# Onderwijsontwerp

De lessenreeks is gestructureerd aan de hand van de het model van van den Akker en ontworpen op basis van bevindingen in de literatuur. De lessenreeks wordt in tabel 2 gepresenteerd. Hierin is per les het volgende aangegeven:

* Wat het doel van de les is?
* Wat is de rol van de docent?
* Wat is de activiteit van de leerling?
* Wat zijn de benodigde materialen?
* Wat wordt er verwacht tijdens de les en hoe draagt dit bij aan het onderzoek.

Leerlingen hebben bepaalde voorkennis nodig om aan deze lessenreeks te kunnen beginnen. Deze voorkennis is hoofdzakelijk gebaseerd op vakinhoudelijke kennis uit de derde klas en niet op modelleervaardigheden.

De leerling moet in staat zijn om:

* plaats-, snelheid-, en versnelling-tijd grafieken af te lezen.
* de tweede wet van Newton kennen en kunnen toepassen in berekeningen met maximaal 2 formules.
* berekeningen maken in eenparig versnelde bewegingen met maximaal twee formules.

Met de formules:

De lessenreeks eindigt met een open opdracht waarin leerlingen een casus kiezen waarbij ze zelf een model schrijven. Alle casussen zullen resulteren in een kinematisch model met luchtwrijving waarin ze versnelling-, snelheid-, en plaats-tijd diagrammen moeten genereren. De open opdracht kan worden ingezet als formatieve of summatieve toets. Het verslag van het model zal gestructureerd worden door de eerder beschreven modelelleerfases. Voor alle benodigde documenten voor de lessenreeks zie bijlage 2. In deze bijlage staat de opdrachtomschrijving van de eindopdracht, de bijbehorende rubric, werkbladen en de gebruikte presentaties.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Les | Doel van de les | Rol van de docent | Activiteit van de leerling | Materiaal | Verantwoording |
| 1 | Vooronderzoek kennis over modellen.  Aan het einde van de les is het inzichtelijk voor de docent wat de voorkennis is van de leerlingen over modellen en hebben de leerlingen kennis gemaakt met de vijf modelleerfases. | De docent stelt vier vragen aan de leerlingen in de klas:   1. Wat is een model in de natuurkunde? 2. Waar worden modellen voor gebruikt? 3. Waarom zijn er modellen? 4. Wat zou dynamisch modelleren kunnen betekenen?   Tijdens het werken van de leerlingen moet de docent geen antwoorden aan leerlingen geven. De docent mag wel door het stellen van vragen leerlingen in een bepaalde richting sturen.  Docent geeft instructie aan de klas over de 5 fases van het modelleerproces aan de hand van een (eventueel leerlingen aangedragen) voorbeeld. | 0 – 15 minuten  Leerlingen beantwoorden de vragen in 2-tallen door middel van steekwoorden op een mini whiteboard.  15 – 25 minuten  Leerlingen vormen in samenwerking met de docent een antwoord op de vragen door middel van een onderwijsleergesprek. Docent kan ervoor kiezen om de steekwoorden van een leerlingen te verzamelen via een digitale methode (bijvoorbeeld mentimeter) of werken op grote bladen papier (A1).  25 – 40 minuten  Leerlingen luisteren naar instructie van de docent. | Mini whiteboard en stiften per 2 leerlingen | In deze les wordt gekeken wat leerlingen al weten over modellen en wordt er een basis gelegd voor leerlingen wat het begrip “model” betekent. Dit is belangrijk voor het onderzoek omdat het gedeeltelijk bepaalt hoe de vervolglessen vormgegeven worden. Aspecten van dynamische modellen die leerlingen nog niet goed beheersen zullen meer aandacht krijgen in de lessenreeks. Het startniveau van de leerlingen zal worden gebruikt om het tempo en inhoud van de vervolglessen te bepalen.  Door het bespreken van de modelleerfases wordt gehoopt dat leerlingen zich realiseren dat het model schrijven slechts een gedeelte is van het hele proces. |
| 2 | Vooronderzoek conceptuele kennis.  Aan het einde van de les is het inzichtelijk voor de docent wat de voorkennis is van de leerlingen binnen het domein kracht en beweging. | Docent zorgt ervoor dat de toets aanwezig is voor alle leerlingen en zorgt voor een omgeving waar leerlingen geconcentreerd aan de toets kunnen werken. | 0 – 40 minuten  Leerlingen maken in deze les de toets | Concept Toets [p1 in Benodigde Bestanden] | Om voorkennis te meten bij leerlingen wordt een toets gebruikt die zorgvuldig vanuit de literatuur is samengesteld. |

**Tabel 2: Een gedetailleerde beschrijving van de lessenreeks.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Les | Doel van de les | Rol van de docent | Activiteit van de leerling | Materiaal | Verantwoording |
| 3 | Wat zijn modellen en welke fases kent het modelleerproces.  Aan het einde van de les hebben leerlingen kennis gemaakt met hoe zij de eerste fase van het modelleerproces volgens het model van Halloun (2004) kunnen doorlopen. | De docent deelt per twee leerlingen mini whiteboards uit en bespreekt vervolgens dat er een model gemaakt gaat worden van een raket die op ruimtereis gaat. Er wordt bij deze ruimtereis gekeken naar de hoogte als functie van de tijd.  De docent geeft aan dat er bij het ontwikkelen van een model bepaalde fases moeten worden doorlopen. De eerste twee fases, de probleemverkenning en het bijeenbrengen van concepten, worden door de docent nogmaals kort toegelicht.  Tijdens de opdrachten loopt de docent rond, observeert wat de leerlingen zeggen en stelt vragen aan leerlingen om ze verder te helpen in het denkproces. | 0 – 10 minuten  Luisteren naar uitleg en instructie van de docent.  10 – 20 minuten  Leerlingen maken in 2-tallen een beschrijving van het model van een opstijgende raket (zonder wrijving). Zij doen dit door middel van een beschrijving in woorden, tekeningen/schetsen, grafieken, grootheden en formules.  20 – 30 minuten  Leerlingen komen met 2 groepjes bij elkaar en vergelijken hun ideeën. Samen komen ze tot één beschrijving.  30 – 40 minuten  Een groep leerlingen presenteert het model kort aan de klas. De andere groepen vullen vervolgens aan zodat een compleet model ontstaat waar heel de klas het mee eens is. Dit model is de input voor de volgende les. | mini whiteboard per 2 leerlingen | Vanuit de literatuur wordt aangegeven dat het voor de modelleervaardigheden en conceptueel begrip essentieel is dat ze alle fases van het modelleerproces volledig doorlopen. Daarom wordt ervoor gekozen om, aan de hand van een bepaalde context, deze fases te doorlopen. Hierdoor ontstaat er een mate van structuur in het aanpakken van modelleeropdrachten die leerlingen ook zullen moeten gebruiken in de eindopracht aan het eind van de lessenreeks. De verwachting is deze les bij kan dragen aan de strategie bij leerlingen hoe ze een modelopdracht aanpakken. Door het gebruik van modelleerfases kan bij leerlingen worden gerealiseerd dat ze vinden dat modelleerfases nodig zijn om uiteindelijk een volledig model te schrijven. Deze zorgvuldige en volledige manier van werken kan ze helpen bij het maken van vervolgopdrachten en ook bij de eindopdracht. De structuur van de eindopdracht hangt namelijk vast aan deze fases. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Les | Doel van de les | Rol van de docent | Activiteit van de leerling | Materiaal | Verantwoording |
| 4 | Relaties tussen grootheden in een model en het formuleren van het model.  Aan het einde van de les kunnen leerlingen binnen een eenparig versnelde beweging de relaties leggen tussen de grootheden Fmotor, Fz, Fres, g, m, a, v, h en t. | De docent geeft aan dat deze les gewerkt wordt aan fase 2: het bijeenbrengen van concepten en aan fase 3: het formuleren van het model.  Na de instructie van de docent waarin alle grootheden zijn toegelicht zal de docent rondlopen in de klas om kritische vragen te stellen aan leerlingen met als doel ze verder te helpen.  Tijdens de tweede instructie zal de docent uitleggen hoe een dynamisch model in Coach eruitziet en hoe een model als dit wordt opgesteld. Na deze instructie is er een model van een eenparig versnelde beweging opgesteld. Leerlingen gaan dit model aanvullen. | 0 – 10 minuten  Leerlingen schrijven op elke post-it één variabele die bij dit model hoort. Vervolgens gaan ze deze op een groot vel plakken en geven ze doormiddel van pijlen aan welke grootheid in relatie staan tot elkaar.  10 – 20 minuten  Een tweetal presenteert hun bevindingen aan de rest van de klas. De rest van de klas vult aan totdat alle relaties tussen de grootheden kloppen en compleet zijn.  20 – 30 minuten  Leerlingen luisteren naar instructie van de docent.  30 – 40 minuten  Leerlingen vullen het model aan met de grootheden Fmotor, Fz, Fres en m. | Model van les 3.  8 post-its per 2 leerlingen  1 A3 papier per 2 leerlingen  Toegang tot Coach op een beamer/ smartboard | Het verband tussen de grootheden is essentieel voor een kloppend model. De verwachting is dat wanneer leerlingen eerst zelf nadenken over de verbanden tussen de grootheden alvorens ze het daadwerkelijke model gaan schrijven, ze gestructureerd werken in plaats van dat ze experimenteren.  Het eerst na laten denken over de verbanden legt de nadruk op de concepten. Leerlingen worden in deze methode gedwongen om formules met bijbehorende concepten aan elkaar te koppelen met als doel een beter begrip van de concepten.  Daarnaast zullen de uiteindelijke formules samenkomen tot een mathematisch model. Net als in alle andere dynamische modellen wordt er een bepaalde iteratie doorlopen. Hopelijk herkennen leerlingen in deze les deze structuur en helpt hen dit bij het lezen, opstellen en analyseren van dynamische modellen in de rest van de lessenreeks. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Les | Doel van de les | Rol van de docent | Activiteit van de leerling | Materiaal | Verantwoording |
| 5 | Formuleren van het model en uitvoeren van het model.  Aan het einde van de les kunnen leerlingen een versnelde beweging met luchtwrijving modelleren in Coach en hebben ze inzicht hoe een model de rekenstappen doorloopt. | De docent geeft aan dat deze les gewerkt wordt aan fase 3: het formuleren van het model en fase 4: het uitvoeren van het model.  De docent geeft instructie over luchtwrijving en over hoe een model zijn rekenstappen uitvoert.  Als de leerlingen aan het werk zijn loopt de docent rond om de leerlingen te helpen waar nodig. | 0 – 10 minuten  Leerlingen luisteren naar een instructie over hoe het model de rekenstappen doorloopt en uitrekent.  10 – 20 minuten  Leerlingen maken vullen de tabel in van het werkblad.  20 – 30 minuten  Leerlingen luisteren naar instructie over luchtwrijving in een beweging.  30 – 40 minuten  Leerlingen werken aan het werkblad over luchtwrijving. | Post-it model van vorige les.  Device met Coach per 2 leerlingen.  Werkblad model raket [p6 in Benodigde Bestanden]  Werkblad luchtwrijving [p7 in Benodigde Bestanden] | Leerlingen hebben in deze les stap voor stap berekend hoe een model aan zijn uitkomsten komt. Het laten doorreken van alle stappen kan ervoor zorgen dat leerlingen beter begrijpen hoe de grafieken tot stand komen. Door leerlingen te laten werken met deze rekenstappen wordt mogelijk ook bereikt dat leerlingen het model niet zien als een black box waar gegevens worden ingestopt en waar een grafiek uitrolt. |
| 6 | Uitvoeren van het model en het analyseren van de uitkomsten van het model.  Aan het eind van de les kunnen de leerlingen versnelling-, snelheid-, en plaats-grafieken genereren uit een model en kunnen ze een terugkoppeling maken om het model te controleren op correctheid. | De docent geeft aan dat deze les gewerkt wordt aan fase 4: het uitvoeren van het model en fase 5: het analyseren van de uitkomsten van het model.  De docent geeft instructie over hoe een model aan de gegevens voor de grafiek komt en welke informatie er uit alle grafieken kan worden gehaald. Hierbij gaat het om welke waarden kunnen worden afgelezen, welke waarden kunnen worden bepaald door middel van een raaklijn en welke waar kunnen worden bepaald door middel van een oppervlakte. Docent laat zien dat deze vaardigheden gebruikt kunnen worden om het model te kunnen toetsen. | 0 – 10 minuten  Leerlingen implementeren luchtwrijving in het bestaande raketmodel in Coach.  10 – 20 minuten  Leerlingen luisteren naar de instructie van de docent.  20 – 40 minuten  Leerlingen werken aan opdrachten die gaan over de analyse van grafieken. |  | Door grafieken te analyseren kunnen leerlingen mogelijk kritischer kijken naar hun model. Door vooraf de vorm van de grafiek te bedenken en die te vergelijken met de modeluitkomsten kan het zijn dat leerlingen kritischer leren kijken naar hun model. Zo wordt gehoopt dat ze beter modelfouten kunnen opsporen en dat ze inzicht krijgen in de beperkingen van het model. Deze vaardigheid is belangrijk voor het vervolg van de lessenreeks omdat ze bij de open opdracht kritisch moeten kunnen kijken naar het door henzelf opgestelde model. |
| 7 | Werken aan alle modelfases | Als de leerlingen aan het werk zijn loopt de docent rond om de leerlingen te helpen waar nodig. | 0 – 40 minuten  Leerlingen werken in tweetallen aan de open opdracht. | Eindopdracht [p8 in Benodigde Bestanden]  Device met Coach per 2 leerlingen. | Het werken aan een open keuze opdracht geeft leerlingen vrijheid en verantwoordelijkheid. Dit is volgens de literatuur goed voor het conceptueel begrip van leerlingen. Daarnaast hebben ze de mogelijkheid om te laten zien over welke modelleervaardigheden ze beschikken. Hopelijk zijn de leerlingen in staat om de geleerde vaardigheden in de voorgaande lessen hier te combineren tot een succesvol eindproduct. Het proces van deze fase kan worden gedocumenteerd door middel van korte interviews aan het einde van de lessen en door het (tussentijds) bekijken van leerlingwerk. |
| 8 | Werken aan alle modelfases | Als de leerlingen aan het werk zijn loopt de docent rond om de leerlingen te helpen waar nodig. | 0 – 40 minuten  Leerlingen werken in tweetallen aan de open opdracht. | Device met Coach per 2 leerlingen. |
| 9 | Werken aan alle modelfases | Als de leerlingen aan het werk zijn loopt de docent rond om de leerlingen te helpen waar nodig. | 0 – 40 minuten  Leerlingen werken in tweetallen aan de open opdracht. | Device met Coach per 2 leerlingen. |
| 10 | Toetsen of kennis en vaardigheden mechanica en modelleren worden beheerst | Docent zorgt ervoor dat de toets aanwezig is voor alle leerlingen en zorgt voor een omgeving waar leerlingen geconcentreerd aan de toets kunnen werken. | 0 – 40 minuten  Leerlingen maken in deze les de toets | Toets over mechanica, met daarin ook een vraag over modelleren [modelleervraag op p10 in Benodigde Bestanden] |  |