerlingen denken dat het lampje van de spanningzoeker in de nul niet gaat branden en die in de fase even fel. Je raakt immers nog steeds de nul en de fase aan. Maar het gaat dus niet alleen om het aanraken maar je moet denken in stroomkringen.

Je kunt verwachten dat andere leerlingen denken dat het lampje feller gaat branden. Je maakt immers een korte stroomkring van fase via spanningzoeker, lichaam en spanningzoeker naar nul in plaats van de kring van fase via spanningzoeker en lichaam en via de vloer naar de aardleiding.

Daar hebben ze gelijk in, maar het gaat niet om een kortere weg, het gaat om een weg met minder weerstand. Daarvoor moet je denken in een gemengde schakeling van twee stroomkringen: 1) van fase via spanningzoeker, lichaam, spanningzoeker naar de nul en de aardeleiding en 2) van fase via spanningzoeker, lichaam, vloer naar aardleiding.

Een precieze berekening kunnen leerlingen op dit moment nog niet begrijpen. Daar heb je voor nodig dat je kunt rekenen aan een gemengde schakeling (zie § 3).

Voor de weerstandswaarden gelden de volgende orde van grootte: spanningzoeker 800 kO, lichaam van hand tot hand 1,0 MO, lichaam van hand tot hand met natte vingers 0,2 MO, hand-lichaam-schoenen-vloer-aarde 1500 MO, hand-lichaam-bloze voeten-vloer-aarde 750 MO.

Dus: Als je één spanningzoeker gebruikt heb je een serieschakeling van 850 kO en 1500 MO. De bijbehorende stroomsterkte is 0,15  $\mu$ A;

Dus: Als je twee spanningzoekers gebruikt heb je een parallelschakeling van 850 kO en 1,0 MO in serie met 850 kO . De bijbehorende stroomsterkte is 0,18 mA.

De lampjes branden veel feller dan ieder afzonderlijk in de fase.

#### Opmerking

De nuldraad is bij het transformatorhuisje verbonden met de aardleiding. Dit betekent dat er een klein spanningsverschil van bijvoorbeeld 0,25 V kan staan tussen de nuldraad en de aarddraad. Stroom door de nuldraad correspondeert met deze spanningsdaling volgens de weerstandsregel = wet van Ohm.

#### 5

Soms kun je de kleurcodes zien en soms ook niet. Bij de door ons gebruikte spanningzoeker was de code: grijs rood geel dat overeenkomst met 820 kO.

#### 6

Gebruik de weerstandsregel of wet van Ohm in de vorm die geldt voor de enkelvoudige schakeling  $U_{\text{bron}} = I_{\text{bedrading}} R_{\text{weerstand}}$ .  $I = 230/820 = 0.28$  mA.

#### 7

Gevaar treedt op boven 40 mA. Dus deze stroom die door je lichaam loopt is ongevaarlijk. De weerstandswaarde van de serie van spanningzoker en lichaam/vloer is altijd groeter dat die van de spanningzoeker alleen. Dit betekent dat de stroom maximaal 0.28 mA is. De weerstand werkt als stroombegrenzer.

#### 8

De onderdelen van de spanningzoeker

veertje: houdt neonlampje en weerstand op zijn plaats

contactpunt: vormt samen met veertje, lampje en weerstand een deel van de stroomkring

weerstand: begrenst de stroom

lampje: geeft aan of er stroom loopt

isolatie: beschermt tegen aanraken van niet-geïsoleerde delen.





## **Docentenhandleiding Deel 3**

### **les 3A**

#### **3.1 Programma**

##### *in de les*

3A

10 min in groepjes  
bespreken van het toepassingsprobleem *Aarding van huizen voor 1950*

10 min klassikaal  
uitwisselen en nabespreken

10 min klassikaal  
afronding § 2 *Elektrische schakeling* met samenvattingsformulier

3B

5 min klassikaal  
introductie § 3 *Serie- en parallelschakeling*  
-met paragraafvragen  
-in relatie tot de hoofdstukvraag

10 min klassikaal met kort denken-delen-uitwisselen  
-met instaprobleem en demonstratie *Schakelingen met drie gelijke lampjes*

##### ***Huiswerk 3>4***

10 min  
bestuderen theorie (wit) § 3 *Serie- en parallelschakeling*

20 min  
maken en nakijken  
havo-opgaven 6 7 8  
vwo-opgaven 6 7 8\* 9\*

10 min  
oplossen instaprobleem  
*Schakelingen met drie gelijke lampjes*

### **3.2 Verwerken van het toepassingsprobleem *Aarding van huizen voor 1950***

#### ***Bedoeling***

- uitbreiden van het aantal toepassingsituaties voor de net verworven kennis
- consolideren van de net verworven kennis
- een begin maken met reflecteren op aspecten van probleemaanpak.

#### ***Werkvorm en tijdsduur***

Denken-delen-uitwisselen;  
denken (individueel) als huiswerk 10 min;  
delen (in kleine groepjes) in de klas 10 min  
uitwisselen (klassikaal) 10 min

#### ***Omschrijving activiteit***

*Delen (in groepjes van drie of vier leerlingen)*

De docent laat groepjes vormen van drie of vier leerlingen die serieus aan het probleem gewerkt hebben; wie dat niet gedaan heeft gaat dat alsnog doen.

De docent begeleidt het groepswork door te luisteren, door samen te vatten en door het geven van activerende opdrachten die aansluiten bij de denklijn van de leerlingen. Hij noteert relevante observaties om te verwerken in de nabespreking.

*Uitwisselen (klassikaal)*

De docent bespreekt kort het antwoord op het probleem met gebruikmaking van zijn observaties.

T1 Aarding bij huizen van voor 1950. Kun je begrijpen waarom het ongeval mogelijk was? Eventueel bespreekt de docent de vervolgvragen:

T2 In steden wordt een ringleiding gebruikt voor de aardleiding. Waarom zou dat zijn?

T3 Op het platteland wordt gebruik gemaakt van een aardpin bij het huis en bij het transformatorhuisje. Het is wenselijk maar niet noodzakelijk dat de aardpin reikt tot aan het grondwater. Waarom is dat zo?

Daarna inventariseert de docent hoe het probleem is aangepakt door per groepje iemand aan te wijzen die het resultaat van 2) *De aanpak* rapporteert. De docent vat de inbreng van de leerlingen samen geordend naar: verkennen van de situatie, en: bedenken van een aanpak.

#### **Verwachte begripsmoeilijkheden voor leerlingen**

Een groot aantal leerlingen overziet het precieze verschil tussen de drie relevante situaties en daarmee niet welke stroomkring er in de drie verschillende situaties ontstaat door het ongewilde contact van fase draad met waterleiding. Het bestuderen van de figuren en daarin de stroomkring tekenen is essentieel.

Verwarrend is dat vroeger apparaten geaard werden via de waterleiding die als aardleiding diende. Nu wordt de waterleiding zelf en bijvoorbeeld de bewapening van een betonnen vloer die niet geleidend verbonden zijn met aarde, geaard via de aardleiding.

## **Inhoudelijke uitwerking**

### *A. Fasedraad raakt waterleiding (vroeger: loden buizen)*

Als de fasedraad in contact kwam met de waterleiding (zie in figuur \*) dan betekende dat vroeger dat er een stroomkring ontstond van fasedraad via zekering en waterleiding naar het aardpunt. De stroom door deze kring werd zo groot dat de zekering doorbrandde en de installatie werd uitgeschakeld.

### *B. Fasedraad raakt waterleiding (tegenwoordig: aparte aarddraad en aardpunt)*

Als de fasedraad in contact komt met de waterleiding in huis dan betekent dat tegenwoordig dat er een extra stroomkring ontstaat van fasedraad via zekering, waterleiding, extra aarddraad en aardpunt.

De stroom door deze kring is zo groot dat de zekering doorbrandt en de installatie wordt uitgeschakeld.

### *C. Fasedraad raakt waterleiding (vroeger na aanleg pvc-buizen)*

Als er een plastic waterleiding buitenhuis ligt betekent het ontbreken van de aarddraad dat er geen kring wordt gevormd. De waterleiding in huis staat onder spanning en er is elektrocutiegevaar.

De aardlekschakelaar geeft een extra beveiliging want die schakelt uit als iemand de douche die onder spanning staat aanraakt vanwege de lekstroom die dan ontstaat.

## **Aspecten van probleemaanpak**

### *Verkennen situatie*

Om het probleem op te lossen is het van belang dat je onderkend dat het hier gaat om drie verschillende situaties:

- A: vroeger: aarding via de waterleiding met een loden buizenet (figuur )
- B: tegenwoordig: aarding via extra aarddraad met een pvc-buizenet (figuur )
- C: gevaarlijke situatie: aarding via de waterleiding met een pvc-buizenet

### *Aanpak probleem*

Voor het oplossen van dit probleem is het nodig gebruik te maken van de *kringregel*.

In ieder van de situaties ga je na:

- wordt er een extra stroomkring wordt gevormd?
- welke onderdelen bevat die extra stroomkring?
- welke gevaar treedt op?
- welke beveiligingsvoorziening kan in werking treden?

Hiervoor heb je een schematische tekening van de schakeling nodig die in dit geval al gegeven was.

Tip: maak bij dit soort probleemsituaties een duidelijke tekening waarin je de extra stroomkring kunt aanwijzen.

### 3.3 Afronding § 2 *Elektrische schakeling met samenvattingsformulier*

#### ***Bedoeling***

Voortgang van het inhoudelijke leerproces tijdens § 2 vaststellen met de leerlingen.

-Wat zijn de leerlingen te weten gekomen? Wat hebben ze geleerd?

-Wat weten ze nog niet? Wat gaan ze in §3 leren? (= overgang naar introductie § 3)

#### ***Werkvorm en tijdsduur***

Voordracht en vraag-en-antwoord van 10 minuten met behulp van het samenvattingsformulier

#### ***Omschrijving van de activiteit***

De docent geeft aan dat de leerlingen in de introductie op §2 gestart zijn met de paragraafvraag

P Kun je de werking van aarding, zekering en aardlekschakelaar begrijpen met wetmatigheden die gelden voor de elektrische schakeling?

De docent loopt de belangrijke begrippen en wetmatigheden uit het samenvattingsformulier even langs.

Daarna volgt een gesprek met als leidraad:

-Wat is het gevonden antwoord op de paragraafvraag? Noteer jouw antwoord

-Zijn er vragen die onbeantwoord zijn gebleven zijn? Noteer jouw vragen.

De docent brengt de hoofdstukvraag in herinnering. Deze vraag is nog slechts ten dele beantwoord

-het ging hier om enkelvoudige schakelingen en nog niet echt om schakelingen met meerdere weerstanden, apparaten en lampen. We weten bijvoorbeeld nog weinig over stroomsterktes in gemengde schakelingen.

Daarna maakt de docent de overgang naar de introductie van § 3

#### ***Inhoudelijk achtergrondinformatie voor de docent***

##### *Paragraafvraag*

P Kun je de werking van aarding, zekering en aardlekschakelaar begrijpen met wetmatigheden die gelden voor de elektrische schakeling?

De wetmatigheden zijn: kringregel, stroomregel, weerstandsregel voor de enkelvoudige schakeling.

*Electrocutiegevaar* treedt op als er een te grote *stroom* door je lichaam gaat. Dit is extra gevaarlijk als de stroom via de hartstreek gaat. Er is dan een extra *gesloten stroomkring* van de spanningsvoerende geleider via je lichaam naar de aarde. De stroom door de *fasedraad* en de stroom door de *nuldraad* zijn dan verschillend. De *aardlekschakelaar* reageert op dat verschil, onderbreekt de stroomkring en er loopt geen stroom meer.

*Brandgevaar* treedt op als er een *te grote stroom door de bedrading* gaat of als er slechte contacten zijn waar vonken overspringen. Dit kan gebeuren bij *kortsluiting* of bij *overbelasting*. De stroom door fase draad en nul draad blijven gelijk, maar worden wel erg groot. De *zekering* brandt door en schakelt daarmee de stroom in de stroomkring uit. Het brandgevaar is geweken.

Als geleidende omhulsels van apparaten zoals een wasmachine *onder spanning komen* te staan, omdat de fase draad tegen het omhulsel aankomt, is dat gevaarlijk voor aanraking. Daarom wordt het omhulsel van een wasmachine *geaard* via een aparte *aard draad*. Zodra de fase draad het omhulsel raakt gaat er een stroom lopen door de stroomkring die gevormd wordt door fase draad, omhulsel en aarde draad. Heeft de installatie een *aardlekschakelaar* dan zal die er uit springen omdat de stroom door de fase draad en de nul draad verschillen. Op het omhulsel staat geen spanning meer en het aanrakingsgevaar is geweken.

Als de installatie geen aardlekschakelaar heeft zal er een grote stroom gaan lopen door de stroomkring die gevormd wordt door fase draad, omhulsel en aarde draad. De zekering brandt door, de installatie wordt uitgeschakeld en het gevaar is geweken.

## **Docentenhandleiding Deel 3**

### **Les 3B**

#### **3.4 Introductie § 3 Serie- en parallelschakeling**

##### ***Bedoeling***

-De docent stelt het onderwerp van §3 *Serie- en parallelschakeling* (in samenhang met hoofdstukvragen en in samenhang met de inhoud van de nieuwe paragraaf); de leerling krijgt zicht op het onderwerp van de paragraaf (de paragraafvraag) en op de samenhang met het hoofdstuk als geheel (de hoofdstukvraag).

##### ***Werkvorm en tijdsduur***

Voordracht afgewisseld met vraag -en- antwoord. Tijdsduur 5 min. De docent werkt met het leerlingenboekje.

##### ***Omschrijving activiteit vanuit de docent***

###### *Voordracht door de docent*

In de vorige paragraaf heb je je beziggehouden met de elektrische huisinstallatie en de veiligheidsmaatregelen die daarvoor van belang zijn. Behalve over deze praktijksituatie heb je het een en ander geleerd over de theorie van de enkelvoudige schakeling: een elektrische schakelingen met één weerstand, lampje of apparaat. In deze paragraaf gaat het om meervoudige schakelingen: elektrische schakelingen met meer weerstanden, lampjes of apparaten.

De paragraafvragen zijn (zie leerlingenmateriaal):

- P1 Hoe meet en bereken je de spanning en de stroom in een schakeling met meerdere weerstanden, lampjes of apparaten?
- P2 Met welke wetmatigheden die gelden voor serie- en parallelschakelingen kun je de veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie beter begrijpen?

### 3.5 Instaprobleem met demonstratie

#### ***Bedoeling***

- De docent inventariseert relevante voorkennis om er bij aan te sluiten (schoolkennis, dagelijkse ervaring, denkbeelden) en vat deze voorkennis samen in een vorm die geschikt is voor de nieuwe toepassings situatie; de leerling heeft relevante voorkennis paraat.
- De docent wekt kennisbehoefte op. De leerlingen ervaren een begripsgat en het probleem wordt een probleem voor de leerlingen;
- De docent straalt enthousiasme uit en de leerlingen raken geïnteresseerd en gemotiveerd.

#### ***Werkvorm en tijdsduur***

Demonstratie, kort denken-delen-uitwisselen en gesprek. Tijdsduur 10 min.

#### ***Omschrijving van de activiteit***

##### *Confrontatie en startvragen.*

De docent toont een demonstratiebord met de vier verschillende schakelingen die mogelijk zijn met drie gelijke lampjes, bijvoorbeeld drie identieke lampjes (6,0 V; 0,50 A; 12 Ohm). De schakelingen A, B, C en D zijn getekend in het leerlingenmateriaal. Verder is er regelbare spanningsbron (niet: stroombron!), een voltmeter die de bronspanning meet en een ampèremeter die de stroom door de schakeling meet.

De docent stelt de startvragen voor ieder van de schakelingen A, B, C en D:

- I1 Op welke bronspanning moet je iedere schakeling aansluiten om tenminste één lampje normaal te laten branden?
- I2 Wat verandert er aan de intensiteit van de lampjes  $L_1$  en  $L_2$  als je lampje  $L_3$  losdraait?

##### *Verwachtingen en argumenten*

De docent laat de leerlingen voor iedere schakeling A, B, C en D in het schema (leerlingenmateriaal) aangeven wat zij verwachten ( 2 min individueel).

Daarna laat de docent de leerlingen in twee- of drietallen argumenten uitwisselen ( 2 min kleine groepjes)

##### *Waarnemingen*

Aan de hand van het schema (zie leerlingenboekje) demonstreert de docent ieder van de schakelingen A, B, C en D

##### *Schakeling A (serieschakeling $L_1$ $L_2$ en $L_3$ ))*

De docent toont schakeling A, draait de bronspanning op de juiste waarde om alle drie de lampjes normaal te laten branden (18,0 V; 0,50 A) en inventariseert verklaringen van de leerlingen.

De docent vat samen wat de leerlingen kunnen begrijpen vanuit hun voorkennis:

*-kringregel:* er is één stroomkring, dat heet serieschakeling van drie lampjes

-*stroomregel*:  $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2 = I_3$  (de lampjes branden even fel;  $I_{\text{bron}} = 0,50 \text{ A}$ )

Dan kondigt de docent aan lampje  $L_3$  los te gaan draaien. Dit heeft voor leerlingen het logische gevolg dat alle lampjes uitgaan, want de kring wordt onderbroken.

### *Schakeling B (parallelschakeling $L_1$ $L_2$ $L_3$ )*

De docent toont schakeling B; draait de bronspanning op de juiste waarde om alle lampjes normaal te laten branden (6,0 V; 1,50 A) en inventariseert verklaringen van de leerlingen. De docent vat samen wat de leerlingen kunnen begrijpen vanuit hun voorkennis:

-*kringregel*: er zijn drie afzonderlijke stroomkringen, dat heet *parallelschakeling* van drie lampjes

-*stroomregel*:  $I_{\text{bron}} = I_1 + I_2 + I_3$  (het zijn drie gelijke lampjes dus  $I_{\text{bron}} = 1,50 \text{ A} = 3 \times 0,50 \text{ A}$ .)

Dan kondigt de docent aan lampje  $L_3$  los te gaan draaien en inventariseert verwachtingen. Het tonen van het verschijnsel leidt tot de verklaringsvragen als.

I3      Waarom blijven de lampjes even fel branden als je één of twee lampjes losdraait?

I4      Waarom hangt de bronstroom af van het aantal brandende lampjes?

### *Schakeling C (gemengde schakeling: $L_1$ in serie met de parallel van $L_2$ en $L_3$ )*

De docent toont schakeling C. Draait de bronspanning op de juiste waarde (circa 8,0 V; 0,5 A); dan brandt alleen  $L_1$  normaal en  $L_2$  en  $L_3$  zeer zwak. Het is niet mogelijk alle drie de lampjes tegelijkertijd normaal te laten branden. De docent inventariseert verklaringen.

De docent vat samen wat de leerlingen kunnen begrijpen vanuit hun voorkennis:

-*kringregel*: er zijn twee deels overlappende stroomkringen; dat is een voorbeeld van een gemengde schakeling.

-*stroomregel*:  $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2 + I_3$  (bij gelijke lampjes geldt  $I_2 = I_3$  en dus  $I_{\text{bron}} = 2 \times I_{\text{lampjes 2 of 3}}$ )

Dan kondigt de docent aan lampje  $L_3$  los te gaan draaien en inventariseert verwachtingen. Het tonen van het verschijnsel leidt tot verklaringsvragen zoals:

I5      Waarom gaat  $L_1$  minder fel branden als je  $L_3$  losdraait?

I6      Waarom gaat  $L_2$  feller branden als je  $L_3$  losdraait?

### *Schakeling D (gemengde schakeling: $L_1$ parallel aan de serie van $L_2$ en $L_3$ )*

De docent toont schakeling D; draait de bronspanning op de juiste waarde (6,0 V; circa 0,6 A). Normaal branden is niet mogelijk voor alle lampjes; het lampje  $L_3$  brandt normaal bij een bronspanning van 6 volt; de lampjes  $L_1$  en  $L_2$  branden normaal bij een bronspanning van 12 volt, maar dan brandt  $L_3$  door. De docent inventariseert verklaringen

De docent vat samen wat de leerlingen kunnen begrijpen vanuit hun voorkennis:

-*kringregel*: er zijn twee parallelle stroomkringen; één met één lampje en één met twee lampjes in serie.

-*stroomregel*:  $I_{\text{bron}} = I_1 + (I_2 = I_3)$ . Omdat het gelijke lampjes zijn splitst de stroom in twee gelijke delen.

Dan kondigt de docent aan een lampje los te gaan draaien en inventariseert verwachtingen.

Het tonen van het verschijnsel leidt tot verklaringsvragen zoals:

I7      Waarom brandt  $L_1$  feller dan  $L_2$  en  $L_3$ ?

I8      Waarom blijft  $L_1$  even fel branden als je  $L_3$  losdraait ?

I9      Waarom verandert de bronstroom als je een lampje losdraait?



### Schema in leerlingenboekje

Schakeling	Bronpanning (V) Bronstroom (A)	Hoe branden de lampjes ?			Hoe branden de lampjes L <sub>1</sub> en L <sub>2</sub> na losdraaien van L <sub>3</sub>	
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
A L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> en L <sub>3</sub> in serie	18,0 V 0,50 A	Normaal	Normaal	Normaal	0 Niet 0 Zeer zwak 0 Zwak 0 Normaal 0 Fel	0 Niet 0 Zeer zwak 0 Zwak 0 Normaal 0 Fel
B L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> en L <sub>3</sub> parallel	6,0 V 1,50 A	Normaal	Normaal	Normaal	0 Niet 0 Zeer zwak 0 Zwak 0 Normaal 0 Fel	0 Niet 0 Zeer zwak 0 Zwak 0 Normaal 0 Fel
C L <sub>1</sub> in serie met de parallel van L <sub>2</sub> en L <sub>3</sub>	Circa 8,0 V (?) 0,5A	Normaal	Zeer zwak	Zeer zwak	0 Niet 0 Zeer zwak 0 Zwak 0 Normaal 0 Fel	0 Niet 0 Zeer zwak 0 Zwak 0 Normaal 0 Fel
D L <sub>1</sub> parallel met de serie van L <sub>2</sub> en L <sub>3</sub>	6,0 V circa 0,7A (?)	Normaal	Zeer zwak	Zeer zwak	0 Niet 0 Zeer zwak 0 Zwak 0 Normaal 0 Fel	0 Niet 0 Zeer zwak 0 Zwak 0 Normaal 0 Fel

### Ontbrekende kennis

Om de vervolgvragen te kunnen beantwoorden ontbreekt het inzicht dat een verandering in de schakeling overall in de schakeling gevolgen kan hebben. Verder is nog niet ontwikkeld het begrip dat er over iedere weerstand  $i$  een spanning  $U_i$  staat en dat alle spanningen langs een gesloetn kring met daarin de bron optellen tot de bronspanning. Daarmee hangt samen dat de weerstandsregel nog niet expliciet is uitgebreid tot de regel dat voor iedere weerstand  $i$  uit de kring geldt  $U_i = I_i R_i$ . Tot nu toe was de regel slechts van toepassing op de bron  $U_{\text{bron}} = I_{\text{bedrading}} R_{\text{toestel}}$

### **Bordschema**

Het klassengesprek wordt eventueel samengevat op het bord (zie bordschema) met daarin de bekende wetmatigheden en de nog te beantwoorden verklaringsvragen. Nadere studie van de theorie uit §3 is nodig om de verklaringsvragen te kunnen beantwoorden en het instapprobleem op te lossen.

Schakeling	Voorkennis in wetmatigheden	Verklaringsvragen
A Drie lampjes in serie met elkaar	$I_1 = I_2 = I_3 = I_{\text{bron}}$	
B Drie lampjes parallel aan elkaar.	$I_1 = I_2 = I_3 (=1/3 I_{\text{bron}})$	I3 Waarom blijven de lampjes even fel branden als je een lampjes losdraait? I4 Waarom hangt de bronstroom af van het aantal brandende lampjes?
C Een lampje in serie met de parallel van twee lampjes.	$I_{\text{bron}} = I_1 = I_2 + I_3$ $I_2 = I_3$	I5 Waarom gaat L1 minder fel branden als je L3 losdraait? I6 Waarom gaat L2 feller branden als je L3 losdraait?
D Een lampje parallel aan de serie van twee lampjes	$I_{\text{bron}} = I_1 + (I_2 = I_3)$	I7 Waarom brandt L1 feller dan L2 en L3? I8 Waarom blijft L1 even fel branden als je L3 losdraait? I9 Waarom verandert de bronstroom als je L3 losdraait?

### **Overgang naar huiswerk**

Hiermee maakt de docent de overgang naar het huiswerk. De vervolgvragen van het instapprobleem (zie leerlingenmateriaal) gelden als op te lossen problemen na bestuderen van de theorie van § 3. Aan het begin van de volgende les starten we met de beantwoording van deze vragen.

De docent kondigt aan dat er de volgende keer een practicum is, waarin de leerlingen gaan meten aan een gemengde schakeling met behulp van een multimeter om te ontdekken welke wetmatigheden voor spanning, stroom en weerstand. gelden in een gemengde schakeling

### Overzicht beantwoording instaprobleem voor bestudering van § 3

NB1 Het gaat om de benadering van het instaprobleem vanuit de voorkennis die je bekend veronderstelt bij de leerling; daarmee zijn de verschijnselen deels te verklaren; maar deels ook niet; die ontstane kennisbehoefte is geformuleerd als verklaringsvraag.

NB2 (U,I)-diagram is gebogen grafiek;  $R_{\text{lampje}}$  neemt toe met de temperatuur, dus met U en I. Hier maken we geen gebruik van in de argumentatie.

	Kringregel	stroomregels	spanningsregels	weerstandregels (en het verband tussen spanning en stroom)
A drie lampjes in serie met elkaar	Voorkennis. Er is één stroomkring met daarin opgenomen $L_1$ , $L_2$ en $L_3$ .  Als je een lampje losdraait, gaat alle lampjes uit, want de stroomkring wordt onderbroken.	Voorkennis $L_1 = L_2 = L_3$ want $I_1 = I_2 = I_3$  Een mogelijk begripsprobleem is stroomverbruik per lampje. Ieder lampje verbruikt dan $1/3$ van de stroom.	Voorkennis  De bron geeft energie mee aan de stroom; de stroom geeft energie af in de lampjes.	Voorkennis  De stroomsterkte door de schakeling hangt af van de bronspanning en weerstand van de schakeling.
	Kennisbehoefte Geen			
B drie lampjes parallel aan elkaar	Voorkennis Er zijn drie stroomkringen. Als je een lampje losdraait blijven de andere stroomkringen in tact en die lampjes blijven branden.	Voorkennis De lampjes branden even fel want de hoofdstroom splitst zich in drie gelijke deelstromen. $L_1 = L_2 = L_3$ want $I_1 = I_2 = I_3 = 1/3 I_{\text{bron}}$	Voorkennis Alle lampjes staan rechtstreeks op de spanningsbron dus ze branden normaal. $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$	Voorkennis Mogelijk begripsprobleem: De bron geeft een constante stroom, dus bij losdraaien moeten de anderen feller gaan branden bv $I_2 = I_3 = 1/2 I_{\text{bron}}$
	Kennisbehoefte Waarom blijven de lampjes even fel branden als je een of twee lampjes losdraait of uitschakelt? (je zou toch kunnen denken dat de stroom zich nu in minder takken hoeft te verdelen en dat de stroom in een taak dan groter wordt? Het idee is dan: lokaal redeneren met een stroombron. Het komt overeen met de splitsing van een rivier of van een autoweg.) Waarom neemt de bronstroom toe als er meer lampjes worden aangesloten? (Je zou kunnen denken dat de spanningsbron even veel stroom blijft leveren.)			

C Een lampje in serie met de parallel van twee lampjes.	Voorkennis Er is een stroomkring met L1 en L2 en een stroomkring met L1 en L3. L1 zit in beide kringen.	Voorkennis $L_2 = L_3$ want $I_2 = I_3$ $L_1 > L_2$ en $L_1 > L_3$ want $I_1 = I_2 + I_3$ De hoofdstroom splitst in twee gelijke deelstromen.	Voorkennis Bij losdraaien van $L_3$ branden $L_1$ en $L_2$ even fel omdat het dan een serie-schakeling is.	Voorkennis Geen toepasbare voorkennis.
	Kennisbehoefte Waarom gaat $L_1$ minder fel branden, als je $L_2$ of $L_3$ losdraait? (het is moeilijk in te zien dat een verandering in de kring overall in de kring invloed kan hebben op de stroomsterkte. Dat geldt voor gesloten leidingen zoals een tuinslag of een cv-installatie. Het ligt voor de hand te denken dat de stroom door het eerste lampje niet verandert) Waarom wordt $I_{bron}$ kleiner als je $L_2$ of $L_3$ losdraait?			
D Een lampje parallel aan de serie van twee lampjes	Voorkennis Er is een stroomkring met $L_1$ en $L_2$ in serie en een stroomkring met $L_3$ .	Voorkennis $L_2 = L_3$ want $I_2 = I_3$	Voorkennis $L_1$ staat rechtstreeks op de bronspanning en “krijgt” de hele bronspanning.	Voorkennis Geen toepasbare voorkennis
	Kennisbehoefte Waarom brandt $L_1$ feller dan $L_2$ en $L_3$ (lokaal redeneren met een stroombron) Waarom blijft $L_1$ even fel branden als je $L_2$ of $L_3$ losdraait; en andersom? Waarom neemt $I_{bron}$ toe als je een lampje losdraait?			

## Docentenhandleiding Deel 3 Les 4

### 4.1 Programma

#### *In de les*

10 min

Nabespreken van instaprobleem *Schakelingen met drie gelijke lampjes*

5 min

Inleiding op het practicum *Spanning, stroom en weerstand in een schakeling met drie ongelijke weerstanden*

30 min

Uitvoeren van het practicum

#### *Huiswerk 4>5*

10 min

maken van verwerkingsopdrachten van leerlingenpracticum 2.

10 min

Bestuderen van de toepassingen § 3 (geel)  
6 *Spanningsregeling*

10 min

Maken en nakijken  
havo-opgaven 9 10  
vwo-opgaven 10

10 min

Oplossen van het toepassingsprobleem: *De spanningsregelaar*

### 4.2 Nabespreken van het instaprobleem

De docent inventariseert verklaringen van leerlingen, vat deze samen en problematiseert het onderscheid *spanning in de kring* en *spanning van de bron*

Schakeling A (serieschakeling)

Geen verklaringsvragen; blijkbaar krijgt ieder lampje de juiste spanning door de bronspanning te verdelen!

Schakeling B (parallelschakeling)

De lampjes blijven rechtstreeks aangesloten op de spanningsbron; de stroomsterkte varieert de spanning blijft gelijk (want het is een spanningsbron)

Schakeling C (gemengde schakeling: een lampje in serie met de parallel van twee lampjes)  
Als je  $L_3$  losdraait ontstaat een serieschakeling van de lampjes  $L_1$  en  $L_2$ ; die dan even fel zullen branden.

In de gemengde schakeling staat over  $L_1$  blijkbaar wel de benodigde spanning, terwijl dan over  $L_2$  en  $L_3$  veel minder dan de benodigde spanning staat. Hoe zit dat precies? We zouden eens spanning moeten gaan meten in een gemengde schakeling; dat doen we in het practicum!

Schakeling D (gemengde schakeling: een lampje parallel met de serie van twee lampjes)  
 $L_1$  staat rechtstreeks op de bron van 6,0 V; dus brandt normaal;  $L_2$  en  $L_3$  staan samen rechtstreeks op de bron en de bronspanning wordt blijkbaar verdeeld!? Hoe zit dat? Een hoe kan ik berekenen welk deel van de stroom door de serie van  $L_1$  gaat en welk deel door en  $L_2$  en  $L_3$ . Ook dat doen we in het practicum !

## 4.2 Leerlingenpracticum 2 *Spanning, stroom en weerstand in een schakeling met drie ongelijke weerstanden*

*Inleiding door de docent*

In dit practicum ga je met een multimeter stroom, spanning en weerstand meten in een schakeling met drie ongelijke weerstanden. De schakeling lijkt op schakeling D met drie gelijke lampjes, maar nu heb je drie verschillende weerstanden..

De vraag waarop je het antwoord zoekt is:

*L1 Hoe meet je spanning, stroom en weerstand in een meervoudige schakeling?*

*L2 Welke wetmatigheden gelden voor spanning, stroom en weerstand in een meervoudige schakeling?*

1. Het is van belang dat ieder dezelfde schakeling maakt; dan is klassikaal bespreken een stuk eenvoudiger.
2. De leerlingen maken eerst een correcte schakeling en meten dan tussen verschillende punten de spanning zonder de schakeling en de bronspanning te veranderen. Het gaat om het nieuwe begrip *de spanning over de weerstanden in de kring*, terwijl tot nu toe spanning een eigenschap was van de bron.
3. De stroomsterkte meet je door de schakeling op het meetpunt te onderbreken en daar de stroommeter op te nemen in de schakeling (in serie!!). Van belang is de juiste keuze van het bereik en het vermijden dat de stroommeter parallel wordt geschakeld aan de weerstand.
4. Voor het meten van weerstanden koppel je de weerstanden los van de spanningsbron. Het gaat om het controleren van de weerstandswaarden van de afzonderlijke weerstanden, om de vervangingsweerstand van de schakeling als geheel..
5. De te vinden regels kunnen in allerlei vormen worden weergegeven !

### 4.3 Overzicht van de antwoorden op het instapprobleem

Pas na de bestudering van § 3 *Serie- en parallelschakeling en na de uitvoering van leerlingenpracticum 2 Spanning en stroom in een meervoudige schakeling* is een volledig antwoord te geven op het instapprobleem. Dat hoeft niet expliciet meer omdat hetzelfde ook geoefend worden in opgaven.

	Stroomkring B is bron	stroomregels L is intensiteit lampje	spanningsregels	Weerstandsregels
A drie lampjes in serie met elkaar	Eén stroomkring BL <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> .	$I_1 = I_2 = I_3$	$U_{\text{bron}} = U_1 + U_2 + U_3$	Basisregels $U_{\text{bron}} = I_{\text{geleider}} R_{123}$ $U_i = I_i R_i$  Afgeleide regels $R_{123} = R_1 + R_2 + R_3$  $\begin{matrix} U_i & U_{\text{bron}} \\ R_1 & R_{123} \end{matrix}$
B drie lampjes parallel aan elkaar	Drie stroomkringen BL <sub>1</sub> , BL <sub>2</sub> en BL <sub>3</sub> .	$L_1 = L_2 = L_3$ want $I_1 = I_2 = I_3 = 1/3 I_{\text{bron}}$	$U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$	Basisregels $U_{\text{bron}} = I_{\text{geleider}} R_{123}$ $U_i = I_i R_i$  Afgeleide regels $1/R_{123} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$  $\begin{matrix} I_i & I_{\text{bron}} \\ 1/R_i & 1/R_{123} \end{matrix}$
C Een lampje in serie met de parallel van twee lampjes Lampje	Twee stroomkringen BL <sub>1</sub> L <sub>2</sub> en BL <sub>1</sub> L <sub>3</sub> .	$I_{123} = I_1 = I_2 + I_3$	$U_2 = U_3$ $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2$ $U_{\text{bron}} = U_1 + U_3$	Afgeleide regels $R_{23} = 1 / (1/R_2 + 1/R_3)$  $R_{123} = R_1 + R_{23}$
D een lampje parallel aan de serie van twee lampjes	Twee stroomkringen BL <sub>1</sub> en B L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> .	$I_2 = I_3$ $I_{123} = I_1 + I_2$ $I_{123} = I_1 + I_3$	$U_{\text{bron}} = U_1$ $U_{\text{bron}} = U_2 + U_3$	Afgeleide regels $1/R_{123} = 1/R_1 + 1 / (R_2 + R_3)$



## Docentenhandleiding Deel 3 Les 5

### 5.1 Programma

#### *In de les*

10 min in groepjes

Bespreken van het havo-toepassingsprobleem *De veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie*

Bespreken van het vwo-toepassingsprobleem *De spanningsregelaar*

10 min klassikaal

uitwisselen en nabespreken van het toepassingsprobleem

15 min

-in groepjes doorspreken van theorie en opgaven

-eventueel doet de docent een opgave voor

10 min

Afronding § 3 *Serie- en parallelschakeling*

Met samenvattingformulier

#### *Huiswerk 5>6*

25 min

maken en nakijken

havo-opgaven 11 12

vwo-opgaven 11\* 14\* 16\* 12 13 15

15 min

afmaken en leren § 2 en § 3

## 5.2H Verwerken havo-toepassingsprobleem

### ***Bedoeling***

- uitbreiden van het aantal toepassingsituaties voor de net verworven kennis
- consolideren van de net verworven kennis
- een begin maken met reflecteren op aspecten van probleemaanpak.

### ***Werkvorm en tijdsduur***

Denken-delen-uitwisselen;  
denken (individueel) als huiswerk 10 min;  
delen (in kleine groepjes) in de klas 10 min  
uitwisselen (klassikaal) 10 min

### **Omschrijving activiteit**

*Delen (in groepjes van drie of vier leerlingen)*

De docent laat groepjes vormen van drie of vier leerlingen die serieus aan het probleem gewerkt hebben; wie dat niet gedaan heeft gaat dat alsnog doen.

De docent begeleidt het groepswork door te luisteren, door samen te vatten en door het geven van activerende opdrachten die aansluiten bij de denklijn van de leerlingen. Hij noteert relevante observaties om te verwerken in de nabespreking.

*Uitwisselen (klassikaal)*

De docent bespreekt kort het antwoord op het probleem met gebruikmaking van zijn observaties.

Daarna inventariseert de docent hoe het probleem is aangepakt door per groepje iemand aan te wijzen die het resultaat van 2) *De aanpak* rapporteert. De docent vat de inbreng van de leerlingen samen geordend naar: verkennen van de situatie, en: bedenken van een aanpak.

### ***Inhoudelijke uitwerking toepassingsprobleem Veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie***

#### *Situatie*

In de huisinstallatie zijn veiligheidsmaatregelen getroffen tegen brandgevaar en elektrocutiegevaar. In deze opdracht bekijk je een groepenkast met zekeringen en aardlekschakelaar voor twee niet-geaarde groepen.

De groepenkast schakelt het licht in een deel van het huis uit

A als je te veel apparaten aansluit

B als je sluiting maakt tussen fasedraad en nuldraad

De groepenkast schakelt het licht uit in het hele huis

C als je een niet-geïsoleerde fasedraad aanraakt.

### *Vragen*

T1 Welke veiligheid geeft de aardlekschakelaar die een zekering niet biedt?

T2 Welke veiligheid geeft een zekering die een aardlekschakelaar niet biedt?

Onderbouw voor iedere situatie A, B en C je antwoord door de stroomkring in te kleuren die de veiligheidsvoorziening in werking zet en bereken het aantal toegestane stofzuigers per groep als de zekering 16 A kan hebben (zie figuur 3.3 uit leerlingenmateriaal).

### *Antwoorden*

A als je te veel apparaten aansluit

Als je meer apparaten aansluit wordt de stroom door de kring en daarmee door de zekering steeds groter; de zekering brandt tenslotte door. Dit beschermt tegen brandgevaar.

De aardlekschakelaar blijft ingeschakeld want er is geen lekstroom.

Berekening:  $16 \text{ A} / 3 \text{ A} = 5$  stofzuigers op een groep.

B als je sluiting maakt tussen fasedraad en nuldraad

Als je sluiting maakt tussen fasedraad en nuldraad dan wordt de stroom door de kring en daarmee door de zekering erg groot, de zekering brandt door. Dit beschermt tegen brandgevaar.

Ook hier blijft de aardlekschakelaar ingeschakeld want er is geen lekstroom.

C. als je een niet-geïsoleerde draad aanraakt.

Dat is niet zo best om een niet-geïsoleerde draad aan te raken. Je loopt elektrocutiegevaar als er geen aardlekschakelaar zou zijn geweest. De stroom via je lichaam is te klein om de zekering te laten doorbranden; maar het is een grote lekstroom dus schakelt de aardlekschakelaar uit. In een ongeaarde installatie geeft een aardlekschakelaar bescherming tegen elektrocutiegevaar.

T1

Een installatie zonder aardlekschakelaar beschermt niet tegen lekstromen; dus er is geen bescherming als iemand een ongeïsoleerde fasedraad aanraakt.

T2

Een installatie met alleen een aardlekschakelaar zou niet beschermen tegen brandgevaar door kortsluiting of overbelasting

T3

Als je met je ene hand de fasedraad beetpakt en met je andere de nuldraad is dat heel gevaarlijk. De zekering beschermt niet want de stroom is te klein.. De aardlekschakelaar beschermt niet want er is geen lekstroom. Dus: nooit met beide handen werken aan een elektrische installatie waar spanning op staat.

## 5.2V Verwerken vwo-toepassingsprobleem

### **Bedoeling**

- uitbreiden van het aantal toepassings situaties voor de net verworven kennis
- consolideren van de net verworven kennis
- een begin maken met reflecteren op aspecten van probleemaanpak.

### **Werkvorm en tijdsduur**

Denken-delen-uitwisselen;  
denken (individueel) als huiswerk 10 min;  
delen (in kleine groepjes) in de klas 10 min  
uitwisselen (klassikaal) 10 min

### **Omschrijving activiteit**

*Delen (in groepjes van drie of vier leerlingen)*

De docent laat groepjes vormen van drie of vier leerlingen die serieus aan het probleem gewerkt hebben; wie dat niet gedaan heeft gaat dat alsnog doen.

De docent begeleidt het groepswork door te luisteren, door samen te vatten en door het geven van activerende opdrachten die aansluiten bij de denklijn van de leerlingen. Hij noteert relevante observaties om te verwerken in de nabespreking.

*Uitwisselen (klassikaal)*

De docent bespreekt kort het antwoord op het probleem met gebruikmaking van zijn observaties.

Vragen

- T1 Waarom hangt de spanning  $U_{PQ}$  met P in stand S of stand Q niet af van de weerstand van het lampje dat je op PQ aansluit?
- T2 Waarom hangt in andere standen de spanning  $U_{PQ}$  wel af van de weerstand van het lampje dat je op PQ aansluit?

Eventueel bespreekt de docent de vervolgvragen:

Mogelijke vervolgvragen zijn:

- T3 Waarom kun je beter een spanningsdeler gebruiken dan een variabele weerstand in serie?
- T4 In de elektrische huisinstallatie worden draaitransformatoren gebruikt als dimmer in plaats van spanningsdelers. Wat is het voordeel daarvan?

Daarna inventariseert de docent hoe het probleem is aangepakt door per groepje iemand aan te wijzen die het resultaat van 2) *De aanpak* rapporteert. De docent vat de inbreng van de leerlingen samen geordend naar: verkennen van de situatie, en: bedenken van een aanpak.

### **Verwachte begripsmoeilijkheden voor leerlingen**

Een groot aantal leerlingen ziet moeilijk in dat de spanningsdeler met lampje weergegeven kan worden als een serieschakeling van  $R_1$  met de parallel van  $R_2$  en  $L$  met  $R_1$  en  $R_2$  variabel, maar  $R_1 + R_2$  constant.

Verder is het lastig om in te zien dat de spanningsdeling niet wordt gegeven door de verhouding van  $R_1$  en  $R_2$ , maar door de verhouding van  $R_1$  en de vervangingsweerstand van  $R_2$  en  $L$ .

Hier geldt eens te meer dat veranderingen in de schakeling overal gevolgen kunnen hebben.

### **Inhoudelijke uitwerking**

*T1* Waarom hangt de spanning  $U_{PQ}$  met  $P$  in stand  $S$  of stand  $Q$  niet af van de weerstand van het lampje dat je op  $PQ$  aansluit?

Als  $P$  in stand  $S$  is, is de spanning over het lampje en ook over de schuifweerstand gelijk aan de bronspanning. Lampje en gehele schuifweerstand staan dan parallel.

Als  $P$  in stand  $Q$  is zijn de uiteinden van het lampje verbonden met twee dezelfde punten  $P$  en  $Q$ . De spanning over het lampje is dan 0,0 V.

*T2* Waarom hangt in andere standen de spanning  $U_{PQ}$  wel af van de weerstand van het lampje dat je op  $PQ$  aansluit?

Als  $P$  op een andere plaats dan  $S$  of  $Q$  staat, geldt dat de spanning verdeeld wordt naar de verhouding van  $R_1$  en de vervangingsweerstand van  $R_1$  en  $L$ . De vervangingsweerstand hangt af van de weerstandswaarde van  $L$ . Hoe lager  $L$  des te lager de vervangingsweerstand van  $R_2$  en  $L$ , en des te lager  $U_{PQ}$ .

Dit kun je onderbouwen door berekeningen van  $P$  in de aangeraden stand 0,75 van  $QS$ .

Zonder lampje:

$$R_1 = 0,25 \times 24 \text{ Ohm} = 6,0 \text{ Ohm}; R_2 = 0,75 \times 24 \text{ Ohm} = 18,0 \text{ Ohm}$$

$$U_{PQ} = [ R_2 / (R_1 + R_2) ] \cdot U_{\text{bron}} = [18,0 / (6,0 + 18,0) ] \cdot 12,0 \text{ V} = 9,00 \text{ V}$$

Met een lampje  $L_1$  (6,0 V; 0,50 A; 12,0 Ohm)

$$1/R_v = 1/R_2 + 1/R_L = 1/18,0 + 1/12,0 \text{ dus } R_v = 7,2 \text{ Ohm}$$

$$U_{PQ} = [ R_v / (R_1 + R_v) ] \times U_{\text{bron}} = [7,20 / (6,0 + 7,20)] \times 12,0 = 6,54 \text{ V}$$

Met een lampje  $L_2$  (6,0 V; 1,00 A; 6,0 Ohm)

$$1/R_v = 1/R_2 + 1/R_L = 1/18,0 + 1/6,0 \text{ dus } R_v = 4,5 \text{ Ohm}$$

$$U_{PQ} = [ R_v / (R_1 + R_v) ] \cdot U_{\text{bron}} = [4,5 / (6,0 + 4,5)] \times 12,0 = 5,14 \text{ V}$$

NB als de weerstand van het lampje kleiner wordt in dezelfde stand van de spanningsdeler de spanning over het lampje kleiner

### **Aspecten van probleemaanpak**

### *Verkennen situatie*

Om de spanningsdeler te begrijpen is het handig de schakeling opnieuw te tekenen.

- Knip de schuifweerstand in tweeën  $R_{\text{schuif}} = R_1 + R_2$
- Realiseer je dat het gaat om een serieschakeling van  $R_1$  met de parallel van  $R_2$  en  $L$ .
- Realiseer je dat uitgangsspanning  $U_{PQ}$  af zal hangen van de weerstand van het lampje  $L$ .

### *Aanpak probleem*

Voor het oplossen van problemen met een spanningsdeler kun je de volgende stappen nemen.

- reken eerst de vervangingsweerstand  $R_v$  van  $R_2$  en  $L$  uit;
- met de verhoudingsregel voor  $R_1$  en  $R_v$  kun je nu  $U_{PQ}$  berekenen.

### 5.3 Afronding § 3 met samenvattingsformulier

#### *Bedoeling*

Voortgang van het inhoudelijke leerproces tijdens § 3 vaststellen met de leerlingen.

-Hoe is § 3 geïntroduceerd?

-Wat zijn de leerlingen te weten gekomen? Wat hebben ze geleerd?

-Wat weten ze nog niet? Wat gaan ze in § 4 leren? (= introductie § 4)

#### *Tijdsduur en werkvorm*

Voordracht en vraag-en-antwoord van 10 minuten. Met behulp van het samenvattingsformulier

#### *Omschrijving van de activiteit*

De docent vraagt de leerlingen het samenvattingsformulier voor zich te nemen en te bekijken.

De docent geeft aan dat de leerlingen in de introductie op § 3 gestart zijn met de paragraafvragen:

P1 Hoe meet en bereken je de spanning, stroom en weerstand in een schakeling met meerdere weerstanden, lampjes of apparaten?

P2 Met welke wetmatigheden die gelden voor *serie- en parallelschakelingen* kun je de veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie beter begrijpen?

De docent loopt de belangrijkste begrippen en wetmatigheden uit het samenvattingsformulier even langs.

Daarna volgt een gesprek met als leidraad:

-wat is het gevonden antwoord op de paragraafvragen? Noteer jouw antwoord

-zijn er vragen onbeantwoord gebleven? Noteer jouw vragen.

De docent brengt de hoofdstukvraag in herinnering. Deze vraag is slechts ten dele beantwoord.

-In deze paragraaf hebben we veel aandacht besteed aan schakelingen van lampjes en weerstanden, en maar weinig aan de elektrische huisinstallatie.

-We hebben nog geen aandacht besteed aan het verbruik van elektrische energie en aan warmteontwikkeling in de schakeling

Dit is het aansluitpunt voor de introductie van § 4; maar eerst de voortgangstoets van § 2 en § 3.

## ***Inhoudelijke achtergrondinformatie voor de docent.***

### ***Antwoorden op de paragraafvragen***

*P1 Hoe meet en bereken je de spanning, stroom en weerstand in een schakeling met meerdere weerstanden, lampjes of apparaten?*

### ***Basisregels en afgeleide regels***

Voor iedere elektrische schakeling met meer weerstanden gelden drie basisregels voor spanning, stroom en weerstand.

(1) *stroomregel*: behoud van elektronenstroom

-bij een weerstand  $I_{\text{voor}} = I_{\text{na}}$

-bij splitsen:  $I_{\text{hoofdtak}} = I_{\text{deeltak1}} + I_{\text{deeltak2}} + \dots$

-bij samengaan:  $I_{\text{deeltak1}} + I_{\text{deeltak2}} + \dots = I_{\text{hoofdtak}}$

(2) *spanningsregel*: behoud van energie

-voor iedere gesloten kring met daarin een bron  $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2 + \dots$

-voor parallelle weerstanden in een kring geldt:  $U_1 = U_2 = \dots$

(3) *weerstandregel of wet van Ohm*:

-voor de schakeling als geheel:  $U_{\text{bron}} = I_{\text{schakeling}} R_{123}$

-voor iedere weerstand  $i$  geldt:  $U_i = I_i R_i$

Voor elektrische schakelingen met weerstanden in serie of weerstanden parallel gelden twee afgeleide regels

(4) *vervangingsweerstand*

-parallelschakeling  $1/R_{123} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$

-serieschakeling  $R_{123} = R_1 + R_2 + \dots$

(5) *verhoudingstabellen voor stroomsplitsing en spanningsdeling*

-splitsen van stroom in een parallelschakeling

$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_{\text{bron}}$
$1/R_1$	$1/R_2$	$1/R_3$	$1/R_{123}$

-spanning in een serieschakeling

$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_{\text{bron}}$
$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_{123}$



P2 *Met welke wetmatigheden die gelden voor serie- en parallelschakelingen kun je de veiligheidsmaatregelen in de elektrische huisinstallatie beter begrijpen?*

Bij *kortsluiting* is er een stroomkring met vrijwel geen weerstand. Dit betekent dat hier een grote stroom gaat lopen, waardoor de zekering doorbrandt.

Bij *overbelasting* worden er steeds meer apparaten of lampen aangesloten op de bron. De stroom die de bron levert is de som van de stromen in alle parallelle stroomkringen. Er gaat een steeds grotere stroom door de bron en de zekering lopen. De *zekering* brandt door.

Als je *onder spanning komt te staan* doordat je een ongeïsoleerde fasedraad aanraakt dan gaat er een stroom door je lichaam naar aarde. Dit betekent een parallelle stroomkring buiten de aardlekschakelaar om. De stroom door fasedraad en nuldraad verschillen en de aardlekschakelaar schakelt uit.

Als een apparaat *onder spanning* komt te staan omdat een ongeïsoleerde fasedraad tegen het apparaat komt, dan levert dat gevaar op, tenzij het apparaat geaard is. Dan is er namelijk sprake van een extra stroomkring buiten de aardlekschakelaar om en de aardlekschakelaar schakelt uit. Als er geen aardlekschakelaar is dan wordt deze stroom zo groot dat de zekering doorbrandt en de installatie ook wordt uitgeschakeld.



## **Docentenhandleiding**

### **Les 6**

#### **6.1 Programma (zie lessenplan)**

##### ***In de les***

25 min individueel  
voortgangstoets § 2 en § 3

10 min klassikaal  
introdunctie § 4 *Elektrische energie*  
-met paragraafvragen  
-in relatie tot hoofdstukvraag

10 min klassikaal en kort denken-delen-uitwisselen  
-met instaprobleem en demonstratie *Een roodgloeiende metaaldraad deels onderdompelen in water.*

##### ***Huiswerk 6>7***

10 min  
bestuderen theorie § 4 *Elektrische energie (wit)*

20 min  
maken en nakijken opgaven 8 10 16 (blz 42 – 43)

10 min  
Oplossen instaprobleem (zie vervolgvragen)

#### **6.2 Introdunctie § 4 Elektrische energie.**

##### ***Bedoeling***

-De docent stelt het onderwerp van § 4 *Elektrische energie* (in samenhang met hoofdstukvragen en in samenhang met de inhoud van de nieuwe paragraaf); de leerling krijgt zicht op het onderwerp van de paragraaf en op de samenhang met het hoofdstuk als geheel.

##### ***Werkvorm en tijdsduur***

Voordracht afgewisseld met vraag-en-antwoord De tijdsduur is 10 minuten. De docent werkt met het leerlingenboekje.

##### ***Omschrijving activiteit***

### *Voordracht door de docent*

Het hoofdstuk gaat over het goed en veilig functioneren van elektrische schakelingen en over wetmatigheden die gelden voor elektrische schakelingen. Je hebt hierbij al diverse keren gezien dat in een apparaat, een draad of een weerstand warmte ontwikkeld wordt. Denk aan brandgevaar in de huisinstallatie en aan het doorbranden van zekeringen. In een elektrische installatie wil je zo min mogelijk warmteontwikkeling in de bron of in de bedrading. Bijvoorbeeld bij een schakeling van een batterij en een lampje wil je dat zoveel mogelijk elektrische energie naar het lampje gaat en zo min mogelijk elektrische energie in de batterij wordt omgezet in warmte. In deze paragraaf gaat het om de *warmteontwikkeling in bedrading en in apparaten*.

De paragraafvragen zijn (zie leerlingenmateriaal)

- P1 Hoe bereken je in een elektrische schakeling de hoeveelheid *warmte die wordt ontwikkeld* in de bedrading, de apparaten en de bron?
- P2 Wat is in de huisinstallatie de invloed van verlengsnoeren en bedrading op het goed werken van apparaten en lampen?

### **6.3 Het instapprobleem met demonstratie *Een roodgloeiende metaaldraad gedeeltelijk onderdompelen in water***

#### ***Bedoeling***

- De docent inventariseert relevante voorkennis om er bij aan te sluiten (schoolkennis, dagelijkse ervaring, denkbeelden) en vat deze voorkennis samen in een vorm die geschikt is voor de nieuwe toepassings situatie; de leerling heeft relevante voorkennis paraat.
- De docent wekt kennisbehoefte op. De leerlingen ervaren een begripsgat en het probleem wordt een probleem voor de leerlingen;
- De docent straalt enthousiasme uit en de leerlingen raken geïnteresseerd en gemotiveerd.

#### ***Werkvorm en tijdsduur***

Vraag-en-antwoord en een keer kort denken –delen –uitwisselen. Tijdsduur 10 minuten. De docent werkt op het bord. Leerlingen nemen dit als aantekeningen over (zie bordschema)

#### ***Omschrijving van de activiteit***

##### *Confrontatie en startvraag*

De docent toont de opstelling aan de leerlingen. Het gaat om een metaaldraad waaraan een gewichtje hangt om de draad in een V-vorm te laten hangen. De docent toont dat de metaaldraad gaat gloeien en steeds sterker als de spanning wordt opgedraaid. Er is een spanningsmeter en een stroommeter om  $U_{\text{bron}}$  en  $I_{\text{draad}}$  af te kunnen lezen.

De docent vat samen wat de leerlingen kunnen begrijpen vanuit hun voorkennis:

- een elektrische stroom kan warmte ontwikkelen in een metaaldraad;
  - de temperatuur van de metaaldraad hangt af van het evenwicht tussen ontwikkelde warmte en de afgegeven warmte;
  - de weerstand van de draad neemt toe als de draad harder gaat gloeien;
  - bij toenemende spanning neemt de stroom minder dan evenredig toe.
- Verder wijst de docent op de overeenkomst met een gloeilamp.

De docent kondigt aan de draad te gaan onderdompelen in een aquarium met water en noemt de startvraag voor het instapprobleem:

I1 Wat gebeurt er als je de roodgloeiende metaaldraad deels onderdompelt in water?

#### *Verwachtingen en argumenten*

De docent geeft aan dat de leerlingen straks gaan formuleren wat ze verwachten dat er zal gebeuren. Deze verwachtingen worden genoteerd in het verwachtingenschema in het leerlingenboekje.

De docent licht dit schema als volgt toe:

Als de draad ondergedompeld is kun je deze draad opvatten als een serieschakeling van drie weerstanden: de draad boven water ( $R_1$ ), de draad onder water ( $R_2$ ) en de draad boven water ( $R_3$ ).

Als de draad nog niet ondergedompeld is geldt voor de draad als geheel een warmte-evenwicht met de omgeving. Elektrische energie wordt omgezet in warmte, en warmte wordt afgegeven aan de omgeving. Bij een warmte-evenwicht verandert de temperatuur niet meer en blijft de draad fel gloeien. Dit warmte-evenwicht wordt verstoord door het onderdompelen.

Docent laat de leerlingen in het schema aangeven wat ieder verwacht dat er zal gebeuren met ieder van de drie gedeelten van de draad. ( 2 min; individueel).

Docent laat de leerlingen in twee- of drietallen argumenten uitwisselen. ( 2 min; kleine groepjes).

Vervolgens inventariseert de docent kort verwachtingen en argumenten door per groepje iemand te laten rapporteren.( 2 min; klassikaal)

#### *Waarnemingen*

De docent laat de roodgloeiende draad langzaam zakken in het water. Het gedeelte onder water houdt op met gloeien; de twee gedeelten boven water gaan sterker gloeien; de stroom door de metaaldraad neemt toe, terwijl de bronspanning gelijk is gebleven. Het schema met de waarnemingen wordt het nieuwe object van aandacht.

#### *Verklaringsvraag*

De docent stelt de *verklaringsvraag* (met welke wetmatigheden kun je de waargenomen verschijnselen beter begrijpen?) en stelt vervolgvragen (zie leerlingenmateriaal). Dit betekent voor leerlingen een perspectiefwisseling van samenvatten van verschijnselen in patronen naar verklaren van verschijnselen met wetmatigheden.

#### *Vervolgvragen*

I2 Waarom veroorzaakt het water geen kortsluiting?

I3 Waarom heeft het onderdompelen overal in de schakeling gevolgen?

Nadere studie van de theorie uit § 4 is nodig om de vervolgvragen te kunnen beantwoorden en het instapprobleem te kunnen oplossen.

### **Ontbrekende kennis**

Om de verklaringsvragen te kunnen beantwoorden moet het instaprobleem gezien worden als:

(1) een serieschakeling van drie weerstanden  $R_i$ : metaaldraad boven water, metaaldraad onder water, metaaldraad boven water

Voor iedere weerstand  $R_i$  en voor de metaaldraad als geheel geldt:

$$\text{weerstandsregel: } U_i = I_i \cdot R_i$$

$$\text{energieregulering } P_i = E_i/t$$

$$\text{vermogensregel } P_i = U_i \cdot I_i$$

NB1. De weerstand van het water mag je parallel zien aan de weerstand van de ondergedompelde draad. De weerstand van het water veel hoger is dan de weerstand van de metaaldraad en mag worden verwaarloosd. Het water veroorzaakt geen kortsluiting.

NB2

Een verandering in een van de weerstanden heeft gevolgen voor de spanning en de stroom in de gehele schakeling.

(2) een warmte-evenwicht van ieder deel van de metaaldraad  $R_i$  en de omgeving

$E_{el, bron}$     $Q_{in}$    weerstand  $R_i$     $Q_{uit}$

$$Q_{in} > Q_{uit} \text{ opwarmen}$$

$$Q_{in} < Q_{uit} \text{ afkoelen}$$

$$Q_{in} = Q_{uit} \text{ op temperatuur houden}$$

### **Bordschema**

Gloeiende metaaldraad

-een elektrische stroom kan warmte ontwikkelen in een metaaldraad

-de temperatuur van de metaaldraad hangt af van het evenwicht tussen ontwikkelde warmte en afgegeven warmte

-de weerstand van de draad neemt toe als de draad harder gaat gloeien

-bij toenemende spanning neemt de stroom minder dan evenredig toe.

### **Verwachtingen en waarnemingen**

	hoe gloeit dit deel van de draad na onderdompelen?		
R1 boven water	niet	zwak / fel / <b>zeer fel</b>	brandt door
R2 onder water	<b>niet</b>	zwak / fel / zeer fel	brandt door
R3 boven water	niet	zwak / fel / <b>zeer fel</b>	brandt door

## beantwoording instapprobleem

Voor bestudering § 4

Gloeiende metaaldraad	voorkennis schakeling met een weerstand -een elektrische stroom kan warmte ontwikkelen in een metaaldraad -de temperatuur van de metaaldraad hangt af van het evenwicht tussen ontwikkelde warmte en de afgegeven warmte -de weerstand van de draad neemt toe als de draad harder gaat gloeien -bij toenemende spanning neemt de stroom minder dan evenredig toe.	voorkennis warmte-evenwicht -de temperatuur van de metaaldraad, dus de mate van gloeien, hangt af van het evenwicht tussen warmteontwikkeling en warmteafgifte
	kennisbehoefte -waar hangt het wel of niet gloeien van de metaaldraad vanaf?	
Gloeiende metaaldraad die Gedeeltelijk ondergedompeld is.	voorkennis -ondergedompelde metaaldraad is een serieschakeling van drie weerstanden -weerstandregel: $U_i = I_i \cdot R_i$	voorkennis -warmte-evenwicht en temperatuurstelling zal voor delen van de metaaldraad verschillen
	kennisbehoefte -waarom veroorzaakt het water geen kortsluiting -waarom heeft het onderdompelen overal in de schakeling gevolgen?	

### Overgang naar het huiswerk

Hiermee maakt de docent de overgang naar het huiswerk. Na bestudering van § 4 kan het instapprobleem opgelost worden door de verklaringsvragen en de vervolgvragen te beantwoorden. Aan het begin van de volgende les starten we met de beantwoording van deze vragen.





## Docentenhandleiding Deel 3

### Les 7

#### 7.1 Programma

##### *in de les*

15 min in groepjes  
nakijken en bespreken van  
voortgangstoets § 2 en § 3 (met uitwerking)

10 min klassikaal  
nabespreken instaprobleem

20 min in groepjes  
werken aan een onderzoeksplan *De weerstandswaarde van een ntc-weerstand*  
(om in te leveren)

##### ***Huiswerk 7>8***

10 min  
bestuderen toepassingen § 4 (geel)  
8 *Elektriciteitsrekening*  
9 *Energieverlies*

20 min  
maken en nakijken  
havo-opgaven 15 16  
vwo-opgaven 19 20

10 min  
oplossen toepassingsprobleem  
*Warmteontwikkeling in een verlengsnoer*

## 7.2 Nabespreken instapprobleem

### **Bedoeling**

-De leerlingen kunnen met behulp van de bestudeerde theorie de vervolgvragen bij het instapprobleem beantwoorden.

### **Werkvorm en tijdsduur**

Uitleg en vraag-en-antwoord 10 min.

### **Omschrijving van de activiteit**

#### *Voordracht door de docent*

De vorige keer hebben we een begin gemaakt met het oplossen van het instapprobleem.

Het ging om de startvraag

I1 Wat er gebeurt als je de roodgloeiende metaaldraad deels onderdompelt in water?

En om de vervolgvragen

I2 Waarom gaat de draad boven water harder gloeien?

I3 Waarom veroorzaakt het water geen kortsluiting?

I4 Waarom heeft het onderdompelen overal in de schakeling gevolgen?

Om deze vragen te beantwoorden moeten we de draad beschouwen als een serieschakeling  $R_1$  boven water,  $R_2$  onder water en  $R_3$  boven water. Verder is er een warmte-evenwicht tussen ieder deel van de draad en de omgeving.

De docent vraagt nu enkele leerlingen om het antwoord te formuleren op drie vervolgvragen en help ze bij de juiste formulering. We verwachten dat de meeste leerlingen de antwoorden nu kunnen begrijpen.

### **Beantwoording instapprobleem na bestudering van § 4**

#### *I1 Waar hangt het wel of niet gloeien van een draad vanaf?*

Er stelt zich bij een bepaalde temperatuur een evenwicht in zodra het toegevoerde vermogen gelijk is aan het afgevoerde vermogen.

Het *toegevoerd vermogen* is het verbruikte elektrische vermogen

-dit hangt af van spanning en stroomsterkte  $P_i = U_i \cdot I_i$  en via  $U_i = I_i \cdot R_i$  ook van de weerstand.

-de weerstand hangt af van soort materiaal, lengte, dwarsdoorsnedeoppervlak en van de temperatuur

-op zijn beurt hangen lengte en dwarsdoorsnedeoppervlak af van de temperatuur en de weerstand ook nog eens rechtstreeks van de temperatuur.

Het *afgevoerd vermogen* is het afgegeven warmtevermogen

-dit hangt af van het temperatuursverschil tussen de draad en de omgeving

-verder van het gemak waarmee een draad warmte afgeeft (bijvoorbeeld kleur, oppervlak, materiaal) en van het gemak waarmee de omgeving warmte opneemt (warmte geleidingsvermogen, warmtecapaciteit)

#### *I2 Wat er gebeurt als je deze gloeiende spiraaldraad onderdompelt in water?*

In het water neemt de temperatuur van de draad af (hij gloeit niet meer!!) Daardoor neemt de weerstandswaarde van het ondergedompelde stuk af en daarmee de weerstandswaarde van

de hele draad af. De stroom in de draad neemt toe, de hoeveelheid omgezette elektrische energie neemt toe en de draad zal buiten het water harder gaan gloeien of zelfs doorbranden.

*I3 Waarom veroorzaakt het water geen kortsluiting?*

De weerstandswaarde van het water (ordegrootte  $kO$ ?) is groot vergeleken bij de weerstandswaarde van de ondergedompelde metaaldraad (ordegrootte  $O$ ). Dit betekent dat het water geen invloed heeft op de schakeling.

Water in de huisinstallatie is gevaarlijk omdat water een verbinding kan maken tussen fasedraad en je lichaam; de weerstandswaarde van dit water is kleiner dan de weerstandswaarde van je lichaam; bovendien is de weerstand van een natte huid veel lager dan die van een droge huid.

*I4 Waarom heeft het onderdompelen overal in de schakeling gevolgen?*

Het veranderen van de weerstand van het ondergedompelde deel verandert de weerstandswaarde van de kring als geheel; daarmee verandert de stroomsterkte door de kring; daarmee veranderen de spanningsdalingen over de weerstand.

De volgende metafoer kan dit verduidelijken. Beschouw water in een afgesloten buizensysteem, zoals de cv. Als je ergens een kraan sluit stopt de waterstroom overal. Het dichtdraaien van de kraan kan overal gevolgen hebben.



## Docentenhandleiding Deel 3

### Les 8A

#### 8.1 Programma

##### *In de les*

10 min in kleine groepjes  
bespreken van toepassingsprobleem *Warmteontwikkeling in een verlengsnoer*

10 min klassikaal  
-uitwisselen en nabespreken

10 min  
Klassikaal  
*Afronding § 4 Elektrische energie*

5 min klassikaal  
Introductie § 5 *Weerstand*  
-met paragraafvragen  
-in relatie tot hoofdstukvraag

10 min klassikaal met even denken-delen-uitwisselen  
instaprobleem en demonstratie *een draaiweerstand geschakeld als hoeksensor*

##### *Huiswerk 8>9*

10 min  
bestuderen theorie (wit) §5 *Weerstand*

20 min  
maken en nakijken  
havo-opgaven 17 18 19  
vwo-opgaven 21 22

10 min  
oplossen instaprobleem

## 8.2 Verwerken toepassingsprobleem

### Omschrijving activiteit

*Delen (in groepjes van drie of vier leerlingen)*

De docent laat groepjes vormen van drie of vier leerlingen die serieus aan het probleem gewerkt hebben; wie dat niet gedaan heeft gaat dat alsnog doen.

De docent begeleidt het groepswork door te luisteren, door samen te vatten en door het geven van activerende opdrachten die aansluiten bij de denklijn van de leerlingen. Hij noteert relevante observaties om te verwerken in de nabespreking.

*Uitwisselen (klassikaal)*

De docent bespreekt kort het antwoord op het probleem met gebruikmaking van zijn observaties.

- T1 Waarom is de maximaal toegestane stroomsterkte in een opgerold verlengsnoer lager dan in een afgerold verlengsnoer?
- T2 Waarom mag deze straalkachel niet aangesloten worden op een opgerold verlengsnoer? Eventueel stelt de docent vervolgvragen en bespreekt antwoorden
- T3 Is het warmtevermogen van een kachel met verlengsnoer anders dan het warmtevermogen van een kachel alleen?
- T4 Werkt het kacheltje met een verlengsnoer wel op de juiste spanning?

Daarna inventariseert de docent hoe het probleem is aangepakt door per groepje iemand aan te wijzen die het resultaat van 2) *De aanpak* rapporteert. De docent vat de inbreng van de leerlingen samen geordend naar: verkennen van de situatie, en: bedenken van een aanpak.

### *Verwachte begripsmoeilijkheden voor leerlingen*

Een groot aantal leerlingen is geneigd de volgende redenering te houden: een opgerold snoer heeft een grotere weerstand dan een uitgerold snoer; bij een grotere weerstand is er meer warmteontwikkeling, dus mag je een snoer niet opgerold gebruiken (qed!?)

De weerstandswaarde van een opgerold snoer en van een uitgerold snoer zijn echter gelijk (zie aanwijzing). Dit vraagt (ook achteraf!) nog wel enige toelichting voor de leerlingen. Het werkt verduidelijkend om een snoer te nemen en de vraag te stellen en te bespreken of de weerstand anders wordt als je een lus in het snoer legt.

De gedachte dat de warmteontwikkeling groter is bij een kleine weerstand wordt versterkt door het feit dat gloeiende draden altijd dun zijn

Verder wordt door leerlingen meestal niet overzien dat door het veranderen van weerstand de stroomsterkte verandert. Bij constante spanning en lagere stroom is het warmtevermogen dat ontwikkeld wordt kleiner. ( $P = U \cdot I$ ).

## Inhoudelijk uitwerking

T1 *Waarom is de maximaal toegestane stroomsterkte in een opgerold verlengsnoer lager dan in een afgerold verlengsnoer?*

De elektrische weerstand van een opgerold snoer is gelijk aan de elektrische weerstand van een uitgerold snoer. De elektrische weerstand hangt af van de lengte en doorsnee van het snoer, maar niet van bochten in het snoer. De vergelijking met water in een slang kan je in de war brengen! We laten weerstandsveranderingen als gevolg van temperatuursstijging buiten beschouwing.

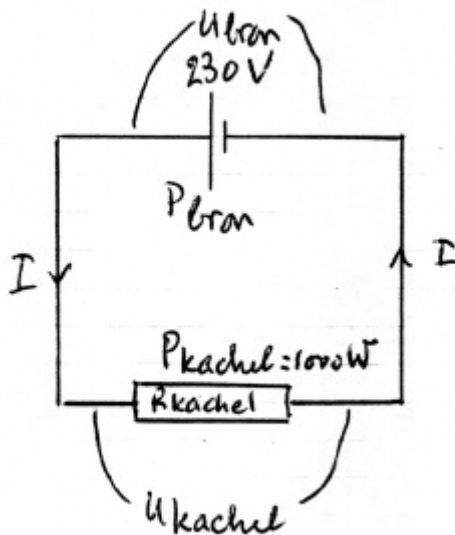
De warmtevermogen dat ontwikkeld wordt is in een opgerold snoer even groot als in een uitgerold snoer, want spanning en weerstand zijn gelijk en er geldt  $P = UI$ .

De warmteafgifte aan de omgeving is echter bij een opgerold snoer veel lager dan bij een uitgerold snoer. Daarmee wordt de temperatuur van het opgerolde snoer hoger en kan de isolatie gaan smelten

T2 *Waarom mag deze straalkachel niet aangesloten worden op een opgerold verlengsnoer?*

De weerstand van het kacheltje volgt uit de gegevens voor de situatie dat het kacheltje rechtstreeks is aangesloten op het stopcontact van 230 V kacheltje

$$I_{kachel} = P_{kachel} / U_{kachel} = 1000/230 = 4,35 \text{ A}$$
$$R_{kachel} = U_{kachel} / I_{schakeling} = 230 / 4,35 = 52,9 \text{ } \Omega$$



Beschouw nu de situatie dat het straalkacheltje via het verlengsnoer is aangesloten op een stopcontact van 230 V. Dan geldt

$$I_{schakeling} = U_{bron} / (R_{snoer} + R_{kachel}) = 230 / (52,9 + 0,5) = 4,31 \text{ A}$$

Dit is hoger dan de toegestane waarde voor een opgerold snoer (2,6 A) en lager dan de toegestane waarde voor een uitgerold snoer (6,0 A). Een opgerold snoer mag dus niet met dit kacheltje.

### Vervolg vragen

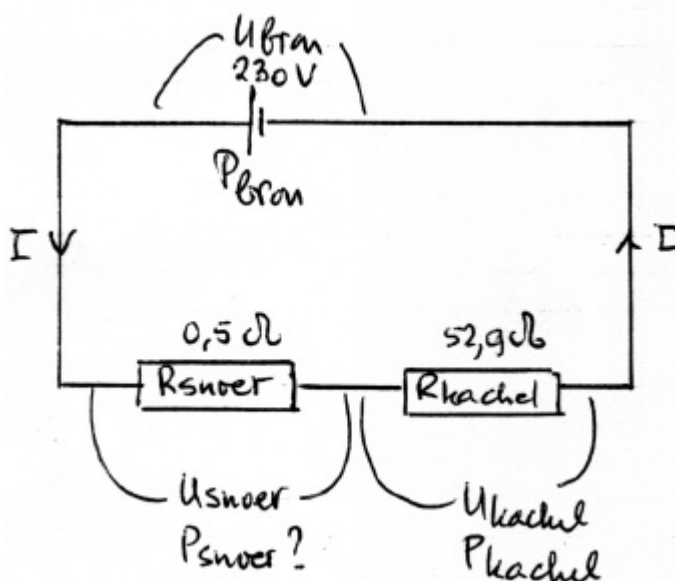
T3 Is het warmtevermogen van een kachel met verlengsnoer anders dan het warmtevermogen van een kachel alleen?

$$P_{\text{snoer}} = U_{\text{snoer}} I_{\text{snoer}} \text{ en } U_{\text{snoer}} = I_{\text{snoer}} R_{\text{snoer}}$$

dus  $U_{\text{snoer}} = 4,31 \cdot 0,5 = 2,15 \text{ V}$  en  $P_{\text{snoer}} = 2,15 \cdot 4,31 = 9,28 \text{ W}$

$$P_{\text{kachel}} = U_{\text{kachel}} \cdot I_{\text{kachel}} \text{ en } U_{\text{kachel}} = I_{\text{kachel}} \cdot R_{\text{kachel}}$$

dus  $U_{\text{kachel}} = 4,31 \cdot 52,9 = 228,0 \text{ V}$  en  $P_{\text{snoer}} = 228,0 \cdot 4,31 = 982,7 \text{ W}$



Het is opvallend dat het ontwikkelde warmtevermogen bij de kachel met verlengsnoer lager is dan het ontwikkelde warmtevermogen van de kachel alleen ( $982,7 \text{ W} + 9,3 \text{ W} < 1000 \text{ W}$ ). Dit komt omdat de weerstand van kachel en verlengsnoer in serie is groter dan de weerstand van kachel alleen; de bronspanning is in beide gevallen  $230 \text{ V}$

T4 Werkt het kacheltje met een verlengsnoer wel op de juiste spanning?

Over de kachel staat een spanning van  $228 \text{ V}$  in plaats van  $230 \text{ V}$ ; het ontwikkelde warmtevermogen is  $983 \text{ W}$  in plaats van  $1000 \text{ W}$ . Het kacheltje functioneert dus met verlengsnoer ook goed. Bovendien verspreidt de warmte die zich in het verlengsnoer ontwikkelt ook in huis.



## *Aspecten van probleemaanpak*

Bij probleemaanpak richten we ons hier op de eerste twee stappen van een systematische probleemaanpak.

- a. verkennen van de situatie (wat is er aan de hand?): het tekenen van de schakeling met daarin alle gegevens en het gevraagde is een onmisbaar hulpmiddel.
- b. een aanpak bedenken (hoe ga ik het aanpakken?): het maken van een symbolenboom als een puntsgewijs plan van aanpak kan helpen.

### *Situatie*

Het gaat om het vergelijken van de warmteontwikkeling in een schakeling met alleen het kacheltje en een schakeling met een snoer en een kacheltje in serie. Dus er zijn twee tekeningen nodig. (zie figuur 1 en figuur 2 )

Aandachtspunten voor het tekenen van de schakeling zijn:

-de boogjes bij U benadrukken dat het gaat om spanningsverschil tussen twee punten bijvoorbeeld tussen de polen van de batterij of tussen de uiteinden van een weerstand.

-het pijltje bij I benadrukt dat het gaat om een stroom in de leiding, in de weerstand en in de batterij.

-alle symbolen hebben een index die het object (bron, snoer, kachel) specificceert.

-de gegevens zijn bij de symbolen geplaatst!

-het gevraagde is aangegeven met een ?

Voor de leerlingen is een grote moeilijkheid, waar ze moeten beginnen met rekenen. Is dat met de schakeling als geheel of met een onderdeel, en welk dan?

Als aanwijzing geldt: begin te rekenen met een deel waar je het meeste van weet; dat kan ook het geheel zijn.

### *Aanpak probleem 1*

In de opdracht wordt er van uit gegaan dat de leerlingen drie formules gebruiken bij berekeningen aan warmte ontwikkeling;

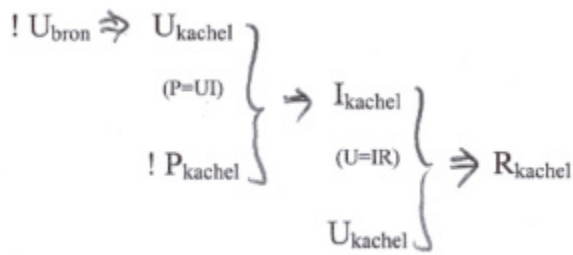
$$P = E / t \quad U_i = I_i \cdot R_i \quad P_i = U_i \cdot I_i$$

Probleem 1: Stel dat  $R_{\text{kachel}}$  wordt gevraagd en dat  $U_{\text{bron}}$  en  $P_{\text{kachel}}$  zijn gegeven: hoe pak je dit dan aan?

Je weet het meeste voor de formule  $P = U \cdot I$  dus daar begin je. Dan weet je genoeg voor de formule  $U = I \cdot R$  dus daar ga je mee verder.

Vermogensregel

Weerstandsregel



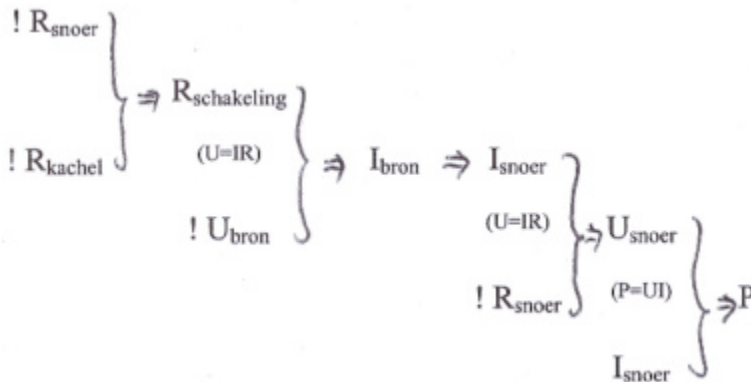
### Aanpak probleem 2

In de opdracht wordt er van uit gegaan dat de leerlingen drie formules gebruiken bij berekeningen aan warmteontwikkeling;

$$P = E / t \quad U_i = I_i R_i \quad P_i = U_i I_i$$

Probleem 2 : Stel dat  $P_{snoer}$  ? wordt gevraagd en dat  $U_{bron}$ ,  $R_{snoer}$  en  $R_{kachel}$  zijn gegeven: hoe pak je dit dan aan?

Je weet het meeste van de schakeling als geheel; dus daar begin je ( $R_{12} = R_1 + R_2$  en  $U=IR$ ). Nu weet je meer over het snoer (namelijk  $I_{snoer}$ ) dus kun je verder met het snoer. (eerst  $U=IR$  dan  $P=UI$ ).



De schakeling als geheel

Het snoer

Als je gebruik mag maken dat bij een serieschakeling de spanningsverhouding gelijk is aan de weerstandsverhouding laten zich nog weer andere symbolenbomen opzetten.

### 8.3 Afronding § 4

#### *Bedoeling*

Voortgang van het inhoudelijke leerproces tijdens § 4 vaststellen met de leerlingen.

- Hoe is § 4 geïntroduceerd?
- Wat zijn de leerlingen te weten gekomen? Wat hebben ze geleerd?
- Wat weten ze nog niet? Wat gaan ze in § 5 leren? (= introductie § 5)

#### *Tijdsduur en werkvorm*

Voordracht en vraag-en-antwoord van 10 minuten.

#### *Omschrijving activiteit*

De docent vraagt de leerlingen het samenvattingformulier voor zich te nemen en te bekijken. De docent geeft aan dat de leerlingen in de introductie op § 4 gestart zijn met de paragraafvragen:

- P1 Hoe bereken je in een elektrische schakeling de hoeveelheid *warmte die wordt ontwikkeld* in de bedrading, de apparaten en de bron?
- P2 Wat is de huisinstallatie de invloed van verlengsnoeren en bedrading op het goed werken van apparaten en lampen?

De docent loopt de belangrijkste begrippen en wetmatigheden uit het samenvattingformulier even langs.

Daarna volgt een gesprek met als leidraad:

- wat is het gevonden antwoord op de paragraafvragen?
- zijn er vragen onbeantwoord gebleven?

Waarschijnlijk komt naar voren dat de paragraafvragen nagenoeg volledig zijn beantwoord. De docent brengt de hoofdstukvraag in herinnering. Aan een groot aantal aspecten van de hoofdstukvraag is aandacht besteed. Nog niet aan de grote variëteit aan weerstanden en hun eigenschappen en aan de sensorschakeling als een belangrijke toepassing van de variabele weerstand. Daarna maakt de docent de overgang naar de introductie van § 5

Dit is het aansluitpunt voor de introductie van § 5;

#### 8.4 Samenvattend antwoord op de paragraafvragen en het instapprobleem

*P1 Hoe bereken je in een elektrische schakeling de hoeveelheid warmte die wordt ontwikkeld in de bedrading, de apparaten en de bron?*

Energieregel  $P = E / t$

Vermogensregel  $P_i = U_i \cdot I_i$  in combinatie met de

weerstandsregel  $U_i = I_i \cdot R_i$

*P2 Wat is de huisinstallatie de invloed van verlengsnoeren en bedrading op het goed werken van apparaten en lampen?*

Bedrading en verlengsnoeren worden zo gekozen dat er weinig warmteontwikkeling is in de bedrading en snoeren. Dan is er ook een klein spanningsverlies over de bedrading en de snoeren. Een voorbeeld van spanningsverlies over de bedrading is de kleine spanning van enkele volts tussen nuldraad en aarddraad.

## Docentenhandleiding Deel 3

### Les 8B

#### 8.5 Introductie § 5 Weerstand.

##### *Bedoeling*

-De docent stelt het onderwerp van § 5 *Weerstand* (in samenhang met hoofdstukvragen en in samenhang met de inhoud van de nieuwe paragraaf); de leerling krijgt zicht op het onderwerp van de paragraaf en op de samenhang met het hoofdstuk als geheel.

##### *Werkvorm en tijdsduur*

Voordracht afgewisseld met vraag-en-antwoord . De tijdsduur is 5 minuten. De docent werkt met het leerlingenboekje.

##### *Omschrijving activiteit*

###### *Voordracht door de docent*

In deze paragraaf ga je verschillende soorten weerstanden bestuderen waarvan je de weerstandswaarde kunt variëren. De weerstand van een metaaldraad blijkt af te hangen van de lengte van de metaaldraad, de doorsnede van de metaaldraad en van het soort materiaal. Er zijn ook weerstanden waarbij de weerstandswaarde afhangt van de hoeveelheid licht die op de weerstand valt, of van de temperatuur van de weerstand, of van de richting van de stroom in de weerstand. Deze *variabele weerstanden* kun je gebruiken voor het meten van de hoek, de lichtsterkte of de temperatuur.

De paragraafvragen zijn (zie leerlingenmateriaal)

- P1 Welke soorten variabele weerstanden zijn er en waar hangt de weerstandswaarde van die variabele weerstanden vanaf?
- P2 Hoe kun je een variabele weerstand gebruiken voor het meten van bijvoorbeeld hoeken, lichtsterkte of temperatuur?

## 8.6 Instapprobleem met demonstratie *Een draaiweerstand geschakeld als hoeksensor.*

### ***Bedoeling***

- De docent inventariseert relevante voorkennis om er bij aan te sluiten (schoolkennis, dagelijkse ervaring, denkbeelden) en vat deze voorkennis samen in een vorm die geschikt is voor de nieuwe toepassings situatie; de leerling heeft relevante voorkennis paraat.
- De docent wekt kennisbehoefte op. De leerlingen ervaren een begripsgat en het probleem wordt een probleem voor de leerlingen;
- De docent straalt enthousiasme uit en de leerlingen raken geïnteresseerd en gemotiveerd.

### ***Werkvorm en tijdsduur***

Vraag-en-antwoord en een keer denken-delen-uitwisselen. De tijdsduur is 10 minuten. De docent werkt op het bord. Leerlingen nemen dit als aantekeningen over (zie bordschema)

### ***Omschrijving van de activiteit***

#### *Confrontatie en startvraag*

De docent toont de opstelling aan de leerlingen. Het gaat om een variabele draaiweerstand in serie geschakeld met een weerstand met een vaste waarde ( 4,7 kO) (zie figuur 4.1). Voor de variabele draaiweerstand geldt een (bijna) lineair verband tussen de hoek  $0^{\circ} - 270^{\circ}$  en de weerstand 0 kO – 9,0 kO. De schakeling is aangesloten op een spanningsbron (10 V). De docent toont dat de uitgangsspanning  $U_{uit}$  afhangt van de stand van de draaiweerstand.

De docent vat samen wat de leerlingen kunnen begrijpen vanuit hun voorkennis:

- de uitgangsspanning is een deel van de bronspanning
- de verhouding van de variabele weerstand en de vaste weerstand bepalen de grootte van de uitgangsspanning
- in deze schakeling is de uitgangsspanning een maat voor de hoek van de draaiweerstand.

De docent geeft aan dat je deze schakeling kunt gebruiken om hoeken te meten als je de *ijkgrafiek* kent. Dit is een grafiek van de uitgangsspanning als functie van de hoek van de draaiweerstand.

De docent kondigt aan dat hij dit straks gaat meten. Maar eerst legt hij de leerlingen de startvraag voor:

I1 Hoe ziet de ijkgrafiek er uit?

#### *Verwachtingen en argumenten*

Docent laat de leerlingen in het diagram aangeven hoe ieder verwacht dat de ijkgrafiek er uit ziet. (2 min individueel)

Docent laat in twee- of drietalen argumenten uitwisselen ( 2 min; kleine groepjes).

De docent inventariseert kort verwachtingen en argumenten door per groepje iemand te laten rapporteren.( 2 min; klassikaal)

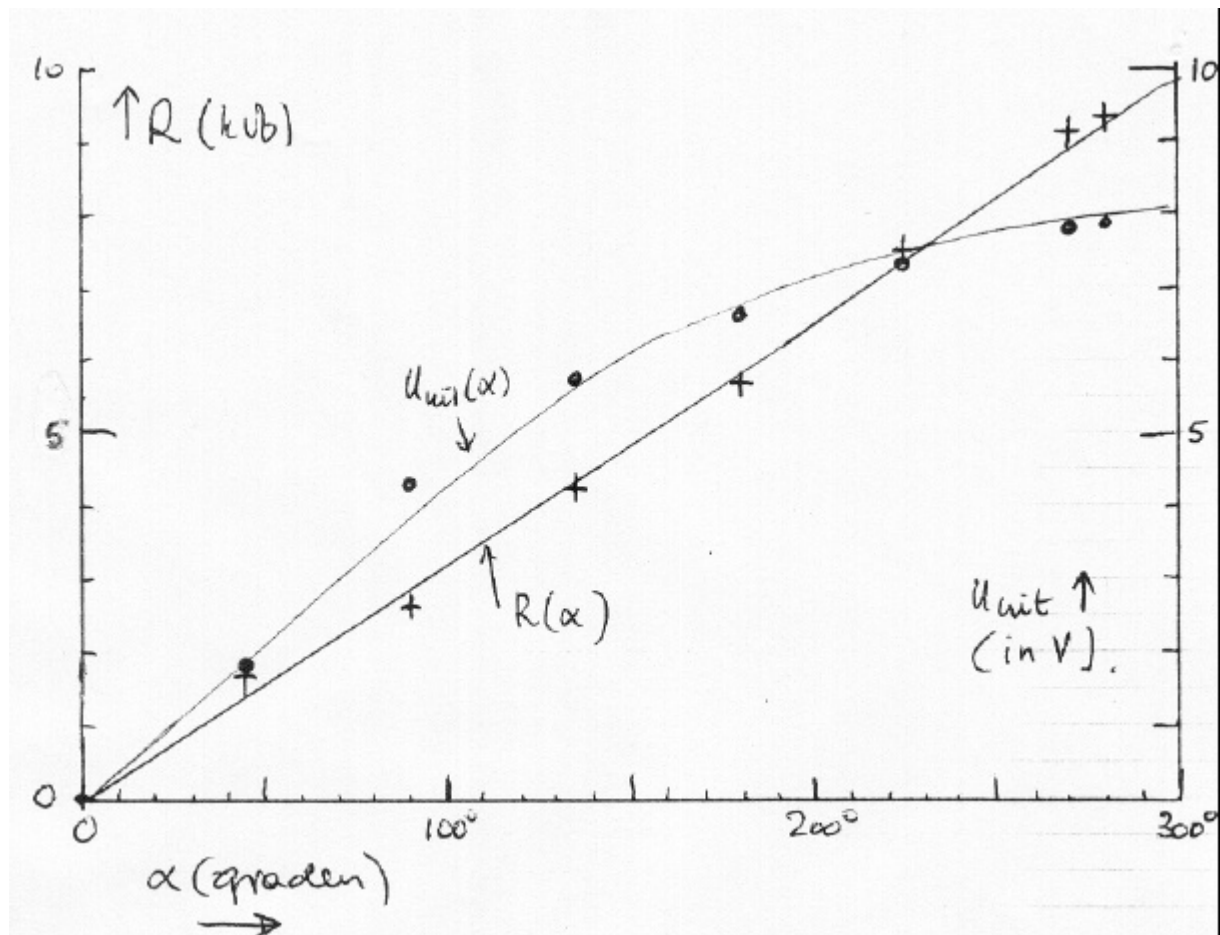
#### *Waarnemingen*

Daarna meet de docent de uitgangsspanning voor een aantal waarden van de hoek bijvoorbeeld om de  $45^{\circ}$ . Het blijkt dat de ijkgrafiek geen rechte lijn is.

Bordschema

metingen

Stand graden	Weerstand kO	Uitgangsspanning V
0	0,00	0,00
45	1,70	1,77
90	2,60	4,29
135	4,27	5,67
180	5,69	6,55
225	7,50	7,31
270	9,05	7,83
280 (max)	9,27	7,89



### *Verklaringsvraag*

De docent stelt de *verklaringsvraag*

I2 Met welke wetmatigheden kun je begrijpen dat de ijkgrafiek geen rechte lijn is?.

Dit betekent voor leerlingen een perspectiefwisseling van samenvatten van verschijnselen in patronen naar verklaren van verschijnselen met wetmatigheden.

### ***Verwachte begripsmoeilijkheden.***

De meest leerlingen zullen verwachten dat de uitgangsspanning lineair verloopt met de weerstandswaarde van de variabele weerstand. In de relatie  $U = I R$  wordt dan impliciet verondersteld dat de stroomsterkte  $I$  constant is gebleven ondanks de verandering van de variabele weerstand.

In een elektrische schakeling geldt echter dat een verandering in de schakeling overal gevolgen kan hebben. In dit geval: als de variabele weerstand kleiner wordt, dan wordt de weerstand van de kring kleiner, en dus de stroom groter. Maar hieruit kun je geen conclusies trekken voor de uitgangsspanning.

In dit geval kun je beter uitgaan van spanningsdeling over twee weerstanden. Als de variabele weerstand kleiner wordt komt over de variabele weerstand een kleiner deel van de bronspanning te staan (ook al wordt de stroom groter!!)

### ***Ontbrekende kennis***

Om de verklaringsvraag te kunnen beantwoorden moet de samenhang van spanning en stroom in een serieschakeling met één variabele weerstand goed doorzien worden.

### ***Overgang naar het huiswerk***

Hiermee maakt de docent de overgang naar het huiswerk. Aan het begin van de volgende les starten we met de beantwoording van de verklaringsvraag.



## Docentenhandleiding Deel 3 Les 9

### 9.1 Programma

#### *in de klas*

10 min klassikaal  
nabespreken instaprobleem

5 min  
instructie practicum

30 min  
Uitvoeren van een onderzoek volgens werkplan Practicum 3 *De weerstandswaarde van een ntc-weertand*

maken verslag (om in te leveren)

#### ***Huiswerk 9 > 10***

10 min  
bestuderen  
havo-toepassingen § 5 (geel)  
10 *Leidingweerstand*

vwo-toepassingen § 5 (geel)  
10 *Diode als gelijkrichter*  
11 *Leidingweerstand*

20 min  
maken en nakijken  
havo-opgaven 20 21  
vwo-opgaven 23 24\* 25

10 min  
oplossen toepassingsprobleem *Een ntc-weerstand als temperatuursensor geschakeld*

## 9.2 Nabespreken instaprobleem *Een draaiweerstand geschakeld als hoeksensor*

### **Bedoeling**

-De leerlingen kunnen met behulp van de bestudeerde toepassingen de verklaringsvragen en de vervolgvragen bij het instaprobleem beantwoorden.

### **Werkvorm en tijdsduur**

Uitleg en vraag-en-antwoord 10 min.

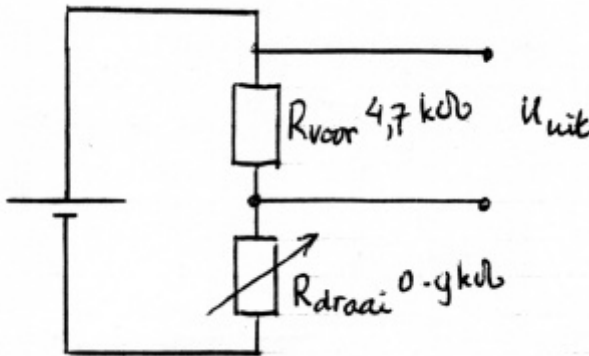
### **Omschrijving van de activiteit**

#### *Voordracht door de docent*

De vorige keer hebben we een begin gemaakt met het oplossen van het instaprobleem.

Het ging om de situatie

Op een bord is een variabele draaiweerstand in serie geschakeld met een weerstand met een vaste waarde (4,7 kΩ) (zie figuur 5.1). Voor de variabele draaiweerstand geldt een (bijna) lineair verband tussen de hoek  $0^\circ - 270^\circ$  en de weerstand  $0 \text{ k}\Omega - 9,0 \text{ k}\Omega$ . De schakeling is aangesloten op een spanningsbron (10 V). De uitgangsspanning  $U_{\text{uit}}$  hangt af van de stand van de draaiweerstand. Je kunt deze schakeling gebruiken om hoeken te meten als je de *ijkgrafiek* kent. Dit is een grafiek van de uitgangsspanning als functie van de hoek van de draaiweerstand



### *Startvraag*

II Hoe ziet de ijkgrafiek er uit?

### **Inhoudelijke uitwerking van het instaprobleem**

Voor de uitgangsspanning geldt dat de bronspanning verdeeld wordt naar verhouding van de weerstanden.

$$U_{\text{uit}} / U_{\text{bron}} = R_{\text{draai}} / (R_{\text{draai}} + R_{\text{vast}})$$

Dit betekent dat  $U_{\text{uit}}$  niet lineair is met  $R_{\text{draai}}$

Een rekenvoorbeeld kan dit verduidelijken:

Neem  $U_{\text{bron}} = 10 \text{ V}$ ;  $R_{\text{vast}} = 5 \text{ k}\Omega$ ;  $R_{\text{draai}} = 0\text{-}10 \text{ k}\Omega$

$R_{\text{draai}}$ in $\text{k}\Omega$	$U_{\text{uit}}$ in $\text{V}$
0,0	0,00
2,5	3,33
5,0	5,00
7,5	6,00
10,0	6,67

Dus niet lineair !



## Docentenhandleiding Deel 3

### Les 10

#### 10. 1 Programma

##### *in de les*

10 min in groepjes  
bespreken van het toepassingsprobleem

10 min klassikaal  
uitwisselen en nabespreken van het toepassingsprobleem

15 min in groepjes  
doorspreken van theorie en opgaven § 5;

10 min klassikaal  
afronding § 5 *Weerstand*  
met samenvattingformulier

#### **huiswerk 10 > 11**

15 min  
maken en nakijken  
havo-opgaven 22 23  
vwo-opgaven 26

15 min  
afmaken en leren § 4 en § 5

## 10.2 Verwerken toepassingsprobleem

### *Omschrijving activiteit*

*Delen (in groepjes van drie of vier leerlingen)*

De docent laat groepjes vormen van drie of vier leerlingen die serieus aan het probleem gewerkt hebben; wie dat niet gedaan heeft gaat dat alsnog doen.

De docent begeleidt het groepswork door te luisteren, door samen te vatten en door het geven van activerende opdrachten die aansluiten bij de denklijn van de leerlingen. Hij noteert relevante observaties om te verwerken in de nabespreking.

### *Uitwisselen (klassikaal)*

De docent bespreekt kort het antwoord op het probleem met gebruikmaking van zijn observaties

T1 Hoe ziet de ijkgrafiek van deze temperatuursensor er uit?.

Eventueel stelt de docent vervolgvragen en bespreekt antwoorden

T2 De ijkgrafiek geeft een (bijna) lineair verband tussen temperatuur en uitgangsspanning. Was dat te verwachten?

T3 Als de ntc-weerstand verandert verandert niet alleen de spanning over de ntc-weerstand, maar ook de spanning over de voorschakelweerstand. Leg dit uit.

T4 Schets de ijkgrafiek als je de voorschakelweerstand vervangt door een exemplaar met  $R_{\text{voor}} = 5 \text{ } \Omega$ . Waarom is dit geen handige keuze van  $R_{\text{voor}}$ ?

T5 Schets de ijkgrafiek als je de voorschakelweerstand vervangt door een exemplaar met  $R_{\text{voor}} = 5 \text{ M}\Omega$ . Waarom is dit geen handige keuze van  $R_{\text{voor}}$ ?

Daarna inventariseert de docent hoe het probleem is aangepakt door per groepje iemand aan te wijzen die het resultaat van 2) *De aanpak* rapporteert. De docent vat de inbreng van de leerlingen samen geordend naar: verkennen van de situatie, en: bedenken van een aanpak.

### *Verwachte begripsmoeilijkheden voor leerlingen*

Voor leerlingen is de formule  $U_{\text{uit}}$  met  $U_{\text{uit}} = [ R_{\text{voor}} / (R_{\text{voor}} + R_{\text{ntc}}) ] \cdot U_{\text{bron}}$  lastig te doorzien. Het gaat om *spanningsdeling* van  $U_{\text{bron}}$  over de weerstanden  $R_{\text{voor}}$  en  $R_{\text{ntc}}$ .  $U_{\text{uit}}$  hangt op een complexe manier af van  $R_{\text{voor}}$  en  $R_{\text{ntc}}$ .

Bijvoorbeeld:

-als de voorschakelweerstand 0 is dan is de uitgangsspanning 0 V want over een weerstand van 0 V staat geen spanning; als de voorschakelweerstand heel groot is dan is de uitgangsspanning  $U_{\text{bron}}$ , want  $R_{\text{ntc}}$  is dan verwaarloosbaar.

-als t groter wordt, dan wordt  $R_{\text{ntc}}$  kleiner, dan wordt  $U_{\text{uit}}$  groter (spanningsdeling); maar tegelijkertijd wordt  $I_{\text{schakeling}}$  kleiner.

Verder is moeilijk te doorzien waarom een sensorschakeling met spanningsmeting beter is dan bijvoorbeeld een  $R_{\text{ntc}}$  die alleen is opgenomen in de kring met stroommeting. Het gaat bij een sensorschakeling om een uitgangsspanning die weer gebruikt kan worden als ingangsspanning voor een regelapparaat.

### Inhoudelijk uitwerking

vraag:

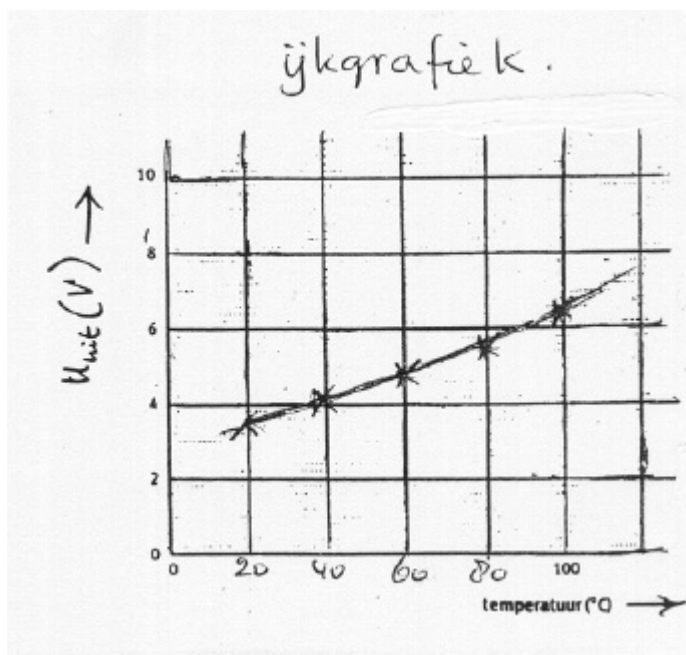
T1 Hoe ziet de ijkgrafiek van deze temperatuursensor er uit?.

-Lees de waarde van  $R_{ntc}$  af voor vijf waarden van  $T$

-Bereken de bijbehorende  $U_{uit}$  met  $U_{uit} = [ R_{voor} / (R_{voor} + R_{ntc}) ] \cdot U_{bron}$

$R_{voor} = 5,0 \text{ k}\Omega$        $U_{bron} = 9,0 \text{ V}$

$T$ (in $^{\circ}\text{C}$ )	$R_{ntc}$ (in $\text{k}\Omega$ )	$U_{uit}$ (in $\text{V}$ )
20	7,8	3,51
40	6,0	4,09
60	4,5	4,74
80	3,2	5,49
100	2,0	6,43



figuur ijkgrafiek:  $(U,t)$ -diagram

## Vervolg vragen

T2 De ijkgrafiek geeft een (bijna) lineair verband tussen temperatuur en uitgangsspanning. Was dat te verwachten?

De weerstandswaarde van de NTC is omgekeerd evenredig met de temperatuur; de formule voor  $U_{uit}$  is niet lineair; dus er hoeft geen lineair verband uit te komen.

T3 Als de ntc-weerstand verandert, verandert niet alleen de spanning over de ntc-weerstand, maar ook de spanning over de voorschakelweerstand. Leg dit uit.

Als  $R_{NTC}$  kleiner wordt, dan wordt de totale weerstand kleiner, dan neemt de stroom toe, en dan neemt de spanning over de voorschakelweerstand toe.

Je ziet dit ook in de formule  $U_{uit} = [ R_{voor} / (R_{voor} + R_{ntc}) ] \cdot U_{bron}$

T4 Schets de ijkgrafiek als je de voorschakelweerstand vervangt door een exemplaar met  $R_{voor} = 5 \Omega$ . Waarom is dit geen handige keuze van  $R_{voor}$ ?

Bij deze keuze geldt  $U_{uit} = [5/(5+5000(\text{variabel}))] \cdot 9,0 \text{ V}$ ; dus 9,0 mV (variabel)

T5 Schets de ijkgrafiek als je de voorschakelweerstand vervangt door een exemplaar met  $R_{voor} = 5 \text{ MO}$ . Waarom is dit geen handige keuze van  $R_{voor}$ ?

Bij deze keuze geldt  $U_{uit} = [5000000/(5000000+5000 (\text{varabel}))] \cdot 9,0 \text{ V}$ ; dus steeds 9,0 V

## Aspecten van probleemaanpak

Bij probleemaanpak richten we ons hier op de eerste twee stappen van een systematische probleemaanpak.

- verkennen van de situatie (wat is er aan de hand?): het tekenen van de schakeling met daarin alle gegevens en het gevraagde is een onmisbaar hulpmiddel.
- een aanpak bedenken (hoe ga ik het aanpakken?): het maken van een symbolenboom als een puntsgewijs plan van aanpak kan helpen.

## Situatie

Het gaat om de serieschakeling met een variabele weerstand ( $R_{ntc}$ ) en een vaste weerstand ( $R_{voor}$ )



Aandachtspunten voor het tekenen van de schakeling zijn:

-de boogjes bij U benadrukken dat het gaat om spanningsverschil tussen twee punten bijvoorbeeld tussen de polen van de batterij of tussen de uiteinden van een weerstand.

-het pijltje bij I benadrukt dat het gaat om een stroom in de leiding, in de weerstand en in de batterij.

-alle symbolen hebben een index die het object (bron, ntc, voor) specificeert.

-de gegevens worden bij de symbolen geplaatst!

-het gevraagde  $U_{uit}$  wordt aangegeven met een ?

*Aanpak probleem 1*

Er zijn twee verschillende manieren om de formule  $U_{uit} = [ R_{voor} / (R_{voor} + R_{ntc}) ] \cdot U_{bron}$  af te leiden.

a. Met behulp van de afgeleide regel van spanningsdeling.

$U_{uit}$	$U_{voor}$	$U_{ntc}$
$R_{schakeling}$	$R_{voor}$	$R_{ntc}$

b. Met behulp van de basisregel  $R_i = U_i / I_i$  die geldt voor de gehele schakeling en de delen van de schakeling.

!  $U_{bron}$

$(U=I \cdot R) \quad \Rightarrow \quad I_{voor}$

$I_{ntc}$

!  $R_{voor} \quad (U=I \cdot R) \quad \Rightarrow \quad U_{ntc}$

$U_{voor}$

!  $R_{ntc} \quad !R_{ntc}$

!  $R_{voor}$

Eerst het geheel, dan de delen

### *Aanpak probleem 2*

De ijkgrafiek wordt voor enkele punten getekend met behulp van de formule

$$U_{\text{uit}} = [ R_{\text{voor}} / (R_{\text{voor}} + R_{\text{ntc}}) ] \cdot U_{\text{bron}}$$

Het gaat om zicht te houden op waar je mee bezig bent.

$(R, t)$ -diagram:  $t$  levert  $R_{\text{ntc}}$  (aflezen)

Formule:  $R_{\text{ntc}}$  levert  $U_{\text{uit}}$

Het resultaat is een  $(U_{\text{uit}}, t)$ -diagram, de zogenaamde ijkgrafiek, die je nodig hebt om de sensorschakeling als meet instrument te gebruiken.

## **Docentenhandleiding Deel 3**

### **Les 11**

#### **11. 1 Programma**

##### *In de les*

inleveren verslag

25 min individueel  
voortgangstoets §4 en §5

20 min individueel  
Werken aan afrondingsopdracht *Goed en veilig werken van elektrische schakelingen*  
(taakverdelend A, B, C of D)

##### **huiswerk 11 > 12**

15 min  
maken en nakijken  
havo-opgaven 24 25  
vwo-opgaven 31 32

15 min  
maken afrondingsopdracht *Goed en veilig werken van elektrische schakelingen*  
(taakverdelend A, B, C of D)



## **Docentenhandleiding Deel 3**

### **Les 12**

#### **12.1 Programma**

##### *in de les*

10 min in expertgroepjes  
bespreken en aanvullen afrondingsopdracht

10 min in gemengde groepjes  
presenteren afrondingsopdrachten

10 min klassikaal  
-nabespreken  
-afronden hoofdstuk

15 min in groepjes  
nakijken en bespreken van voortgangstoets  
§ 4 en § 5 (met uitwerking)

#### **Huiswerk 12 > T**

90 min  
voorbereiden toets

30 min  
maken en nakijken  
havo-oefenopgaven 26 27 28  
vwo-oefenopgaven 27\* 28\* 29\* 30\* 33 34

