



Europese boom van 2018



TAAK 1

Kurk – Een buitengewoon natuurlijk product

LAND: NLD

Team: A

INTRODUCTIE

Kurk is plantenweefsel dat gevormd wordt door cellen gevuld met een gasmengsel vergelijkbaar met lucht. De cellen zijn verbonden met natuurlijke polymeren; de belangrijkste zijn suberine (45%), lignine (27%) en polysachariden (12%). Dit bijzondere natuurlijke product is gewoon de schors van de kurkeik, de enige boom met een hernieuwbare schors.

Van alle kurkeiken in de wereld groeit ongeveer 50% in Portugal. Portugal verzorgt 55% van de jaarlijkse kurkproductie in de wereld.

Het schillen van de kurkeik om kurk te winnen zonder de schors onherstelbaar te beschadigen, wordt uitgevoerd door professionals. Op deze manier kan de kurkeik om de negen jaar geschild worden. Een kurkeik kan echter pas na 25 jaar voor het eerst geschild worden. Deze eerst gewonnen kurk kan goed gebruikt worden als ruw materiaal voor thermische en akoestische isolatie. Kurk wordt wereldwijd gebruikt vanwege de unieke eigenschappen. Momenteel wordt kurk voor veel meer doeleinden gebruikt dan alleen kurken stoppen of vloeren van kurk. In de in 2012 door de European Space Agency (ESA) gelanceerde Vega-raket bijvoorbeeld, werd kurk gebruikt in de neuskegel en andere temperatuurgevoelige plekken om oververhitting te voorkomen. In de context van duurzame ontwikkeling kan kurk een belangrijke rol vervullen. Het is een natuurproduct, hernieuwbaar, recyclebaar, niet giftig en het heeft exceptioneel goede milieu-eigenschappen. Bovendien biedt kurk innovatieve technologische mogelijkheden.

Tijdens een reis naar de provincie Alentejo, werden de vrienden, Vasco en Isabel, zeer verrast toen ze grote mooie bomen zagen waarvan de schors onlangs was verwijderd.

Ze vroegen de werkers of het verwijderen van de schors schadelijk was voor de bomen. De werkers grinnikten en vertelden hen dat de schors die ze verwijderd hadden gewoon kurk was, het materiaal dat ook voor de stoppen voor flessen gebruikt wordt.

Isabel herinnerde zich een foto die haar ouders gemaakt hadden tijdens de Expo 2000 in Hannover. Het was een foto van het Portugees Paviljoen, waarvan de wanden gemaakt waren van kurk! (Zie figuur 1) Ze werden nieuwsgierig en wilden graag meer weten van de fantastische kurkeik en de kurk die geproduceerd werd en de mogelijke toepassingen daarvan.



Figuur A – Portugees Paviljoen tijdens Expo 2000 in Hannover.

Álvaro Siza Vieira en Eduardo Souto Moura, Portugese architecten en winnaars van de Pritzker-prijs, gebruikten gewone kurkplaten en hoge-dichtheid-kurkplaten als bedekking van sommige gevels.

In deze taak gaan jullie meer leren over kurk en hopelijk begrijpen jullie daarna waarom kurk beschouwd wordt als een bijzonder natuurproduct.

Met dit doel, ga je Vasco en Isabel laten zien hoe je de kurkeiken kunt identificeren die de beste kurk produceren voor het gebruik van stoppen voor wijnflessen. Je gaat ook de kwaliteit van de stoppen van kurk onderzoeken en laat Vasco en Isabel zien dat kurk een efficiënte thermische isolator is.

Deze taak bevat de volgende 4 opdrachten:

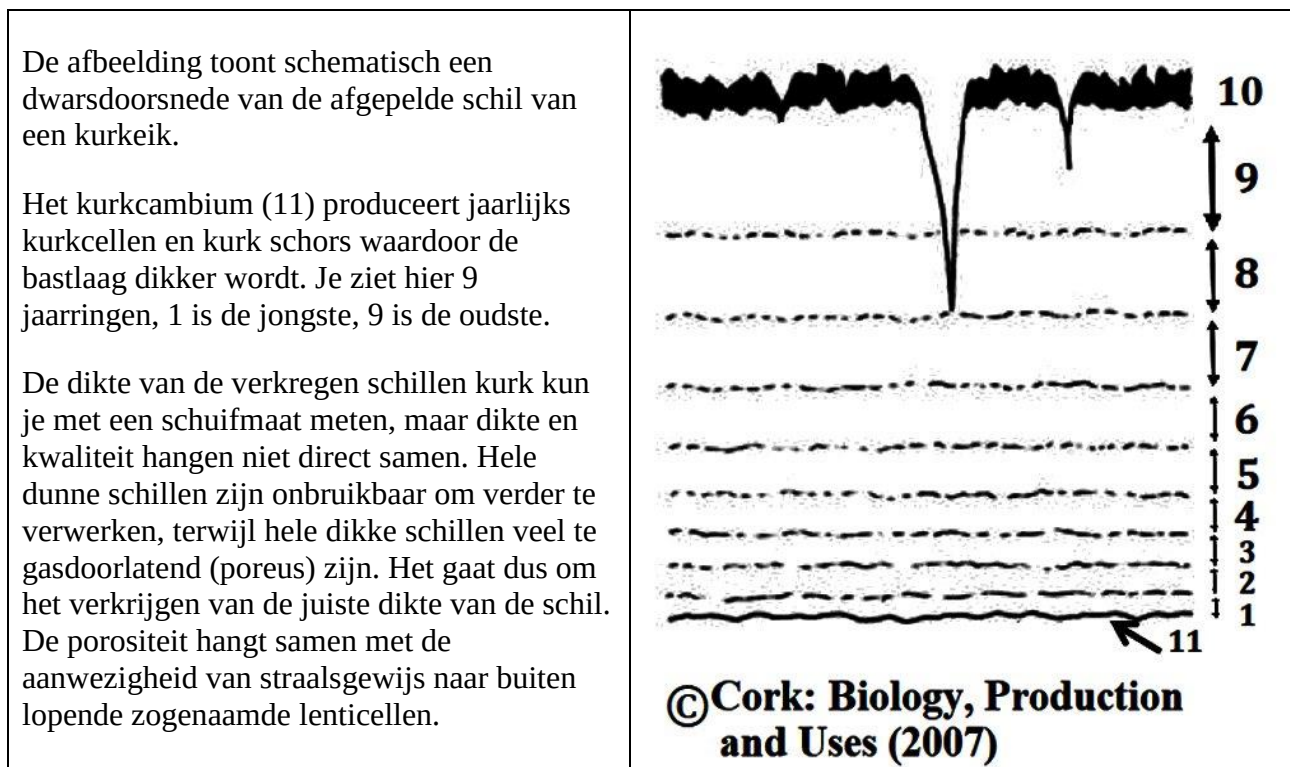
- | | |
|--|------------|
| Taak 1 - 1 – Identificeren van belangrijke kenmerken van kurk en de kurkeik. | 60 punten |
| Taak 1 - 2 – Selectie van de perfecte kurkeik om eersteklas kurken voor wijnflessen te maken | 60 punten |
| Taak 1 - 3 – Bepaling van het totale fenolgehalte en van de kwaliteit van kurk. | 120 punten |
| Taak 1 - 4 – Kurk als thermische isolator | 120 punten |

OPDRACHT 1 - 1.: IDENTIFICEREN VAN BELANGRIJKE KENMERKEN VAN KURK EN DE KURKEIK.

Inleiding

Er zijn ongeveer 200 soorten die behoren tot het genus (geslacht) *Quercus* (eik), maar slechts één daarvan heeft de mogelijkheid voortdurend een product te leveren met hele bijzondere en waardevolle eigenschappen: kurk. De bast van de kurkeik heeft een bijzondere structuur met dicht op elkaar gepakte verkurkte cellen genaamd phellem (kurkcellen), dat we kennen als kurk.

Voor de kwaliteit van kurk zijn twee aspecten belangrijk, de dikte van de kurklaag en de (porositeit (poreusheid) van de kurklaag. De dikte heeft te maken met de jaarlijkse groei dus het aantal per jaar gevormde kurkcellen. Je verkrijgt kurk door de bast van de kurkeik er af te schillen en dat gebeurt tegenwoordig om de 9 jaar. In de schillen kun je de jaarringen zien. Zie afbeelding.



De kwaliteit van kurk hangt samen met de genetische eigenschappen van iedere individuele boom en groeicondities. Die groeicondities kunnen zowel abiotisch (bijv. beschikbaarheid van water) als biotisch (bijv. ziekteverwekkers) zijn.

In opdracht 1-1 moet je nagaan welke plant de kurk eik is en in opdracht 1-2 gaat het om de belangrijkste kenmerken verbonden met de kwaliteit van kurk.

Benodigheden en apparatuur

- Petrischalen met plantaardig materiaal van 5 verschillende plantensoorten (A t/m E), ieder in een aparte petrischaal. Het gaat om:
 - Blaadjes, vruchten, en kleine stukjes van takjes (deze microplakjes zitten apart in kleine petrischaaltje en zijn bestemd voor kleuring met Soedanrood)

- Een petrischaaltje met kleine microplakjes kurk als positieve controle op de Soedanrood kleuring (gelabeld met “+”)
- Foto’s van de takjes, vruchten, blaadjes en de vorm van de plantensoorten A t/m E
- Appendix 1. Een overzicht van morfologische kenmerken (vormkenmerken) van biologisch materiaal
- Doosje met microscoop glaasjes
- Doosje met dekglaasjes
- Pincet
- 20 µL Micropipet
- Doosje met 20 µL Micropipet puntjes
- Gedeïoniseerd water in een 10 mL reageerbuisje (gelabeld met “H₂O”)
- Soedanrood reagens in een 10 mL reageerbuis (gelabeld met “Sudan Red”)
- 70% alcohol (ethanol) oplossing (gelabeld met “EtOH”)
- 3 plastic Pasteur pipetjes
- Een plastic plaatje met 24 gaatjes (24 Well Cell Culture Plate)
- Twee 500 mL plastic bekgelazen voor afval
- Stopwatch, ook te gebruiken in Opdracht I.3
- Lichtmicroscop
- Stereomicroscop (moet je delen, één per twee groepen)

Als je iets morst of iets van het glaswerk breekt of het biologische materiaal kapot maakt en vervanging wil, dan kun je om hulp vragen bij de lab assistant.

Vervanging van het material in bovenstaande lijst kost je 5 punten, maar ...

Vervanging van biologisch material kost je 10 punten.

1 - 1.1. Herkennen (identificeren) van de kurkeik.

Op je werkplek vind je 5 petrischalen met biologisch materiaal (gemarkt A t/m E) van 5 verschillende soorten plantensoorten. Eén van hen is de kurkeik. Wees voorzichtig met de aanwezige dunne plakjes.

In deze opdracht moet je met behulp van een aantal experimenten nagaan wat ieder van A t/m E is. Met behulp van je experimenten met de aanwezige biologische materialen, de foto’s en Appendix 1 moet je vervolgens de bijbehorende tabellen op het antwoordblad invullen.

Bij het invullen moet je met een kruis (X) de antwoorden aangeven, die het beste passen bij je waarnemingen. Het is mogelijk dat er soms meer dan één juist antwoord is.

Als je een fout antwoord geeft dan kost je dat 20 % van de punten op dat onderdeel.

Per niet gegeven juist antwoord krijg je 10% aftrek op dat onderdeel

1 - 1.1.1. Instructies

Lees de tabel zorgvuldig voordat je begint met je waarnemingen.

Vermijd overbodige werk, en zorg er voor dat je niet in de war raakt met het pakken van A t/m E materiaal uit de verschillende petrischalen.

Waarnemingen aan het biologische material EN de foto's.

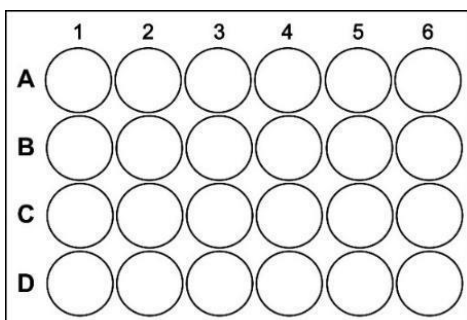
1. Beharing van blaadjes bekijken.
Leg een blaadje op een objectglaasje en bekijk het direct met de microscoop op de kleinste vergroting. Gebruik geen water. Bekijk het blad aan beide kanten (boven- en onderkant). Doe dit voor alle aanwezige blaadjes en kijk bij ieder blad op verschillende plekken.
2. Waterdruppel test:
Kies weer een blaadje en neem met een micropipette een drup van 10 μL water. Breng voorzichtig, dus zonder druk de druppel op de bovenkant van het blaadje. Doe dit op 10 verschillende plekken. Zorg voor tenminste één drup op de centrale middennerf. Herhaal dit met de onderkant van het andere blaadje. Je moet dit doen voor A t/m E.
3. Bekijk met de stereomicroscoop de vorm van alle drupjes op de blaadjes.
4. Als je kijkt naar de onderkant moet je vervolgens iets extra's doen. Houd het blaadje vertikaal en kijk wat er gebeurt. Verandert de vorm van de drupjes of glijden ze weg. Baseer je antwoord op het gedrag van de meerderheid (meer dan 6) van de 10 blaadjes voor ieder van A t/m E.
5. **Droog alle drupjes met papier (is ergens in de zaal) en doe alles terug in de bijbehorende petrischalen.**

Soedanrood test.

Gebruik de plastic 24 gaatjes plaat om de kleine microplakjes te kleuren.

Gebruik 3 gaatjes voor ieder van A t/m E. Pipetter 0,5 mL van de Soedanrood oplossing, 0,5 mL van de 70% alcohol oplossing of 0,5 mL water per gaatje.

Zie hieronder hoe je dat het beste kunt doen, maar lees eerst verder.



In gaatje A1 t/m A6 70% ethanol solution;
In gaatje B1 t/m B6: Soedanrood oplossing
In gaatje C1 t/m C6 water;
Gaatje D1 t/m D6 blijven leeg.

Gebruik gaatje A1, B1 en C1 voor soort A,
Idem gaatje A2, B2 en C2 voor soort B, enz.
Gebruik gaatje A6, B6 en C6 voor de positieve controle.

Je vindt alle reagentia in de aanwezige 10 mL reageerbuizen.

Gebruik de pincet voor het opnemen en overbrengen van de microplakjes.

Doe de microplakjes eerst gedurende 1-2 minuten in de 70% alcohol oplossing en daarna 10 minuten in de soedanrood oplossing. Haal ze er weer uit, was ze opnieuw 1-2 minuten in de 70% alcohol oplossing en tenslotte 1-2 minuten in (gedeïoniseerd) water.

Bekijk vervolgens alle preparaten onder de microscoop. Kijk naar verschillende stukjes.

Zorg dat je zo efficiënt mogelijk werkt met alle materialen en de lichtmicroscoop en stereomicroscoop.

Als je het biologische materiaal tussen de schalen verwisselt kost je dat 20 punten.

Vraag 1.1.a

Na alles wat nodig is gedaan te hebben vul je alle onderdelen van tabel 1.1.a in op het antwoordblad.

- ❖ **Vul het ID nummer in van jouw materiaalset**
- ❖ **Vul je resultaten in bij 1.1a. op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.b

Na al je waarnemingen gedaan te hebben moet je de determineer sleutel gebruiken om na te gaan welke soort (A t/m E) aanwezig is in ieder van de petrischalen. Match de juiste soortnaam met de juiste petrischaal.

- ❖ **Vul je antwoord(en) in bij Vraag 1.1.b op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.c

Bij welk soort bladoppervlak verwacht je huidmondjes te vinden?

- ❖ **Geef je antwoord 1.1.c op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.d

Wat is het voordeel van een sterk behaard blad?

- ❖ **Geef je antwoord bij 1.1.d op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.e

Naar welk onderdeel van de plant kun je het beste kijken om te bepalen of de desbetreffende plant een monocotyl (éénzaadlobbige) of een dicotyl (tweezaadlobbige) is?

- ❖ **Geef je antwoord bij 1.1.e op het antwoordblad.**

Vraag 1.1.f

Je moet een Soedanrood kleuring doen met microplakjes van verschillende plantensoorten. Je ziet waarschijnlijk een donker gekleurd laagje aan de buitenkant. Wat zal de functie zijn van dit laagje?

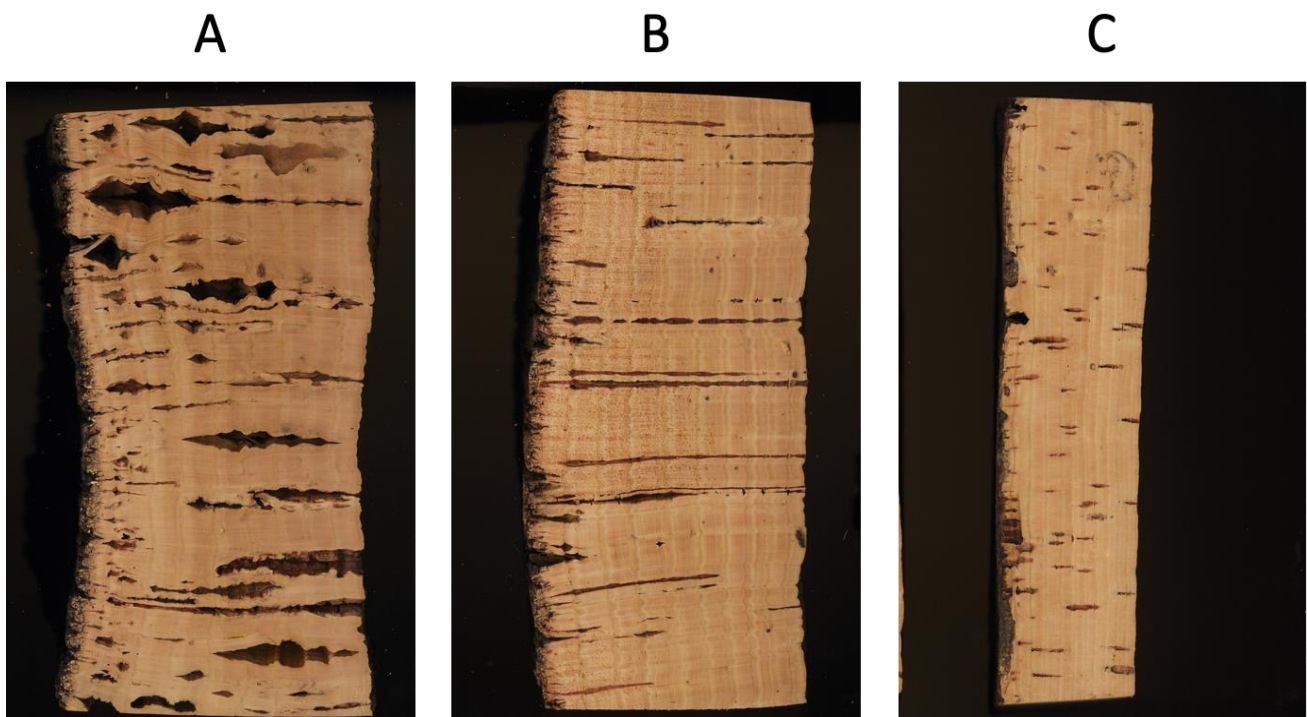
- ❖ **Geef je antwoord bij 1.1.f op het antwoordblad.**

TAAK 1 - 2.: SELECTIE VAN DE PERFECTE KURKPLANT OM EERSTELAS KURKEN VOOR WIJNFLESSEN TE MAKEN

Inleiding

Nu je erin geslaagd bent te bepalen welk monster afkomstig is van de boom *Quercus suber*, beter gekend als de kurkeik, hebben we weerom je hulp nodig om te bepalen welk monster van kurkplanken we dienen te gebruiken om kurken voor wijnflessen te maken.

Voor je onderzoek hebben we planken van drie verschillende bomen genomen. Elke boom levert een ander kurktype. (Figuur 1 - 2.1). Bestudeer de textuur, de poreusheid en de onvolmaakheden van elk monster. Kurkplanken met veel onvolmaakheden, of met een breedte die niet voldoet, zijn niet geschikt voor de productie van kurken.



Figuur 1 - 2.1 – Hierboven heb je een afbeelding van de buitenzijde van elk van de 3 planken (labeled A - C).

Het is mogelijk de invloed van omgevingsfactoren op elke boom waar te nemen. Zo groeien kurkcellen niet in de winter; zij groeien enkel in de lente en in de zomer. De snelheid waarmee ze groeien wordt bepaald door de fysiologische toestand van de boom en over de hoeveelheid beschikbaar water. In de lente kan je meer celdelingen waarnemen, wat resulteert in grotere cellen met dunnere celwanden. In de zomer zijn er minder celdelingen, wat cellen oplevert die op een andere manier zijn samengesteld (harder en donkerder).

De invloed van de omgeving kan bij elke boom waargenomen worden door te kijken naar de groeiringen. Het uitzicht ervan kan je verdere informatie geven over groeiomstandigheden, zoals invloed van het klimaat, insectvraat, brand en de hoeveelheid beschikbaar licht.

In deze opdracht dien je de gemiddelde fractie van het kurkmateriaal te bepalen die onvolmaakheden vertoont zoals voorkomend in de drie planken afgebeeld in Figuur 1 - 2.1 (voor het geval je deze onvolmaakheden wil waarnemen: één monster van elke plank is voorhanden in het labo). Het

monster met een geschikte dikte en met het kleinste aantal onvolmaakheden is het best geschikt voor de productie van kurken stoppen.

Materiaal en uitrusting

- Computer
- Per lab: één set kurken stoppen voor observatie

1 - 2.1. Controle van de kwaliteit van een kurken plank: kwantificeren van de onvolmaakheden

Volg de hieronder beschreven werkwijze:

1. Open het computerprogramma ImageJ op de desktop.
2. In ImageJ, open de bestanden A tot C (command File>Open) (Folder Images_EUSO). Deze afbeeldingen werden gemaakt met een digitale scanner en opgeslagen in RGB kleurformaat.
3. Extraheer de informatie in elk kanaal via het commando Image>Color>Split Channels. Dit commando zal de informatie van de Rode, Groene en Blauwe kanalen opsplitsen in drie verschillende afbeeldingen.
4. Gebruik voor elke afbeelding het commando Image>Lookup Tables>Grays (om de kleur van elk frame om te zetten in Grijs). Voer nu het commando Image>Adjust>Brightness/Contrast in (om de intensiteit van de pixels in elke afbeelding aan te passen) en kies de optie 'Auto'. Kies tenslotte de optie File>Save As>Tiff (om elke afbeelding in TIFF-formaat te bewaren). **Wijzig nu de naam voor elke afbeelding zodanig dat de kleur duidelijk wordt weergegeven.**
5. Voor elke plank (monsters A tot C) krijg je 3 afbeeldingen. Bepaal nu voor elk monster welke afbeelding je in de volgende stappen gaat gebruiken.

Vraag 2.1.a

Welk kanaal of welke kanalen la(a)t(en) je het beste toe de groeiringen waar te nemen?

❖ **Vul je resultaten in bij Vraag 2.1.a op je antwoordblad.**

6. Nadat je de afbeelding hebt gekozen die je wil analyseren, **bewaar deze met een andere naam zoals "Image_1 - tif"**. Open vervolgens de afbeelding met het commando File>Open en kies in de toolbar de knop die overeenstemt met een rechthoekige selectie (1^{ste} knop links). Selecteer het kurkoppervlak dat je wenst te analyseren. Let op dat je de zwarte achtergrond niet mee selecteert.
7. Kopieer de informatie binnen de selectie met het commando Edit>Copy to System.
8. Kies de optie File>New>System Clipboard. Deze stap zal de informatie die je net gekopieerd hebt plakken in een nieuw RGB-bestand.
9. Kies de optie Image>Type>8-bit om het bestand van een RGB kleur formaat om te zetten in een 8-bit formaat.
10. Kies de optie File>Save As>Tiff (om het geselecteerde gebied te bewaren in TIFF formaat). **Bewaar als Image_A_crop_1.tif.**
11. Kies de optie Image>Adjust Threshold en stel de intensiteit van de pixels in het "Threshold" venster zodanig in, dat de donkere gebieden die je wenst te kwantificeren inbegrepen zijn. Zodra je tevreden bent met de gekozen gebieden kies "Apply". De geselecteerde gebieden zullen wit gekleurd worden met een pixel-intensiteit = 255. De andere gebieden zullen zwart gekleurd worden met een pixelintensiteit = 0.

12. Kies de optie Analyze>Set Measurements en definieer wat je wenst te meten en het aantal decimalen
13. Kies de optie Analyze>Measure en noteer de bekomen waarden in het venster “Results”. Dit is de oppervlakte van de gehele afbeelding in pixels² (pixel x pixel).
14. Sluit het venster “Results”.
15. Kies de optie File>Save As>Tiff om een afbeelding te bewaren van het oppervlak met witte pixels. Bewaar de afbeelding als Image_A_crop_1 _threshold.tif
16. Kies de optie Analyze>Analyze Particles bepaal welke parameters je zal nodig hebben. We stellen voor dat je de optie “Outlines” in “Show:” kiest (om de gebieden waar te nemen die je hebt geselecteerd) en dat je op de opties “Display Results” en “Add to Manager” klikt (om de resultaten in een file te bewaren die je kan openen in de OpenOffice spreadsheet die eveneens op de desktop staat). Klik vervolgens op “OK”.
17. Je zal nu in staat zijn om elke Region of Interest (ROI) te selecteren in het venster “ROI Manager” en dit gebied zien in het venster met je afbeelding. Selecteer alle ROI en bewaar het bestand in dezelfde folder als degene waarin je al je ImageJ bestanden hebt bewaard. De waarden van de oppervlakte van elke ROI worden weergegeven in het venster “Resultaten” in pixels².

Vergeet niet je bestanden zodanig te organiseren en te bewaren zodat het mogelijk is te controleren dat je correct het voorgesteld protocol hebt gevolgd. Deze informatie zal in aanmerking genomen worden bij de classificatie van de vragen 2.1.b tot 2.1.e.

Vraag 2.1.b

Hoeveel bestanden heb je aangemaakt met het protocol dat je gevolgd hebt om het percentage van het oppervlak met onvolmaaktheden te bepalen in de kurkmonster A tot C? Houd ook rekening met de bestanden die je gemaakt hebt met de spreadsheetsoftware op de computer.

❖ **Vul je resultaten in bij Vraag 2.1.b op het antwoordblad.**

Vraag 2.1.c

Welk oppervlak van de kurkstalen A tot C heb je in aanmerking genomen bij het bepalen van het percentage van de oppervlakte met onvolmaaktheden? Teken op je antwoordblad dit oppervlak **met de waterproof marker**.

❖ **Vul je resultaten in bij Vraag 2.1.c op het antwoordblad.**

Vraag 2.1.d

Bepaal het percentage van het oppervlak met onvolmaaktheden in de kurkmonsters A tot C. Welk monster heeft het kleinste oppervlaktepercentage met onvolmaaktheden? Om dit te beantwoorden moet je de OpenOffice spreadsheet op je computer gebruiken.

❖ **Vul je resultaten in bij Vraag 2.1.d op het antwoordblad.**

Vraag 2.1.e

Teken een staafdiagram met het percentage aan donkere gebieden in de 3 kurkplanken. Gebruik hiervoor de waarden die je gemeten hebt in de vorige vraag

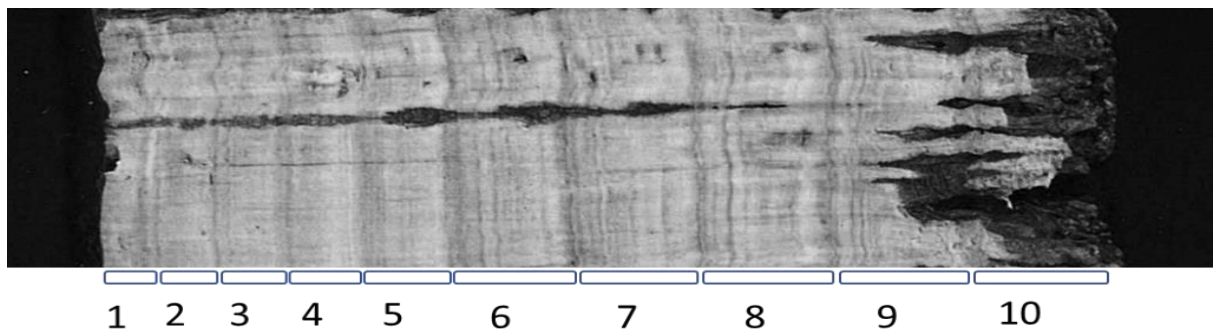
❖ **Vul je resultaten in bij Vraag 2.1.e op het antwoordblad.**

Vraag 2.1.f

Hoeveel groeiringen kan je makkelijk waarnemen in plank A?

❖ **Vul je antwoord in bij Vraag 2.1.f op het antwoordblad.**

Bekijk voor de volgende vragen Figuur 1 - 2.2, waarop je 10 verschillende lagen kan waarnemen, die het resultaat zijn van 10 opeenvolgende groei-jaren.



Figuur 1 - 2.2 – Beeld van het lateraal oppervlak van één van de planken die je hebt bestudeerd

Vraag 2.1.g

Hoe verklaar je de lichtere en de donkerder zone's? Kies de beste hypothese.

❖ **Vul je antwoord in bij Vraag 2.1.g op het antwoordblad.**

Vraag 2.1.h

In welk jaar denk je dat het veel geregend heeft?

❖ **Vul je antwoord in bij Vraag 2.1.h op het antwoordblad.**

Vraag 2.1.i

Geef de gebieden aan, die volgens jou overeenstemmen met lente- en zomergroei.

❖ **Vul je antwoord in bij Vraag 2.1.i op het antwoordblad.**

Vraag 2.1.j

Welke laag/groeiring werd blootgesteld aan de atmosfeer?

❖ **Vul je antwoord in bij Vraag 2.1.j op het antwoordblad.**

TAAK 1 - 3.: BEPALING VAN HET TOTALE FENOLGEHALTE EN VAN DE KWALITEIT VAN KURK

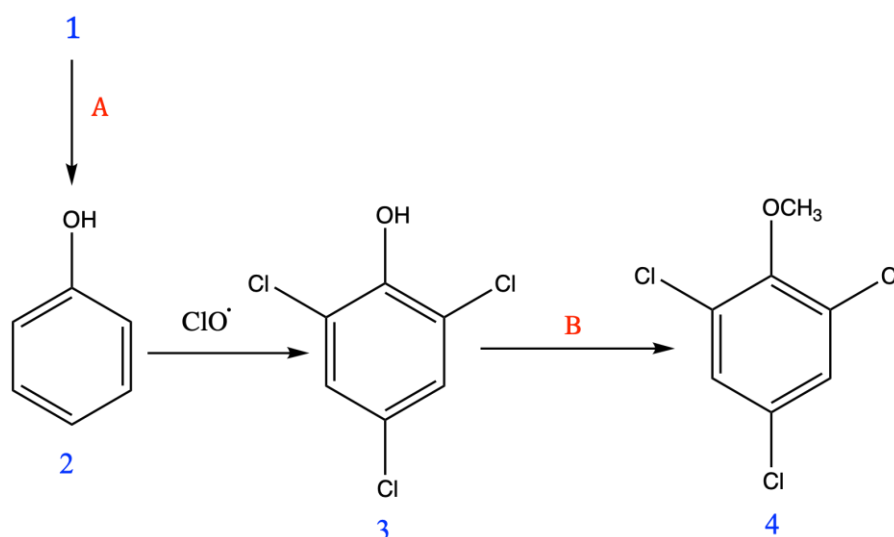
Introductie

Door zijn unieke fysische en chemische eigenschappen is kurk een uitstekende stop (afsluiter) voor wijnen, mousserende wijnen, likeuren en andere dranken. Zoals uit de vorige taak (1 – 2) bleek kunnen niet alle soorten kurk hiervoor gebruikt worden.

Kurkplanken met een te grote doorlaatbaarheid (permeabiliteit) of van de verkeerde dikte kunnen niet gebruikt worden om stoppen van te maken. Ook kunnen kurk-aroma's een negatief effect (een aromadefect) hebben op de geur en smaak van een wijn.

De kurk-aroma's worden veroorzaakt door de aanwezigheid van chemische stoffen met een microbiologische oorsprong. Hoewel de fractie van wijnen die last heeft van een aromadefect heel laag is, hebben producenten van kurken stoppen geprobeerd dit verder te reduceren door kwaliteitscontroles uit te voeren. Een van deze methodes betreft de analyse van fenolen die kunnen leiden tot de aanwezigheid van 2,4,6-trichlooranisol (TCA), dat een muffe/schimmelachtige geur en smaak aan de wijn kan geven.

TCA wordt gevormd door micro-organismen zoals schimmels, wanneer deze in contact komen met chloorbevattende stoffen, meestal chloorfenolen, zoals weergegeven in figuur 1 - 3.1.



Figuur 1 - 3.1 – De vorming van 2,4,6-trichlooranisol (TCA).

1 - lignine; **2** - fenol; **3** - 2,4,6-trichloorfenol (TCP); **4** - 2,4,6-trichlooranisol (TCA); **A** - gisten; **B** - biomethylering door schimmels.

Omdat fenol een afbraakproduct van kurk zelf is, is het fenolgehalte een belangrijke parameter voor het bepalen van de kurkkwaliteit en voor de mogelijke toepassingen van de kurk.

In deze taak ga je de hoeveelheid fenol in kurkmonsters bepalen en daarmee de geschiktheid van de kurk voor het maken van kurken stoppen.

Voor het bepalen van het fenolgehalte wordt Folin-Ciocalteu (FC) reagens gebruikt. Dit FC reagens bevat complexen van fosformolybdeenzuur en van fosforwolfraamzuur. De bepaling maakt gebruik van de afgifte van elektronen door fenolen in basisch milieu, waardoor de complexen van fosformolybdeenzuur en fosforwolfraamzuur gereduceerd worden en een blauwe verbinding vormen. De kleurintensiteit hangt af van de concentratie van de fenolen. Het gereduceerde FC reagens kan gedetecteerd worden met een spectrofotometer bij golflengtes tussen 600 nm en 710 nm.

De wet van Lambert-Beer relateert de concentratie van een verbinding aan de extinctie volgens:

$$A = \varepsilon cd$$

Deze wet voorspelt een lineaire relatie tussen de extinctie (A , van het Engelse 'absorbance') en de molariteit (c) van de verbinding als d , de 'dikte' van de cuvet constant blijft. De extinctiecoëfficiënt ε is een constante die karakteristiek is voor de verbinding in een bepaald oplosmiddel. Hiermee is het mogelijk de concentratie (in mg L^{-1} of in mol L^{-1}) van een gegeven verbinding te bepalen uit de extinctie als de dikte van de cuvet (in cm) en de extinctiecoëfficiënt (in $\text{L mg}^{-1} \text{cm}^{-1}$ of $\text{L mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$) bekend zijn.

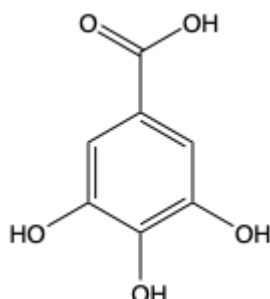
Materialen and apparaten

- 10 maatkolven van 50 mL
- 15 bekersglazen van 25 mL
- 2 volpipetten van 3,00 mL
- 1 volpipet van 5,00 mL
- 1 volpipet van 10,00 mL
- 1 volpipet van 20,00 mL
- 1 volpipet van 25,00 mL
- 1 pipetteerballon
- 1 micropipet van 1000 μL
- 1 doos met pipetpuntjes voor de 1000 μL micropipet
- 3 plastic pasteurpipetten
- 5 plastic cuvetten met een dikte van 1 cm en een inhoud van 2 mL
- 2 plastic bekersglazen van 500 mL voor afval
- 1 watervaste stift
- 2 plastic flessen met 500 mL gedemineraliseerd water (gemarkeerd met “**H₂O**”; deze mogen opnieuw gevuld worden, dat levert geen strafpunten op)
- 100 mL van een standaardoplossing van galluszuur (**0.00050 mol L⁻¹**), 100 mL (gemarkeerd met “**Gallic Acid**”)
- 20 mL van een standaardoplossing van Folin-Ciocalteu (gemarkeerd met “**Folin**”)
- 20 mL van een 7,5 massa-% oplossing van natriumcarbonaat (gemarkeerd met “**Na₂CO₃**”)
- 2 mL elk, van drie verschillende kurkextracten (gemarkeerd met “**Lot A**”; “**Lot B**” en “**Lot C**”)
- 1 colorimeter
- 1 TI-Nspire CX
- 1 TI-30X rekenmachine (in de bak voor algemeen gebruik)
- 1 stopwatch (in de bak voor algemeen gebruik deze is ook nodig voor opdracht 1 – 1)

Als je iets morst of breekt en een vervanging nodig hebt, vraag dan een zaalassistent om hulp. Elke vervanging van iets uit de lijst hierboven **kost 5 punten, tenzij anders aangegeven. Extra kurkextracten **kosten 10 punten**.**

1 - 3.1. De helling (m) van de kalibratielij

Galluszuur wordt traditioneel gebruikt in de bepaling van het totale fenolgehalte van verschillende natuurproducten. Je eerste opdracht is het bepalen van het product εd uit de wet van Lambert-Beer, oftewel de helling m , met behulp van een aantal verdunningen die je kunt maken uit de standaardoplossing van galluszuur ($5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$).



Figuur 1 - 3.2 – De molecuulstructuur van galluszuur

Maak van elke verdunning 50 mL door met behulp van de juiste pipet en de pipetteerballon (zie Appendix 2) de volumes uit tabel 3.1 in een maatkolf te pipetteren en de maatkolf aan te vullen met water.

Table 3.1

Verdunningen gemaakt uit de standaardoplossing

Verdunning	Te pipetteren volume standaardoplossing ($0,00050 \text{ mol L}^{-1}$ galluszuur)
S1	3,00
S2	5,00
S3	10,00
S4	20,00
S5	25,00

Vraag 3.1.1.

Bereken de concentraties (in mg L^{-1}) van de verdunningen die je gemaakt hebt. Geef de waarden in twee decimalen nauwkeurig.

- ❖ **Schrijf je berekeningen op, op het antwoordblad bij vraag 3.1.1 en schrijf de resultaten in de tabel.**

1 - 3.1.1. Het maken van de kalibratie-oplossingen

1. Gebruik de micropipet om telkens nauwkeurig 500 μL van elke verdunning in een bekerglas van 25 mL te pipetteren en om hieraan vervolgens telkens 500 μL FC reagens toe te voegen. Roer, **wacht 3 minuten** en voeg dan met de micropipet 500 μL mL van de Na_2CO_3 oplossing toe.
2. Maak de blanco-oplossing op dezelfde manier als de kalibratie-oplossingen, maar gebruik 500 μL H_2O in plaats van een verdunning.
3. Roer alle oplossingen en laat ze **30 minuten** staan.
4. Sluit de colorimeter aan, wacht vervolgens ongeveer 5 minuten en kalibreer dan de colorimeter (zie de instructies voor de vernier colorimeter in Appendix 3).
5. Meet na punt 3 en 4 de extincties van de gemaakte oplossingen bij een golflengte van 635 nm met behulp van de colorimeter. Schrijf de meetwaarden op in twee decimalen nauwkeurig.

Vraag 3.1.2.

❖ **Schrijf de meetwaarden op in de tabel bij vraag 3.1.2.**

Vraag 3.1.3.

Zet op het grafiekpapier de extinctie (A) uit tegen de galluszuurconcentratie ($C_{\text{galluszuur}}$)

❖ **Gebruik het millimeterpapier bij vraag 3.1.3 op het antwoordblad. Zet alléén de meetpunten uit in de grafiek.**

Vraag 3.1.4.

Je gaat nu met behulp van A en $C_{\text{galluszuur}}$ uit vraag 3.1.2 de *helling* van de best passende rechte lijn door de datapunten data bepalen.

De vergelijking van deze lijn kan worden bepaald door middel van de 'methode der kleinste kwadraten'. In deze methode wordt de som (=optelling) van de kwadraten van de verschillen (= aftrekkingen) tussen de gemeten extincties en de door de lijn voorspelde extincties geminimaliseerd.

Start met het berekenen van twee 'kwadratensommen' zoals weergegeven in de voorbeeldtabel hieronder.

Voorbeeld van de berekeningen die nodig zijn om de helling van de kalibratielijns te bepalen met behulp van de methode der kleinste kwadraten.

x_i^2		$x_i \cdot y_i$	
x_1^2		$x_1 \cdot y_1$	
...		...	
x_5^2		$x_5 \cdot y_5$	
S_{x^2} = de vijf x_i^2 bij elkaar opgeteld		S_{xy} = de vijf $x_i \cdot y_i$ bij elkaar opgeteld	

Bereken m nu als volgt:

$$m = \frac{S_{xy}}{S_{x^2}}$$

- ❖ Vul de tabel bij vraag 3.1.4 op het antwoordblad verder in, zodat je de kwadratensommen krijgt die je nodig hebt om de helling te berekenen
- ❖ Schrijf je berekeningen en de resulterende helling m op in het vak bij vraag 3.1.4 op het antwoordblad
- ❖ Schrijf ook de waarde van de molaire extinctiecoëfficiënt van het gereduceerde FC reagens op in het vak bij vraag 3.1.4 op het antwoordblad.

Trek nu in de grafiek waarin je A tegen $C_{\text{galluszuur}}$ hebt uitgezet de rechte lijn met helling m door de meetpunten.

- ❖ Teken op het millimeterpapier van vraag 3.1.3 de rechte lijn.

1 - 3.2. Detectielimiet

De detectielimiet (Engels: 'Limit of Detection' of 'LOD') is een zeer belangrijke waarde die iets zegt over de betrouwbaarheid waarmee een concentratie kan worden bepaald. Als je monsters bestudeert waarvan de concentratie onder de LOD ligt is het meestal nodig om de monsters eerst te concentreren.

Volgens de IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) kan voor een gegeven meettechniek de LOD worden berekend door 3 maal de grootste standaarddeviatie (of standaardafwijking, σ) van een meting te delen door de helling van de kalibratielijne

$$\text{LOD} = 3\sigma / \text{helling}$$

Elke meetwaarde heeft een bepaalde onnauwkeurigheid, die je je voor kunt stellen als kleine afwijkingen van de 'ware waarde'. Als je bijvoorbeeld een oplossing van een bepaalde concentratie een aantal maal nauwkeurig maakt door telkens dezelfde massa van een verbinding af te wegen en die in hetzelfde volume oplosmiddel op te lossen, zullen de concentraties van de uiteindelijke oplossingen toch allemaal een klein beetje verschillen, door kleine onnauwkeurigheden in de handelingen die je uitvoert, maar ook kleine onnauwkeurigheden van de apparatuur die je gebruikt.

De standaarddeviatie is een maat voor de onnauwkeurigheid en beschrijft als het ware de afstanden van de verschillende waarden tot de gemiddelde waarde.

Je gaat nu de onnauwkeurigheid in je metingen van de extincties bij 635 nm bepalen door 5 replicaten van **kalibratie-oplossing 1** te maken. Voor elk replicaat:

1. Pipetteer telkens nauwkeurig 500 μL van verdunning 1 in een bekerglas van 25 mL en voeg 500 μL FC reagens toe. Roer, **wacht 3 minuten** en voeg dan 500 μL mL van de Na_2CO_3 oplossing toe.
2. Maak de blanco-oplossing op dezelfde manier als de kalibratie-oplossingen, maar gebruik 500 μL H_2O in plaats van een verdunning.
3. Roer de oplossingen en laat ze **30 minuten** staan.
4. Kalibreer de colorimeter met de blanco-oplossing.
5. Meet na 30 minuten de extincties van de vijf gemaakte oplossingen bij een golflengte van 635 nm met behulp van de colorimeter. Schrijf de meetwaarden op in twee decimalen nauwkeurig.

❖ **Schrijf de waarden op in de tabel bij vraag 3.2.1 op het antwoordblad.**

De standaarddeviatie (σ) is een maat die gebruikt wordt om de variatie van een set meetwaarden aan te duiden. Een kleine standaarddeviatie geeft aan dat de meetwaarden allemaal dicht bij dezelfde waarde (hun gemiddelde) liggen, terwijl een grote standaarddeviatie aangeeft dat de waarden ver uit elkaar liggen.

Voor een set meetwaarden kun je de standaarddeviatie uitrekenen door de wortel te trekken uit het gemiddelde van de kwadraten van de verschillen van de meetwaardes met hun gemiddelde waarde.

Bijvoorbeeld, als we de acht waarden 2; 4; 4; 4; 5; 5; 7 en 9 gemeten hebben, dan is hun gemiddelde waarde gelijk aan 5.

Nu gaan we eerst de verschillen van de acht waarden met hun gemiddelde berekenen en vervolgens de uitkomsten kwadrateren:

$$(2-5)^2=9$$

$$(4-5)^2=1$$

$$(4-5)^2=1$$

$$(4-5)^2=1$$

$$(5-5)^2=0$$

$$(5-5)^2=0$$

$$(7-5)^2=4$$

$$(9-5)^2=16$$

Het gemiddelde van deze waarden op hun beurt is 4 en de wortel hieruit is 2. Dit is de standaarddeviatie σ .

Vraag 3.2.2.

Bereken met behulp van de standaarddeviatie en de helling de LOD van de galluszuurconcentratie.

❖ **Schrijf je berekeningen en het resultaat op, op het antwoordblad bij vraag 3.2.2**

1 - 3.3. De analyse van kurkextracten en het beoordelen van de resultaten

Vraag 3.3.1.

Van de kurkplanken A, B en C uit opdracht 1 - 2, zijn extracten gemaakt. Elk extract is tienmaal geconcentreerd en vervolgens opgeslagen bij -20 °C om ervoor te zorgen dat het goed bewaard blijft. Je hebt drie van deze geconcentreerde extracten ("Lot A"; "Lot B" en "Lot C") gekregen om te analyseren.

1. Pipetteer nauwkeurig 500 μL van het "Lot A" extract in een bekerglas van 25 mL en voeg 500 μL FC reagens toe. Roer, **wacht 3 minuten** en voeg dan 500 μL mL van de Na_2CO_3 oplossing toe.
2. Herhaal punt 1 voor de "Lot B" en "Lot C" extracten.
3. Maak de blanco-oplossing op dezelfde manier als de kalibratie-oplossingen, maar gebruik 500 μL H_2O in plaats van een verdunning.
4. Roer de oplossingen en laat ze **30 minuten** staan.
5. Kalibreer de colorimeter met de blanco-oplossing.
6. Meet na deze 30 minuten de extincties van de gemaakte oplossingen bij een golflengte van 635 nm met behulp van de colorimeter. Schrijf de meetwaarden op in twee decimalen nauwkeurig.

❖ **Schrijf de meetwaarden op in de tabel bij vraag 3.3.1 op het antwoordblad.**

Vraag 3.3.2.

Bepaal de totale fenolgehaltes van de gegeven kurkextracten.

❖ **Schrijf je berekeningen en antwoorden op in de tabel bij vraag 3.3.2 op het antwoordblad.**

Vraag 3.3.3.

Is de detectielimiet van de methode laag genoeg om de oorspronkelijke extracten (dus zonder de concentratiestap) rechtstreeks te meten?

❖ **Beantwoord vraag 3.3.3 op het antwoordblad.**

Vraag 3.3.4.

Gebruik de gegevens die je team heeft verzameld in opdracht 1 – 2 en 1 – 3 en de informatie bij de opdrachten. Welke kurkplank is geschikt om uitstekende stoppen van te maken?

❖ **Beantwoord vraag 3.3.4 op het antwoordblad.**

OPDRACHT 1 – 4.: KURK ALS THERMISCHE ISOLATOR

Inleiding

In deze opdracht ga je een andere belangrijke eigenschap van kurk leren kennen en de toepassing ervan in de bouw.

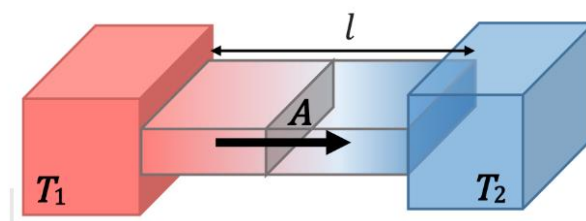
Het vermogen van een stof om warmte te kunnen geleiden noemt men de **thermische geleiding**. De lucht in de cellulaire structuur van de kurk maakt dat het een uitstekende thermische isolator is. Als thermische isolator van hoog niveau wordt kurk ook toegepast in de bouw- en ruimtevaartindustrie. Als uitstekende thermische isolator is kurk een slechte thermische geleider.

Thermische geleiding

Warmte is de energie die overgebracht wordt als gevolg van temperatuurverschil (van hoge naar lage temperatuur). Warmtetransport kan via verschillende mechanismen gebeuren, nl. geleiding, convectie en straling. Geleiding is een vorm van warmtetransport (of warmtestroom) binnenin een voorwerp of tussen voorwerpen in contact met elkaar, als gevolg van transport van kinetische energie door botsingen op microscopische schaal. Wanneer een kleine¹ hoeveelheid warmte, of thermische energie, dQ wordt overgedragen in een heel klein² tijdsinterval dt , wordt de **warmtestroom** gedefinieerd als $H = dQ/dt$. De warmtestroom door een homogeen voorwerp (zie Figuur 1 – 4.1) met lengte l (volgens de richting van de stroom) en met uniforme doorsnede A , bij een temperatuurverschil tussen de uiteinden gelijk aan $T_1 - T_2$ (met T_1 en T_2 respectievelijk de hoge en lage temperatuur), wordt gegeven door de formule:

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{T_1 - T_2}{l},$$

waarin k (de **thermische geleidbaarheid**) een positieve constante is die een functie is van de materialen waaruit het voorwerp bestaat. De verhouding $(T_1 - T_2)/l$ is het temperatuurverschil per eenheid van lengte.



Figuur 1 – 4.1 Warmtetransport door een balk met lengte l en dwarsdoorsnede A , geplaatst tussen twee voorwerpen met temperatuur T_1 en T_2 respectievelijk. Het temperatuurverschil tussen de twee kanten van de balk veroorzaakt een warmtestroom van de kant met de hoge temperatuur naar de kant met de lage temperatuur, zoals voorgesteld door de pijl.

¹ dx stelt een heel klein stukje van de grootte x voor

² Merk op dat over het algemeen de warmtestroom verandert in de tijd. Dus om de warmtestroom $H(t)$ op een tijdstip t te berekenen, moet je een zeer klein tijdsinterval rond t gebruiken.

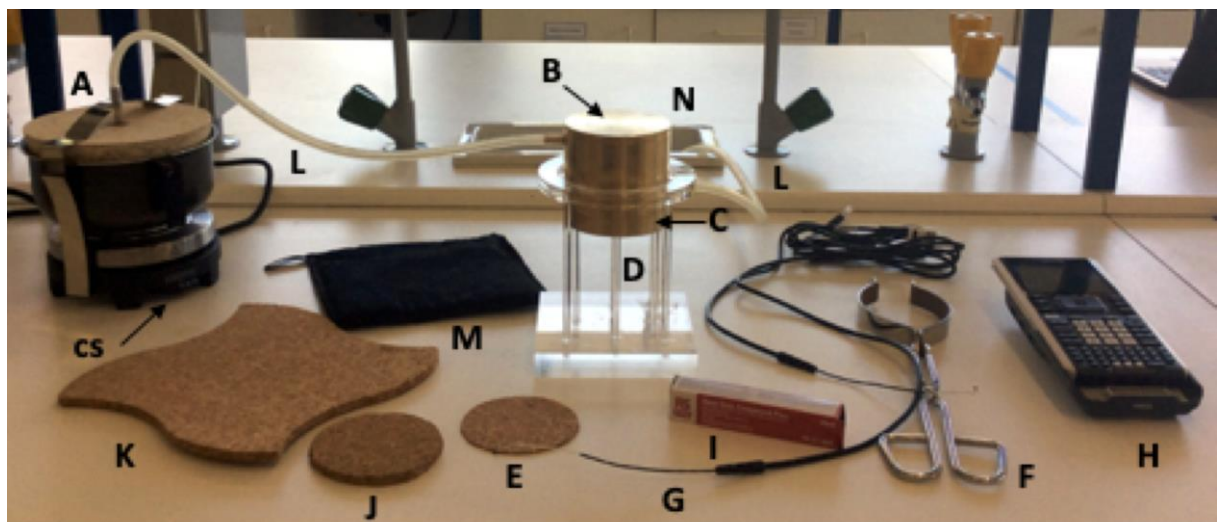
Het doel van deze opdracht is de thermische geleidbaarheid te bepalen van een dun kurkmonster, door gebruik te maken van de Lee's schijfmethode, beschreven onder 1 - 4.1.

Waarschuwing:

Raak de hete-stoomgenerator niet aan. Richt de hete-stoomgenerator nooit naar jezelf of je collega's. Gebruik de tang wanneer je de hete-stoomkamer moet verplaatsen. Gebruik de pannenlap als je materialen op hoge temperatuur moet aanraken (stoomgenerator; Lee's schijf en rubberen slangen).

Materialen en uitrusting (Figuur 1 - 4.2)

- Stoomgenerator (A) met schuifknop (control slider, cs)
- Stoomkamer (B)
- Messing schijf (Lee's schijf) (C)
- Kunststof houder voor Lee's schijf en stoomkamer (D)
- Een dun kurkmonster (E)
- Tang (F)
- 2 geijkte temperatuursondes (G), om te verbinden met een TI-Nspire CX rekenmachine, via een data logging Lab Cradle interface
- Texas Instruments TI-Nspire CX rekenmachine met een data logging Lab Cradle interface (H)
- Thermische lijm (om het thermisch contact met de temperatuursondes te verbeteren) (label "Heat Sink Compound Plus") (I)
- Een dik isolerend kurkblok (J)
- Een grote isolerende kurkondergrond (K)
- Rubberen slangen (L)
- Pannenlap (M)

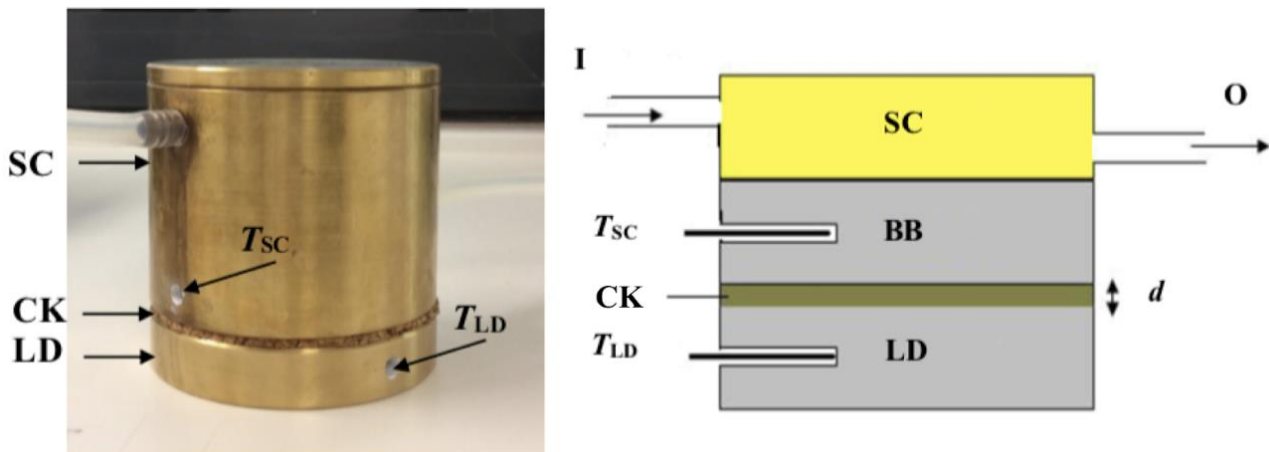


Figuur 1 - 4.2 – Algemeen experimenteermateriaal en uitrusting.

De methode bestaat uit twee delen gebruikmakend van twee verschillende proefopstellingen.

1 - 4.1. Deel 1 van de Lee's Schijfmethode

Figuur 1 - 4.3 toont de eerste proefopstelling die je moet gebruiken om de thermische geleidbaarheid te meten van een kurkmonster, gebruikmakend van de Lee's schijfmethode. Het kurkmonster (**CK**) heeft de vorm van een schijf. Je moet het plaatsen tussen de stoomkamercilinder (**SC**), en een messing schijf – the Lee's disk (**LD**) – die gemonteerd zijn op een kunststof houder.



Figuur 1 - 4.3 – Proefopstelling voor het eerste deel van de Lee's schijfmethode om de thermische geleidbaarheid van een kurkmonster te bepalen. Links zie je het apparaat zelf, terwijl rechts schematisch is weergegeven hoe gegevens verzameld worden. SC – Stoomkamer; CK – Kurkmonster; LD – Lee's disc; BB – messing ondergrond; T_{SC} – Temperatuur van de bodem van de stoomkamer; T_{LD} – Temperatuur van de Lee's Disc; I – Stoom in; O – Stoom out; d – monster dikte.

Wanneer de stoomgenerator, verbonden met de stoomkamer, ingeschakeld wordt, warmt de kamer op. De temperatuur T_{SC} van de bodem van de stoomkamer, net boven het kurkmonster, kan gemeten worden met één van de temperatuursondes (**T-SC**). Een warmtestroom H_{in} stroomt van de kamer naar de Lee's schijf door het kurkmonster en doet de temperatuur van de Lee's schijf stijgen. De tweede temperatuursonde (**T-LD**), meet de temperatuur van de Lee's schijf T_{LD} die in contact is met de onderzijde van het kurkmonster. Wanneer T_{LD} stijgt boven kamertemperatuur, stroomt er ook warmte (door geleiding, convectie en straling) van de Lee's schijf naar de omgeving. Dus een warmtestroom H_{out} verlaat de Lee's schijf. Wanneer T_{LD} stijgt, daalt H_{in} en stijgt H_{out} . Zodra $H_{in} = H_{out}$ wordt er een stabiele toestand (de "steady state") bereikt, en T_{SC} en T_{LD} blijven constant gelijk aan T_H en T_L respectievelijk.

Werkwijze

1. Gegeven zijn de volgende waarden: de massa van de Lee's schijf, $m = 629$ g; hoogte van de Lee's schijf, $h = 1,5$ cm; diameter van de Lee's schijf, $D = 8,0$ cm en de dikte van het kurkmonster, $d = 2,1$ mm. Zet deze gegevens op het antwoordblad.

❖ Vul de gegevens (in SI-eenheden) in in de tabel bij Vraag 4.1.1. op het antwoordblad.

2. Breng één van de temperatuursonden (**T-SC**) in de opening onder de stoomkamer, en de andere (**T-LD**) in de opening in de Lee's schijf. Om een goed thermisch contact met de temperatuursondes te verzekeren, moet je thermische lijm smeren aan de top van elke sonde, vóór je ze in de gaten steekt.
3. Verbind de twee temperatuursondes met de Lab Cradle data logging interface – om te weten hoe je dat moet doen en hoe je met de software van de TI-Nspire CX rekenmachine moet werken: raadpleeg Appendix 3. Begin de temperaturen T_{SC} and T_{LD} te monitoren gebruikmakend van de TI-Nspire CX rekenmachine (**monitoring mode**).
4. Het reservoir van de stoomgenerator is al halfvol water en is klaar om te beginnen. Neem de slang of de afsluitklem niet weg. Verbind de soepele slang van de stoomgenerator met de ingang van de stoomkamer (dichtbij de bovenkant ervan). Hang de stoomuitgang (dichtbij de bodem van de stoomkamer) in de dichtstbijzijnde gootsteen. Verbind de hete plaat van de stoomgenerator met het stopcontact en stel in op “3.5-4” met de schuifknop. Als er een probleem is met de stoomproductie, vraag dan een zaalassistent om hulp. Je krijgt hier geen strafpunten voor.
5. Breng de stoomkamer in contact met de Lee's schijf. Schakel de stoomgenerator in en verwarm de schijf tot een temperatuur $T = 60^{\circ}\text{C}$. Dit gaat zeer snel. **Overschrijd $T = 65^{\circ}\text{C}$ niet. Gebruik de tang om de kamer goed vast te houden**, neem deze van de kunststof houder en zet ze bovenop de grote isolerende kurkondergrond (K in Figuur 1 - 4.2). Als de temperatuur 65°C overschrijdt, wacht dan tot het weer afgekoeld is tot die waarde, alvorens verder te gaan met de volgende stap.
6. Zet het kurkmonster op de bovenkant van de Lee's schijf. Zet de stoomkamer, **voorzichtig en gebruikmakend van de tang**, bovenop het kurkmonster. Het kurk moet te zien zijn tussen de twee messing onderdelen van de proefopstelling (zie Figuur 1 - 4.3). Merk op dat het geheel nu terug op de kunststof houder staat. Verzeker je ervan dat de temperatuursondes correct geplaatst blijven.
7. Herstel de meting van de temperaturen T_{SC} en T_{LD} met de TI-Nspire CX rekenmachine. Noteer de waarden T_H en T_L op het antwoordblad, zodra T_{SC} en T_{LD} constant blijven. Merk op dat dit lang kan duren.

Experiment 1 - 4.1 is beëindigd: zet de schakelaar op '0' (als je dit experiment moet herhalen, roep dan een zaalassistent) en verwijder de temperatuursonde **T-SC** van de data logging Lab Cradle interface.

❖ **Schrijf je resultaten in de tabel bij Vraag 4.1.2. op het antwoordblad.**

Vraag 4.1.3

Geef op het antwoordblad de wiskundige uitdrukking voor de warmtestroom H_{in} die in de Lee's schijf stroomt bij de steady state. De uitdrukking dient geschreven te worden als functie van k (de thermische geleidbaarheid van het kurkmonster) en van de andere gemeten grootheden met bijbehorende symbolen.

❖ **Schrijf je resultaten op bij Vraag 4.1.3. op het antwoordblad.**

Vraag 4.1.4.

Geef op het antwoordblad de wiskundige uitdrukking voor a in $H_{in} = ka$. Deze uitdrukking voor a dient geschreven te worden als een functie van de gemeten grootheden met bijbehorende symbolen. Bereken een experimentele waarde voor a uitgaande van de gemeten waarden van de grootheden (geef details van je berekeningen en druk de waarde uit in de juiste eenheid).

❖ **Schrijf je resultaten op bij Vraag 4.1.4. op het antwoordblad.**

1 - 4.2. Deel 2 van de Lee's Schijf Methode

Het doel van dit tweede deel van het experiment is om te meten hoe snel de Lee's schijf afkoelt, m.a.w. zijn afkoelingssnelheid r , op de temperatuur waarbij deze zijn steady state bereikte. De afkoelingssnelheid van de Lee's schijf is een functie van zijn temperatuur. Als de schijf op een gegeven temperatuur T is, dan is zijn afkoelingssnelheid de verhouding tussen een kleine temperatuurverandering dT_{LD} rondom T en het korte tijdsinterval dt nodig voor deze verandering: $r(T) = dT_{LD}/dt$. Bij de steady state kan de warmtestroom van de schijf naar de omgeving H_{out} in verband worden gebracht met de afkoelingssnelheid met de vergelijking:

$$H_{out} = mc \frac{dT_{LD}}{dt},$$

met m de massa van de Lee's schijf en $c = 377 \text{ J/(kg K)}$ de soortelijke warmte van het schijfmateriaal. De soortelijke warmte is de warmte nodig om de temperatuur van 1 kg van het materiaal met 1 graad Celcius te doen stijgen.

In de volgende procedure laat je de temperatuur van de Lee's schijf ongeveer 5 tot 10 °C boven T_L stijgen en laat je hem afkoelen terwijl je de temperatuur van de schijf continu meet. Het afkoelen komt door warmteoverdracht van de schijf naar de omgeving.

Werkwijze

1. Verwijder het kurkmonster van de vorige opstelling **met de bijgeleverde pannenlap en tang als bescherming**.
2. Zet het vermogen van de stoomgenerator op "3,5-4" met de schuifknop. Als er enig probleem is met de stoomproductie, vraag dan hulp bij de zaalassistent. In dit deel van het experiment moet de TI-Nspire CX calculator in **acquisition mode** gebruikt worden. Kies een geschikte bemonsteringsfrequentie (Engels: 'sampling rate'). Neem data van de temperatuursonde **T-LD** en wacht totdat T_{LD} een waarde bereikt van ongeveer 5 tot 10 °C boven T_L .
3. Zet de schuifkop naar "0" en verbreek de verbinding met de spanningsbron. Verwijder de stoomkamer, met de pannenlap en tang als bescherming, en plaats hem op de grote kurkenondergrond (K in Figuur 1 – 4.2). Plaats het isolatieblok (J in Figuur 1-4.2) op de schijf en meet de temperatuur T_{LD} als functie van tijd.

Vraag 4.2.1.

Selecteer geschikte waarden van de verzamelde data om de afkoelende warmtestroom van de schijf naar de omgeving te bepalen bij de temperatuur van de steady state gevonden bij Vraag 4.1.2.

❖ **Schrijf je resultaten op in de tabel bij Vraag 4.2.1. op het antwoordblad.**

Vraag 4.2.2.

Maak een grafiek van de data van de tabel (Vraag 4.2.1.) op het geleverde millimeterpapier op het antwoordblad.

❖ **Maak een grafiek op het geleverde millimeterpapier op het antwoordblad.**

Vraag 4.2.3.

Gebruik de grafiek om de afkoelingssnelheid r te bepalen bij de temperatuur van de steady state gevonden bij Vraag 4.1.2.. Geef je berekeningen weer op het antwoordblad en geef aan welke waarden je hebt gebruikt.

❖ **Schrijf je berekeningen en resultaten op bij Vraag 4.2.3. op het antwoordblad.**

Vraag 4.2.4.

Geef op het antwoordblad een wiskundige uitdrukking voor de thermische geleidbaarheid k van het kurkmonster als functie van m , c en eventuele andere grootheden van je verzamelde experimentele data. Bereken met deze uitdrukking de thermische geleidbaarheid k van je kurkmonster.

❖ **Schrijf je resultaten op bij Vraag 4.2.4. op het antwoordblad.**

1 - 4.3. Thermische Isolatie van Huizen

De thermische weerstand R van een plaat is een maat voor zijn thermische isolatie tegen warmteverliezen en kan gedefinieerd worden als:

$$R = \frac{l}{k},$$

met k de thermische geleidbaarheid van het materiaal en l de plaatdikte. In gebouwen zijn de wanden opgebouwd uit lagen van verschillende materialen. Als de oppervlakten aan binnen- en buitenzijde verschillende temperaturen hebben, zal een warmtestroom H door alle wandlagen heen stromen.

Vraag 4.3.1.

Leid een wiskundige uitdrukking af voor de totale thermische weerstand R_{totaal} van een wand met twee lagen met dikte l_1 en l_2 van materialen met verschillende thermische geleidbaarheid k_1 en k_2 , respectievelijk, als functie van alleen deze grootheden.

❖ **Schrijf je berekeningen en resultaten op bij Vraag 4.3.1. op het antwoordblad.**

Vraag 4.3.2.

Om verliezen door thermische geleiding te vermijden bij een huis met wanden gemaakt van 20 cm dik beton en een 2 cm dikke pleisterlaag, is een isolatielaag van 1 cm dik kurkplaat toegevoegd. Neem aan dat de betonlaag aan de buitenkant van het huis een temperatuur van 0 °C heeft en de temperatuur binnen het huis op 20 °C wordt gehouden. Bereken de energie die gedurende één uur verloren gaat door een muur met een oppervlakte van 50 m² voor de volgende twee gevallen:

- i) een kale (beton+pleister, niet geïsoleerde) muur;
- ii) een geïsoleerde (beton+pleister+kurk) muur.

Gebruik de volgende thermische geleidbaarheden (gegeven in de SI eenheid W K⁻¹ m⁻¹): beton: 1,10; pleister: 0,17; kurk: gebruik de waarde gevonden bij Vraag 4.2.4.

❖ **Schrijf je berekeningen en resultaten op bij Vraag 4.3.2. op het antwoordblad.**