

De periode wordt afgesloten met een afsluitende opdracht. Deze bestaat uit drie onderdelen: een tekening, een onderzoek en een reflectieverslag. Daarnaast wordt het schrift meegenomen in de beoordeling.

1 Tekening

1.1 Opdracht

Je tekent enkele stadia van de centrale collineatie van een zeshoek, een cirkel, of een gelijkzijdige figuur (in overleg). Daartoe worden stencils uitgedeeld met centrum, as en zeshoek gegeven, of met een begincirkel en ingesloten achthoek. Als je het stencil niet hebt, kan je zelf een opzetje maken, het hoeft niet precies hetzelfde te zijn.

Laat minstens enkele hulplijnen staan, zodat de constructiestappen in de tekening zichtbaar blijven.

Zie voor voorbeelden en ideeën de uitgewerkte bladen.

2 Onderzoek

De bedoeling is dat je een onderzoek doet naar een meetkundige eigenschap. Dat betekent dat je een bepaalde eigenschap gaat variëren en kijken wat de effecten daarvan zijn.

Onderzoek de situatie en beschrijf wat je ontdekt, wat je opvalt, wat interessant is.

Er bestaan twee manieren van onderzoek: de fenomenologische (“vrijeschoolse”) en de positivistische (“mainstream wetenschappelijk”). De fenomenologische manier ken je van bij natuurkunde: goed kijken naar een fenomeen en proberen daaruit wetmatigheden af te leiden.

De manier die in de huidige wetenschap vooral gebruikt wordt is om op voorhand een hypothese op te stellen: je bedenkt eerst wat je verwacht dat er zal gebeuren of aan de hand zijn, dan test je dat uit en je bevestigt of verworpt je hypothese.

De tweede manier is veiliger: je hebt een eenduidige conclusie en het is moeilijk om vals te spelen. Bij de fenomenologische benadering ligt dit gevaar steeds op de loer: dat je ziet wat je wil zien. Het is dus zaak je eigen oordeel zo lang mogelijk terug te houden en echt te kijken wat er gebeurt.

Maak gebruik van de onderzoekscyclus, zoals die in de tweede week besproken is: 1. Onderzoeksvraag 2. Plan van aanpak (laat dit eerst goedkeuren!) 3. Uitvoering 4. Analyse 5. Conclusie

Je kan kiezen uit één van de onderstaande thema's, of met een eigen voorstel komen, maar dat moet je dan wel even laten goedkeuren. Er zijn wetenschappelijke of beschouwelijke vragen.

Het is mogelijk om met 2 of 3 samen te werken aan 1 thema. Overleg dat op voorhand. Uiteraard wordt er dan meer verwacht.

2.1 Wetenschappelijke vragen

- Wat gebeurt er als bij een centrale collineatie de as en het centrum net even anders liggen? Je kan hiervoor de zeshoektekening opnieuw doen met andere Z en z , of met een andere beginzeshoek. Je kan echter ook een andere tekening als uitgangspunt kiezen.
- Herhaal de driehoeksmetamorfose met 3 eindige fixpunten.
- Zet willekeurig 5 punten en teken de kegelsnede. Hoe verandert deze als je de punten *nét* even anders zet? Waar zijn de interessante overgangen?
- Hetzelfde als hierboven maar dan met rechten en de duale constructie.
- Hoe moet je 5 rechten kiezen om een ellips te krijgen in de rechtegewijze constructie van een kegelsnede? Hoe voor een parabool, hoe voor een hyperbool?
- Kies 5 punten (of 5 rechten) en construeer allebei de kegelsneden: zowel de raaklijnen-kegelsnede als de puntenkegelsnede.
- Kies de 5 punten (of rechten) nu eens niet willekeurig, maar onderzoek bijzondere liggingen: wat als meerdere punten op 1 lijn liggen? Of meerdere rechten door 1 punte gaan? Wanneer krijg je een cirkel? Wanneer een parabool?
- Wat gebeurt er als je de nummering van 5 gegeven punten (of rechten) aanpast bij de constructie van een kegelsnede? Dus bv. A wordt B , B wordt C enz. Construeer enkele varianten, bedenk hoeveel er mogelijk zijn, ...
- De stelling van Desargues neemt een heel belangrijke plaats in in de projectieve meetkunde. Bestudeer deze stelling. Vraag oefenbladen. Teken een minimaal voorbeeld hiervan. Zorg dat je de stelling echt begrijpt. Formuleer en teken ook de duale versie.
- De stellingen van Pascal en Brianchon zijn een mooi voorbeeld van dualiteit in het vlak. Zoek deze op en bestudeer ze. Zorg dat je ze begrijpt. (oefenbladen bij mij te krijgen)
- De stelling van Pappos is een mooi voorbeeld van een zelf-duale stelling. Zoek uit wat deze stelling is, maak een er een tekening bij en leg uit waarom deze zelf-duaal is.
- Onderzoek wat er gebeurt met de stelling van Desargues als één of meerdere punten op oneindig liggen, of één van de rechten op oneindig ligt.
- Hetzelfde met de stelling van Pascal en/of Brianchon.

- Kies 6 punten op (rechten aan) een cirkel en zoek alle mogelijke Pascal-rechten (Brianchon-punten) die ontstaan door de punten (rechten) anders te nummeren. (Bereken eerst hoeveel mogelijkheden er zijn!)
- Verklaar waarom de stelling van Pappos een speciaal geval van de stelling van Pascal is.
- Oefenblad op de stelling van Desargues waarbij je de 2e driehoek moet zoeken. (bij mij te krijgen)
- (wiskunde B) Hoe verkrijg je de bekende meetkundige transformaties uit een centrale collineatie? Hoe moet je bv. de as en het centrum kiezen om een translatie te verkrijgen? Of een congruentie?
- Hoe kan dualiteit naar 3 dimensies veralgemeend worden? Welke rol spelen rechten dan?
- (wiskunde B) Zoek uit wat homogene coördinaten zijn en wat dat met projectieve meetkunde te maken heeft.
- Maak een perspectieftekening van minder eenvoudige vormen, zoals een cirkel, een bol, een piramide, ... Evt. stencil met balk opvraagbaar.
- Onderzoek de begrippen 'puntgebied' en zijn duale 'stralenbereik'.
- Verken alle $7+3$ basisstructuren van de ruimte: stralenwaaier, stralenbundel, vlakkenbundel, puntveld enz.
- (wiskunde B) Wat is de dimensie van de basisstructuren van de ruimte? Hoeveel parameters heb je nodig om ze vast te leggen?
- Hoe wordt projectieve meetkunde in de klassieke wiskunde behandeld? Universiteiten behandelen projectieve meetkunde op een heel andere manier. Hoezo? (Je kan bv. een wiskundige interviewen.)
- Vraag oefenbladen over het thema pool en poollijn en onderzoek dit thema.
- Verdiep je in de begrippen 'perspectiviteit' en 'projectiviteit' (als afbeeldingen), geef voorbeelden en probeer hiermee een kegelsnede te construeren.
- Perfectioneer de lamp die centrale projectie aanschouwelijk moet maken, of bedenk een andere dergelijke proef.

2.2 Beschouwelijke vragen

- Wat is een punt op oneindig? Hoe hangt het samen met de oneindigheid van de natuurlijke getallen, of met oneindigheid van het aantal punten op een cirkel of rechte? Waar komt het begrip oneindig nog meer voor en valt dat hiermee te koppelen?
- Waar komt metamorfose nog meer voor? Valt dat in verbinding te brengen met de metamorfose die optreedt bij centrale collineatie? Vergelijk in ieder geval metamorfose in de biologie.

Wie echt wil graven kan zich graag tot mij wenden voor wat literatuursuggesties. Veel literatuur is in het Duits, maar ook Engels en Nederlands is te vinden. Overigens heeft Kees Veenman ook veel boeken en kennis over projectieve meetkunde; hij vindt het vast leuk om tips gevraagd te worden.

Vermeld je bronnen in een juist vormgegeven referentielijst. (Zie bv. <http://wikiwiki.taets.be/bronvermelding.pdf> en http://nl.wikipedia.org/wiki/Help:Wikipedia_citeren.)

2.3 Onderzoekresultaten

Doe verslag van je onderzoek, waarbij je vermeld voor welke aanpak je gekozen hebt en hoe je te werk bent gegaan. Zorg ervoor dat de opeenvolgende stappen duidelijk onderscheidbaar zijn: hypothese of doelstelling; plan van aanpak; uitvoering; analyse en resultaten.

2.4 Proces

Je beschrijft ook het **persoonlijke proces** waar je doorheen bent gegaan bij het maken van de afsluitende opdracht. Beschrijf waarom je voor dat thema als onderzoek gekozen hebt. Beschrijf ook wat je bij het maken tegenkomt: een gelukkige vondst, gefrustreerd verscheuren van een bijna afge tekening, vreugdedansje omdat het eindelijk gelukt is...

Lopende tekst van ong. 1 A4. Deze beide mogen ook met elkaar verweven zijn, als de afzonderlijke thema's maar duidelijk zijn.

3 Portfolio-opdracht

Een portfolio is een verzameling van documenten waarin je laat zien wat je geleerd hebt en wat je kan. Dit begrip komt uit de kunstwereld, oorspronkelijk was het een map met tekeningen en schilderijen. Tegenwoordig wordt het algemener gebruikt, en kan je er alle mogelijke vaardigheden in laten zien. Ook voor je schooltijd willen we een portfolio samenstellen; dit krijg je dan bij je diploma uitgereikt.

Voor de periode projectieve meetkunde ga je een portfoliodocument maken in het eerstvolgende mentoruur.

Op de voorkant komt de volgende inleidingstekst:

In deze periode projectieve meetkunde ging het erom het denken in beweging te zetten. We begonnen met vanuit bewegende driehoeken kegelsneden te construeren door vijf punten of rechten. Daarbij kwamen dualiteit en punten en rechten op oneindig als thema's aan bod. Daarna werd perspectief herhaald en de collineatie verkend.

De periode werd afgerond met een eindopdracht waarin de leerlingen naast een tekening van de centrale collineatie van een regelmatige zeshoek ook een eigen onderzoek naar een zelfgekozen thema moesten doen.

Op de achterkant beantwoord je de volgende vragen:

3.1 Hoogtepunt

Vertel hier wat voor jou het belangrijkste inzicht was, dat je deze periode hebt opgedaan. Vertel waarom en wat je eraan hebt gehad.

Richt je op een anonieme derde die er niet bij was en dus niks weet behalve wat in de inleiding vermeld staat.

3.2 Verworven competenties

Vertel hier wat je deze periode hebt geleerd, welke competenties je hebt verworven. Dit hoeft niet noodzakelijk wiskundegerelateerd te zijn! Denk aan het omgaan met passer, het ordenen van je spullen, het maken van een planning.

Wat kan je nu (beter), dat je drie weken geleden nog niet (goed) kon.

3.3 Ontwikkelpunten

Vertel hier waar, in het licht van het voorgaande, voor jou nog ontwikkelpunten liggen: waar ben je tegenaan gelopen, wat zijn je valkuilen. En wat is de meest logische stap om daaraan te werken.

3.4 Afbeelding

Daarnaast ga je één of meerdere afbeeldingen toevoegen. Hiervoor kies je een tekening (of meerdere) die je in de periode gemaakt hebt. Dat mag er 1 zijn die je in de les gemaakt hebt, of 1 van de tekeningen voor de eindopdracht. Deze ga je scannen met de computer en als apart afbeeldingsbestand (bestandsextensie .png of .jpg) toevoegen. (Foto kan ook, maar geeft minder mooi resultaat.) (Scannen gaat heel handig met een kopieermachine, kan voorlopig helaas nog niet in het ICT-lokaal.)

Dit alles stuur je als een mail met bijlage(n) naar hmaryns@rscollege.nl.

3.5 Nawoord

Je schrijft een nawoord zoals je dat van andere periodes kent. Neem het voorwoord dat je de eerste dag hebt geschreven erbij en vergelijk: Heb je geleerd wat je wou leren? Heb je gedaan wat je je hebt voorgenomen? Heb je je doelen bereikt? Wat was je motivatie? Wat heb je aan de periode gehad?

Het nawoord is persoonlijk gericht aan de leerkrachten, Michiel en Hendrik. Daartegenover staat het portfoliodocument, waarin je naar de buitenwereld laat zien wat je hebt geleerd en nu kan. Dit is echter anoniem, iedereen moet het kunnen lezen, ook als diegene niet in de les was en jou of ons niet kent. Wat al in het portfolio staat, hoeft echter niet in het nawoord nog eens herhaald te worden.

Ten slotte beantwoord je deze vraag: projectieve meetkunde is echt iets vrijeschools, het zit niet in het examen, andere scholen doen het niet. Wat zou daar de reden voor zijn? Wat is er zo bijzonder aan projectieve meetkunde? Kijk terug op de afgelopen weken en bedenk (minstens) 2 redenen.

4 Schrift

Het klassieke 'periodeschrift', aangevuld met bovenstaande opdrachten. Bundel dat wat je hebt, plus de kopieën die je krijgt en de tekeningen van hierboven, plus het onderzoek en het nawoord.

Zorg ervoor dat een logische volgorde aangehouden wordt. Deze hoeft niet noodzakelijk chronologisch te zijn, maar stukken die aan elkaar gelinkt zijn horen bij elkaar te zitten.

Om te structureren en te helpen bij een logische volgorde, is een inhoudsopgave en paginanummering ten zeerste aanbevolen.

Elke tekening is voorzien van een bijschrift of titel en liefst ook nummer. Verwijzingen in de tekst zijn naar concrete tekeningen, niet 'zie tekening', maar 'zie tekening 5 op pagina 6'.

Het schrift wordt beoordeeld volgens de criteria Volledig, Netjes, Duidelijk.

5 Inleverdatum

Inleverdatum: 2017-03-15