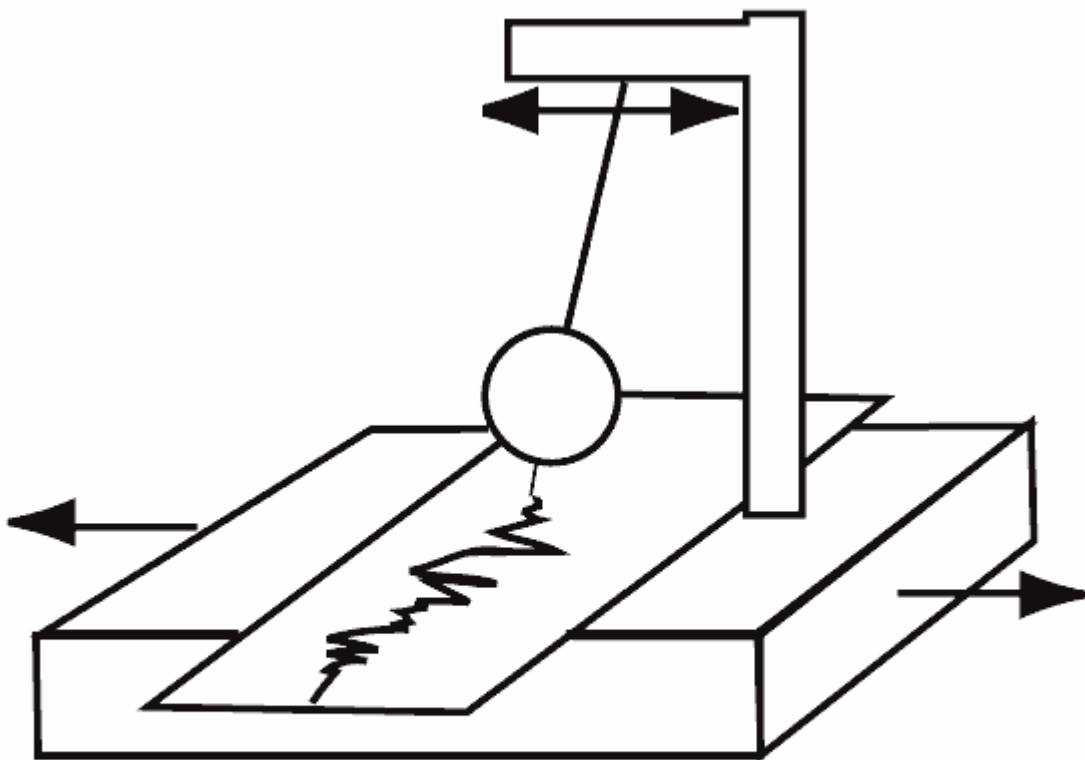


# Van slinger



# tot seismograaf

# Leerlingenhandleiding



## Inleiding

In de komende weken gaan jullie werken aan een mini-profielwerkstuk (mini-PWS). Het mini-PWS is een voorbereiding voor je uiteindelijke PWS, dat een verplicht onderdeel uitmaakt van het examen. Het mini-PWS wordt afgerond in drie bijeenkomsten, waarvan de eerste vandaag plaatsvindt. Ook tussen de bijeenkomsten moet je alleen en met je groepje een deel van de opdrachten doen en dingen uitwerken die je tijdens de bijeenkomsten hebt gedaan. In totaal beslaat het mini-PWS ongeveer 10 studielasturen, waarvan de helft zit in de bijeenkomsten, en de andere helft in werkzaamheden tussen de bijeenkomsten in.

In deze handleiding vindt je een overzicht van de activiteiten die horen bij het mini-PWS. Ook staat erin op welke momenten je je voortgang moet laten toetsen door de docent (go/no go momenten), die dan kan bepalen of je voldoende bent voorbereid om verder te gaan

## Het onderwerp

Regelmatig horen we op het journaal of lezen we in de krant dat zich ergens ter wereld een aardbeving heeft voorgedaan. Sommigen van jullie hebben vast wel eens gehoord van termen als “de schaal van Richter” en het “epicentrum” van de aardbeving. Aardbevingen kunnen een hoop schade en een hoop menselijk leed veroorzaken. Sommige aardbevingen in deze en de vorige eeuw hebben meer dan honderdduizend levens geëist.

Wetenschappers proberen daarom te kijken of ze aardbevingen zo vroeg mogelijk kunnen voorspellen, en meten daarom continu verschuivingen en trillingen in de aardkorst. Het meten van die trillingen gebeurt met een zogenaamde seismograaf. Een eenvoudige seismograaf kan je eigenlijk al maken met een simpele slinger. Aan die slinger gaan we in dit Mini-PWS aandacht besteden: we gaan kijken wat de eigenschappen van een slinger zijn, en hoe die met elkaar samenhangen. Ook kunnen we de slinger gebruiken om bijvoorbeeld de zwaartekracht van de aarde te bepalen.

## Wat heb je nodig?

Naast deze handleiding, krijg je ook een leerlingenschema. Op dat leerlingenschema kan je je voortgang bijhouden, en bijvoorbeeld straks ook je metingen noteren. Bij je echte profielwerkstuk houd je daarvoor een eigen logboek bij.

Verder krijg je ook het formele slingersheet, waarop staat aangegeven welke definities we hanteren voor de slinger. Het is verstandig om dezelfde definities te gebruiken als op het slingersheet staan aangegeven, want dat voorkomt verwarring.

## **De bijeenkomsten en daartussen**

Op de volgende bladzijden staat per bijeenkomst beschreven wat je tijdens die bijeenkomst moet doen. De docent zal je hierin begeleiden. Ook staat aangegeven wat je tussen de bijeenkomsten moet doen. Maak hier onderling goede afspraken over, en schrijf die ook op! Het is erg vervelend als de hele groep niet door kan werken, omdat iemand vergeten is zijn gedeelte te doen.



### **1<sup>e</sup> bijeenkomst**

Tijdens deze eerste bijeenkomst gaan we ons oriënteren, en gaan we vooral kwalitatief onderzoek doen. Kwalitatief onderzoek houdt in, dat we nog niet nauwkeurig gaan meten, maar dat we een idee gaan proberen te krijgen welke grootheden die met de slinger te maken hebben, met elkaar samenhangen.

Na een korte inleiding krijg je nu de gelegenheid om je te oriënteren op je onderzoek.

- Bekijk de slingers eens, speel er een beetje mee, en probeer voor jezelf te bedenken wat je interessant vindt om te onderzoeken.
- Kijk eventueel op het leerlingschema en het formele slingersheet om ideeën op te doen.
- Overleg met je medeleerlingen, en stel op basis van wat jou leuk lijkt om te onderzoeken, een groepje samen van 3-4 personen.
- Meldt je groepje aan bij de docent.
- Bedenk of je een meer theoretisch of een experimenteel onderzoek wilt doen. Bij beide typen onderzoek moet je zowel theorie uitwerken als experimenten doen. Bij een theoretisch onderzoek formuleer je eerst een bepaalde stelling op basis van de theorie, en ga je die vervolgens experimenteel proberen te bewijzen. Bij een experimenteel onderzoek ga je het verband tussen bepaalde zaken experimenteel onderzoeken, en probeer je vervolgens daaruit een bepaalde wetmatigheid af te leiden.
- Ga vervolgens met je groepje nadenken over de onderzoeksvraag, en noteer die op je schema. Probeer je vraag duidelijk te formuleren, zodat je hem aan het einde ook goed kan beantwoorden.

**GO/NO GO:** Na het opstellen van je onderzoeksvraag laat je als groepje aan de docent zien wat je hebt gekozen. De docent zal aangeven of de vraag goed genoeg geformuleerd is om verder te gaan (GO) of dat je eerst nog wat zaken verder moet uitwerken (NO GO).

- Maak vervolgens afspraken binnen je groep, en verdeel de taken die tussen de eerste en tweede bijeenkomst gedaan moeten worden.



## Taken tussen de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> bijeenkomst

In deze tijd ga je je voorbereiden op je kwantitatieve onderzoek. Kwantitatief onderzoek wil zeggen dat je daadwerkelijk metingen gaat doen, en de resultaten daarvan gaat analyseren. Aan het einde van de 1<sup>e</sup> bijeenkomst heb je de taken onderling verdeeld. Bedenk bij het verdelen van de taken:

- Wie van jullie gaan de theorie van jullie probleem opzoeken en uitwerken?
- Wie van jullie gaan de praktische voorbereiding doen? Dat wil zeggen: je hebt al nagedacht over een proefopstelling, maar dat moet uitgewerkt worden. Maak bijvoorbeeld een schets of beschrijving van je proefopstelling, bedenk welke materialen je nodig zal hebben, en regel die tijdig met de TOA.



## 2<sup>e</sup> bijeenkomst

De tweede bijeenkomst staat voornamelijk in het teken van het praktische experiment.

**GO/NO GO:** Aan het begin van de les laat je als groepje aan de docent zien wat je tussendoor hebt voorbereid. De docent zal aangeven of de voorbereiding voldoende is om verder te gaan (GO) of dat je eerst nog wat zaken verder moet uitwerken (NO GO).

Als de docent akkoord is, kan je beginnen met je metingen. Let bij je metingen op de volgende aandachtspunten:

- Het is vaak nauwkeuriger om een langere meting te doen. In het geval van de slinger kan je dus bijvoorbeeld beter de tijd van 10 slingeren meten, en dan delen door 10, dan dat je gewoon maar 1 slingering meet.
- Een andere manier om de nauwkeurigheid te vergroten, is om een bepaalde meting een aantal keren te herhalen. Het gemiddelde van je metingen kan je dan gebruiken als

meetwaarde. Op die manier voorkom je dat kleine foutjes of toevallige afwijkingen veel invloed hebben op de eindresultaten.

- Als je het verband tussen twee grootheden meet, let er dan op dat je andere factoren die invloed kunnen hebben niet per ongeluk mee verandert. Verander bij voorkeur maar één grootte tegelijk.
- Neem rustig de tijd voor je metingen, en als je twijfelt over de uitkomst, doe de meting dan gewoon over.

Na het meten maak je onderling afspraken en verdeel je de taken die tussen de bijeenkomsten moeten worden uitgevoerd. Bedenk samen hoe je de resultaten wilt gaan presenteren.



## Taken tussen de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> bijeenkomst

In deze periode ga je je meetresultaten uitwerken, en je presentatie voorbereiden. Zorg dat alle materialen die je nodig hebt voor je presentatie beschikbaar zijn. Bedenk ook dat je ongeveer 30-45 minuten hebt om je presentatie in elkaar te zetten, dus probeer het niet te uitgebreid te doen. Je kunt ook in plaats van een hele presentatie alleen een presentatie opzet maken.

Probeer ook vast individueel conclusies te trekken uit je metingen, en na te denken over een antwoord op de onderzoeksvraag.



## 3<sup>e</sup> bijeenkomst

Tijdens deze bijeenkomst begin je met gezamenlijk een definitief antwoord te formuleren op je onderzoeksvraag. Ondertussen maakt ieder groepje met de docent een afspraak over de presentatie tijdens de 2<sup>e</sup> helft van de les.

Vervolgens ga je in ongeveer 30-45 minuten de presentatie voorbereiden.

In de tweede helft van de les krijgt elke groep ongeveer 3-5 minuten de tijd om kort verslag te doen van wat je groepje onderzocht heeft, en wat de uitkomsten zijn. Doe dit aan de hand van je presentatie, of in het geval van een presentatie-opzet, leg uit hoe je presentatie eruit zou moeten gaan zien.

**Succes!!!**

# Formele slingersheet

Op dit sheet staan een aantal afspraken met betrekking tot het gebruik van bepaalde symbolen (letters) voor grootheden, en een stukje theoretische achtergrond. Kijk ook in je wis- en/of natuurkundeboek bij onderwerpen als trillingen en periodieke functies.



## Afspraken

De onderstaande tabel geeft alle grootheden die van toepassing zijn met hun symbolen weer.

Grootheid	Letter
Lengte van het koord	$l$
Hoekuitwijking van de slinger	$\alpha$
Massa	$m$
Horizontale uitwijking	$u$
Maximale horizontale uitwijking (amplitude)	$A$
Valversnelling	$g$
Tijd	$t$
De afgelegde weg	$s$
Zwaartekracht	$F_z$
Ophangpunt	$O$
Trillingstijd	$T$

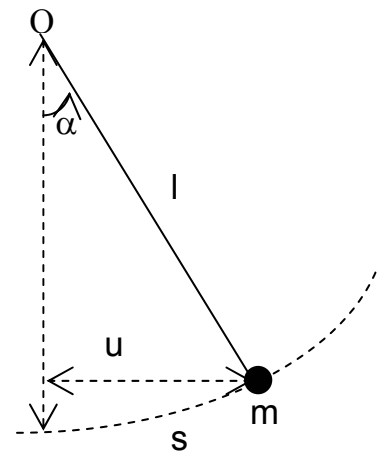


fig. 1



## Goniometrie van een rechthoekige driehoek

Voor een rechthoekige driehoek met zijden AB, BC, AC geldt:

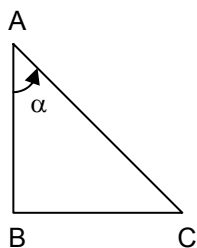


fig. 2

$$\frac{BC}{AC} = \sin(\alpha)$$

$$\frac{AB}{AC} = \cos(\alpha)$$

$$\frac{BC}{AB} = \tan(\alpha)$$



# Theoretische uitwerking van de slinger

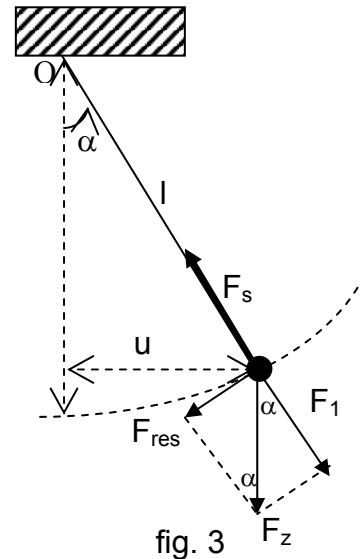
We onderscheiden twee soorten slingers:

1. De mathematische slinger
2. De fysische slinger

Vervolgens kijken we wat er gebeurt als de slinger wordt gedempt (d.w.z. als de slinger door wrijving van bijvoorbeeld de lucht of in het ophangpunt) wordt afgeremd

## Mathematische slinger

Voor een mathematische slinger gaan we er vanuit dat de massa een punt is. Op deze puntmassa werkt een zwaartekracht  $F_z = m \cdot g$ . Als de slinger onder een hoek  $\alpha$  hangt, veroorzaakt de component  $F_1$  van  $F_z$  in de richting van het koord een spankracht  $F_s$  in de tegengestelde richting die deze component opheft (zie fig 3). De overblijvende component van de zwaartekracht  $F_{res}$  werkt langs het slingerpad en heeft als formule:



$$F_{res} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \quad [1]$$

Voor kleine hoeken kunnen we de horizontale uitwijking  $u$  gelijkstellen aan de afgelegde weg  $s$ . Als we  $\sin(\alpha)$  in [1] vervangen door  $\frac{u}{l}$  wordt de formule:

$$F_{res} = m \cdot g \cdot \frac{u}{l} \quad [2]$$

Als we deze formule in de vorm  $F_{res} = \frac{m \cdot g}{l} \cdot u$  schrijven, blijkt deze kracht dezelfde vorm te

hebben als de kracht die door een veer tijdens een trilling uitgeoefend wordt

namelijk  $F = C \cdot u$ . Dus we kunnen zeggen dat de mathematische slinger zich gedraagt als

een veer met een massa die horizontaal trilt t.o.v. de evenwichtsstand. De constante is in dit

geval gelijk aan  $C = \frac{m \cdot g}{l}$ . De trillingstijd die hierbij hoort is  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$ . Voor de slinger geldt

dus, als C vervangen wordt door  $mg/L$ , dat:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad [3]$$

## De fysische slinger

Voor een fysische, meer realistische slinger geldt dat de massa zich niet in één punt bevindt maar verdeeld is over de lengte van het koord (zie fig.4). Dit betekent dat niet alleen de onderkant van het koord bij het slingeren betrokken is, maar dat het koord als geheel over een hoek  $\alpha$  draait om het ophangpunt  $O$ .

De vraag is wat je nu als lengte van de slinger moet nemen. De juiste slingerlengte is in dit geval de afstand van het ophangpunt  $O$  tot aan het zwaartepunt van de slinger massa. Bij een homogene staaf zoals in figuur 4 ligt het zwaartepunt halverwege. Doordat de lengte  $l$  nu anders is, wordt ook de trillingstijd  $T$  anders (zie [3]).

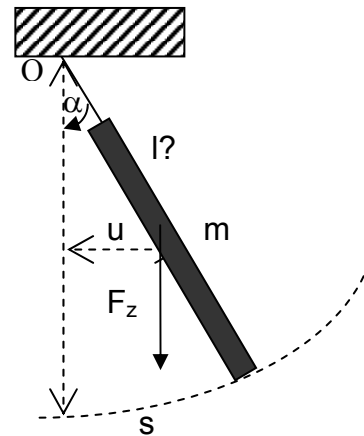


fig. 4

## Demping

Wanneer we het over de demping van de slinger hebben bedoelen we dat energie uit de beweging van de slinger verdwijnt. Dit komt bijvoorbeeld door luchtweerstand en wrijving in het ophangpunt. De slinger heeft minder energie om de slingerbeweging in stand te houden en beweegt daardoor met een kleinere amplitude (kleinere maximale uitwijking). Dit heeft ook gevolgen voor de trillingstijd. Het effect van de demping op de amplitude en de trillingstijd kun je experimenteel vaststellen.



# Leerlingschema

Dit schema is bedoeld om je op weg te helpen bij het Mini-PWS. Er staan een aantal dingen in die je tijdens de eerste bijeenkomst samen met je groepje gaat invullen. De achterkant van het formulier moet je voorbereiden tussen de 1<sup>e</sup> en de 2<sup>e</sup> bijeenkomst.



## 1<sup>e</sup> bijeenkomst

Onderstaande gegevens vul je in tijdens de eerste bijeenkomst

### Namen van de groepsleden

### Type onderzoek

- Wij kiezen voor een experimenteel onderzoek
- Wij kiezen voor een theoretisch onderzoek

### Onderzoeksvraag/stelling

Beschrijf hieronder op welke vraag je wilt gaan beantwoorden of welke stelling je wilt gaan bewijzen.

## Variabelen

Kruis aan welke variabele je wilt gaan variëren

- massa
- slingerlengte
- klepelvorm (vorm van het gewichtje aan de slinger)
- beginamplitude (maximale uitwijking bij de start)
- demping (verandering van de maximale uitwijking)
- iets anders, nl.....

Hoe wil je deze gaan variëren?

Bedenk nu welke taken er allemaal verricht moeten worden voor de volgende bijeenkomst (zie ook de handleiding). Noteer deze taken hieronder, en schrijf duidelijk op wie wat gaat doen.



## Tussen de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> bijeenkomst

Het komt vaak voor in de natuurkunde, dat variabelen afhankelijk van elkaar zijn. Als je bijvoorbeeld de lengte van een voorwerp vergroot, dan vergroot je automatisch ook de massa van het voorwerp.

### Effect van het veranderen van de variabele

Op de vorige bladzijde heb je een variabele gekozen die je wilt gaan variëren. Kruis in de onderstaande tabellen aan welke andere grootheden afhankelijk zijn van de door jullie gekozen variabele, en geef voor die grootheden aan waarom dat zo is.

Keuze	Variabele	Waarom varieert deze variabele mee?
	Massa	
	Slingerlengte	
	Beginamplitude	
	Klepelvorm*	
	Slingertijd	
	Demping	
	.....	
	.....	

\* De klepelvorm is de vorm van de massa die aan de slinger hangt. Deze vorm bepaalt onder andere welke lengte  $l$  je moet gebruiken (zie op het formele sheet het stukje over een realistische slinger), en heeft invloed op de demping.

### **Schets van proefopstelling**

Maak hiernaast een schets van je proefopstelling en geef aan welke krachten er werken op de klepel als die zich in zijn maximale uitwijkingsstand bevindt.

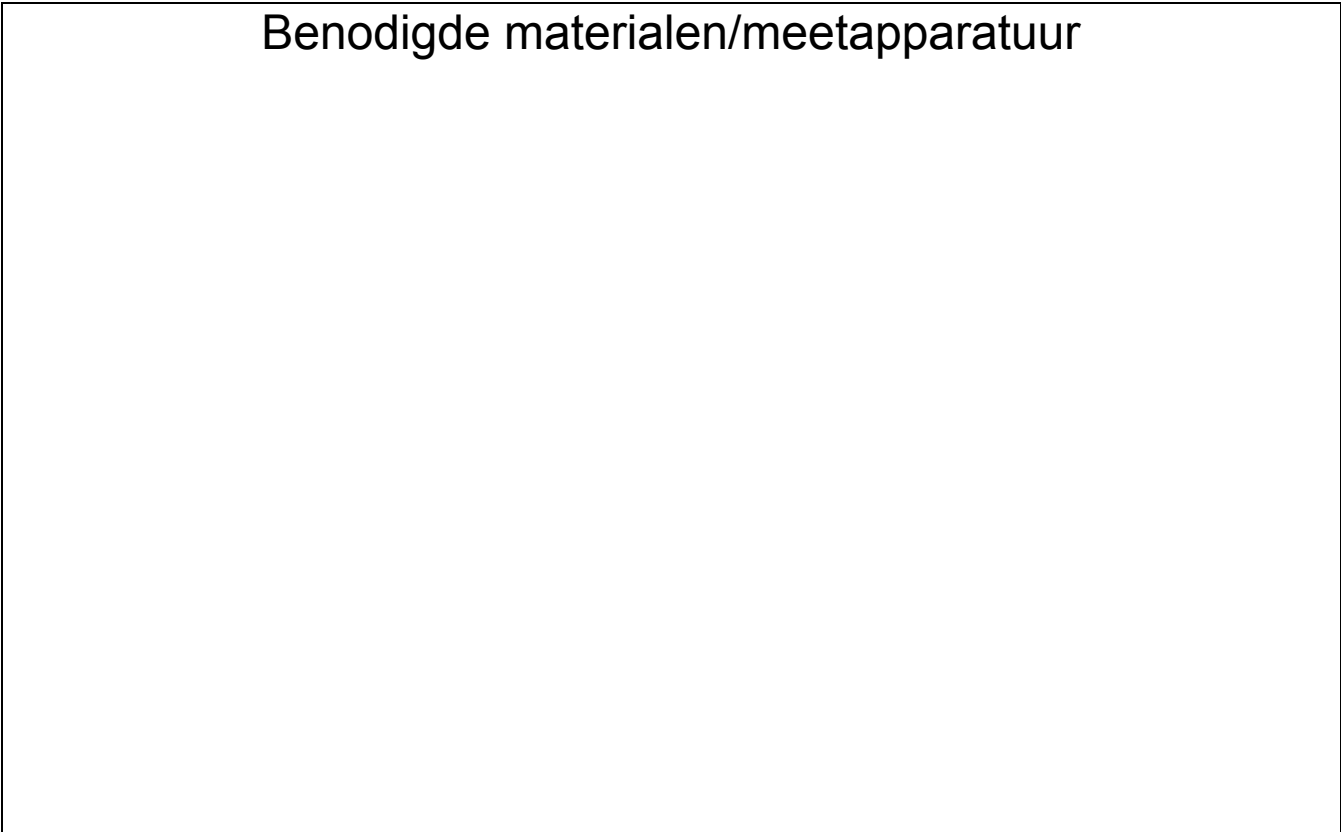


Schets proefopstelling

### **Benodigde materialen**

Om de proef uit te voeren, heb je bepaalde materialen nodig, zoals iets om je slinger aan te hangen (statief) en materiaal om te slingeren (touwtje of staaf, klepel/gewichtje). Ook heb je meetapparatuur nodig, zoals een meetlat en een stopwatch. Maak een lijst van de benodigde materialen.

**Benodigde materialen/meetapparatuur**





## 2<sup>e</sup> bijeenkomst

Lees het stuk in de handleiding over nauwkeurig meten.

Noteer hieronder de resultaten van de je metingen.

## Taakverdeling

Bedenk nu welke taken er allemaal verricht moeten worden voor de volgende bijeenkomst (zie ook de handleiding). Noteer deze taken hieronder, en schrijf duidelijk op wie wat gaat doen. Noteer ook in welke vorm je de resultaten zou willen gaan presenteren.



## 3<sup>e</sup> bijeenkomst

Tijdens deze bijeenkomst werk je verder aan de presentatie van je onderzoek. Je hoeft verder geen zaken meer op dit formulier in te vullen.