

**Meten aan modelvoer- en vaartuigen in een windtunnel en een sleeptank, bepalen van de lichtsnelheid, opnemen van echo- en tomogrammen, onderzoek aan de bloeddruk in een model van de bloedsomloop... Dit zijn slechts enkele voorbeelden van de praktische opdrachten die leerlingen kunnen uitvoeren in het nieuwe VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde van de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde, Universiteit Utrecht. In dit artikel een overzicht van de beschikbare experimenten en een indruk van de practicumhandleiding, de werkwijze en organisatie, en de practicumwebsite. Ten slotte natuurlijk ook de gebruikerservaringen.**

## **Het VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde Praktische opdrachten uitvoeren op de Universiteit Utrecht**

**Koos Kortland en Cathalijn Drukker**

---

Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen  
Universiteit Utrecht

Het VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde bij de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde van de Universiteit Utrecht is bedoeld voor gebruik door vwo-leerlingen (5 en 6 vwo NG en NT). Een deel van de proefopstellingen is overigens ook geschikt voor gebruik door havo-leerlingen (5 havo NT). Het practicum is bedoeld als dienstverlening aan natuurkundedocenten in het voortgezet onderwijs. Er staan proefopstellingen die vanwege de complexiteit en de kosten op een school moeilijk of niet te realiseren zijn. Het door de leerlingen met deze proefopstellingen uit te voeren onderzoek sluit aan bij het VWO Examenprogramma Natuurkunde N1 en N2, en legt daarnaast verbindingen met andere disciplines zoals aardwetenschappen, biomedische wetenschappen en techniek. Dit onderzoek kan gezien worden als een praktische opdracht of als (onderdeel van) het profielwerkstuk – afhankelijk van de visie van de school op deze onderdelen van het examenprogramma.



De twee practicumzalen van het VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde bevinden zich in het Minnaertgebouw van de Universiteit Utrecht (links). De leerlingen zijn bezig met een onderzoek naar het verloop van de bloeddruk in een mechanisch model van de bloedsomloop (rechts)..

Na een aanloopperiode van twee jaar staat het VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde nu open voor gebruik door natuurkundedocenten en hun leerlingen.

### **Experimenten**

De beschikbare experimenten en een korte beschrijving van het daarmee uit te voeren onderzoek staan in het kader hieronder. De lijst met experimenten zal de komende jaren geleidelijk langer worden. De actuele stand van zaken is steeds na te gaan op de

practicumwebsite (zie elders in dit artikel).

#### **Experimenten VWO NG**

**Luchtweerstand** – Bepalen van de luchtweerstand op modelvoertuigen met verschillende afmeting en vorm (auto's en fietsen) in een windtunnel.

**Waterweerstand** – Bepalen van de waterweerstand op modelvaartuigen met verschillende afmeting en vorm in een sleeptank.

**Bloedsomloop** – Meten van de bloeddruk als functie van plaats en hoogte bij een variabel slagvolume en variabele slagfrequentie van het hart in een mechanisch model van de bloedsomloop.

**Bodemtemperatuur** – Onderzoek aan de dagelijkse verwarming van de aarde (zand) door de zon als functie van de tijd en diepte in een bodemmodel.

**Echografie** – Opnemen en interpreteren van echogrammen en onderzoek naar de factoren die invloed hebben op de beeldkwaliteit.

**Tomografie** – Opnemen en interpreteren van tomogrammen en onderzoek naar de factoren die invloed hebben op de beeldkwaliteit.

**Geluidsnelheid** – Meten van de geluidsnelheid in lucht aan de hand van faseverschillen in een lopende golf, de looptijd van een puls en de resonantiefrequenties van een luchtkolom.

**Bezinksnelheid** – Meten van de bezinksnelheid van bolletjes met uiteenlopende diameter in een vloeistof met correctie voor de 'randeffecten'.

**Lichtsnelheid** – Meten van de lichtsnelheid in lucht, water en perspex aan de hand van faseverschillen en bepalen van de brekingsindex van water en perspex.

#### **Experimenten VWO NT**

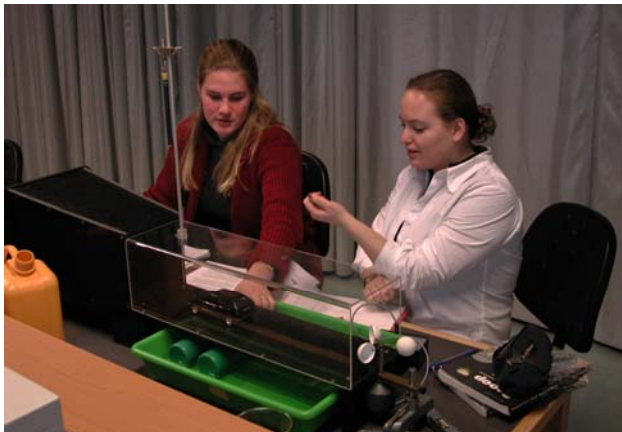
**Condensator** – Bepalen van de diëlektrische constante van lucht en de relatieve diëlektrische constante van perspex en paraffine met behulp van een platencondensator.

**Inductiespanning** – Controleren van de inductiewet van Faraday en bepalen van de magnetische permeabiliteit van lucht met behulp van een inductie-opstelling met stroomstijgingsgenerator.

**Centripetaalkracht** – Controleren van de centripetaalkrachtformule bij een eenparige cirkelbeweging.

**Lading/massa-verhouding elektron** – Bepalen van de lading/massa-verhouding van het elektron met verschillende elektronenstraalbuizen en vergelijken van de nauwkeurigheid van deze meetmethoden.

**Elektronendiffractie** – Aantonen van het golfkarakter en meten van de materiegolflengte van elektronen met een elektronendiffractie-opstelling.



Leerlingen in het VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde aan het werk met de windtunnel bij een onderzoek naar het verband tussen luchtweerstand en snelheid (links) en bij een controle van de formule voor de centripetaalkracht (rechts).

## **Practicumhandleiding**

Bij elk van de experimenten hoort een practicumhandleiding met de hieronder geschetste opbouw. Deze handleiding stuurt de voorbereiding, de uitvoering en de afsluiting van het

experiment.

**Inleiding** – De inleiding geeft een beeld van het onderzoeksterrein, en roept bij leerlingen een eerste idee op van de onderzoeksvragen en van de richting waarin een antwoord op die vragen gezocht zou kunnen worden.

**Meetopstelling** – De beschrijving van de meetopstelling geeft een beeld van de te variëren en te meten grootheden, en daarmee een beter idee van de onderzoeksvragen die met de proefopstelling te beantwoorden zijn.

**Onderzoeksvragen en werkplan** – Op grond van de voorgaande twee onderdelen van de practicumhandleiding kan de leerling zijn of haar onderzoeksvragen vaststellen en een werkplan maken voor het uitvoeren van het experimenteel onderzoek dat een antwoord op deze onderzoeksvragen moet opleveren.

**Meetmethode** – Voordat de leerling het werkplan gaat uitvoeren zijn enkele oriënterende metingen nodig om vast te stellen wat een goede meetmethode voor bepaalde grootheden is en om wat ervaring op te doen met het omgaan met de meetopstelling.

**Experimenteel onderzoek** – Aan de hand van het werkplan voert de leerling het experimenteel onderzoek uit.

**Theorie** – Na het uitvoeren van het experimenteel onderzoek is het in een aantal gevallen mogelijk om de onderzoeksresultaten te verklaren met behulp van de theorie. Soms is die theorie al bekend, in andere gevallen is literatuuronderzoek nodig.

**Rapportage** – Ten slotte rapporteert de leerling over het onderzoek in de vorm van een schriftelijk verslag of een mondelinge presentatie.

## Werkwijze en organisatie

De werkwijze bij een bezoek aan het practicum bestaat uit drie fasen: voorbereiding, uitvoering en afsluiting.

**Fasering** – De eerste drie onderdelen van de practicumhandleiding bij een experiment – inleiding, meetopstelling, onderzoeksvragen en werkplan – hebben een vrij gesloten karakter in verband met de gegeven meetopstelling. Aan deze drie onderdelen werkt de leerling op school/thuis als voorbereiding. De volgende twee onderdelen – meetmethode en experimenteel onderzoek – hebben een open karakter. Deze onderdelen worden uitgevoerd in de practicumzalen van het Minnaertgebouw. De afsluiting in de vorm van de beide laatste onderdelen – theorie en rapportage – gebeurt weer op school/thuis.

**Begeleiding** – De verantwoordelijkheid voor de begeleiding van de leerlingen bij de voorbereiding, uitvoering en afsluiting van het onderzoek en voor de beoordeling ligt bij u als natuurkundedocent en/of TOA. Uiteraard bestaat desgewenst de mogelijkheid om zelf eerst op afspraak het practicum te bekijken en vertrouwd te raken met de experimenten. Verder staat u er niet alleen voor: tijdens de uitvoering is een student-assistent aanwezig als aanspreekpunt voor de leerlingen bij vragen over het experiment en bij eventuele technische problemen met het functioneren van proefopstellingen.

**Kosten** – Gebruik maken van het practicum is (voorlopig) gratis. In verband met wettelijke aansprakelijkheid bij eventuele ongevallen is schriftelijke toestemming van de schooldirectie vereist, zodat het practicumbezoek als 'buitenschoolse activiteit' onder de dekking van de schoolverzekering valt. De eventuele vervoerskosten zijn voor rekening van de school.

## Practicumwebsite

De voorbereiding op het practicum verloopt via de practicumwebsite. Deze website bestaat uit twee delen: een leerlingendeel en een docentendeel.

**Leerlingendeel** – Het leerlingendeel van de website geeft allereerst algemene informatie over de opzet en de uitvoering van het practicum, samen met een korte beschrijving van elk van de experimenten. Op basis van deze korte beschrijving kunnen leerlingen een keuze maken voor een van de experimenten. Na het maken van deze keuze zijn ook de volledige practicumhandleiding bij het gekozen experiment, foto's van de proefopstelling en – indien van toepassing – instructies voor het gebruik van het computerprogramma (voor meten en verwerken) en/of achtergrondinformatie te vinden op de practicumwebsite. Dit alles staat in pdf-format op de website, en is door de leerlingen in het kader van de voorbereiding op de uitvoering van het experiment te printen.

**Docentendeel** – De practicumwebsite bevat ook een docentendeel met een overzicht van de onderzoeksvragen, aandachtspunten voor de begeleiding tijdens de uitvoering en de beoordeling van de resultaten, en voorbeeld-meetresultaten bij elk van de experimenten. Het leerlingendeel van de practicumwebsite is vrij toegankelijk. Voor toegang tot het docentendeel van de practicumwebsite is een wachtwoord nodig.

## Ervaringen

Het VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde draait inmiddels twee jaar. In die periode is het practicum getest door zo'n twaalf scholen met in totaal ruim zestig groepen, variërend van twee tot ruim twintig leerlingen. Dat betekent dat inmiddels de meeste kinderziekten zijn overwonnen.

De belangrijkste ervaring van de afgelopen jaren is dat de uitvoering van een experiment zonder voorafgaande voorbereiding vaak uiterst moeizaam verloopt. Een controle van de onderzoeksvragen en het werkplan door u als docent of TOA voorafgaand aan het practicumbezoek is daarom aan te bevelen. De uitvoering van het practicum vraagt ruwweg – afhankelijk van de experimenteervaardigheid en de mate van voorbereiding van de leerlingen – een dagdeel (ongeveer drie uur).

**Docenten** – De docent-gebruikers van het practicum zijn redelijk tevreden over het aantal experimenten, de variatie in experimenten en de mate van openheid van de practicumhandleiding. Al blijft er natuurlijk altijd nog wat te wensen over: meer experimenten, en binnen een experiment meer eigen keuzemogelijkheden voor de leerlingen. Aan dat eerste wordt gewerkt, maar dat tweede is lastiger te realiseren. Men is tevreden over de moeilijkheidsgraad van de experimenten, al moet daarbij wel de volgende kanttekening worden gemaakt: sommige experimenten sluiten nauw aan bij de examenstof (bijvoorbeeld luchtweerstand en waterweerstand), terwijl andere grotendeels nieuwe stof bevatten (bijvoorbeeld bodemtemperatuur) of niet goed vergelijkbaar zijn met andere experimenten (bijvoorbeeld echografie en tomografie) omdat daarbij geen metingen worden gedaan maar veel meer de werking van de betreffende technieken wordt onderzocht. Deze verschillen in moeilijkheidsgraad vragen van de docent een zekere mate van sturing bij het maken van een keuze uit de experimenten door de leerlingen.

**Leerlingen** – En dan de leerling-gebruikers. Zo'n driekwart van de bezoekende leerlingen vond het practicumbezoek aan de universiteit leuk en interessant. Het heeft bovendien een klein deel van deze leerlingen nieuwsgierig gemaakt naar datgene wat een wetenschapper aan een universiteit nu eigenlijk doet...

### **VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde**

Het VWO Bovenbouwpracticum Natuurkunde is een gezamenlijke onderneming van het Julius Instituut (het Onderwijsinstituut van de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde) en het Centrum Natuurkunde-Didactiek van de Universiteit Utrecht.

#### **Bezoekadres**

Minnaertgebouw, zaal 0.30 en 0.33, Universiteitscomplex De Uithof, Leuvenlaan 4, Utrecht.

Het Minnaertgebouw is bereikbaar met de GVV buslijnen 11 en 12 vanaf Utrecht Centraal Station. Een routebeschrijving is te vinden op de website van de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde: <http://www1.phys.uu.nl>. Kies: de faculteit > fysicacomplex > plattegronden en routebeschrijving.

#### **Practicumwebsite**

Adres: <http://www.cdbeta.uu.nl>. Kies: natuurkunde > onderwijs > bovenbouwpracticum.

#### **Informatie en reservering**

Koos Kortland

Postadres: CND, Buys Ballot Laboratorium UU, postbus 80.000, 3508 TA Utrecht

E-mail: [j.kortland@phys.uu.nl](mailto:j.kortland@phys.uu.nl)

Telefoon: 030 253 4258 (bgg 030 253 1179)

Reserveringsaanvragen bij voorkeur per e-mail op het bovenstaande adres. Vermeld daarbij de gewenste datum, het gewenste dagdeel (morgen of middag), het aantal leerlingen, het

leerjaar en het schooltype – en zo mogelijk de door de leerlingen gekozen experimenten.  
Het wachtwoord voor toegang tot het docentendeel van de practicumwebsite is eveneens per e-mail op te vragen.