



Making the connection: Model-based learning in primary education



Making the connection: Model-based learning in primary education

Research into the introduction of Model-based learning in primary education to increase understanding and attitudes towards science.

Author: J. Schimmel

Student number: 6463371

Mailing address: j.schimmel@students.uu.nl

Master thesis

ECTS: 30

Education: Science education and communication

Organization: Utrecht University

Project supervisor: Prof. dr. W.R. van Joolingen

Zetten, 7 june 2020



Abstract

This paper examines whether model-based lessons in 6th grade can increase understanding and attitudes towards science. It draws on a model-based lesson series on the topic of soap, which was specially designed for the research. The lesson series was evaluated with the use of a pre- and post-test given to 38 students divided over two 6th grade classes. The pre- and post-test tested attitudes and understanding of science. The understanding of science was divided between knowledge on models and knowledge on soap. The soap knowledge questions' answers were elaborated with the use of a focus group of 5 students per class after post-test. Analysis of the pre- and post-test shows that the attitude of students towards scientists becomes more positive, after the intervention. Also the general understanding of the purpose of models improves during model-based lessons. The understanding of the students was also measured according to Grünkorn's (2014) framework and this indicated that the 6th grade students have their understanding of the purpose of models in level I. Finally students' knowledge about soap increased because of the model-based lessons. So, Model-based lessons can therefore increase understanding and attitudes towards science in 6th grade education.



Introduction

Over the last two decades we have seen a slight decline in the willingness of students to enter science and technology related studies and careers (Osborne, Simon, & Collins, 2003; Schreiner & Sjøberg, 2019). In combination it is also seen that science is widespread ignored by the general population (Osborne et al., 2003). This indicates that students have little interest in science and the public rarely sees the importance of knowing science (Osborne et al., 2003). This causes two negative effects. First, a decline in science students will cause a decline in students who would pursue a scientific career (Osborne et al., 2003; Potvin & Hasni, 2014). With the consequence that the amount of scientists will decrease and there by the amount of research that can be done. For example, research on sustainability in different areas, which are important to society. Second, the ignorance of science by the general public will be a problem. With this people would rarely have a general scientific literacy, which would help them in making choices concerning scientific issues (Osborne et al., 2003). This decrease in research possibilities, and general scientific literacy among the general public can even lead to a threat to economic prosperity (Osborne et al., 2003).

Innovative teaching methods can be a solution to make science easier to understand and it can help students to see the relevance. An example of a new teaching/learning strategy is teaching and learning with the help of models (model-based learning/teaching). Students learn about a scientific model to make it easier to understand natural phenomena. During class the students can play with some of the models, so they can try what will happen when a parameter is changed (Heijnes, van Joolingen, & Leenaars, 2018; Jansen, Knippels, & van Joolingen, 2019). Research done on model-based learning showed some improvements in the understanding of students from the lower and higher grades of secondary education (Heijnes et al., 2018; Jansen et al., 2019). Research on using model-based education during primary school is rarely performed, while students will start learning science during 5th and 6th grade in the Netherlands. During these years interest and motivation for science will be highest and easier to influence (Potvin & Hasni, 2014). This makes effects on their attitudes, when using model-based teaching, higher in comparison with high school students (Savelsbergh et al., 2016). Using some innovative teaching methods during primary education instead of a book, will be a very interesting and explorative way to learn science and it would make the students more curious about science.

So, interest, attitudes and motivation towards science can best be influenced and grown during primary education. The problem of teaching science in primary education, is that teachers are less educated to teach science in a proper way. Model-based education can be a solution to make science in primary education accessible for students and teachers. It may encourage children to follow science courses during high school and maybe pursue a scientific career. It can also be a start to increase scientific literacy among people.

Science in Dutch primary education

In Dutch primary education science is taught as part of the subject “Human and nature” (mens en natuur). This subject explains some basic phenomena of biology, physics and chemistry, such as how plants and animals function in their habit, or how electricity and force can be understood in a simple manner. The Dutch council for primary education (PO-raad) and the “Platform Beta techniek”, an organization which is a cooperation between employers like the Ministry of Education, Culture and Science and the Ministry of Economic Affairs and Climate, noted in 2012 that science and technology education was not taught in every primary school in the Netherlands. They decided that this needed to become obligatory, because science and technology are becoming more important for daily live now a days. In order to change they set the goal that from 2020 primary schools are obliged to teach science and technology (W&T) (van Graft, Klein Tank, & Beker, 2016).

The curriculum for Dutch primary schools is presented within the attainment target book (kerndoelenboekje) (Greven & Letschert, 2006). Within this book, every domain has some sub-domains and attainment targets. The science and technology course is designed to reach the goals in the domain “Orientation on yourself and the world” (Oriëntatie op jezelf en de wereld), and in specific the sub-domains “Nature and Technology” (Natuur en Techniek) and “Space” (Ruimte). Most lessons in this domain are focused on knowledge and how science is used in daily life. The new science and technology course is more focused on how to look and approach the world. This course is a supplement to the courses from the school books, to improve the research and designing skills of the students (van Graft et al., 2016). They will learn this with the help of the research and/or design cycles. So, W&T is focused on what research and design consists of and how it will be performed. Being curious, critical and creative are behaviors W&T should bring up in the students. W&T would connect the skills, with knowledge and the attitude of the students within a context (van Graft et al., 2016).

In summary, science does not play a major role in primary education. Some schools do not even teach science. From 2020 this will change, because the “Ministry of Education, Culture and Science” (Ministerie van



Onderwijs, Cultuur en Wetenschap) by then obliges every school to teach W&T in order to increase the knowledge of science and technology in primary education.

Models

Models and modelling are part of scientific literacy, because models are frequently used in explaining and understanding science (Louca & Zacharia, 2012). Within science, models can have multiple purposes, they can be used in describing scientific phenomena, or in formulating hypotheses (Gobert & Buckley, 2000; Jansen et al., 2019). Oh & Oh (2011) tried to find a proper definition of models, because they found that different definitions are used to describe a model. They concluded: *“Although definitions of a model may be diverse, a model is understood as a representation of a target. The targets represented by models can be various entities, including objects, phenomena, processes, ideas and their systems.”* (p. 1114). This definition is very complex, but it states that a model is a simplified representation of a system, phenomenon, or process. So, theoretical, abstract models do not reach the total truth of a phenomena, which can therefore be seen as theory that explains part of the phenomena and gives meaning to it (Gobert & Buckley, 2000; Jansen et al., 2019; Oh & Oh, 2011). Scale models on the other hand give a good representation of a phenomena, but then enlarged or reduced to get a better view. There are also simulation models, which are used to predict what changes to phenomena, when parameters are added or removed. For this research the abstract, theoretical models will be used to explain the phenomena of soap.

Models are used in different settings such as: daily life, schools, science related companies and research facilities. During our daily life an example of a model is the weather model, on basis of the weather people make decisions on their activities of the day. In education models are frequently used to explain phenomena during science class and to understand the way in which science is developed. When students can explain and define what is depicted in the model, they are able to see why choices are made when the model was designed (Jansen et al., 2019).

The use of models in primary education is not often researched. Coll et al. (2005) did a literature study, where research in primary and secondary education was discussed. They concluded that not only the knowledge content of students could be improved when using model-based lessons, but also learning outcomes related to motivation, attitude and understanding of the nature of science would improve (Coll, France, & Taylor, 2005). This literature research implies that model-based education is beneficial for primary and secondary students. Coll et al. (2005) used literature from research all over the world, where the school systems all differ from each other. When looking specifically to research performed in the Netherlands research on modeling in secondary science courses is performed in some extent (Heijnes et al., 2018; Jansen et al., 2019; Prins, Bulte, Van Driel, & Pilot, 2009), while in primary education the focus of research of models is on mathematics education only (van Dijk, van Oers, Terwel, & van den Eeden, 2003). So, research of using models in primary education science is not performed in the Netherlands as recent as it is in secondary education.

Attitudes

Savelsbergh et al. (2016) studied how innovative science teaching could affect students motivation and attitude. Theoretical and experimental studies showed that motivation, attitude, and interest of students are important for the depth of the learning processes, students persistence and their study choice (Savelsbergh et al., 2016). When using innovative teaching methods Savelsbergh et al. (2016) found that there are positive significant effects on overall attitude, general interest, career interest, and achievement of the students. When looking to the different teaching methods used during research Savelsbergh et al. (2016) found a negative significant difference on grade level, while the other variables chosen showed no significant differences. This indicates that the use of innovative teaching methods can increase the motivation, interest, attitude and achievement of students. Model-based teaching was not investigated during this research, but it is an innovative teaching method. With the results of Savelsbergh et al. (2016) model-based teaching might also be beneficial in increasing motivation, attitude and interest in science.

Learning chemistry

Chemistry is a very complex subject (Gabel, 1999), which deals with a phenomenal and a sub-microscopic world (Jaber & BouJaoude, 2012). In order to make learning science easier a model was proposed to connect these two worlds, and to portray the thinking in chemistry. The model consisted of three levels, the Macro, Micro and Symbolic levels (Dori & Hameiri, 2003; Jaber & BouJaoude, 2012). The macro level represents the phenomenal observable world, the sub-microscopic world is represented by the Micro level, and last the symbolic level represents formulas, equations, etc. (Dori & Hameiri, 2003; Jaber & BouJaoude, 2012). Shifting



among these levels is of importance in understanding chemistry, but is mostly seen as difficult by students (Dori & Hameiri, 2003; Jaber & BouJaoude, 2012).

Phenomena in chemistry are commonly seen at the macro level, while the real transition of matter is on the micro level. This indicates that students need to switch between the macro and micro level during learning science. So, teaching chemistry can best be done with the macro-micro-symbolic way, because it will foster conceptual and relational understanding in chemistry (Jaber & BouJaoude, 2012). During research on the macro-micro-symbolic way of learning Jaber & BouJaoude (2012) saw that students who followed a lesson based on this way of learning could relate the different levels in chemical reactions with each other. Students were also able to make good concept maps about learned aspects. This indicates that macro-micro-symbolic teaching is a structured way to give an explanation on the different levels of a phenomena in chemistry.

Knippels et al. (2005) describes that it is of importance to start on the phenomenal level of the organism during lessons. Students are familiar with this and find some prior knowledge during this level of learning. After discussing the phenomenal level, there can be descended to a lower level, In chemistry for instance the micro level can be discussed (Knippels, Waarlo, & Boersma, 2005).

Models in learning science

Science can be seen as a way to model nature to understand and explain the phenomena we will experience (Dori & Barak, 2001). Models can also be used to make the bridge between abstractions and theory of experiments in science, because they can display the things we cannot see in real life. In education, models will thereby visualize complex matter in science lessons (Dori & Barak, 2001). As example, models can be used to visualize atoms, or molecules, which we cannot see. When visualizing them students can easier understand what happens during experiments. A problem with using models is that there will be insufficient emphasis on the fact that models are theory-based representations of reality, which results in a struggle with the transformation from macro to micro level (Dori & Hameiri, 2003; Jansen et al., 2019; Johnstone, 2009).

The micro level is very abstract and thereby hard to understand. Dori & Barak (2001) concluded that the use of models during lessons about the micro level will improve the transformations between the levels in chemistry. They saw that students who used multiple models during chemistry class were better in explaining phenomena, and they could better explain choices they made during organic chemistry tasks, with the help of the models. The students in the control group were not able to explain phenomena correctly, because they could not connect to models they had learned (Dori & Barak, 2001). During the research Dori & Barak (2001) used a mix of physical and virtual models, in order to benefit from advantages of both modelling methods. The research concluded that the use of physical and virtual models needs to be incorporated in chemistry education, to foster meaningful and effective learning (Dori & Barak, 2001; Oh & Oh, 2011).

Designing a model-based lesson series

In order to foster meaningful, and effective learning the lessons need to be designed in a proper way and there has to be a proper thought about the modelling activity's. Van Keulen & Oosterheert (2011) made a method in order to create a lesson plan that suits technical lesson in primary education, this combined with proper modelling activities can make a suitable lesson series for this research.

As a start learning goals need to be defined, in order to improve performance, foster motivations, and measure to see whether the learning effect is reached by students (Schunk, 2003; van Gelder, 1971; van Keulen & Oosterheert, 2011). As a second step there has to be made a connection to the prior knowledge of students, to focus their attention and tickle their curiosity, for example by doing an experiment, telling a story or starting a discussion (Buxton, 1999; Limón, 2001; van Gelder, 1971; van Keulen & Oosterheert, 2011).

Modeling activities

For the modeling activities in the lesson it is important to design the modelling process as a practical involvement to the students (Krell & Krüger, 2016). The models used during the lessons also need to be easily understood by the students, which means that they need to be familiar, logical, and useful to them (Harrison & Treagust, 1998). This allows the students to increase meaningful learning on the science concepts. It is also important to let the students gain some understanding of the value of models, and on what a given model is able to show (Buxton, 1999). Even though students mostly use teacher-supplied analogies on models, it will be easier for them to use their own created analogies, because students are better able to map these self-created analogies (Harrison & Treagust, 1998). Analogies used during the lesson need to be discussed, because it is of importance in conceptual understanding and it helps to construct science understanding (Harrison & Treagust, 1998).



Research question

The aim of the research is to find out whether model-based lessons on the topic of soap can increase understanding of science and attitude toward science at the primary education level. The research aim will be investigated by answering the following research question (RQ) and sub-questions (SQ):

- RQ: Can model-based teaching improve 6th-grade students' understanding of models and science as well as their attitudes toward science?
- SQ1: Does the attitude towards science of 6th grade students change with the use of a model-based lesson series?
- SQ2: Can a model-based lesson series increase understanding about the purpose of models of 6th grade students
- SQ3: Does a model-based lesson series help to increase knowledge and making connections in science for 6th grade students?

These answers are relevant to find, because it will be important that students attitude changes in a way that they want to learn more about science and even choose science as course during Secondary school. Best to start with changing attitude is during 5th and 6th grade, because the basis of science is made during these years. When students experience science as interesting during these years they might be interested in science during secondary education. This may lead to an increase or stabilized level of scientists in our society. Another effect of this will be that more interest in science will help to create a basic understanding of science to all citizens. With this basic understanding citizens can make beter informed decisions on important science related subjects around them (e.g. sustainability in and around their house).

Designing the lesson plan

For this research a lesson series on soap was created. The lessons were model-based according to the general tips described in "modelling activities". Also general lesson planning tips were taken into account in order to create the lesson series. As described in the literature it will be best to build the lesson series in a macro-micro way of thinking (Jaber & Boujaoude, 2012). During the explanation of the micro level different models will be used, in order to foster meaningful learning (Dori & Barak, 2001; Oh & Oh, 2011).

First some general goals were stated, to work as measures for the series (van Gelder, 1971; van Keulen & Oosterheert, 2011). These goals were:

- students can explain how soap works.
- Students can use the model of soap to explain how other substances with the same properties work.
- Students know alternative models to explain how soap and other similar substances work.

As a follow up the prior knowledge of the 6th grade students was determined (van Keulen & Oosterheert, 2011). This was done by talking to several teachers from primary education. In addition a book used during the Nature and Technology (Natuur en Techniek) course for 6th grade was scrutinized. From this there was concluded that 6th grade students do not have much scientific experience. They only experienced science during their real life, where they did not even think of the task as being scientific. So the experience students did have was on macroscopic level.

With this knowledge the lesson series was build. As described in the literature the best way to start the lesson series is with a lesson on macroscopic level, where the teacher would also activate prior knowledge (Jaber & Boujaoude, 2012; van Keulen & Oosterheert, 2011). This will be done by asking what students already know about soap, and the students will perform an experiment where the phenomenon is showed. With this the attention of the students will be focused to the subject and the students will become curious to it (Buxton, 1999; Limón, 2001; van Keulen & Oosterheert, 2011). Then as described in the theory above the lessons were built from macroscopic to microscopic in little steps, with the help of models to make the microscopic world visible (Dori & Barak, 2001). So during the second lesson the connection will be made from the macroscopic to the microscopic level. This will be done by explaining the particle model. In order to explain this in a propriate way to the students, there is chosen to use sand as a model. With sand there can be seen that it consists out of different sand particles. Sand is known to the students which will make it an useful and meaningful model. This model can then be transferred to water, oil and soap. In the third lesson there will be explained how soap looks



like in the microscopic world, and how it works. Which will be performed with the use of models of the soap molecule, and models for water and oil. These models will be logical and useful to the students in order to be able to explain how soap works. In order to process the knowledge the students get during the first three lessons, lesson 4 will be an assignment. To make the assignment engaging to the students there is chosen to make different questions with different difficulties. Students can make the questions at their own level. During this lesson students are able to play with the models used during the previous lessons and explanations can be performed with the models. During the last lesson there is chosen to transfer the knowledge of soap to another substance. This will be done to see if students fully understand how soap works. If they do, the knowledge could be transferred to the new substance. In order to do so there is chosen to use the example of making mayonnaise. During the lesson Students watch a video on how mayonnaise is made. As last the students will be asked to make a mind map and fill it with the information they get during the lessons. With the mind map an image is formed about what is known about soap in class, and the prior knowledge of the children will be activated. Also connections between knowledge can easier be made (see appendix 1 for the full lesson plan).



Method

In order to evaluate the lesson series designed, a pre- and post-test were created to test whether the lessons would increase knowledge and attitudes. Secondly, the lessons were evaluated, by evaluating mind maps made by the students and observations of the class by the teacher. In addition the lessons were audio recorded as well, so it could be tested that the information needed was really given to the students during the lesson.

Participants

Participants were chosen by convenient sampling. Two sixth grade classes from 2 schools in the Netherlands participated in the research (School A and B). The pre-test was filled by 37 participants and the post-test by 34 of 38 participants. 33 participants filled both pre- and post-test. The classes were followed during an 8 week timeframe, in which they followed 5 lessons on soap and modelling and performed the pre- and post-test.

Data sources

During this research the attitude of the students towards science, the knowledge of students on scientific models and the knowledge on soap of 6th grade students was measured. To measure these aspects a pre- and post-test, Mind maps, observations, and a focus group after the post-test were used.

The pre- and post-tests measured three different aspects (see full pre- and post-test in appendix 2). The first aspect is the attitude of the participant towards science. This was measured using an adapted version of the MATS test (Hillman et al, 2016). The adapted version of this MATS test was made by Juke Westland during his master thesis (Westland, 2019). The adapted MATS test consists of 4 categories. For this research the category on the connection with nature was removed from the test, because it has no connection with the research goal. The second aspect of the pre- and post-test consisted of questions about the purpose of models. This part of the pre-test was based on the pre-test used for the research of Jansen et al (2019). This pre-test was made for 11th grade students with a major in biology. The questions were adapted to 6th grade primary school students, so they could understand what was asked, and would know the used models from daily life or class. In addition, the questions were connected to Grünkorns framework on the understanding of models. The category purpose of models has been selected from the five categories, because this category speaks to the students and this would be the first important learning element on the use of models (Grünkorn, zu Belzen, & Krüger, 2014). The third aspect of the pre- and post-test was a knowledge test about soap. This test was also based on the pre-test used for the research of Jansen et al. (2019). For this test the model was changed to the model of soap, and the questions were simplified for 6th grade students.

The participants were also asked to create a mind map about ‘what they learned during the lessons’. The participants were asked to elaborate their mind map with new information each lesson. Mind mapping has been used, since it is a nice way to track each participants individual learning and thoughts on what the most important information was during class.

The observations were used to indicate whether the lessons made, would connect with the participants and to see that the most important information was taught during the lessons.

The focus group after the pre-test was used to elaborate on the knowledge test during the post-test. Participants were asked to elaborate on their answers given to the knowledge test. With this, some more in-depth thinking and reasoning on the subject could be measured.

Procedure

The participating students’ first lesson activity was making the pre-test. They got 30 minutes for completing the test. Before the students made the pre-test, some general explanation was given on what was meant with models, there was told that they did not get a grade for it and that they always needed to fill in an answer, even if they did not know the answer. After making the pre-test the student got 5 lessons on soap within a 6 week period (see Table 1 for an overview).

Table 1 overview during which week the classes followed which lesson.

Class	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6
A	Lesson 1	x	Lesson 2	Lesson 3	Lesson 4	Lesson 5
B	Lesson 1	Lesson 2	Lesson 3	x	Lesson 4	Lesson 5



After each lesson (except for lesson 4, because there was no new knowledge given during this lesson) the students were asked to make a mind map on what they learned and saw during the lessons. The teachers were asked to fill in an observation scheme during the lessons on how the students and researcher reacted during the lessons. For class B the observation forms of lesson 4 and lesson 5 were filled by reservist teachers, because the teacher of this class got a long-term illness.

After performing the lesson series the students were asked to make a post-test. This post-test was identical to the pre-test and was made to see if knowledge and attitude changed during the lessons. In combination with the post-test there was also a focus group session with 5 students from each class. With this session the questions on how soap works could be deepened to an explanation. The post-test was for class B performed 6 days after lesson 5 was given and for class A it was performed after 7 days lesson 5 was given.

Data analysis

For data analysis of the results Microsoft Office excel 365 was used. The pre- and post-tests were divided in the three parts as described above.

The attitudes part is based on a 5-point Likert-scale questionnaire, which means that this data should be categorized as ordinal data. Before data analysis can take place the attitudes questionnaire was divided in the three categories as described in the data collection. In these categories some questions are positively asked and some are negatively asked, so the negatively asked questions were recoded. Then the Cronbach's alpha of the pre- and post-test was determined, in order to find the reliability of the results. For determining the Cronbach's alpha students with missing data were left out of the analysis. The next step was to determine the significant differences between the pre- and post-test. For ordinal data finding the significant difference is hard, because a normality test cannot be performed with ordinal data. According to Murray (2003) and Norman (2010), Likert-scale data can be analyzed using parametric tests, so the Likert-scale data were analyzed using descriptive statistics and a t-test.

The pre- and post-test questions on models and knowledge were scored according to a scoring form (see appendix 3). The scores per question were summed. To see whether the pre- and post-test differed significant descriptive statistics and a t-test were performed. Answers to the modelling questions were also scored to the levels of the purpose of models category described in the framework of Grünkorn et al. (2014). Answers to these questions were coded to the levels, I, II, and III.

The mind maps made by the students were analyzed by placing text of the mind map in a table, where the connections and knowledge was placed by lesson. One mind map was analyzed on patterns, relations, and analogies. This was compared to the mind maps of all the participants to see how many students would give these patterns, relations, and parallels in their mind maps.

Results

Does the attitude towards science of 6th grade students change with the use of a model-based lesson series?

The reliability of the attitudes questions of pre- and post-test were determined using Cronbach's alpha (Table 2). As shown in Table 2 the Cronbach's alpha of the "Value of science to society" and "Perception of scientists" increases with the post-test in comparison with the values of the pre-test. This can be caused by the fact that the students did not really understand what was asked from them. Before the post-test the students followed some science lessons and knew what was asked from them during the post-test. With this the reliability of the post-test grew in comparison with the reliability of the pre-test. From this there can be said that the results from "value of science to society" and "Desire to become a scientist" are reliable ($\alpha = 0.814$; $\alpha = 0.888$; reliable $\alpha > 0.7$). The reliability of "perception of scientists" is questionable ($\alpha = 0.641$; $6 \leq \alpha < 7$ Questionable).

Table 2 Values of Cronbach's alpha for pre- and post-test questions on attitudes. With N the number of students who fully filled the attitudes part of pre- and post-test.

	Pre-test		Post-test	
	N	Cronbach's Alpha	N	Cronbach's alpha
Value of science to society	31	0.439	31	0.814
Desire to become a scientist	32	0.866	32	0.888
Perception of scientists	30	0.096	31	0.641

To see whether the attitudes of the students changed during the lessons the scores' mean per category was calculated (Table 3). Score students could range from "totally disagree" (1) to "totally agree" (5). A high score in the "value of science" category means that students value science important to themselves and to society. For the "desire to become a scientist" a high score indicates that the students want to become a scientist. And last a low score in the category "perception of scientists" is a positive outcome, because this indicates that students see scientists as normal people and not as someone exceptional. To see whether the differences in pre- and post-test are significant a t-test was performed (Table 3).

Table 3 Mean scores, standard deviation and t-test results from pre- and post-test questions on attitudes.

	N	Mean		Std. Deviation		p
		Pre	Post	Pre	Post	
Value of science	31	3.99	3.94	0.952	1.086	0.230
Desire to become a scientist	32	2.36	2.05	1.276	1.188	0.0986
Perception of scientists	30	2.55	2.30	0.946	1.069	< 0.001*

* significant $p < 0.05$

Table 3 shows that the differences in the categories "Value of science" and "Desire to become a scientist" are not significant ($p = 0.230$; $p = 0.0986$). The differences in the category "perception of scientists" is significant in a positive way ($p < 0.001$).

Can a model-based lesson series increase understanding about the purpose of models of 6th grade students?

The questions on the purpose of models were scored according to a scoring form (see appendix 3). Scores of students were counted per question to see how the questions were answered. Table 4 show the points scored by students during pre- and post-test. Q1 and Q2 were questions on the purpose of models in general, while Q3 and Q4 were questions to a specific model. To see whether the post-test scores are significant different relative to the pre-test a t-test was performed (Table 4).

As shown in Table 4 the differences between pre- and post-test of Q1 and Q2 are significant in a positive way ($p = 0.0135$; $p = 0.0164$). While the differences of Q3 and Q4 are not significant ($p = 0.432$; $p = 0.319$). So, knowledge of the students on the general purpose of models increased during the lesson series, because the percentage of scored points increased significantly during post-test



Table 4 percentage of scored points, standard deviation, and t-test results of pre- and post-test questions on modelling.

	Percentage of Scored points		Std. Deviation		p
	Pre	Post	Pre	Post	
What are models used for? (Q1)	40.9	65.2	0.423	0.459	0.0135*
Why should we use models? (Q2)	35.4	52.5	1.059	0.792	0.0164*
Why is this model made? (Q3)	19.7	21.2	0.329	0.331	0.432
Could it also be used for a different purpose? (Q4)	15.2	19.7	0.318	0.374	0.319

* significant $p < 0.05$

In addition to scoring the answers on correctness the answers to the questions were also scored to their level of understanding, according to the framework of Grünkorn et al (2014). Table 5 shows the percentage of students who answered the question with a level I, II, or III answer. In Table 5 is shown that most of the students answer all the questions in a level I understanding, this also increases during the post-test for most questions. There are also some students who answer on a level II, or III understanding, but this is mostly done during pre-test, which makes it unsure whether this really is what the students understand and know, or that they made a good guess. Table 5 mainly shows that the 6th grade students are able to have a level I understanding of the purpose of models.

Table 5 Percentage of students who have a level I, II, or III of understanding the purpose of models. According to the answers they gave to the questions on the purpose of models during pre- and post-test.

Questions from pre- and post-test	Level I		Level II		Level III	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
What are models used for? (Q1)	33	67	9	0	9	0
Why should we use models? (Q2)	55	79	3	0	15	6
Why is this model made? (Q3)	42	45	9	6	0	0
Could it also be used for a different purpose? (Q4)	30	15	3	0	6	3

Does a model-based lesson series help to increase knowledge and making connections in science for 6th grade students?

Results shown in this paragraph will help to give some insight in how students process what they learned during class. This will be done by describing what students said and what happened during the lessons. Important and notable situations during the lessons are described in appendix 4 and will be summarized in this paragraph. Also the mind maps made during class will be discussed at the end of this paragraph. This together gives an insight in how the students are making the knowledge meaningful for themselves and how they make connections.

During the first lesson the students were introduced to the topic of the lesson series, namely soap. The students were asked what they thought of when they heard the word soap. Answers students gave on this question were related to when to use soap, where to use soap, and how it looks and smells. Then an experiment was performed where students could see how water and oil would interact together and with soap. This experiment was discussed, where students were able to tell what they saw during the experiment. And in class B the connection to a lava lamp was made for how water and oil interact.

The second lesson explained that everything consists of particles. Students were asked where water consisted of and the students were able to name substances that could occur in water. Then scientific models were explained in the lesson and the first model would be introduced to explain particles. The model used was sand, from this model there was made a connection to water, oil and soap. Models of the particles of water, oil and soap were used to make it visible to the students. To display water blue wooden balls were used, for oil yellow clay balls were used, and for soap a wooden ball was placed on a red iron wire to make the head and tail form (see appendix 5 for the models used during the lessons). Students made an analogy for the model of soap, because they called it a nail. In class A there was also an analogy made to the interaction of water and oil, students compared them to Velcro fastener. In class A the students were also curious, why water and oil would form a liquid, while sand was solid. The researcher gently explained this to the students.

During the third lesson soap as a particle was explained. This was done by a big model of the soap molecule (see appendix 5). After that it was explained how soap interacts with water and oil with the help of the smaller models. During this lesson no more analogies were made by the students.



The fourth lesson an assignment was the central activity. Students could answer different questions, with different difficulties (see appendix 1, lesson 4 for the explanation of the assignment). In class A the teacher helped with answering questions, which gave the researcher some space to help with the more difficult questions. In class B this was not a possibility, because the class had a replacement teacher, because of illness of their regular teacher. This made that the class was very on the jump, which caused that some students in class B were not seriously performing the assignment. After the assignment the students were able to name a question they thought was very hard, so the researcher could explain the answer to the class. In class A the students wanted to know what other substances would work the same as soap. One duo already found that yolk of egg had the same properties. In both classes the researcher named that substances which have the same properties as soap were called emulsifiers.

During the fifth lesson the information on soap would be transferred to how egg yolk would work when making mayonnaise. When the ingredients of the mayonnaise were introduced the researcher asked the students what they thought would happen if the ingredients were stirred together. In class A was said that the color would change during the process, the substance would become thicker and that there would happen something that we saw during the experiment in lesson 1. In class B was only said that the mayonnaise would become thicker and changes color during the process. After the full process there was discussed what was seen and whether their predictions came true.

In summary students already were able to make some analogies and connections during the lessons, because they gave analogies to the interaction between water and soap, said that the soap molecule looked like a nail and they were able to hypothesize that egg yolk could work the same as soap.

To measure if the knowledge of the students increased during the lesson the answers to the knowledge questions from pre- and post-test were scored according to the scoring form (see appendix 3). Table 6 shows the percentage of scored points to the questions (Q1 – Q6). Table 6 shows that the percentage of scored points increases significantly for Q1, Q4 – Q6 and decreases significantly for Q2. The score of Q2 decreased from 81.8% to 15.2% of points scored, which is an enormous decrease. From the focus-group the students said that they filled the post-test on basis of the knowledge they got during the lessons. So they learned that the tail of soap indeed does not like water, but in the model used for the questions water is not shown (see appendix 2, part Knowledge, for the model used). This indicates that from the model the students cannot see that the tail of soap does not like water.

Table 6 Percentage of students with the correct answer on the questions form a total of 33 students. Standard deviation and t-test scores on the questions of knowledge. Q1 – Q5 are Yes/no questions and Q6 and open ended question, were at total of 1 point could be earned if the answer consisted of a clear explanation on how soap worked. 0.5 point could be earned if part of the explanation was good.

	Percentage of scored points		Std. deviation		t-test
	Pre	Post	Pre	Post	
The model shows that the soap particle has a head and tail. (Q1)	60.6	97.0	0.496	0.174	< 0.001*
The model shows that the tail does not like water. (Q2)	81.8	15.2	0.392	0.364	< 0.001*
The model shows how soap causes dirt and fats to mix with water. (Q3)	54.5	60.6	0.506	0.496	0.331
Based on the model, can you tell how soap causes dirt to dissolve in water? (Q4)	27.3	69.7	0.452	0.467	< 0.001*
Based on the model, can you explain how soap causes dirt to dissolve in water? (Q5)	27.3	66.7	0.452	0.479	< 0.001*
Explain, why did you answer yes or no to the previous question. (Q6)	1.5	56.1	0.087	0.726	< 0.001*

* significant p < 0.05

The children also made a mind map during the lessons on what they learned. The mind map of student 1 was used to find some main patterns, connections, and analogies (Figure 1). In Table 8 the mind map from student 1 is worked out on what was added to the mind map during every lesson. From Table 8 the connections, patterns, and analogies were chosen as displayed in Table 7.



Table 7 Found patterns, connections, and analogies in the mind map of student 1 with percentage of occurrence in mind maps of 36 other students.

	Text from mind map	Percentage
Pattern	Each branch has a subject.	86
Connection	Each edge says something about the subject of the branch	86
	Oil + water + soap → water becomes cloudy	22
	Oil does not blend with water	56
	Everything exists of particles → cannot see the particles with the naked eye	39
	Soap molecule → tail does not like water → head likes water	42
	Oil + water + soap → blending together	31
Analogy	Oil + water = same sides of Velcro fastener	11
	Oil + water = same sides of a magnet	11
	The vinegar = water	11
	The sunflower oil = oil	11
	The egg = soap	11

From the mind map of the other students the frequency of the patterns, connections and analogies was analyzed. Table 7 displays the percentage on how often the pattern, connection or analogy occurs in the mind maps of the other students.

As shown in Table 7 the pattern of giving each branch a subject is very common in the mind maps. Most of the students chose to do this. The branches the students made also had boughs which were connected to the subject of the branch. The other connections and analogies were written down with less than half of the students. For the analogies the results show that the same percentage of students wrote them down in their mind map. This all indicates that some of the students were already able to make their own analogies to the new knowledge learned. The students were also able to make connections between information they got from the researcher. The results of the mind maps show that some of the students were able to build their own knowledge.



Table 8 Mind map of student 1. What was written down per lesson with connections student made.

	Lesson 1	Lesson 2	Lesson 3	Lesson 5
Student 1	<ul style="list-style-type: none"> • Oil <ul style="list-style-type: none"> ○ If you add detergent it does blend <ul style="list-style-type: none"> ▪ Becomes cloudy ○ Oil does not blend with water ○ When you shake bubbles • What do you use it for? <ul style="list-style-type: none"> ○ Carwash <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bicycle ○ Hands ○ Body ○ Washing dishes ○ Cleaning 	<ul style="list-style-type: none"> • Sand <ul style="list-style-type: none"> ○ Everything consists of small particles <ul style="list-style-type: none"> ▪ But we cannot see them with the naked eye ○ At the top soft and dry ○ In the middle moist and brown ○ Black and hard at the bottom • Oil & water <ul style="list-style-type: none"> ○ Oil & water do not blend ○ Type of Velcro <ul style="list-style-type: none"> ▪ Magnet ○ Add soap then it will work together • Models <ul style="list-style-type: none"> ○ Microscope ○ Are for seeing things better ○ Bacteria <ul style="list-style-type: none"> ▪ Particles ▪ Look into 	<ul style="list-style-type: none"> • Models <ul style="list-style-type: none"> ○ Bigger <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zoom in ○ View things up close • Particles <ul style="list-style-type: none"> ○ Water & oil do not blend <ul style="list-style-type: none"> ▪ Add soap and it does ○ Soap molecules <ul style="list-style-type: none"> ▪ The head does like water ▪ The tail does not like water ▪ Oil + water = does not blend (drawing) ▪ Oil + soap + Water = does blend (drawing) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayonnaise <ul style="list-style-type: none"> ○ The vinegar = the water ○ The sun oil = oil ○ The egg = soap ingredients <ul style="list-style-type: none"> ▪ Egg ▪ Sunflower oil ▪ White wine vinegar ▪ Select the rest yourself

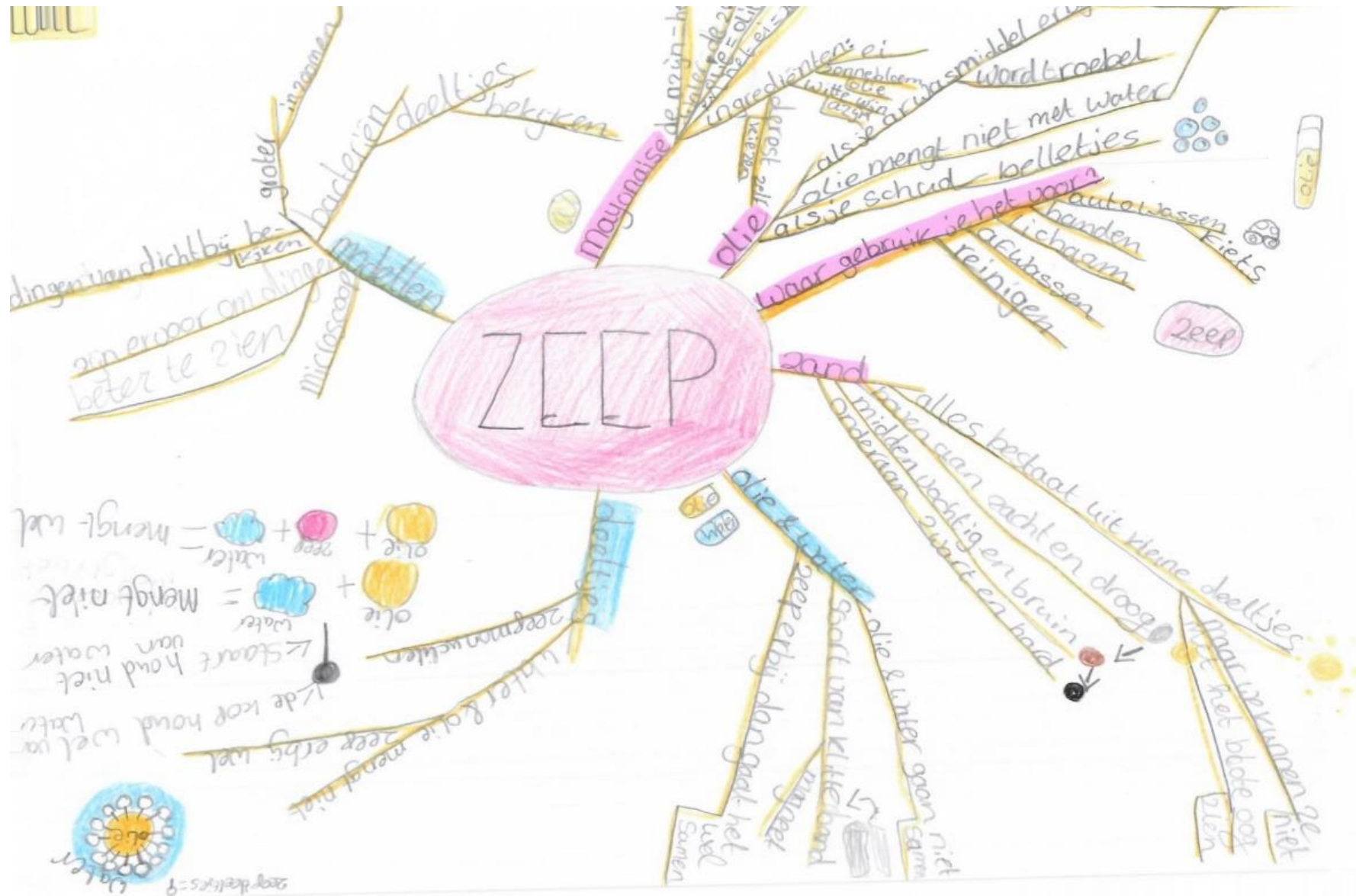


Figure 1 Original Mind map Student 1



Conclusion

The research question addressed the change of attitudes and knowledge of 6th grade students with the use of a model-based lesson series. In order to answer this question three sub questions were stated, which were focused on 1) Attitudes towards science, 2) Understanding about the purpose of models and 3) increase of knowledge about science. To be able to answer the research question the sub questions were answered with the results found during research.

The attitude of 6th grade students towards scientists changed significant during the use of the model-based lesson series. Results showed that there was a positive significant difference on how students looked upon scientists after the lesson series. This indicates that students first thought of a scientist as someone exceptional, but that it changed to a more normal person during the lesson series. With the “value of science” and “desire to become a scientist” no significant differences were seen, so the model-based lesson series did not gave the students a sense to become a scientist or changed the way students value science to their own live. So, the model-bases lesson series helped to make the image of a scientist more positive to the students.

The general understanding of students about the purpose of models increases during the model-based lesson series. Only the Understanding of models in general increased, because the results showed that the questions “What are models used for?” and “Why should we use models?” were significantly increased during the post-test. The questions “Why is this model made?” and “Could it also be used for a different purpose?” are specified to a specific model the students did not really know. These questions did not show a significant difference between pre- and post-test. The level of understanding of the students, according to the framework of Grünkorn (2014), increased after the lessons. Before the lessons most students had a level I understanding and some students had a level II or III understanding. The percentage of students with a level I understanding increased after the lesson series and the students in level II or III decreased. From this there can be conclude that the students mainly have a level I understanding. The level II and III understanding scored by students during pre-test can be a good guess, so it is unsure if this really is what students understand.

Last, results showed that a model-based lesson series increases knowledge and making connections in science for 6th grade students. During pre- and post-test this was shown in the answers of the knowledge questions (see Table 6). 4 of the 6 questions were significantly increased during post-test, one question was significantly decreased and one question did not showed a significant difference. During focus groups in both classes students told that during the post-test they filled in the questionnaire on basis of their knowledge. With these questions it was of importance to look at the model given and answer the questions on basis of the model. This makes that while the decrease on Q2 is a negative effect, it actually can be seen as a positive effect, because the students knew that the tail of soap does not like water, which wasn't seen in the model. Some students were also able to make some new connections after the model-based lessons. This was shown in the mind maps the students made and during the lessons. Some students were already able to make their own analogies shown in the mind-maps or said during class. In addition most of the students made clear connections on how soap works in their mind map. So, Knowledge of students increased significantly as shown in the question results and as shown in the mind maps and lesson description students were able to build their own knowledge, make their own analogies and could connect soap to another emulsifier.

With these three sub-questions answered above the research questions can be answered, which was stated: Can model-based teaching improve 6th-grade students' understanding of models and science as well as their attitudes toward science? Results from the sub-questions showed that the attitude of students towards the scientist was changed. Students have a level I understanding according to Grünkorn's (2014) Framework about the purpose of models and the general knowledge about the purpose of models had a positive significant change. Last the scientific knowledge of students changed significant during the model-based lesson series and some of the students were able to make own analogies and good connections. So, Model-based teaching helps to improve the understanding of 6th-grade students on scientific phenomena, increases the general understanding of models and positively influences the image of a scientist.

During the lessons and talks with teachers there were 2 things noticed which are worth mentioning. First it was noticed that during lessons in both classes a difference in attention and interest in the subject. The students in class A were very interested in the subject and asked relevant questions about the subject and about side subjects. In class B most of the students did not seem to have much interest in the subject or wanted to learn something of it. When their regular teacher got sick for a longer period, it looked like the class was totally out of control and they were continuously making fun of the situation and were not seriously participating in the lessons.

Secondly after a talk with the teacher, to see what primary schools do with science and technology, as a prospect to the obligation of the Dutch Ministry of Education, Culture and Science to teach Science and



technology from 2020 in every primary school. Teachers said that in their curriculum there is not much space for doing science. Most of their time they have to spend on math and languages even during 6th grade. They said that twice a year they organized a science week where the students would do some scientific activities. This indicates that the school will have some steps to take before they really can integrate science and technology in their education and that maybe some adaptations need to be done to the curriculum of primary education. This may also give students a better connection to secondary science education.

During this research also some limitations were found. The first limitation was that the teacher of class B became sick after 3 lessons and the class had replacement teachers for the lessons to come. This made it harder to give the lessons, because they were trying how far they could go with the researcher and with the replacement teacher. This also resulted in students who did not participate well during the lessons. A second limitation was that the lessons were not given parallel due to sickness of the teachers. Now one class had 2 weeks between the first and second lesson and the other class had 2 weeks between the third and fourth lesson. The weeks between made that the start of the lesson after the 'break' was longer, which resulted in lesson 2 and 4 being different for each class to retrieve knowledge. A last limitation was that the pre- and post-test for class B were not taken on the same weekday and time. This was because the class had a study trip on the last Friday of the research, so the post-test was taken on a Thursday afternoon, while the pre-test was taken on a Friday afternoon. Which can result in different results.

After this research there is also room for further research. With further research a control group can be added to the research where the same knowledge is taught as with the model-based lessons, but without the use of models. This can indicate whether model-based lessons are better in increasing knowledge and attitude than regular lessons. A second idea for further research is to see what the influence of an expert is on the lessons. What will be the difference if the regular teacher gives the lesson instead of an expert. Does this influence the attitude and knowledge building of 6th grade students.



References

- Buxton, C. (1999). Designing a model-based methodology for science instruction: Lessons from a bilingual classroom. *Bilingual Research Journal*, 23(2–3), 147–177. <https://doi.org/10.1080/15235882.1999.10668684>
- Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: Implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183–198. <https://doi.org/10.1080/0950069042000276712>
- Dori, Y. J., & Barak, M. (2001). Virtual and physical molecular modeling: Fostering model perception and spatial understanding. *Educational Technology and Society*, 4(1), 61–74.
- Dori, Y. J., & Hameiri, M. (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: Symbol, macro, micro, and process aspects. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 278–302. <https://doi.org/10.1002/tea.10077>
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(2–4), 548–554. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>
- Gobert, J. D., & Buckley, C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891–894. <https://doi.org/10.1080/095006900416839>
- Greven, J., & Letschert, J. (2006). Kerndoelen Primair Onderwijs. *Ministerie van Onderwijs, Cultuur En Wetenschap*, 1–84. Retrieved from <http://www.slo.nl/primair/kerndoelen/Kerndoelenboekje.pdf>
- Grünkorn, J., zu Belzen, A. U., & Krüger, D. (2014). Assessing Students' Understandings of Biological Models and their Use in Science to Evaluate a Theoretical Framework. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1651–1684. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.873155>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1998). Modelling in Science Lessons: Are There Better Ways to Learn With Models? *School Science and Mathematics*, 98(8), 420–429. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17434.x>
- Heijnes, D., van Joolingen, W., & Leenaars, F. (2018). Stimulating Scientific Reasoning with Drawing-Based Modeling. *Journal of Science Education and Technology*, 27(1), 45–56. <https://doi.org/10.1007/s10956-017-9707-z>
- Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2012). A Macro-Micro-Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973–998. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.569959>
- Jansen, S., Knippels, M. C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2019). Assessing students' understanding of models of biological processes: a revised framework. *International Journal of Science Education*, 41(8), 981–994. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1582821>
- Johnstone, A. H. (2009). Multiple Representations in Chemical Education. In *International Journal of Science Education* (Vol. 31). <https://doi.org/10.1080/09500690903211393>
- Knippels, M. C. P. J., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3), 108–112. <https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>
- Krell, M., & Krüger, D. (2016). Testing Models: A Key Aspect to Promote Teaching Activities Related to Models and Modelling in Biology Lessons? *Journal of Biological Education*, 50(2), 160–173. <https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1028570>
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11, 357–380.
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64(4), 471–492. <https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748>



- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784–802. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9512-x>
- Prins, G. T., Bulte, A. M. W., Van Driel, J. H., & Pilot, A. (2009). Students' involvement in authentic modelling practices as contexts in chemistry education. *Research in Science Education*, 39(5), 681–700. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9099-4>
- Savelsbergh, E. R., Prins, G. T., Rietbergen, C., Fechner, S., Vaessen, B. E., Draijer, J. M., & Bakker, A. (2016). Effects of innovative science and mathematics teaching on student attitudes and achievement: A meta-analytic study. *Educational Research Review*, 19, 158–172. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.07.003>
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2019). Science education and youth's identity construction - two incompatible projects? *The Re-Emergence of Values in Science Education*, 231–247. https://doi.org/10.1163/9789087901677_020
- Schunk, D. H. (2003). Self-efficacy for reading and writing: Influence of modeling, goal setting, and self-evaluation. *Reading and Writing Quarterly*, 19(2), 159–172. <https://doi.org/10.1080/10573560308219>
- van Dijk, I. M. A. W., van Oers, B., Terwel, J., & van den Eeden, P. (2003). Strategic Learning in Primary Mathematics Education: Effects of an Experimental Program in Modelling. *Educational Research and Evaluation*, 9(2), 161–187. <https://doi.org/10.1076/edre.9.2.161.14213>
- van Gelder, L. (1971). *Didactische analyse: Werk- en studieboek*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- van Graft, M., Klein Tank, M., & Beker, T. (2016). *Wetenschap & technologie in het basis- en speciaal onderwijs*. (July), 81. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1398.4246>
- van Keulen, H., & Oosterheert, I. (2011). *Wetenschap en techniek op de basisschool* (1st ed.). Houten: Noordhoff uitgevers.
- Westland, J. (2019). *The effect of a citizen science project conducted in the classroom on students age 9-13 on attitudes towards science and connection to nature*. Retrieved from <https://studenttheses.library.uu.nl/search.php?language=nl>



Appendices

Appendix 1 Lesson plan

Les 1 Macro

Proefje als introductie om te laten zien wat zeep nu eigenlijk doet met vet (experiment?)

Mind map, waarin de reeds bestaande kennis van de leerlingen bepaald wordt, waardoor een duidelijk beeld ontstaat van de voorkennis.

Starten met proef en vragen stellen aan de leerlingen over wat ze zien.	15 min
Mind map maken met de leerlingen, over wat ze weten van zeep, en wat we gezien hebben tijdens het experiment.	10 min
Afronding met een korte samenvatting en uitleg wat we de volgende keer gaan doen.	5 min

Benodigdheden

Reageerbuisjes 2 per leerling

Water in spuitfles

Olie (lampenolie?)

Afwasmiddel

Slide op het bord met de stappen.

Les

T: Goedemorgen/middag allemaal, mijn naam is Jacqueline Schimmel en ik ga jullie de komende weken lesgeven over de werking van zeep. Leerlingen luister naar de onderzoeker. Sommigen beginnen na het vertellen wat we gaan doen te

Voordat we gaan beginnen wil ik graag weten waar we zeep voor gebruiken? *“kies een willekeurige leerling”* fluisteren/praten met de buurman - vrouw.

K: Denken na over waar zeep voor gebruikt wordt.

T: Vraag door, wat doet het dan precies etc.

Heel goed we gebruiken zeep tijdens de afwas en was van kleding om het schoon te maken. Als we kijken naar bijvoorbeeld de afwas, dan vinden we vet en olie op ons bord. Dit halen we eraf met zeep, maar hoe gebeurt dit. Daar gaan we in 5 lessen achter komen.

Eerst gaan we een proefje doen om te kijken hoe olie en water op elkaar reageren. Om het proefje uit te voeren krijgen jullie straks een werkblad, waar een stappenplan op staat die jullie gaan volgen. Ook staan er vragen op het werkblad die jullie tijdens het proefje gaan beantwoorden. Het experiment gaan jullie met jullie buurman/buurvrouw uitvoeren. Per tweetal krijgen jullie 2 reageerbuisjes met een dopje. Na de uitleg mogen jullie, wanneer ik het zeg, per tafel groep bij mij een glas met water, olie en zeep komen halen. Leerlingen zullen starten met fluisteren met buurman/vrouw over het proefje. Ze willen opstaan bij het zeggen dat ze per groep spullen voor mogen halen.

We gaan netjes om met de materialen die jullie straks mogen ophalen. De materialen zijn duur, dus we willen niet dat er iets kapot gaat of verspild wordt. We gaan dus niet met de materialen spelen. Zie ik dat er niet netjes met de materialen omgegaan wordt of dat er mee gespeeld wordt, dan mag je alles inleveren en is het wachten totdat het experiment is afgelopen.

Lees het werkblad goed door voordat je gaat beginnen. En mochten er vragen zijn dan kun je je hand opsteken en dan kom ik om de vraag te beantwoorden.

Zijn er vooraf nog vragen?



- K: Tijd om vragen te stellen
- Verwachting is dat leerlingen vragen zullen stellen. Mogelijk over wat ze precies moeten doen tijdens het experiment.
- T: Oké als er verder geen vragen zijn dan mogen jullie per tafelgroep de materialen op komen halen, waarna je mag beginnen met het proefje. Ik wijs een tafel aan die mag komen.
- Leerlingen luisteren naar de docent en staan op om de spullen te pakken wanneer de docent het zegt.
- “Kinderen mogen nu per tafelgroep de spullen komen halen”*
- Leerlingen halen de spullen en zullen met elkaar gaan praten. Wanneer ze de spullen hebben gehaald gaan ze weer op hun plek zitten.
- K: Voeren het proefje uit en beantwoorden de vragen over wat ze zien gebeuren.
- Leerlingen zullen vragen stellen over de uit te voeren stappen. Ze zullen tijdens de proef verwonderd zijn over wat er tijdens de proef gebeurt, wanneer olie niet mengt met water en wanneer zeep toegevoegd wordt aan water en olie.
- T: Loopt rond en beantwoordt vragen, luistert mee naar wat leerlingen bespreken tijdens de proef. De docent kan af en toe ook aanwijzingen geven of wat meer vragen stellen over wat de leerlingen aan het doen zijn.
- Na 15 minuten.
- T: Oké volgens mij heeft (bijna) iedereen het proefje afgerond. Dus leg alles neer op tafel en ga op je plek zitten. Jullie mogen per tafel nu de spullen terug komen brengen. Het reageerbuisje leeg je in deze emmer daarna doe je het dopje erop en stop je het buisje in deze plastic zak.
- Leerlingen gaan rustig zitten en luisteren naar de uitleg van de docent. Tijdens het opruimen zullen de leerlingen nog een paar keer vragen wat waar opgeruimd moet worden.
- 5 minuten voor het opruimen/afmaken van de proef. Ervoor zorgen dat de leerlingen gezamenlijk het lokaal weer opruimen.
- T: Goed wat hebben we nu eigenlijk zien gebeuren tijdens de proef?
“Kies een willekeurige leerling”
- Leerlingen zullen beginnen met praten, en sommigen zullen hun vinger opsteken.
- K: Geven antwoordt op wat ze gezien hebben tijdens het uitvoeren van de proef.
- Zullen voornamelijk noemen dat water en olie niet mengen en dat het twee lagen vormt. Wanneer zeep toegevoegd wordt gaan water en olie wel mengen
- T: Oké dus we zagen dat water en olie niet met elkaar gingen mengen, maar dat ze na een tijdje weer 2 lagen vormden, maar toen we zeep toe gingen voegen gingen water en olie wel met elkaar mengen. Hm dat is wel vreemd.
- Leerlingen luisteren naar de docent.
- Heeft iemand misschien al een idee hoe dit kan?



- K: Denken na en misschien dat iemand al een idee heeft en dit durft te benoemen in de klas. Verwachting is dat geen van de kinderen een antwoord weet of durft te gokken.
- T: Het is helemaal niet erg dat jullie nog niet weten hoe zeep werkt. Hier gaan we de komende weken achter komen. Leerlingen Luisteren naar de docent.
- Om bij te kunnen houden wat we geleerd hebben over zeep gaat iedereen voor zichzelf een mind map maken. Deze mind map bereiden we elke les uit met de nieuwe kennis die we hebben opgedaan.
- Wat is een mind map?
- K: Denken na en geven antwoord op de vraag. Steken hun vinger op als ze antwoord willen geven op de vraag.
- T: “goed antwoord” Vat samen wat de leerlingen hebben gezegd.
- “verkeerd antwoord” Bij een mind map zetten we het onderwerp in het midden. Hierna gaan we alle dingen die we al weten over zeep om het onderwerp heen zetten.
- Dan krijgen jullie nu 10 minuten de tijd om deze les te verwerken in een mind map. We zullen elke week deze mind map uitbereiden dus mocht je het niet helemaal af krijgen dan kun je deze volgende week verder af maken.
- Zijn er vragen?
- K: steken hun hand op, bij vragen.
- Na 10 minuten.*
- T: De les is afgelopen, dus jullie mogen jullie spullen opruimen. Leerlingen luisteren en zijn stil.
- Volgende week zullen we een begin maken met de uitleg over hoe zeep ervoor zorgt dat water en olie met elkaar gaan mengen. Bedankt voor jullie aandacht en tot volgende week.



Les 2 Deeltjes model

Uitleg deeltjes model...

Korte herhaling van vorige week mbv de mind map.

Benodigheden

Mind map van les 1

Les

T: Goedemorgen/middag en welkom bij de 2e les over zeep. Vorige week hebben we een experiment gedaan om te kijken hoe water, olie en zeep met elkaar om gaan. Ook hebben we een begin gemaakt met een individuele mind map.

Leerlingen luisteren naar de uitleg.

Om erachter te komen hoe zeep ervoor zorgt dat water en olie wel gaan mengen, moeten we eerst weten waar water, olie en zeep uit bestaan.

Wat hebben we vorige week allemaal gezien? *“trek een naam”*

K: Leerlingen denken na en geven antwoord.

T: Heel goed. We hebben gezien dat water en olie niet mengen, maar wanneer we zeep toevoegen dat het wel gaat mengen.

Nu is de vraag hoe kan het nou dat zeep olie en water laat mengen? Hier gaan we de komende lessen achter komen en vandaag gaan we beginnen om eens te kijken waar water, olie en zeep eigenlijk uit bestaan.

Heeft iemand misschien al een idee waar water uit bestaat?

K: Denken na en misschien durft er iemand al een voorzichtig idee te geven..

Wanneer ze antwoord willen geven steken de leerlingen hun hand op.

T: inspelen op antwoorden van kinderen. Bij geen antwoorden benoemen dat dat helemaal niet erg is en dat je het nu uit gaat leggen.

Om het goed uit te kunnen leggen, ga ik gebruik maken van een model. Modellen worden in de natuurwetenschappen vaak gebruikt om te laten zien hoe iets eruit ziet. We kunnen zeggen dat een model een eenvoudige weergave is van de werkelijkheid. We gebruiken de modellen dus eigenlijk om te kunnen begrijpen wat er in werkelijkheid gebeurt. Ook kennen we verschillende modellen welke verschillende doelen hebben. Een model kan gebruikt worden om iets te beschrijven, het kan een voorspelling geven over iets wat we nog niet precies weten. Ook kan het verklaren hoe iets werkt. Gedurende de lessen ga ik vooral gebruik maken van verklarende modellen. Ik ga de modellen gebruiken om te laten zien hoe zeep ervoor kan zorgen dat water en olie wel kunnen mengen.

“Pak een bak met zand”

Leerlingen zullen verbaasd reageren op de bak met zand.

Waar bestaat zand eigenlijk uit? *“kies een naam”*

Leerlingen zullen gaan roepen dat zand uit zandkorrels bestaat. Ideale situatie zou zijn als de leerlingen hun vinger op



steken en bij het krijgen van de beurt vertellen wat ze denken.

K: Denken na en komen er hopelijk op dat zand uit zandkorrels bestaat.

T: Inspelen op de antwoorden van de kinderen. Bij het juiste antwoord: Heel goed dat klopt zand bestaat uit zandkorrels. Dus in deze grote bak met zand zitten verschillende kleine zandkorreltjes. We kunnen dus zeggen dat een bak met zand bestaat uit allemaal zanddeeltjes.

Leerlingen zullen mogelijk bevestigend reageren, wanneer er over de zanddeeltjes gesproken wordt.

Bij zand kunnen we goed zien dat het uit kleine deeltjes bestaat. Als we naar water kijken dan kunnen we daar geen deeltjes in zien. Toch bestaat dit net als zand allemaal uit kleine water deeltjes.

Leerlingen zullen naar verwachting verbaasd en niet begrijpend reageren.

Zijn hier vragen over?

K: Kunnen reageren op de uitleg met vragen die ze hebben.

Verwachting is dat leerlingen vragen zullen hebben, omdat dit een best lastig onderwerp is.

T: "Geeft antwoordt op de vragen"

Als er verder geen vragen zijn gaan we kijken wat dit nu betekend voor olie en zeep. Deze stoffen bestaan dus ook allemaal uit hele kleine deeltjes, welke samen de vloeistof vormen zoals wij die kunnen zien.

Wanneer we dan de stoffen met elkaar willen mengen komen deze kleine deeltjes met elkaar in contact, wat ervoor gaat zorgen dat het wel of niet met elkaar gaat mengen. Als we kijken naar water en olie hebben we vorige week gezien dat deze deeltjes niet van elkaar houden. En omdat de deeltjes niet van elkaar houden gaan ze niet mengen. Zeep bestaat ook uit kleine deeltjes. En wanneer zeep toegevoegd word aan olie en zeep, zullen de zeep deeltjes ervoor zorgen dat de deeltjes van olie en water in eens wel goed samen kunnen.

Hoe dit precies werkt gaan we volgende week bespreken.

Jullie krijgen nu 10 minuten de tijd om je mind map aan te vullen met wat we vandaag geleerd hebben. Daarna gaan we dat klassikaal nog even kort bespreken.

"na 10 minuten"

Goed wie kan mij vertellen wat we vandaag geleerd en gedaan hebben?

K: Kinderen denken na over de vragen en geven antwoorden.

Verwachting dat de leerlingen moeite hebben om wat ze geleerd hebben in eigen woorden te zeggen.

T: reageert positief en sturend op de antwoorden van de kinderen.

"Vat kort samen wat de kinderen hebben uitgelegd."

Bedankt voor jullie aandacht en ik zie jullie volgende week weer.



Les 3 Macro - micro

Korte herhaling van vorige week mbv mind map. Uitleg deze week	3 min
Uitleg model inzoomen op 1 enkel zeep deeltje	20 min
Korte herhaling en uitleg les volgende week	5 min

Benodigdheden

- Deeltjes model
- Zeep modellen
 - Kikkervisjes model
 - 2D model
 - 3D model
 -

Les

T: Goedemorgen/middag allemaal, vandaag gaan we het hebben over hoe zeep ervoor zorgt dat olie oplost in water.

Wat hebben we de afgelopen lessen geleerd? *“trek een naam”*

K: Leerling die de beurt heeft gekregen verteld wat hij denkt. Alle leerlingen denken na over het antwoord.

T: Reageer positief en sturend op de vragen.

Heel goed. Vat kort samen wat de leerlingen hebben gezegd.

Nu gaan we kijken hoe een zeepdeeltje eruit ziet.

Leerlingen beginnen te fluisteren met de burens.

Een zeep deeltje bestaat eigenlijk uit 2 delen. Zeep heeft een kop welke van water houdt en een staart welke helemaal niet van water houdt. (Model!!!!) Het ziet er een beetje uit zoals een kikkervisje (speld)(afbeelding op het scherm).

Verwachting is dat de leerlingen herkend zullen reageren over het kikkervisje.

Deze twee delen zitten aan elkaar vast en vormen zo samen 1 zeep deeltje.

Dat het ene deel niet van water houdt en het andere wel noemen we een eigenschap van het deeltje. Dat zeep deze eigenschappen heeft zorgt ervoor dat het olie in water op kan laten lossen.

“Leg de werking van zeep uit met behulp van het model. Doe iedere stap die je benoemt ook voor aan de kinderen, zodat het visueel wordt wat er gebeurt.”

Verwachting is dat de leerlingen verbaasd zullen zijn over de precieze werking van zeep. Ook zouden de leerlingen onbegrijpend kunnen reageren.

Wat gebeurt er nu wanneer zeep in aanraking komt met water en olie. Doordat de staart van olie niet graag in water zit, gaat het opzoek naar een deeltje dat ook niet graag in water zit. Bij het proefje uit de eerste les is dit de olie. De staart gaat in het olie deeltje zitten, terwijl de kop die wel graag in water wilt zitten buiten het olie deeltje blijft. Als genoeg zeepdeeltjes in het olie deeltje gaan zitten, vormen ze een



cocon om het olie deeltje heen en wordt er een brug gemaakt tussen olie en water. Dit zorgt er dan voor dat olie op gaat lossen in water.

Zijn er vragen?

K: Stellen vragen als deze er zijn.

T: Beantwoordt de vragen van de kinderen.

Als er verder geen vragen zijn dan krijgen jullie 10 minuten de tijd om jullie mind map bij te werken. Daarna gaan we nog kort bespreken wat we vandaag geleerd hebben.

“Na 10 minuten”

Wie kan mij vertellen waar we vandaag allemaal geleerd en gedaan hebben?

K: Geven antwoord op de vraag.

T: Geeft positief antwoord op goede antwoorden. Bij foutieve antwoorden of antwoorden die in de richting zitten, probeert zij positief te reageren en ervoor te zorgen dat de kinderen in de goede richting worden geduwd. Ook vraagt ze door, zodat de volledige samenvatting van de les naar boven komt.

Heel goed “vat samen wat de kinderen hebben uitgelegd en vul zo nodig aan”

Volgende week gaan we een opdracht doen met z’n allen, waarbij we nog beter gaan kijken naar hoe zeep nu eigenlijk werkt. Verder mogen jullie tijdens het werken aan de opdracht gebruik maken van de modellen die ik hier voor in het lokaal heb liggen. Bedankt voor jullie aandacht en tot volgende week!

De leerlingen luisteren en stellen vragen als ze die nog hebben na aanleiding van de les.

Leerlingen doen actief mee en proberen in eigen woorden te vertellen wat ze vandaag geleerd hebben.



Les 4 Micro

Herhaling van vorige les en beantwoorden van vragen na aanleiding van de vorige les.	10 min
Uitleg deze les/ uitleg opdracht.	2 min
Uitvoering opdracht	15 min
Herhaling/bespreking van de opdracht	5 min

Het idee: Door het klas lokaal hangen briefjes van verschillende kleuren. Elke kleur heeft zijn eigen moeilijkheidsgraad. De kinderen beginnen in 2-tallen bij een van de vragen van gemiddelde moeilijkheid. Wanneer ze de vraag goed beantwoorden gaan ze een trapje hoger. Bij een fout antwoord gaan de leerlingen terug naar een makkelijkere vraag.

Benodigdheden

- Modellen zeep

Les

T: Goedemorgen/middag allemaal, hopelijk weten jullie nog een beetje wat ik vorige week heb uitgelegd over de werking van zeep. Want we gaan vandaag een opdracht doen waarbij we de informatie uit de afgelopen lessen nodig hebben. Leerlingen zullen luisteren en steken hun vinger op, wanneer ze antwoord geven op de vraag.

Kunnen jullie mij vertellen wat we de afgelopen lessen allemaal geleerd hebben?

K: Denken na over de vraag en geven antwoord.

T: reageert positief en sturend op de antwoorden van de kinderen.

Heel goed "vat kort samen wat de kinderen hebben geantwoord"

Zijn er nog vragen over de theorie die we de afgelopen 3 weken hebben behandeld?

K: Stellen vragen.

T: Geeft antwoord op de vragen van leerlingen.

Goed als alle vragen beantwoord zijn zal ik jullie de opdracht geven.

Door het lokaal zien jullie verschillende gekleurde briefjes hangen. Jullie gaan straks in 2-tallen deze vragen maken. Jullie beginnen bij een vraag met een gele of paarse kleur. Noteer eerst op je antwoorden blad bij 1. De kleur van de vraag en het nummer. Ik heb hier bijvoorbeeld vraag 3 van de gele kaartjes en dan noteer ik G3 op mijn antwoorden blad. Vervolgens noteer je hier achter welk antwoord jullie geven. Dan draai je het kaartje om en kun je zien naar welke kleur vraag je mag gaan. Hier noteer je weer welke vraag en het antwoord dat jullie geven. Er kan maar 1 koppel per vraag staan. Dus is de vraag bezet dan zoek je een andere vraag. Jullie krijgen 15 minuten de tijd om zo veel mogelijk vragen te beantwoorden, wel moet je minimaal 5 vragen hebben beantwoordt in deze tijd.

Leerlingen zullen enthousiast reageren op de opdracht. Misschien ook een beetje verward of niet begrijpend.

Zijn er vragen over de opdracht?

K: Stellen vragen aan de docent.



T: Als er verder geen vragen zijn dan mogen jullie beginnen

Leerlingen zullen tijdens de uitvoering van de vragen door het lokaal lopen en samen overleggen over wat het antwoord kan zijn.

“15 minuten krijgen de kinderen de tijd om de opdracht uit te voeren.”

T: Goed de tijd is voorbij jullie mogen deze vraag afmaken en daarna mogen jullie per groepje 1 vraag pakken, welke jullie klassikaal nog willen bespreken. Als je dat gedaan hebt ga je op je plek zitten en pak je de spullen om aan je mind map te werken.

K: Gaan terug op hun plek zitten. Wanneer ze de vraag hebben afgerond.

Leerlingen gaan kletsend terug naar hun plek.

T: Dan kom ik de vragen even ophalen en krijgen jullie 5 minuten om aan jullie mind map te werken. Dan ga ik 3 vragen uitzoeken welke ik klassikaal ga behandelen.

Benoem de vraag die je gaat behandelen. Vraag eerst aan de klas of er iemand is die het kan uitleggen. Als dit niet lukt, leg het dan zelf nog een keer uit. Dit kan met behulp van vragen stellen aan de klas.

Dit was de les voor vandaag bedankt voor jullie aandacht en tot volgende week!

Opdrachten

Trap 1 (macro - Geel)

1. Wat doet zeep?
 - a. Zeep wast de afwas schoon
 - b. Zeep zorgt ervoor dat water en olie kunnen mengen
 - c. Zeep kan twee willekeurige stoffen met elkaar laten mengen
2. Tijdens de eerste les hebben we een proef gedaan. Wat heb je zien gebeuren tijdens deze proef?
 - a. Water en olie mengen met elkaar
 - b. Water en olie gaan niet mengen met behulp van zeep
 - c. Water en olie gaan niet mengen, maar met behulp van zeep ineens wel
3. Waarom loste olie niet op in water?
 - a. Geen idee
 - b. Water en olie houden niet van elkaar
 - c. Water stoot olie af, waardoor ze niet gaan mengen
4. Waarvoor wordt zeep allemaal gebruikt?
 - a. Afwas, kleding was
 - b. Schoenenpoetsen, afwas, douchen, wassen auto
 - c. Afwas, douchen, kleding was, schoonmaak huis, wassen auto
5. Wat gebeurt er wanneer zeep gebruikt wordt bij de afwas of was?
 - a. Zeep zorgt ervoor dat vet en vuil worden verwijderd
 - b. Zeep zorgt ervoor dat vet wordt verwijderd
 - c. Zeep doet eigenlijk helemaal niks bij de was en afwas
6. Hoe zag het mengsel van water, olie en zeep eruit?
 - a. Het was een helder mengsel
 - b. Er waren meerdere stoffen te zien in het mengsel
 - c. Het mengsel was troebel
7. Welke vormen van zeep zijn er? Noem er minimaal 5



8. Wat gebeurt er met water en olie als deze gemengd worden?
 - a. Olie vormt kleine druppels in het water en vormt een laag onder het water
 - b. Olie verdeelt zich gelijk over het water
 - c. Olie vormt kleine druppels in het water en vormt een laag boven het water
9. Bekijk de mind map die we aan het begin van de lessen serie gemaakt hebben. Bedenk iets dat er aan toegevoegd kan worden.
10. Hoe kan het dat zeep vele verschillende geuren en kleuren heeft?
 - a. Geur en kleurstoffen worden aan zeep toegevoegd
 - b. De zeep komt uit verschillende delen van de wereld.
 - c. De geurstoffen die aan zeep worden toegevoegd geven ook kleur aan de zeep.

Trap 2 (macro-micro - paars)

1. Waarom lost olie niet op in water?
 - a. Water deeltjes houden niet van olie
 - b. Water deeltjes hebben ruzie met olie deeltjes
 - c. Olie deeltjes zijn te vet.
2. Waar bestaat zeep uit?
 - a. Zeep bestaat uit zeep deeltjes
 - b. Zeep bestaat uit een kop en staart
 - c. Zeep bestaat uit deeltjes met verschillende eigenschappen
3. Tijdens de les hebben we het zand model gezien. Wat werd er met dit model uitgelegd?
 - a. Met het model werd uitgelegd dat alles uit deeltjes bestaat net als zand uit zandkorrels bestaat.
 - b. Met het model werd uitgelegd dat deeltjes bestaan.
 - c. Met het model werd eigenlijk niks uitgelegd het stond voor de sier op tafel tijdens de les.
4. Kijk naar het deeltjes model (zand). Leg aan de docent uit in jullie eigen woorden hoe het model werkt.
5. Waarom zouden we een model gebruiken tijdens de les?
 - a. Modellen kunnen de werkelijkheid vereenvoudigen, wat zorgt dat het makkelijker te begrijpen is
 - b. Modellen ondersteunen de uitleg bij een onderwerp
 - c. Modellen worden gebruikt om de uitleg op te leuken en hebben niet echt een functie tijdens de les.
6. Waar bestaan olie, water en zeep allemaal uit?
 - a. Olie, water en zeep bestaan uit deeltjes
 - b. Olie, water en zeep bestaan allemaal uit deeltjes, welke bestaan uit 2 delen.
 - c. Olie, water en zeep bestaan uit vloeistoffen.
7. Wat is een eigenschap van een zeep deeltje?
 - a. Een eigenschap van zeep is dat het bestaat uit 2 delen
 - b. Zeep heeft als eigenschap dat het een kant heeft die van water houdt en een kant die niet van water houdt
 - c. Zeep bestaat uit vele deeltjes, waardoor het vet makkelijk kan binden.
8. Wat had de bak met zand te maken met de uitleg over deeltjes?
9. Waarom worden er vaak modellen gebruikt binnen de natuur en techniek vakken?

Trap 3 (micro - roze)

1. Hoe zorgt zeep ervoor dat olie en water wel gaan mengen?
 - a. De kop gaat in de olie zitten en de staart in water, waardoor er een brug wordt gevormd
 - b. Zeep zorgt ervoor dat water en olie wel met elkaar kunnen samenwerken.
 - c. De staart gaat in olie zitten en de kop in water, waardoor er een brug wordt gevormd.
2. Waar houdt de kop van het zeep deeltje van?
 - a. De kop van zeep is hydrofiel en houdt van water.
 - b. De kop van zeep is hydrofoob en houdt niet van water.
 - c. De kop van zeep houdt van zowel water als van olie
3. Waar wil de staart van het zeep deeltje graag naar toe gaan?
 - a. De staart van zeep is hydrofiel en houdt van water.
 - b. De staart van zeep is hydrofoob en houdt niet van water.
 - c. De staart van zeep houdt niet van water en ook niet van olie.



4. Kijk naar het model en maak voor jezelf een tekening van hoe zeep water en olie op elkaar reageren.
5. Speel eens met het model. En leg aan de docent uit hoe zeep nu precies werkt (met behulp van het model).
6. Welke stoffen willen we door zeep laten mengen met water?
 - a. Vuil en Vetten
 - b. Oliën
 - c. Alle stoffen die niet met water kunnen mengen.
7. Uit hoeveel delen bestaat een zeepdeeltje?
 - a. 3
 - b. 1
 - c. 2
8. Hoe kan het dat zeep kan binden met 2 verschillende deeltjes?
 - a. Dit komt doordat zeep uit 2 verschillende eigenschappen bestaat.
 - b. Ieder zeep deeltje heeft meerdere eigenschappen.
 - c. Zeep bestaat uit een kop en een staart. Deze hebben allebei een andere eigenschap, waardoor ze deeltjes kunnen binden met meerdere eigenschappen.

Trap 4 (transfer - blauw)

1. Zeep wordt ook gebruikt bij het doen van de was. Hoe verwijderd zeep vuil uit kleding?
2. Maak een tekening over de werking van zeep. Zet hierin wat je de afgelopen 3 lessen allemaal geleerd hebt.
3. Mayonaise wordt gemaakt met olie en witte wijn azijn (heeft dezelfde eigenschappen als water) denk je dat dit de enigste ingrediënten zijn in mayonaise?
4. Waarom schuimt zeep wanneer het in aanraking komt met water? (zoeken op internet is toegestaan)
5. Hoe noemen we het mengsel dat gevormd wordt nadat zeep, water en olie met elkaar heeft laten mengen?
 - a. Mengsel.
 - b. Emulsie: Een ondoorzichtig, troebel mengsel van niet-mengbare vloeistoffen.
 - c. Suspensie: Een troebele vloeistof waarin een vaste stof zweeft.
6. In welke producten wordt er nog meer gebruik gemaakt van een stof die een brug vormt omdat 2 stoffen niet kunnen mengen. Noem er 3, Je mag 3 minuten gebruik maken van het internet.
7. Zoek op het internet op hoe zeep in de wetenschap genoemd wordt.



Les 5 Transformatie andere stof

Model overdracht door een andere stof te gebruiken welke dezelfde werking heeft als zeep. Dit kan zijn: maken van margarine, douchemelk of mayonaise

Bespreking antwoorden vragen vorige les.	5-10 min
Experiment uitvoering/demo via film, waarbij de leerlingen hetzelfde fenomeen als bij zeep gaan zien. Door middel van een soort Quiz kijken of de leerlingen de transformatie van zeep naar de andere stof kunnen maken.	15 min
Korte herhaling van het geleerde	5 min

Benodigheden

Pptx met filmpjes

Zelf gemaakte mayonaise

Roerstaafjes

Les.

T: Goede morgen/middag allemaal, de afgelopen lessen zijn we bezig geweest met het uitzoeken hoe het kan dat olie en water kunnen mengen wanneer zeep wordt toegevoegd.

Wat hebben we allemaal over de werking van zeep geleerd?

“kies een willekeurige leerling”

K: Leerlingen denken na en steken hun vinger op om uitleg te geven over wat ze geleerd hebben gedurende de afgelopen lessen.

T: Luister naar de antwoorden en vraag een paar leerlingen het uit te leggen. Vat na afloop samen wat er gezegd is en wat er daadwerkelijk geleerd is tijdens de lessen.

Heel goed, we hebben dus geleerd dat zeep een brug vormt tussen water en olie, waardoor ze gaan mengen. Er bestaan meer stoffen die net als zeep bruggen vormt tussen 2 verschillende stoffen die niet met elkaar kunnen mengen. Deze stoffen noemen we emulgatoren.

Zijn hier vragen over?

K: Steken hun vinger op als er vragen zijn over de theorie.

T: Beantwoord vragen

Vandaag gaan we kijken hoe mayonaise gemaakt wordt en hoe de stoffen daarbij met elkaar samenwerken. Ik laat straks stukjes film zien over hoe mayonaise gemaakt wordt. We gaan daar samen naar kijken en dan wil ik per stap van jullie horen wat we zien gebeuren.

Zijn er al vragen over wat we zo meteen gaan doen?

K: Steken hun vinger op bij vragen.

T: Beantwoord de vragen.

Goed dan wil ik jullie nu vragen om op de banken voor in de klas te komen zitten.

Allereerst hebben we natuurlijk een paar ingrediënten nodig om mayonaise te maken.



Als eerste hebben we een eierdooier nodig. Wie kan mij vertellen welk deel van het ei dit is?

K: Kinderen denken na en geven antwoord wanneer ze de beurt krijgen.

T: Geeft een van de kinderen de beurt.

Heel goed dat is het gele gedeelte van het ei.

Dan hebben we een beetje mosterd nodig, Witte wijnazijn, peper, zout en als laatste olie.

Als we zo naar de ingrediënten kijken op het beeld valt jullie dan al wat op?

K: Denken na en steken hun vinger op. Hopelijk komt er iemand dat er weer olie bij zit en dat olie en witte wijn azijn wellicht niet kunnen mengen.

T: Reageert sturend op antwoorden van de kinderen.

“vat samen wat er op is gevallen” oke laten we dit eens checken.

Oké laten we eens gaan kijken hoe dat dan werkt bij het maken van mayonaise.

Goed om te beginnen hebben we een eetlepel witte wijn azijn nodig.

Hierbij voegen we een theelepeltje mosterd toe.

Een beetje zout en peper voor de smaak.

Dan gaan we dit alvast door elkaar mengen. Wat zien jullie dan gebeuren in de kom met ingrediënten? “trek een naam”

K: Leerling die de beurt krijgt geeft antwoord wat hij/zij ziet.

T: Heel goed. Dan gaan we nu een kleine beetje olie toevoegen aan het mengsel.

K: Leerling met de beurt verteld wat er gebeurt.

T: Dat klopt, we zien duidelijk dat de stoffen niet met elkaar gaan mengen.

Oké laten we dan het eigeel eens toevoegen aan het mengsel.

Wat zien we nu gebeuren?

K: Geeft antwoord op de vraag.

T: Heel goed nu zien we het wel mengen. Hoe zou dat nu kunnen?

K: Steken hun vinger op om antwoord te geven. Hopelijk komen we erop dat de eierdooier hetzelfde werkt als zeep.

T: Geeft sturend antwoord.

Door het ei kunnen de azijn en olie in eens wel met elkaar mengen.



Dan wordt de mayonaise nu afgemaakt door het met olie op de goede dikte te maken en dan kunnen we na afloop proeven hoe het smaakt.

Nu hebben we een mooie mayonaise gemaakt! Maar hoe denken jullie dat het kan dat olie en azijn door het toevoegen van ei wel kunnen mengen.

“Pak een naam en vraag om uitleg.”

K: Geeft antwoord op de vraag. Hopelijk dezelfde uitleg als voor zeep alleen dan met de namen van de ingrediënten.

T: Wees positief en laat andere leerlingen eventueel aanvullen. Vat samen wat er gezegd is en vul eventueel aan als dat nodig is.

Om mayonaise te maken wordt er dus ook gebruik gemaakt van een emulgator, waardoor olie en wijnazijn wel met elkaar kunnen mengen. Hier mee zien we dus dat natuurwetenschappen niet alleen thuis horen in een laboratorium, maar dat ze ook in de keuken gebruikt worden bij het maken van eten.

Zijn er vragen?

K: Steken hun vinger op en stellen vragen.

T: Geef antwoord op de vragen.

Goed jullie mogen allemaal terug naar jullie plaats en dan mogen jullie de mind map aanvullen met alles wat je geleerd hebt en nog niet hebt toegevoegd.

Bedank voor jullie aandacht vandaag en ik hoop dat jullie de afgelopen lessen leuk hebben gevonden. Dan zie ik jullie volgende week nog een keer, waar we dan nogmaals de test gaan maken waar we ook mee begonnen zijn.



Appendix 2 pre- and post-test questions

Attitudes

Stelling	Helemaal oneens	Oneens	Neutraal	Eens	Helemaal eens
1. Onze wereld is fijner om in te leven door wetenschap.	1	2	3	4	5
2. Om een wetenschapper te zijn moet je een beetje gek zijn.	1	2	3	4	5
3. Wetenschappers dragen een labjas.	1	2	3	4	5
4. Technologie is een voorbeeld van een belangrijk product van wetenschap.	1	2	3	4	5
5. Wetenschap helpt om de dagelijkse problemen op te lossen.	1	2	3	4	5
6. Wetenschappelijke ontdekkingen helpen mensen niet aan een beter leven.	1	2	3	4	5
7. Als wetenschappers een ontdekking hebben gedaan over de wereld, dan proberen ze deze niet meer te verbeteren.	1	2	3	4	5
8. Wetenschappers werken in een laboratorium.	1	2	3	4	5
9. Wetenschappers hebben geen tijd om plezier te hebben.	1	2	3	4	5
10. Als een wetenschapper zegt dat een idee de waarheid is, dan geloven alle andere wetenschappers dat.	1	2	3	4	5
11. Een belangrijk doel van de wetenschap is om nieuwe medicijnen te ontwikkelen en daarmee levens te redden.	1	2	3	4	5
12. Een land kan zelfs zonder wetenschappers sterk zijn.	1	2	3	4	5

Stelling	Helemaal oneens	Oneens	Neutraal	Eens	Helemaal eens
----------	-----------------	--------	----------	------	---------------

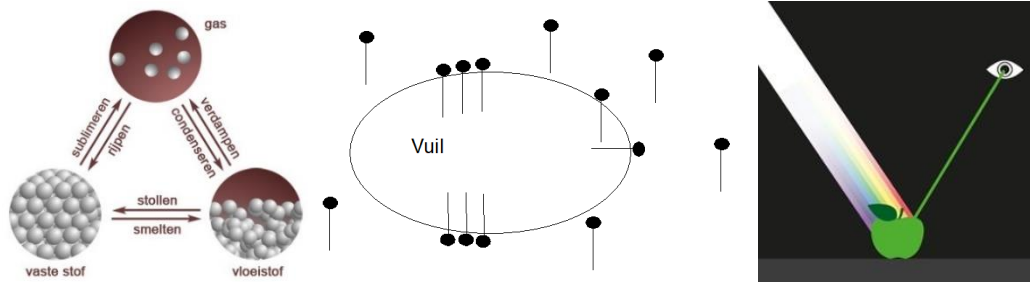


13. Mensen zouden wetenschap moeten begrijpen omdat het een belangrijk deel uitmaakt van hun leven.	1	2	3	4	5
14. Ik zou graag wetenschapper willen worden.	1	2	3	4	5
15. Wetenschap is alleen nuttig voor wetenschappers en voor niemand anders.	1	2	3	4	5
16. Wetenschappers verbeteren geen fouten in het werk van andere wetenschappers..	1	2	3	4	5
17. Ik zou geen wetenschapper willen worden, want ik heb daar geen interesse in.	1	2	3	4	5
18. Ontdekkingen van wetenschappers hebben geen effect op de mensen om mij heen.	1	2	3	4	5
19. Wetenschappers zijn mannen.	1	2	3	4	5
20. Wetenschappelijke ontdekkingen hebben geen effect op mijn leven.	1	2	3	4	5
21. Wetenschappers werken alleen.	1	2	3	4	5
22. Alles wat wetenschappers zien en vinden tijdens hun werk schrijven ze nauwkeurig op.	1	2	3	4	5
23. Je moet oud zijn om een wetenschapper te zijn.	1	2	3	4	5
24. Het is niet nodig voor mensen om wetenschap te begrijpen, want het heeft geen invloed op hun leven.	1	2	3	4	5
25. Voor wetenschappers telt alleen denken, niet hoe ze zich over dingen voelen.	1	2	3	4	5
26. Wetenschap helpt ons om de wereld beter te begrijpen.	1	2	3	4	5

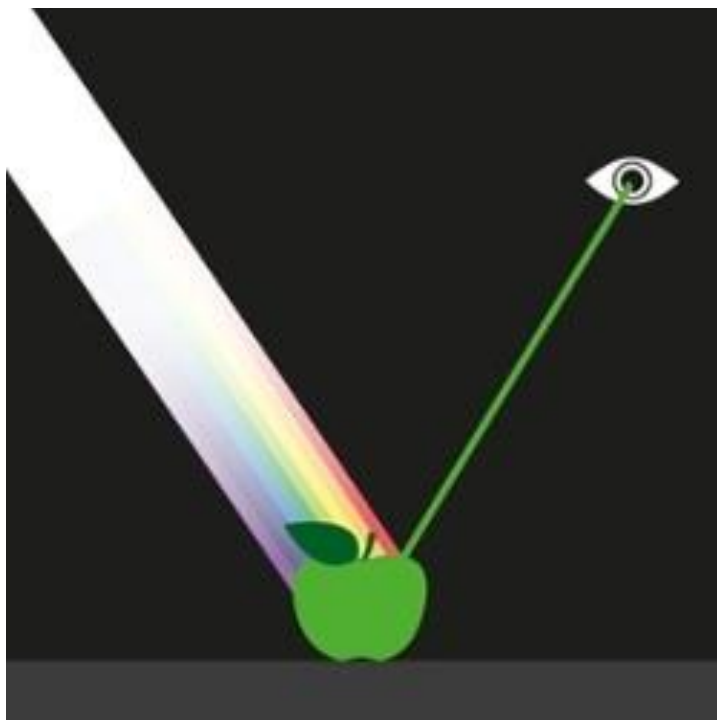
Heb je een wetenschapper in je familie? ja/nee
Doe je iets buiten school met wetenschap?

Modellen

Modellen worden veel gebruikt binnen de natuur en techniek vakken. Modellen zijn vaak afbeeldingen van dingen die mensen niet met hun eigen ogen kunnen zien.



Hierboven zie je 3 voorbeelden van modellen. Waar denk je dat modellen voor gebruikt worden? Waarom zouden deze modellen gebruikt worden denk je? Noem maximaal 3 redenen.



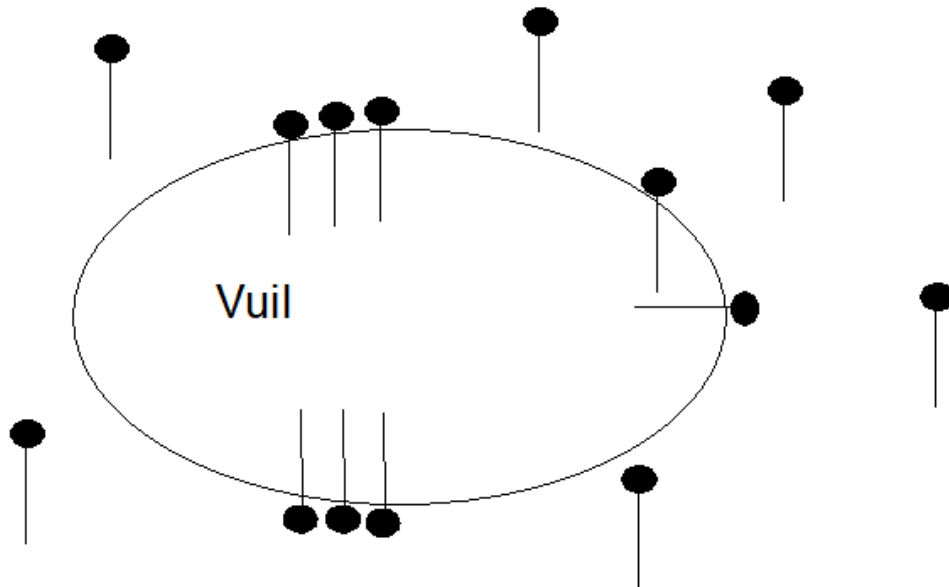
Waarom is bovenstaand model gemaakt denk je?

Zou het model ook gebruikt kunnen worden voor een ander doel? Zo ja, benoem maximaal 2 ander doelen.

Knowledge

Werking zeep

Zeep heeft vele toepassingen in ons dagelijks leven. Om de werking van zeep uit te leggen zijn er verschillende modellen gemaakt.



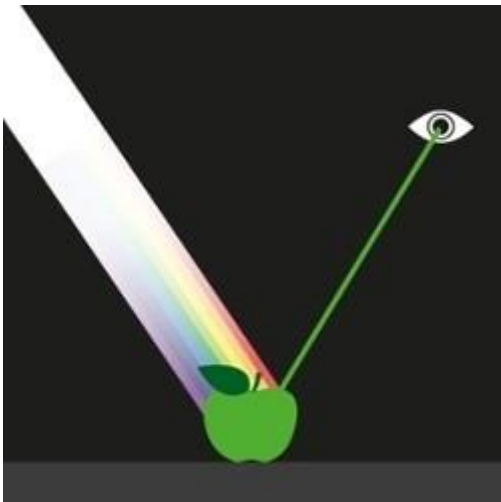
Stelling	Antwoord
In het model is te zien dat een zeep deeltje bestaat uit een kop en een staart?	Ja/nee
Het model laat zien dat de staart niet van water houdt?	Ja/nee
In het model is te zien hoe zeep ervoor zorgt dat vuil en vetten mengen met water	Ja/nee
Kun je aan de hand van het model vertellen hoe zeep ervoor zorgt dat vuil oplost in water, zodat kleding en afwas weer schoon worden?	Ja/nee
Kun je met behulp van het model uitleggen hoe zeep ervoor zorgt dat vuil kan mengen met water?	Ja/nee
Leg uit, waarom je ja of nee hebt geantwoord bij de vorige vraag.	Open

Appendix 3 scoring form questions on models and knowledge

Beoordelingsformulier pre- en post-test vragen modellen

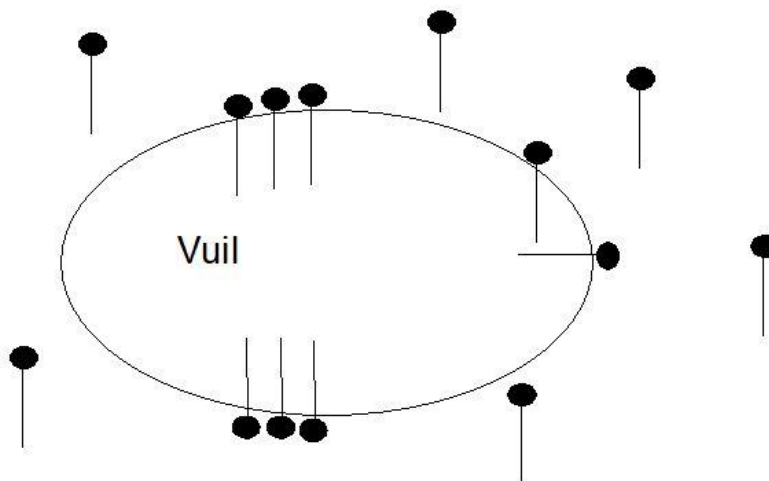
Hier ligt het beoordelingsformulier voor de beoordeling van de vragen voor het modellen onderdeel van de pre- en post test.

1. Hierboven zie je 3 voorbeelden van modellen. Waar denk je dat modellen voor gebruikt worden?
 - a. Bij deze vraag krijgen de leerlingen 0.5 punten als ze benoemen dat modellen gebruikt worden om te experimenteren (testen), voor onderzoek, iets proberen, voorbeeld, natuur en techniek vakken
 - b. Leerlingen krijgen 1 punt, wanneer ze zeggen dat modellen gebruikt worden om iets beter te begrijpen, duidelijker te maken, beter uitleggen, Kijken hoe iets in elkaar zit/werkt, beter kunnen zien hoe iets eruit ziet, ook als het eigenlijk niet kunnen zien.
 - c. Maximaal kunnen de leerlingen 1 punt behalen dus worden er 2 dingen genoemd die allebei goed zijn krijgt de leerlingen alsnog 1p.
2. Waarom zouden we modellen gebruiken denk je? Noem maximaal 3 redenen.
 - a. Leerlingen krijgen per reden 1 punt. Hier kunnen ze dus totaal 3 punten verdienen. Punten krijgen ze voor de volgende woorden: Onderzoek, Ontdekken, Beter begrijpen, Onthouden, makkelijk uitleggen, Beter bekijken hoe iets eruit ziet, betere uitleg, Wat gebeurt er als er iets veranderd, overzicht, beter zien wat het is (normaal te klein of te groot), voorspellen.



3. Waarom is bovenstaand model gemaakt denk je?
 - a. Omdat ze dan beter kunnen zien hoe het werkt (1p)
 - b. Om te kijken hoe we een appel in het licht zien (1p)
 - c. Hoe het oog kleur ziet (1p)
 - d. Hoe het eruitziet als licht op een appel schijnt (0.5p)
 - e. **Uitleg** hoe mensen iets zien (0.5p)
 - f. Hoe de ogen werken (0.5p)
 - g. Door licht zien we kleur (0.5p)
 - h. Reflectie van een appel (0.5p)
 - i. Bekijken hoe iets werkt (0.5p)
 - j. Licht schijnt op de appel en het oog ziet de groene kleur (0.5p)
4. Zou het model ook gebruikt kunnen worden voor een ander doel? Zo ja, benoem maximaal 2 andere doelen.
 - a. Nee (1p)
 - b. Twijfel antwoord (0.5p) Ik denk, ik wist niet.

Beoordelingsformulier pre- en post-test vragen Kennis



1. In het model is te zien dat een zeepdeeltje bestaat uit een kop en een staart?
 - a. Ja (1pt)
2. Het model laat zien dat de staart niet van water houdt.
 - a. Nee (1pt)
3. In het model is te zien hoe zeep ervoor zorgt dat vuil en vetten mengen met water
 - a. Ja (1pt)
4. Kun je aan de hand van het model vertellen hoe zeep ervoor zorgt dat vuil oplost in water, zodat kleding en afwas weer schoon worden?
 - a. Ja (1pt)
5. Kun je met behulp van het model uitleggen hoe zeep ervoor zorgt dat vuil kan mengen met water?
 - a. Ja (1pt)
6. Leg uit, waarom je ja of nee hebt geantwoord bij de vorige vraag.
 - a. Er wordt niet aangegeven wat het water is (0.5pt)
 - b. Antwoorden waarin leerlingen aangeven dat ze dit geleerd hebben (1pt)
 - c. Zeepdeeltjes, staart gaat in olie, kop in water en zo kan het mengen (2pt)



Appendix 4 What happen during the lessons

Lesson	Activity	Question/activity by researcher	What was said by the students?
1	Introduction	Researcher: What do you know about soap?	<ul style="list-style-type: none"> - we wash ourselves with it - we do the dishes - it washes bacteria's of our hands - it smells good
	Discussion after experiment		"there were bubbles from soap, the water layer becomes cloudy after adding soap"
			Students form Class B thought that the substance during the experiment looked like a lava lamp.
		Researcher: did you also saw oil bubbles?	Students admitted that they saw oil bubbles
2	Introduction	Where consist water of?	<ul style="list-style-type: none"> - Minerals - Oxygen - Salt - Chlorine (class B students named it themselves and in class A some help was needed) - Lead - Iron
	Explanation of particles	Where is sand existing off?	Particles
		Connection to water and oil was made. That particles could be seen when zooming in on water and oil.	
	Showing particle models	Showing model of a soap particle	This looks like a nail.
			Class A: the interaction between water and oil looks like Velcro fastener. Why are water and oil making a fluid?
		Researcher responded to the question of the students in class A: the particles of oil, and water were like a family. They want to be close together which forms a connection where the fluid exist form.	
4	Assignment	What question would you discuss with the class?	Class A: what other substances are there with the same properties as soap? One duo found Egg yolk Class B: None
		Substances with the same properties of soap called emulsifiers.	



5	Hypotheses	What will happen when the ingredients are mixed?	Class A: <ul style="list-style-type: none">- The color would change during the process- The substance would become thicker- There would happen something that we saw during the experiment in lesson 1 Class B: <ul style="list-style-type: none">- The mayonnaise would become thicker- The mayonnaise changes color during the process
---	------------	--	---

Appendix 5 Models used during lesson



Figure 2 Models used for water (blue), Oil (yellow), and soap (white-red). For the explanation on how soap interacts with oil a big sphere was used, where the soap molecules could go in.



Figure 3 Big soap molecule, with a head (yellow) and a tail (red).