

INCREASING THE COHERENCE BETWEEN MATHEMATICS AND PHYSICS IN SECONDARY EDUCATION: A CASE STUDY

Deutekom, W.P. (Wytske)

FI-MSECR30 Research Project SEC

Supervisor: Ralph Meulenbroeks

Abstract

Many secondary school students do not perceive mathematics and physics as being coherent. Knowledge and skills that have been discussed during mathematics class are not recognised and therefore not used by students during other classes. The aim of this qualitative study is to identify design parameters which can lead to a product enhancing coherence in physics and mathematics education. Literature stresses the importance of: (a) intradisciplinarity, (b) interdisciplinarity, and (c) integration. A semi-experimental qualitative study was conducted at a medium-sized secondary school in the Netherlands. Fourteen students aged 15 – 16, two physics teachers and two mathematics teachers were interviewed about perceived coherence between physics and mathematics classes on the topic of kinematics. After transcribing and coding, the results were used to supplement the literature findings in order to design two products: A Physics Heuristics Guide and a Mathematics versus Physics Overview. After using these products in class, students and teachers were interviewed again. It was found that coherence indeed seemed to be improved because content overlap was emphasised (both differences and similarities), communication between disciplines was promoted, best practices were implemented, and the planning of overlapping topics was coordinated. Implications and recommendations are discussed.

Table of contents

Abstract	1
Introduction	4
General problem	4
The importance of connecting disciplines.....	5
Knowledge gap	5
Research aim	6
Theoretical framework	7
<i>Mathematics/Science Continuum</i>	7
<i>Coherent education according to others</i>	10
<i>Systematic problem solving as a common factor in science and mathematics</i>	11
Methods	13
<i>Participants and consent</i>	13
<i>Procedure</i>	13
<i>Data collection and instruments</i>	14
<i>Data analysis</i>	16
Results	17
<i>SQ1: What do students and teachers report on the differences and overlap between the mathematics and physics curricula in tenth grade?</i>	17
<i>SQ2: What are the most important parameters in designing a product to improve coherence between mathematics and physics education?</i>	17
<i>Products</i>	20
<i>SQ3: What do students and teachers report on a product based on these parameters?</i>	21
Students	21
Teachers	22
Conclusion	24
Discussion	26
<i>Implications</i>	26
<i>Limitations</i>	26
<i>Recommendations for future research</i>	27
References	28
Appendix	31
1. <i>Consent forms</i>	31
2. <i>Questionnaires</i>	33
3. <i>Quotes focus group (students)</i>	34
4. <i>Quotes interview (physics teacher)</i>	38
5. <i>Quotes interview (mathematics teacher)</i>	40
6. <i>Intercoder reliability</i>	44

7. <i>Mathematics versus Physics Overview (MvPO)</i>	45
8. <i>Teacher manual MvPO</i>	46
9. <i>Physics Heuristics Guide (PHG)</i>	48
10. <i>Teacher manual PHG</i>	49
11. <i>Evaluation quotes focus group 1 (students)</i>	51
12. <i>Evaluation quotes focus group 2 (students)</i>	55
13. <i>Evaluation quotes interview (physics teacher)</i>	60
14. <i>Evaluation quotes interview (mathematics teacher)</i>	63

Introduction

General problem

As a mathematics teacher I recently experienced the following: In my tenth-grade pre-university mathematics class, I explained to my students how to calculate the average speed of a certain vehicle using the differential quotient. I expected this to be quite clear for my students until I saw the results of a similar question on the test. Several students started their solution with formulas which they had learned in physics class, e.g., $s = v \cdot t$ and $v_{average} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. I had not realised that my question would be confusing for students who had had this topic in physics class. The students had evidently learned something similar in physics class, but with a different approach and they did not recognise the content to be the same.

This anecdote reflects a problem that is recognised by many teachers:

“Students do not see coherence in Mathematics and Physics. They find it difficult to deal with relations between variables using the knowledge they gained.” (Mooldijk & Sonneveld, 2010, p. 43)

Students store knowledge in different places in their memory, which can be referred to as system separation (Van Parreren, 1982). As a result, knowledge and skills that have been discussed in mathematics may not be recognised as such by students, causing them not to use this knowledge in other disciplines (Thorndike & Woodworth, 1901).

In the Netherlands, students choose a subject cluster with a corresponding study programme when they go to the tenth grade. This yields an advantage, since education in different disciplines can be better coordinated so that students get a more coherent knowledge base in mathematics and natural sciences (biology, chemistry and physics). It was expected that education in these beta profiles would become more interesting for students and that collaboration between teachers of different disciplines was promoted (Zegers et al., 2003). Unfortunately, in practice this relationship is not ideal (Tweede Fase Adviespunt, 2001).

“There is no coherence in how the subject matter is taught, nor do teachers know how subjects are taught by colleagues from different disciplines. Students do not experience ongoing progress in different disciplines and do not recognise content to be the same in different subjects.” (Mooldijk & Sonneveld, 2010, pp. 44-45)

Furthermore, the Inspection of Education (2003) found that students complain about the lack of coordination and coherence in the study programmes. According to the Inspection of Education this lack can, among other things, be blamed on the development of the programmes, since the content coherence between related disciplines is not foreseen. In practice, it turns out that possibilities to actually increase coherence are hardly utilised. Inventory studies by Geraedts et al. (2001) and Zegers et al. (2002) have shown that content coherence is a blind spot in the current initiatives of schools.

The importance of connecting disciplines

The connection between mathematics and natural sciences is very important. Firstly, because mathematics offers the instruments with which quantitative relationships can be elaborated in natural sciences and secondly, because natural sciences offer relevant contexts in which mathematical knowledge can be applied (Boersma et al., 2010). By connecting the needs of the subjects, both parties can benefit from the collaboration. The basis of coherent mathematics education is formed by education aimed at fostering this connection. Connecting these disciplines is of vital importance to students (Berlin & White, 2012) because they will then be able to transfer better from one to the other discipline. Thus, it is important to create alignment between these disciplines. Mathematics can be connected to different disciplines. In this study the focus is placed on connecting mathematics and physics in particular.

In the Netherlands, research shows that students' transfer of algebraic skills to physics may well be improved by paying sufficient attention to this connection between mathematics and physics (Roorda, 2012). According to the Mathematics-Physics Coordination Working Group (Van de Giessen et al., 2007) (Werkgroep Afstemming Wiskunde-Natuurkunde) coherent education in physics and mathematics cannot be guaranteed as long as there is no alignment of contents. This implies curricular time phasing, in such a way that mathematical concepts have already been taught in mathematics class before introducing the concepts in other disciplines. It also involves alignment of notations and use of terminology. This does not imply aligning the symbols and terms used but rather recognising differences and similarities and presenting them to students (Vos et al., 2010).

Other researchers have reported on the cohesion between science disciplines in general. For example, a pilot project was undertaken in eight schools in the Netherlands where they tried to answer the question whether it can be expected that new exam programmes will bring about more coherence in science education (Genseberger, 2012). This report recommends coherence in content and structure as well as offering continuity instead of a clear concise overview of overlapping topics. The Foundation for Curriculum Development (SLO; Stichting Leerplan Ontwikkeling) also reported on the alignment of mathematics-physics education (Van de Konijnenberg et al., 2015). They selected eight themes that are important in realising coherence between mathematics and physics: arithmetic and mathematical skills, exam verbs, manipulating expressions, accuracy and rounding, notations, proportionality and proportions, vectors in mathematics and physics, and tools. In addition, they added very specific recommendations per theme for teachers, authors and publishers, exam makers and syllabus committee members. As an example, for teachers, their advice was:

“Emphasise the meaning of the ‘=’ sign so that manipulating expressions, solving equations and proving identities can better be distinguished from one other.” (Van de Konijnenberg et al., 2015, p. 14)

Knowledge gap

Considering the sizeable amount of research stressing the importance of connecting these disciplines, what is lacking are concrete products for implementation in different disciplines which are accessible to teachers. Typically, such a product should contain an overview of topics that overlap and differ between disciplines and also a practical implementation of how to address this overlap and these differences. The SLO overview is presented in a very long

report, and probably not concise enough for teachers to start using it. The current teaching methods pay little to no attention to coherence between disciplines. There is a limited availability of materials that promote this coherence, and which are ready for use (Boersma et al., 2010).

Research aim

The aim of this research is to identify design parameters which can lead to a product enhancing coherence in physics and mathematics education.

This leads to the following research question:

How can coherence between mathematics and physics education for tenth-grade pre-university students be increased?

This research question has been divided into the following sub-questions:

What do students and teachers report on the differences and overlap between the mathematics and physics curricula in tenth grade?

What are the most important parameters for designing a product to improve coherence between mathematics and physics education?

What do students and teachers report on a product based on these parameters?

The study is carried out at a medium-sized secondary school in an urban area in the Netherlands.

Theoretical framework

Mathematics/Science Continuum

Integration is promoted as a means by which students can build deeply organised, richly interconnected knowledge structures. There is no consensus, however, as to the definition of integrated mathematics and science. According to Czerniak et al. (1999) a plethora of terms are widely used to refer to integration intensifying this definitive problem:

“Interdisciplinary, multidisciplinary, transdisciplinary, thematic, integrated, connected, nested, sequenced, shared, webbed, threaded, immersed, networked, blended, unified, coordinated, and fused.” (p. 422)

Berlin’s study (as cited in Huntley, 1998, p. 320) found that:

“These terms reflect various conceptions and degrees of integration and are often used in nonuniform ways by teachers, educational researchers, teacher educators, curriculum developers, and policy makers.”

The three terms (a) intradisciplinary, (b) interdisciplinary, and (c) integrated are emphasised by Huntley (1998). They reflect curricular organization variations that increase in complexity and scope of integration.

An intradisciplinary curriculum is characterised by subject instruction concentrating on one discipline, with no apparent links between disciplines.

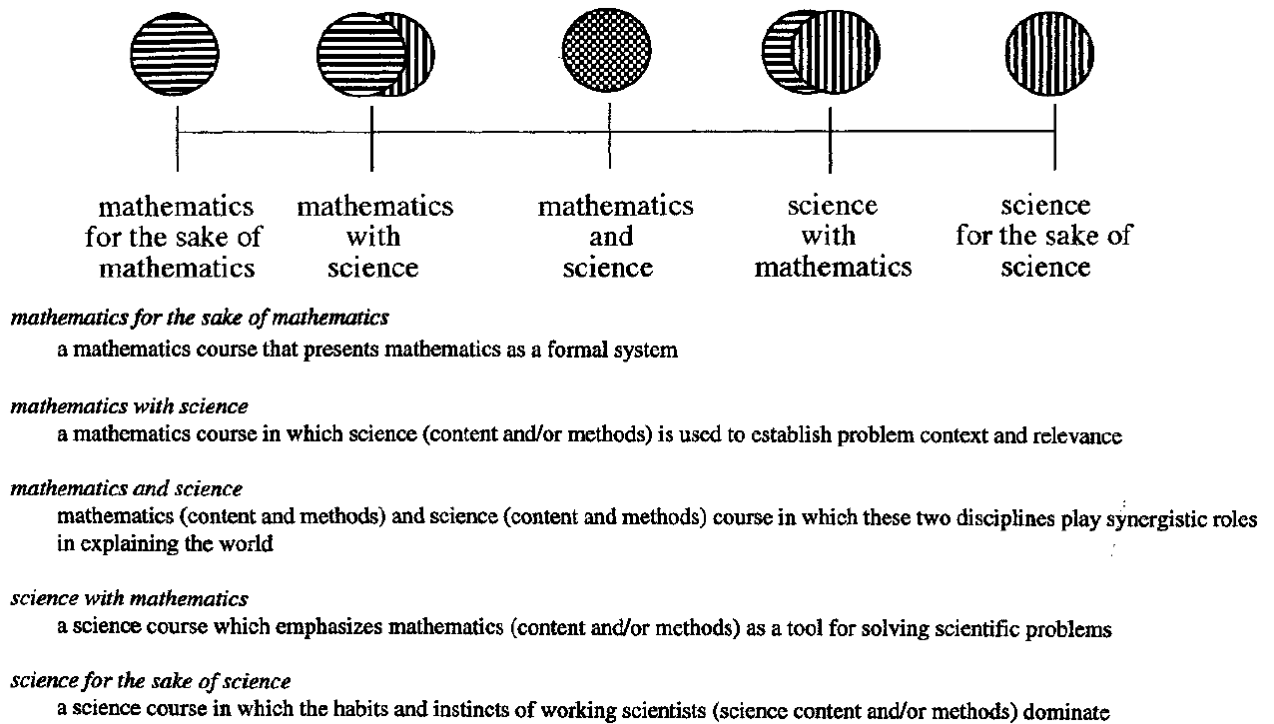
In an interdisciplinary curriculum, one or multiple disciplines are used to encourage or facilitate content digestion in one other discipline. In this approach, the connections are made explicit only at a teacher level. The discipline to be learned is called the foreground discipline and the discipline used to assess significance or meaning is the background discipline.

An integrated curriculum is one in which ideas from more than one discipline are assimilated during the teaching process. In this case, approximately equivalent exposure to two (or more) disciplines is typified. Notice that the terms intradisciplinary and interdisciplinary have the word discipline incorporated within them, meaning the emphasis on mastery of one discipline during an instructional activity. In the case of integration, which means an overt assimilation of ideas from more than one discipline, students are required to focus on the relations between the disciplines (Huntley, 1998).

As an example, participants at the 1967 Cambridge Conference while addressing the issue of relationships between science and mathematics education, identified five categories, acknowledging the importance of teaching mathematics and science with differing degrees of overlap between the disciplines: (a) mathematics for the sake of mathematics, (b) mathematics for the sake of science, (c) mathematics and science, (d) science for the sake of mathematics, and (e) science for the sake of science (Education Development Center, 1969).

Figure 1

Mathematics/Science Continuum by Huntley (1998)



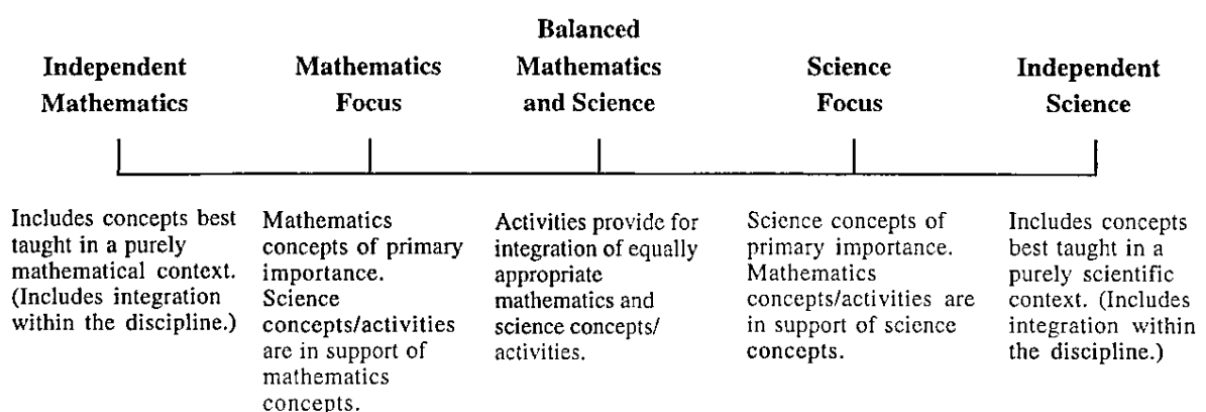
The level of interaction between mathematics and science during instruction was expressed by Huntley in a Mathematics/Science Continuum as seen in Figure 1.

If one imagines the circle which has horizontal stripes to be blue and the circle with vertical stripes to be yellow, then 'mathematics and science' is blue and yellow in the centre of the continuum, which merge to create an entirely different color: green (Huntley, 1998).

Another continuum model which is particularly useful in the development of curricula, is the continuum model of integration (Figure 2) by Lonning and DeFranco (1997).

Figure 2

Continuum model of integration by Lonning and DeFranco (1997)

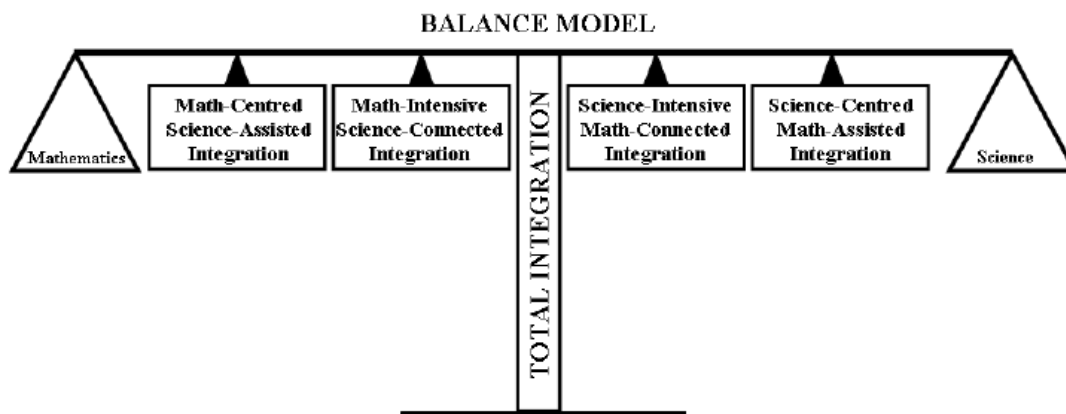


An important concept illustrated by this continuum model is that not all instructional activities need to be balanced in the centre of the continuum. The perception that all learning activities have to include two or more disciplines is an enormous pitfall in interdisciplinary curriculum development. This often leads to activities with a forced interrelationship. Integration can only be justified when the connection enhances the understanding of the topic areas. Some things may be better taught separately. Integration should not be forced for the sake of integration (Lonning et al., 1998).

Kiray (2012) constructed an alternative model. The studies by Berlin and White (1994), Davison et al. (1995), Lonning and DeFranco (1997), Roebuck and Warden (1998) and Huntley (1998) were presented to teachers of middle school science and mathematics, and to pre-service teachers. All (pre-service) teachers were then asked to design and implement an integrated programme for science and mathematics. As it turned out, neither the teachers nor pre-service teachers in a certain subject were successful in the development of such an integrated programme at the end of the development process due to their deficit of theoretical knowledge about the additional subject. The views of the participants on this process, however, were gathered and coupled with the result of previous studies, which helped Kiray (2012) to construct the balance model (Figure 3). The balance model was designed to explain the process of creating an integrated curriculum to teachers. The advantage of this model is that it allows the design of a curriculum over a longer period of time. This way, the teachers have longer planning periods instead of acting immediately by designing and implementing a curriculum that is supposed to match a predetermined point on the continuum.

Figure 3

Balance model by Kiray (2012)



In the balance model, the continuum is replaced by balance, which represents the amount of time devoted to a certain discipline. As the model is an effort to develop a long-term curriculum, it is important to maintain the balance between science and mathematics. Balance can be reached by giving both disciplines in the process an equal share of time. For example, if a one-year curriculum is developed, the integrated curriculum should not prioritise science over mathematics.

Meier et al. (1998) suggested that teachers should not only concentrate on the similarities between the courses in science and mathematics but should also be conscious of their differences. The balance model provides the possibility to put these topics on the sides of the balance (intradisciplinary learning). Consequently, the model also discusses the adverse side-effects of total integration efforts. It aims to achieve partial integration (or interdisciplinary learning) without ignoring the differences between science and mathematics. In conclusion, the balance model emphasises the available options other than total integration, while attempting to achieve total integration when the goals of courses can properly be combined. This model is used further on in this study.

Coherent education according to others

Obtaining coherence is no small task, for example Mooldijk and Sonneveld (2010) stated that:

“Good coherence is only obtained when organization, content and didactics are brought in harmony.” (p. 46)

It is not sufficient to modify an occasional lesson to achieve coherence, it requires more organization. Also, to increase coherence, it is very important that colleagues from different disciplines talk to each other about their lessons. They have to know exactly what has been taught about the topic in the other disciplines involved and also what will be taught later on (Mooldijk & Sonneveld, 2010).

In short, the following design parameters have been identified by previous studies:

1.1 Explicitise cross connections

Teachers of certain disciplines should help guide the process of building bridges between different disciplines by making clearer cross-connections (Vos et al., 2010).

1.2 Explicitise differences and similarities

On the one hand, common theories should be explicitly pointed out to students, but on the other hand, the differences in approach and explanations for these differences should also be emphasised (De Bock et al., 2010). This will help students to understand and remember which approach is needed in which discipline.

1.3 Communicate between disciplines

To promote the process of building bridges between disciplines, optimal communication between disciplines is necessary. More coordination between physics and mathematics and interdisciplinary scientific research is needed (De Cock, 2010).

1.4 Use a Systematic Problem Approach (SPA)

SPA is a useful tool in learning problem solving skills, which are important in learning physics (Pol, n.d.). In mathematics class step-by-step plans are often used as an approach, this is a best practice, which is useful to use in physics class as well.

Systematic problem solving as a common factor in science and mathematics

Coherence between disciplines can be increased by focusing on overlapping content and skills. One of these skills is problem solving. This is a skill that is needed in several disciplines; hence this is a common factor that can contribute to coherence between e.g., mathematics and physics. Much has been written and discussed on the SPA subject. Below we will give a short summary.

There have been several attempts in science education to teach students to solve problems according to a systematic method (Mettes & Pilot, 1980; Van den Berg, 1983; Heller & Reif, 1984; Ferguson-Hessler, 1989). These researchers all have a similar basic form in the method they use; they all work from the desired sequence: analysis, plan, elaboration, check, with various variations in these components. The problems involved need to meet two characteristics. First, there has to be a rich context. This means that multiple interaction associations with reality are possible from the problem definition, not all of which are necessary for the solution of the problem. Thus, in the analysis phase the student has to create his own coherent idea of what is relevant and of what is requested. In this selection process the student's experience with the topic and the type of problem play an important role. A second characteristic of these problems is that the solution cannot be found in one step and that it is important to find the desired steps and the order in which they must be taken. Therefore, there is no solution algorithm, which makes the problem heuristic in nature. The fact that students must develop a plan for the solution of the problem is related to this (De Bruijn, 1993).

For science and mathematics educators alike, teaching students to solve problems is an interesting challenge. Students are often able to comprehend the different steps when an educator shows it, but it is a whole different skill to be able to do it themselves. Still, problem solving skills are important in learning physics, for example. Even if students do not yet understand the topic, when they do not master the knowledge, they can already use their problem-solving skills. In this way their skills encourage them to solve problems and therefore they can learn the knowledge and understanding needed for this more easily. A better problem solver thus learns physical knowledge and procedures more quickly. It is also important for testing. Part of the final exams consists of problems that can be answered with knowledge and intuition, but other parts consist of real problems where different parts of knowledge and procedures are combined in an unfamiliar way in new contexts. So, students are often tested on their ability to solve problems during their exam (Pol, n.d.).

According to the systematic problem approach (SPA) there are several stages that can be identified in the process of solving a real problem: reading, analysing, exploring, planning, implementing and checking. This implies that a problem can be tackled using these stages. In order to eventually arrive at a solution all phases are important, but it is not necessarily the case that all stages must be completed in a row. For this, both algorithms and heuristics are needed. Algorithms are fixed procedures that can be part of the solution. Heuristics are techniques that help to gain insight into a problem. For example, this can include making a sketch or making some calculations that are more familiar. Importantly, all of this cannot be compared to a recipe, but instead a technique that the solver consciously uses. The solver has

to keep an eye on the complete process and has to verify the potential outcome, this is also known as metacognition (Pol, n.d.).

As a discipline-didactic learning aid, orientation cards with a topic-specific SPA therefore provide learners with 'guidelines and criteria' for the development of complex problem-solving skills. Such an SPA provides students with guidance on how to orient, practice and test the problem-solving process, as well as criteria for building their own problem-solving process and analysing resulting outcomes. In the framework of a study of think-aloud procedures, multiple researchers demonstrate that students use the SPA in such a way. Several classes have previously been tested for better results using the SPA learning tools in both university and secondary school levels. In these courses, calculation and formula problems were examined in which an unknown variable had to be further specified in a given situation. The general conclusion that can be drawn from these studies is that the SPA learning aids were effective: on average, students obtained significantly higher scores on exams than the control group that did not work with such learning aids (Terlouw et al., 2004).

Methods

Participants and consent

This study was conducted at a medium-sized urban secondary school on a catholic basis, with approximately 1900 students in 2020-2021.

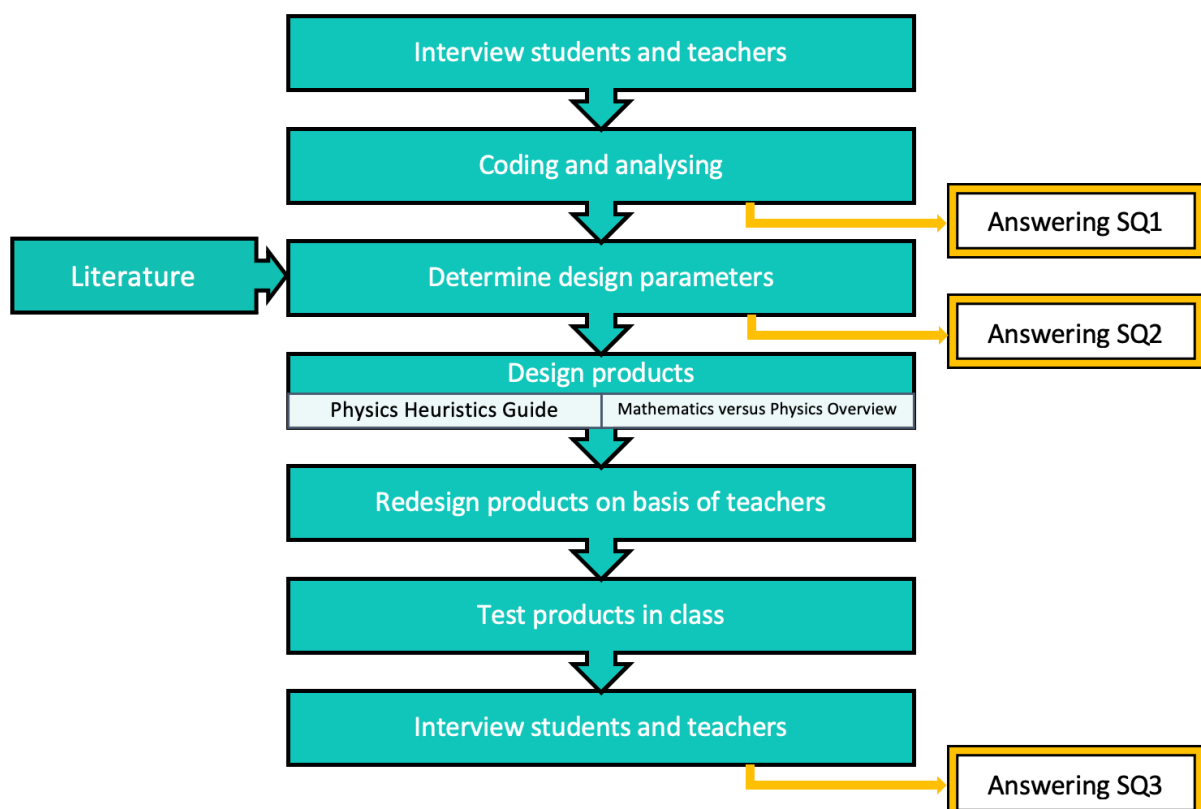
All students and teachers involved in this study signed an informed consent form including an information letter and a declaration of consent (Appendix 1). A short description of the study is given, it is explained which data is collected and how it will be processed, the researcher is introduced, it is made clear who to contact in case of questions and lastly, attendees are informed that they can withdraw the consent at any time. For the second focus group with students aged 15, also the parents signed a consent form.

Procedure

The study was conducted using a qualitative approach since it was a search for design parameters on how to create a product. This is unanswerable in a closed questionnaire; this can only be figured out by consulting with students and teachers.

Figure 4

Flowchart procedure



In Figure 4, the procedure can be seen in a flowchart. For answering the first research sub-question a focus group with students and interviews with teachers were organised. Students were interviewed first. For this focus group, six (randomly chosen) eleventh-grade pre-university students with physics and mathematics B in their study programme were

interviewed. The choice for these students arose from the fact that quite a number of new concepts are addressed in mathematics and physics class during the tenth grade. That is the first year that students have chosen to keep physics in their study programme, according to their subject cluster. Also, from the tenth grade on, students are working towards their final exams. This makes it relevant to check if students can see connections between different disciplines so that they can use these during the exams. Since the focus group took place at the beginning of the schoolyear, it was agreed to interview eleventh-grade students because they had already completed the tenth grade and therefore had experienced learning new concepts in mathematics and physics class. Around the same time, two teachers were interviewed on their perspectives on the overlapping topics in mathematics and physics. One of those teachers was a mathematics teacher and the other was a physics teacher.

For answering the second research sub-question the data from the focus group and interviews were used to supplement the literature research. This led to the determination of design parameters and the design of two products: A Physics Heuristics Guide (PHG) and a Mathematics versus Physics Overview (MvPO). The products were evaluated by teachers and their feedback was used to make improvements. This led to the products to be tested (Appendix 7 & 9) in combination with a teacher manual for both products (Appendix 8 & 10).

For answering the third research sub-question the products were tested in tenth grade pre-university classes. The PHG was tested in one physics class and the MvPO was tested in two mathematics classes. Approximately fifteen students attended both the physics class and one of the mathematics classes, so they experienced both products. Eight of these students were randomly selected for the focus group and both teachers have been questioned to describe their experiences with the products designed in this study. The physics teacher had four years of experience and the mathematics teacher eight years.

Data collection and instruments

For the literature research, reports of research that had already been done were used. Subsequently, a textbook analysis was performed on the textbooks used in physics and mathematics class at the school in question.

To restrict this research, we have only focused on the topic of kinematics (average speed and tangents), which is presented in chapter two 'De afgeleide' of *Getal en Ruimte* (Dijkhuis, 2014) and chapter one 'Beweging in beeld' of *Overal Natuurkunde* (Sonneveld, 2012).

In the focus group with students we focused on finding out which discipline was perceived as more difficult, how physics and mathematics are related, topics that occurred in both subjects and (preferred) didactics.

During the interviews with the teachers, we focused on their perception of coherence between the mathematics and physics programmes. Also, we looked into the didactics of the specific topic kinematics. Eventually we talked about how to improve coherence.

After designing and testing the products, we focused in the focus group with (new) students on how they perceived the coherence between mathematics and physics. Also, we elaborated their opinions on the designed products.

Lastly, we interviewed the teachers that used the products in their classes. During these interviews they shared their experiences with the products and their suggestions to improve them.

For the full questionnaires, see Appendix 2.

Table 1

Typical quotes for the codes used

	Overlap	Difference
Discipline content	<i>“Yes, in kinematics mainly there is, if you have a position-time-graph, the slope from that one, so there you have a bit of differentiation from mathematics.”</i>	<i>“And the same can be said about differentiation actually, I do show them that when they draw the tangent line, it is actually differentiation, but in our assignments, the formula of the graph is never given.”</i>
Didactics	<i>“I tend to do that with my colleagues, I mean with my mathematics colleagues. Like how shall we explain this? Mostly if you are curious about how someone else does that or if you have questions about it.”</i>	<i>“I get the impression that there are a lot more rules in mathematics, I just find that much easier.”</i>
Planning	<i>“So yes, I do think there could be some cohesion since you might try to make the planning a bit more alike, so they can study the mathematics part in mathematics class and then they can see that they can use that knowledge in physics class.”</i>	<i>“The same can be said about logarithms, which is covered in physics during eleventh grade. At that moment a part of the students has already seen this in mathematics B class, but in the mathematics A class, this topic is only covered in twelfth grade.”</i>
Context	<i>“Of course, those are examples from the physics discipline, like when a car accelerates, where the velocity is the derivative.”</i>	<i>“But in physics they often give a situation such that you know when to use it, and that is less so in math.”</i>
Suggestions	<i>“It would be more convenient if physics teachers would make some sort of step-by-step plan or some kind of plan of how to approach a question”.</i>	

Data analysis

For the analysis of the data, open coding was used. In this approach, starting at the collected data, you tend to find interesting relationships. An advantage of this approach over a top-down approach is that you do not start from a central perspective where small actors are often neglected. This approach was chosen as it was unclear in advance what kind of overlap would be experienced by the students and teachers.

We found common categories for both the teachers and the student group, including four core themes: content, didactics, planning, and context. These core themes were then subdivided into *overlap* and *differences*. Besides these eight main themes, we also used a code for suggestions. In Table 1 typical quotes for these codes are shown. See Appendix 3, 4 and 5 for all quotes of the first focus group and interviews, and Appendix 11, 12, 13 and 14 for all quotes of the evaluation focus groups and interviews after testing the products.

All collected data for answering the first sub question (focus group with students and interviews with two teachers) was analysed by an independent researcher and the intercoder reliability (ICR) was 0.964 (Appendix 6). This indicates a near-perfect interrater agreement.

Results

SQ1: What do students and teachers report on the differences and overlap between the mathematics and physics curricula in tenth grade?

Figure 5

Quotes on overlap students

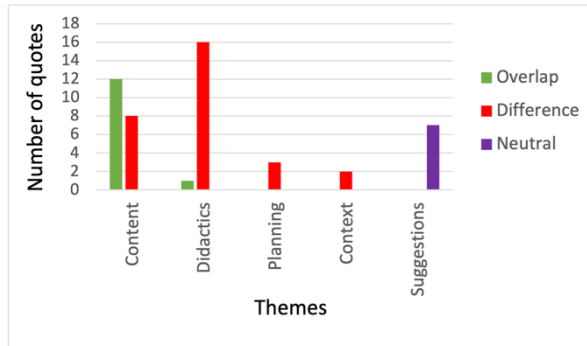
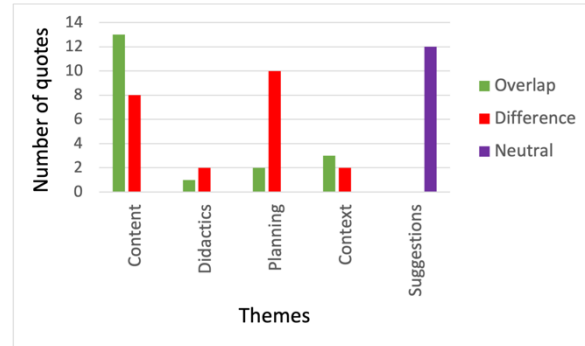


Figure 6

Quotes on overlap teachers



In Figure 5 and Figure 6 the number of quotes on a certain theme made by students and teachers are presented. First of all, the fact that teachers are more positive than students is striking. In fact, students only report overlap in content, but they see almost only differences in the other themes (didactics, planning and context). Teachers, on the other hand, also see didactics, some of the planning and context as overlapping. It is also remarkable that students mostly see differences in didactics per discipline, whilst teachers primarily point out that the concern lies in the difference in planning.

SQ2: What are the most important parameters in designing a product to improve coherence between mathematics and physics education?

Following the balance model, it is not necessary to create total integration of disciplines in every topic. We can also use intradisciplinary or interdisciplinary learning depending on what suits the situation by placing the topics on the sides of the balance. This implies that we should not only concentrate on the similarities between the courses in science and mathematics but should also be conscious of their differences (Meier et al. 1998).

As mentioned in the section on Coherent education according to others, the following design parameters were found by previous studies:

1.1 Explicitise cross connections

1.2 Explicitise differences and similarities

1.3 Communicate between disciplines

1.4 Use a Systematic Problem Approach (SPA)

Following the suggestions made during the interviews (Figure 5 and Figure 6), the following design parameters are reported by students and teachers on the differences and overlap between mathematics and physics:

2.1 Use step-by-step plans

Students indicated that in physics, just as in mathematics, they would like to work more with step-by-step plans.

“It would be useful if physics teachers could make some sort of step-by-step plan or could make some sort of plan on how to approach a question.”

2.2 Explicitise the utility of mathematical knowledge

Students, as is very evident in physics, would like to see the use of their mathematics knowledge a bit more in applications.

“And maybe math teachers can explain a little more why you need certain knowledge in real life, because that is more evident in physics.”

2.3 Coordinate planning of overlapping topics

Teachers suggested that, due to the different scheduling of the overlapping topics, it is challenging to refer to knowledge from other disciplines. That is why the planning of these topics should be coordinated.

“I think it is useful to first have a look in terms of timing, when are overlapping topics covered in different disciplines?”

2.4 Refer to other disciplines

Teachers have indicated that it would be useful to refer to other disciplines more frequently, since this is not often done now.

“[...] in math class you can take physics as a context and it would of course be nice if the physics teacher also said, ‘this is the derivative, just like you have learned in mathematics class’.”

2.5 Consult across disciplines

Teachers suggested that further consultation across science disciplines would yield an additional benefit.

“Just starting that conversation, I think that is always very good. And then indeed discussing the differences or learning another nice angle you could use in your lessons.”

These design parameters combined, led to the development of two products:

1. Physics Heuristics Guide: a quick SPA start guide for physics assignments.
2. Mathematics versus Physics Overview: an overview of the overlapping topic kinematics covered in mathematics and physics class to show overlap and differences (can be used in both disciplines but in this research only used in mathematics class).

As can be seen in Table 2, these two designs would take into account most of the design parameters.

Table 2

Design parameters incorporated in the products

Design parameters	PHG	MvPO
1.1 Explicitise cross connections 1.2 Explicitise differences and similarities 2.4 Refer to other disciplines		Explicit cross connections are made, with emphasis on differences and similarities such that teachers can refer to other disciplines.
1.3 Communicate between disciplines 2.5 Consulte across disciplines	*	*
1.4 Use a Systematic Problem Approach (SPA) 2.1 Use step-by-step plans	Since physics has quite diverse problems, it is hard to design appropriate specific step-by-step plans for all these problems. This general step-by-step plan will help in general problem solving.	
2.3 Coordinate planning of overlapping topics		In the overview it is made clear when a reference can be made to knowledge from another discipline. This does not coordinate the planning of the topics, but it does solve the problem of overlapping topics not being dealt with simultaneously.

* To design these products, it is necessary to communicate with teachers from different disciplines. This design process thus provokes communication between the disciplines. Of course, more communication is needed, so that will be one of the implications for teachers.

Products

In Figure 7, the product tested in mathematics class is presented (see Appendix 7). This overview was handed out to all students and they could use it during the first section of chapter two 'The derivative', where the main topic was average speed tangents. On the left, the approach of the physics textbook is presented and, on the right, the one of the mathematics textbook. In the green box overlap is emphasised and the red boxes point out important differences.

In Figure 8, the product tested in physics class is presented (see Appendix 9). This overview was also handed out to all students and they could use it during all lessons since it is a tool for systematic problem solving, so it was not connected to a certain topic. The aim was that it helped the students in finding out which data was given, which data was needed, how they could reach the solution and it emphasised the need for reflection.

Figure 7

Mathematics versus Physics Overview (MvPO)

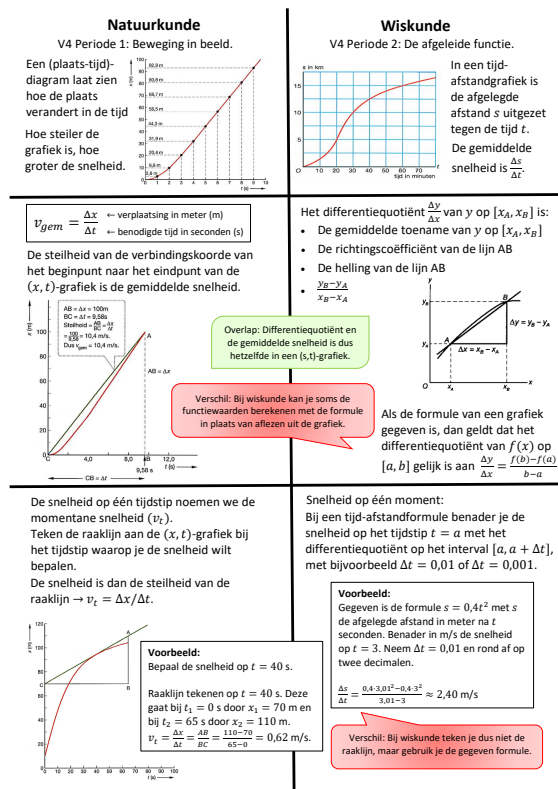


Figure 8

Physics Heuristics Guide (PHG)

SQ3: What do students and teachers report on a product based on these parameters?

Figure 9

Evaluation products students

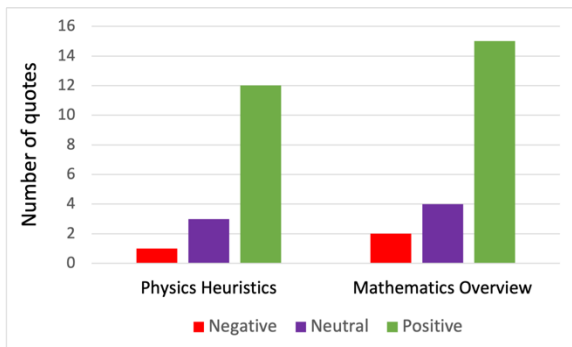
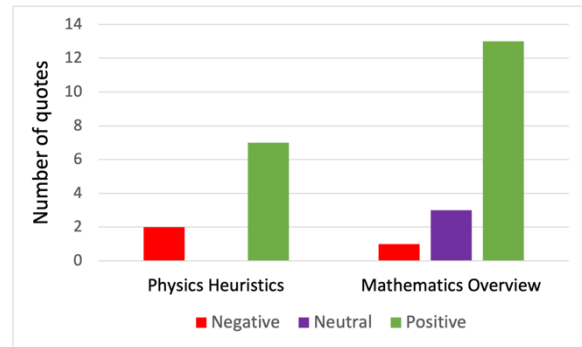


Figure 10

Evaluation products teachers



In Figure 9 and Figure 10, the number of quotes per product are presented. They are divided in negative, neutral and positive quotes. This gives a clear overview of the overall opinion. We start by evaluating the quotes of the students and after that we take a look at the quotes by the teachers.

Students

First of all, it is striking that a lot of comments on these products were positive. The students appreciated the MvPO since it helped them to get a clearer idea of the similarities and differences between the approach in the different disciplines, as we can see in the following quotes (this type of quote occurred 11x):

"[...] Clarity was created, which was really nice; although there are similarities, there are also significant differences, which were clearly indicated."

"Yeah, I think it was useful that we got this since now I was not confused, despite the fact that we were working on the same theory in both disciplines."

However, there were also students that did not actually need the overview. They thought they would have been just fine without it since the theory in the books was clear enough (2x):

"When we received it, I looked at it for a while, but I actually already had quite clearly in my head which [knowledge] belonged where [in which discipline] and I do not necessarily think it helped that it was shown side by side, so I did not really use it."

A lot of students recognised parts of the PHG since they learned something comparable in eighth grade (6x). The step-by-step plan that they learned in that year was a bit less complex with less elaborate steps, but it was quite similar. Their opinion on which step-by-step plan was more clear/useful differed as we can see in the following quotes:

"It is a lot more comprehensible than the five-step approach."

"Yes, I liked the old step-by-step plan a bit more, because yes, I don't know, those were five steps and I don't know, that was already in my head, of course, so maybe that was just logical, but yes, I don't know very well."

In eighth grade, they were obligated to use that step-by-step plan when answering physics questions. Since tenth grade, it was not compulsory to use those steps anymore. They were allowed to choose for themselves whether they thought it was useful or not. Most of the students interviewed however, were enthusiastic that they gained a clearer overview of what was needed to answer the questions when they applied the steps (10x):

"I like to have a clear overview of 'What do I know? What do I need to calculate? And how am I supposed to do that and stuff'. Usually, I still write it down like that."

"Yes, I liked that and just like Student C said, it gives a very clear overview. That is very nice. By writing down all those steps."

Another student stated that it was unnecessary to use it and that it would only take her extra time to write it down like that, whilst she would do it correctly herself automatically (1x):

"So, I think it's kind of automatic, but I don't think I really used the worksheet because it felt like I was doing more work than I needed to."

Teachers

The teachers were also enthusiastic after using the products in class. The mathematics teacher in particular was positive since she finally learned a bit on how physics colleagues explained certain overlapping topics (3x).

"What I liked myself was that I also got some idea of how they approach this topic in physics class. Because actually, I didn't have any idea of how they approached it."

She also emphasised that students took advantage of it since they now recognised certain topics that they already learned in physics class (6x).

"And there were certainly a number of students who really said 'oooooh yes', 'oh that's nice', 'oh that's funny', 'oh yes, yes now I understand it a bit more', and they mainly noticed that we were going to do something in mathematics class which they actually already mastered a little bit."

A downside for her was that it took her more time in the preparations of her lessons. She would have preferred a more elaborate lesson plan with a clear overview of which assignments from the planning were easily connected to former physics knowledge (1x).

"So, I would [...], but that is pure laziness, that I might have liked an overview or maybe also for the students like [...], in these exercises, we are learning this in mathematics, and you can compare that with these assignments in physics class."

The physics teacher was certain that this kind of systematic thinking would help the students. He thought that it contained the right elements at the core (3x).

"[...] I am convinced that such a solution strategy works and that it does not only apply to high school students, it also applies to university students."

He also noticed that his students did use more sketches at their next test to make situations more visual. Which is, according to him, a very important process in the link between mathematics and physics, since this is in his view 'physics is mathematics in context' (2x).

"And I noticed [...] that students have indeed started working with those sketches a lot more and, in that way, they make it more visual for themselves."

Despite the fact that we discussed the product beforehand, he did eventually think that it still contained too much text for students. He noticed in class that some students immediately offered some resistance and only thought it would be extra work. His suggestion was that it would be helpful to use more symbols/pictures instead of some parts of the text. The biggest challenge is to let the students experience it as a resource rather than an obligation (1x).

"[...] The first impression with students is that they are not going to see it as a resource, but that they are going to see it as obligated rules."

Conclusion

We started this paper with a main research question and three sub questions. To answer the main research question, we start by answering the sub questions.

The first sub question was:

What do students and teachers report on the differences and overlap between the mathematics and physics curricula in tenth grade?’

Students mentioned overlap in content, but mainly differences in the other core themes, such as didactics, planning and context. The most striking finding is that they reported important differences in didactics between the disciplines. Teachers agreed on the overlap in content. Compared to the students, they were more optimistic on the overlap in other core themes. However, they did see differences in planning and not so much in didactics.

The second sub question was:

What are the most important parameters in designing a product to improve coherence between mathematics and physics education?

Literature research combined with interviews with students and teachers led to the following design parameters:

1. **Making content overlap explicit** (cross connections, (Vos et al., 2010)), with emphasis on differences and similarities (De Bock et al., 2010) such that teachers can refer to other disciplines (teacher interviews).
2. **Promoting communication between disciplines** (teacher interviews). More coordination between physics and mathematics and interdisciplinary scientific research is needed (De Cock, 2010).
3. **Promoting implementation of best practices in the other discipline**, for example help students in tackling certain problems in physics by creating a general step-by-step plan (Pol, n.d. and students focus group).
4. **Coordinating the planning of overlapping topics** in physics and mathematics (teacher interviews).

The last sub question was:

What do students and teachers report on a product based on these parameters?

The students reported that:

1. they appreciated the MvPO since it helped them to get a clearer idea of the similarities and differences between the approach in the different disciplines.
2. because of the MvPO, they did recognise that they were learning something similar in mathematics class as in physics class, only with some different notations.
3. they recognised the core of the PHG from eighth grade. They were all positive on using (some of) the steps in dealing with problems in physics since they gained a clearer overview of what was needed to answer the question.

Teachers reported that:

1. they found it useful to know how other disciplines approach a certain topic that overlaps.
2. they found SPA very useful since students started using more sketches at their next test, to visualise the problem.
3. they found it challenging to make students experience such a tool as a useful resource instead of an obligation that only takes time.

Furthermore, the following suggestions were done to improve the design of the products: The MvPO was a bit too extensive, so it would be better to reduce some of the information such that it can be presented a bit clearer. Also, the teacher manual can be expanded with an overview of assignments where the connection to the other discipline is explicitly made. This would result in less preparation for the teachers who use the overview.

The main research question was:

How can coherence between mathematics and physics education for tenth-grade pre-university students be increased?

Following the results of this study we can conclude that coherence between physics and mathematics can be increased by making content overlap explicit (where emphasis is put on both differences and similarities), by promoting communication between disciplines, by implementing best practices in the disciplines and by coordinating the planning of overlapping topics. As an example, products like an SPA guide and an overview can be used to good effect.

Discussion

Implications

The results of this study suggest that communication between disciplines should be improved, for example by organizing informal conferences once a trimester during which teachers of different disciplines try to find overlapping topics and talk about how they approach these topics. In this way best practices of disciplines can be used in other disciplines, which will help increasing coherence and also education in general since it is very informative to see how colleagues approach certain topics. In this way, teachers can improve their own lessons by learning from others.

Furthermore, the results suggest that teachers of these connected disciplines should spend time on finding out what students have already learned in other classes on a specific topic. This will help them connect new knowledge to knowledge the students already have. It is very useful to create an overview where students can see what they have learned so far and to add which new things they will be learning in your lessons with respect to that specific topic. In this overview it is very important to also emphasise the differences and why these differences exist.

Since the scheduling of topics in a discipline cannot be altered easily without changing the complete curriculum, it can be quite a challenge to work on the difference in scheduling of overlapping topics in mathematics and physics. Despite this challenge, it is possible to delve into when other disciplines deal with certain overlapping topics. This would make it easier to know when a reference to knowledge from another discipline can be made. In this way interdisciplinary learning for students will be increased.

Also, the PHG can be used in other disciplines as well. Systematic problem solving is also an important skill needed in chemistry, biology and economics. Since it is a general guide, only small adjustments will probably be necessary to make it optimal for these other disciplines e.g., adding a step of writing down the right chemical equation in the chemistry heuristic guide. Such an approach can even be of added value in further education after secondary school.

Limitations

This study is limited in scope. We have used focus groups of six and eight students, and we have interviewed only four teachers in total. However, since the students and teachers were selected at random, we can say that the resulting design parameters and designed products will probably be of added value to other students at this school and even to students in general in another medium-sized urban secondary school.

Furthermore, the researcher is a direct colleague of the teachers interviewed and the teacher of some of the students interviewed, which is a limiting factor since these teachers and students might not have felt free to honestly say what they think.

The interrater reliability on the data of the first focus group and first two interviews, as measured by Kohens Kappa, was 0.964. This shows that the inter-rater reliability for

qualitative items is high. In this measure, the possibility of an agreement occurring by chance is taken into account.

Recommendations for future research

In this research the average grades of students were not taken into account. This could have had an effect on the perception of overlap and coherence. For example, students with a high average grade in both mathematics and physics might perceive a clear coherence in the disciplines, since they immediately understand how certain topics are connected. Other students who score quite low in both disciplines, might not see a connection between the disciplines at all. Even students with a high average grade in either one of the disciplines, but a significantly lower grade in the other, might have interesting perceptions on the (maybe lacking) coherence. In future research it would be interesting to see if this effect is significant. In a quantitative study, students could be categorised on average grades and then get asked to rate (on a likelihood scale) how they perceive the coherence at their school.

Also, in this study we have only considered the disciplines mathematics and physics and we have focused on the topic of kinematics. In these disciplines there are many other topics that overlap, for example surface determination versus integration and using proportional and inversely proportional variables. It would help to increase coherence when overviews with similarities and differences are made for all these overlapping topics.

In addition, it is also interesting to investigate overlap between other disciplines (Van Alink et al., 2012) as can be seen in Table 3.

Table 3

Overlap between disciplines

Physics	Mathematics A	Working with variables, using proportional and inversely proportional variables and calculating half-lives, derivatives, algebraic skills.
Economics	Mathematics A	Graphs, equations and inequations, simple probability theory, exponential relationships.
Economics	Mathematics B	Linear and exponential functions, equations, system of linear equations, Nash-equilibrium.
Chemistry	Mathematics A	Logarithmic functions, solving linear and quadratic equations.
Chemistry	Mathematics B	Determine domain and range, limits and asymptotes, proportional and inversely proportional variables, linear, quadratic, fractional and exponential functions.
Biology	Mathematics A	Periodic phenomena, natural logarithm, linear and exponential relationships, probability theory in genetics.
Biology	Mathematics B	Natural logarithm, periodic functions, understanding the tangent, optimum curve, ratio in volume calculations.

Teachers should take much more advantage of knowledge, skills and best practices of colleagues. They can learn a lot by now and then observing a colleague's lesson.

Hopefully if teachers learn more from each other and work together more often to coordinate didactics, students will experience an increased coherence.

References

- Alink, N., van Asselt, R., & den Braber, N. (2012). *Samenhang en afstemming wiskunde en de profielvakken*. SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling.
- Van den Berg, J. S. (1983). *Natuurkunde-vraagstukken-oplossen: een vakdidactische studie van het leren oplossen van natuurkundevraagstukken in klas vier vwo* [Doctoral dissertation]. Technische Hogeschool Eindhoven.
- Berlin, D. F., & White, A. L. (1994). The Berlin-White integrated science and mathematics model. *School Science and Mathematics*, 94(1), 2-4. <https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1111/j.1949-8594.1994.tb12280.x>
- Berlin, D. F., & White, A. L. (2012). A longitudinal look at attitudes and perceptions related to the integration of mathematics, science, and technology education. *School Science and Mathematics*, 112(1), 20-30. <https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1111/j.1949-8594.2011.00111.x>
- De Bock, D., Van Dooren, W., & Vos, P. (2010). Transdisciplinair vakdidactisch onderzoek: Wiskundige verbanden in de wetenschappen als casus. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 27(1) 3-5.
- Boersma, K., Bulte, A., Krüger, J., Pieters, M., & Seller, F. (2010). *Samenhang in het natuurwetenschappelijk onderwijs voor havo en vwo*. Stichting Innovatie van Onderwijs in Betawetenschappen en Technologie (IOBT).
- De Bruijn, I. (1993). Expertise in het oplossen van natuurwetenschappelijke problemen bij studenten in drie stadia. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 11(1), 3.
- De Cock, M. (2010). Een discussiebijdrage. Transdisciplinair Vakdidactisch Onderzoek: Wiskundige verbanden in de wetenschappen als casus. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 27(1), 63-70.
- Czerniak, C. M., Weber, W. B., Sandmann, A., & Ahern, J. (1999). A literature review of science and mathematics integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17504.x>
- Davison, D. M., Miller, K. W., & Metheny, D. L. (1995). What does integration of science and mathematics really mean?. *School Science and Mathematics*, 95(5), 226-230. <https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1111/j.1949-8594.1995.tb15771.x>
- Dijkhuis, J.H. (2014). *Getal & Ruimte 11^e ed leerboek vwo B deel 1* (11^{de} editie). Noordhoff.
- Education Development Center (1969). *Goals for the correlation of elementary science and mathematics*. Boston: Houghton Mifflin.

Ferguson-Hessler, M. (1989). *Over kennis en kunde in de fysica* [Doctoral dissertation]. Eindhoven University of Technology.

Genseberger, R. (2012). *Op weg naar meer samenhang in het bètaonderwijs: eindverslag multipilotproject (2008–2011)*. SLO. <https://www.slo.nl/publicaties/@4219/weg-samenhang/>

Geraedts, C.L., Boersma, K.Th., Huijs, H.A.M. & Eijkelhof, H.M.C. (2001). *Ruimte voor SONaTe. Onderzoek naar good practice op het gebied van samenhangend onderwijs in natuur en techniek in de basisvorming*. Delft: Stichting Axis.

Van de Giessen, C., Hengeveld, T., van der Kooij, H., Rijke, K., & Sonneveld, W. (2007). *Eindverslag van werkgroep afstemming wiskunde-natuurkunde aan vernieuwingscommissies wiskunde (cTWO) en natuurkunde (NiNa)*. Freudenthal Instituut. <http://www.fi.uu.nl/ctwo/publicaties/docs/2008-09-16EindverslagWiskNat.pdf>

Heller, J. I., & Reif, F. (1984). Prescribing effective human problem-solving processes: Problem description in physics. *Cognition and instruction*, 1(2), 177-216. https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1207/s1532690xci0102_2

Huntley, M. A. (1998). Design and implementation of a framework for defining integrated mathematics and science education. *School Science and Mathematics*, 98(6), 320–327. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17427.x>

Inspectie van het Onderwijs (2003). *Tweede fase vierde jaar. Een overzicht van de stand van zaken vier jaar na invoering van de tweede fase havo/vwo*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs.

Kiray, S. A. (2012). A New Model for the Integration of Science and Mathematics: The Balance Model. *Online Submission*, 4(3), 1181-1196.

Van de Konijnenberg, J., Paus, J., Pieters, M., Rijke, K., & Sonneveld, W. (2015). *Afstemming wiskunde-natuurkunde tweede fase*. SLO. <https://docplayer.nl/14573422-Afstemming-wiskunde-natuurkunde-tweede-fase-slo-nationaal-expertisecentrum-leerplanontwikkeling.html>

Lonning, R. A., & DeFranco, T. C. (1997). Integration of science and mathematics: A theoretical model. *School Science and Mathematics*, 97(4), 212-215. <https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1111/j.1949-8594.1997.tb17369.x>

Lonning, R. A., DeFranco, T. C., & Weinland, T. P. (1998). Development of theme-based, interdisciplinary, integrated curriculum: A theoretical model. *School Science and Mathematics*, 98(6), 312–319. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17426.x>

Mettes, C. T. C. W. & Pilot, A. (1980). *Over het leren oplossen van natuurwetenschappelijke problemen* [Doctoral dissertation]. Universiteit Twente.

- Meier, S. L., Nicol, M., & Cobbs, G. (1998). Potential benefits and barriers to integration. *School Science and Mathematics*, 98(8), 438-447. <https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17436.x>
- Mooldijk, A., & Sonneveld, W. (2010). Coherent education in mathematics and physics: the theme of proportionality in mathematics and physics. *Trend in Science and Mathematics Education (TiSME)*, 43-50.
- Van Parreren, C. F. (1982). *Leren op school*. Wolters Noordhoff.
- Pol, H. (n.d.). *Probleem: hoe leer ik mijn leerlingen problemen oplossen?* Universiteit Twente. Retrieved April 2, 2021, from http://www.fi.uu.nl/woudschotennatuurkunde/verslagen/Vrsl2010/lezingen/pol/Lezing_Pol.pdf
- Roebuck, K. I., & Warden, M. A. (1998). Searching for the center on the mathematics-science continuum. *School Science and Mathematics*, 98(6), 328-333. <https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17428.x>
- Roorda, G. (2012). *Ontwikkeling in verandering: Ontwikkeling van wiskundige bekwaamheid van leerlingen met betrekking tot het concept afgeleide*. University of Groningen.
- Sonneveld, W. (2012). *Overal Natuurkunde 4 VWO* (4^{de} editie). EPN.
- Terlouw, C., Kramers-Pals, H., & Pilot, A. (2004). Over het leren aanpakken van eindexamenopgaven bij scheikunde in het voortgezet onderwijs. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 21(2), 107.
- Thorndike, J. G. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. *Psychological Review*, 8, 247-261, 384-395, 553-564.
- Tweede Fase Adviespunt (2001). *De implementatie van de vernieuwingen in de tweede fase van havo en vwo. Eindverslag van de schoolbezoeken*. Den Haag: Tweede Fase Adviespunt.
- Vos, P., Braber, N. D., Roorda, G., & Goedhart, M. J. (2010). Hoe begrijpen en gebruiken docenten van de schoolvakken natuurkunde, scheikunde en economie het wiskundige concept 'afgeleide'. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 27(1), 1-12.
- Zegers, G. E., Boersma, K. T., Genseberger, R. J., Jambroes, A., Mooldijk, A. H., Kooij van der H, W. M., & Eijkelhof, H. M. C. (2003). Een basis voor SONaTe. *Utrecht: CdB-press*, 12, 61.
- Zegers, G.E., Boersma, K.Th., Wijers, M., Pilot, A. & Eijkelhof, H.M.C. (2002). *SONaTe in het studiehuis. Onderzoek naar good practice op het gebied van samenhangend onderwijs in natuur en techniek in de tweede fase*. Delft: Stichting Axis.

Appendix

1. Consent forms

Informatiebrief Onderzoek Master UU

Mijn naam is Wytske Deutekom. Ik geef wiskunde op het Alberdingk Thijm College en ik studeer een master aan de Universiteit van Utrecht. Momenteel ben ik bezig met mijn masterscriptie waarvoor ik een onderzoek moet uitvoeren. Ik heb gekozen voor een school gerelateerd onderwerp door me te verdiepen in wiskunde en natuurkunde op de middelbare school om zo het onderwijs te verbeteren.

Het gesprek (van zo'n 30-45 minuten) zal plaatsvinden via Teams omdat het op dit moment niet mogelijk is om dat op school te doen. Het onderzoek is anoniem. Ik zal het gesprek (van ongeveer een half uur) opnemen zodat ik het achteraf kan transcriberen. Op dat moment zal het meteen anoniem worden doordat ik vanaf dan zal werken met 'leerling A', 'leerling B', etc. Het transcript wordt opgeslagen in een databank van de universiteit, deze moet namelijk minimaal 5 jaar bewaard worden na afloop van het onderzoek.

De deelnemers mogen op elk moment (zonder reden te geven) beslissen om toch niet mee te doen met het onderzoek.

Heeft u nog vragen?

Voor meer informatie/latere vragen kunt u terecht bij: w.p.deutekom@students.uu.nl of w.deutekom@atscholen.nl

Voor klachten over dit onderzoek kunt u terecht bij: privacy@uu.nl

Toestemmingsformulier

Ik heb de informatiebrief over deelname aan het onderzoek gelezen. Ik kon aanvullende vragen stellen. Mijn vragen zijn genoeg beantwoord. Ik had genoeg tijd om te beslissen of ik meedoe.	Ja/Nee*
Ik weet dat meedoen helemaal vrijwillig is. Ik weet dat ik op ieder moment kan beslissen om toch niet mee te doen. Daarvoor hoef ik geen reden te geven.	Ja/Nee
Ik geef toestemming om mijn gegevens te gebruiken, voor de doelen die in de informatiebrief staan.	Ja/Nee
Ik geef toestemming voor opname van het interview en dat het interview mag worden teruggeluisterd door de onderzoekers. Ik weet dat het uitwerken en analyseren van het interview anoniem gebeurt.	Ja/Nee
Ik geef toestemming om de opname van het interview en de verzamelde gegevens minimaal 5 jaar na afloop van dit onderzoek te bewaren.	Ja/Nee
Ik wil meedoen aan dit onderzoek.	Ja/Nee

* Doorhalen wat niet van toepassing is.

Naam deelnemer:

Handtekening :

Datum:

In te vullen door de onderzoeker:

Ik verklaar hierbij dat ik deze deelnemer volledig heb geïnformeerd over het genoemde onderzoek.	Ja/Nee
Als er tijdens het onderzoek informatie bekend wordt die de toestemming van de deelnemer zou kunnen beïnvloeden, dan breng ik hem/haar daarvan tijdig op de hoogte.	Ja/Nee

Naam onderzoeker:

Handtekening :

Datum:

2. Questionnaires

The following questions were asked in the focus group with the students (translated):

1. Which discipline do you think is more difficult? Mathematics or physics?
2. Do you think physics and mathematics are related?
3. Can you name some topics that occur in both mathematics and physics classes? If so; which?
4. Do you notice a difference in the way these topics are explained in mathematics and physics class?
5. Which approach do you prefer?
6. How could physics and mathematics teachers learn from each other?
7. What would your advice be for your physics or mathematics teacher?

The following questions were asked to the physics teacher (translated):

1. In what parts of physics do you think most mathematics knowledge is used?
2. What is your opinion on the coherence of the physics and mathematics programmes?
3. How do you introduce the topic of kinematics in your physics class?
4. How would you improve the coherence of physical and mathematical concepts within kinematics? What would you advise?

The following questions were asked to the mathematics teacher (translated):

1. In what parts of physics do you think most mathematics knowledge is used?
2. What is your opinion on the coherence of the physics and mathematics programmes?
3. To what extent do you refer to physics in mathematics during the topic of kinematics (chapter 2 in VWO 4)?
4. How would you improve the coherence of physical and mathematical concepts within kinematics? What would you advise?

After designing and testing the products, the following questions were asked in the two focus groups with four students each (translated):

1. Which discipline do you think is more difficult? Mathematics or physics?
2. Do you think physics and mathematics are related?
3. If certain topics are dealt with in both disciplines, do you notice a difference in the way it is explained in mathematics and physics classes?
4. What is your opinion on the Physics Heuristics Guide used in physics class?
5. What is your opinion on the Mathematics versus Physics Overview used in mathematics class?

The following questions were asked to the physics teacher (translated):

1. How long have you been teaching physics?
2. What is your opinion on the Physics Heuristics Guide used in your physics class?

The following questions were asked to the mathematics teacher (translated):

1. How long have you been teaching mathematics?
2. What is your opinion on the Mathematics versus Physics Overview used in your mathematics class?

3. Quotes focus group (students)

Code	Quotes (focusgroep)
Vak inhoud	
Overlap	Je moet ook andere formules kunnen omzetten enzo naar andere formules.
	Bijvoorbeeld het omschrijven heb je bij wiskunde geleerd met x enzo.
	Tangens kwam ook nog voor bij natuurkunde.
	Het aflezen van grafieken.
	En de cosinus, ja. En je hebt op een gegeven moment de afstand-tijd-grafiek weet je wel, dat was ook een keertje bij wiskunde voorgekomen.
	Raaklijn opstellen.
	Oppervlakte berekenen als je iets onder een lijn moet vinden, zoiets.
	Cirkels berekenen.
	Ja inderdaad nu met die cirkels, wat we nu over het heelal enzo hebben.
	Ja we moeten wel vaak dingen gebruiken die we bij wiskunde hebben geleerd bij natuurkunde.
	Niet het hele hoofdstuk komt overeen, maar soms net kleine berekeningetjes of kleine dingetjes.
	Het gaat soms ook als je natuurlijk goed in dingen bent bij wiskunde en het komt terug bij natuurkunde dan is het natuurlijk ook heel erg, dan ga je er geen big deal meer van maken in je hoofd, dan denk je van oh okee dan doe ik het hier ook. Als je het onder de knie hebt.
Verschil	Ja ik vind natuurkunde krijg je gewoon een formule en dan is het wat invullen en dan ben je klaar. Met wiskunde moet je die formule meer zelf opstellen denk ik. Zoiets.
	Ja en er zit meer variatie in wiskunde; als je het ene hoofdstuk niet snapt, dan heb je altijd nog het volgende waarvan je denkt, daar kan ik dan op terugvallen.
	Ja, maar het is niet alsof als je iets bij wiskunde hebt gehad, dat het echt het hele hoofdstuk van natuurkunde overeenkomt.
	Ik geloof dat je bij wiskunde vooral gewoon dan de grafiek moest opstellen enzo en formules en bij natuurkunde echt de snelheid gaan berekenen of ehh...
	Ja inderdaad, het is meer aflezen bij natuurkunde. Gewoon analyseren. En bij wiskunde is het dan inderdaad iets meer de gegevens zelf in de grafiek zetten.
	Ik zie het wel meer terug bij natuurkunde lessen dus dat het overeenkomt dan dat ik bij wiskunde denk van wow dit heb ik nodig bij natuurkunde.
	Natuurkunde met wiskunde A [...]. Maar het is helemaal niet dat het echt zeg maar, dat je het vak helemaal niet meer kan als je geen wiskunde B hebt.
Het is niet zoals met talen dat je woorden door de war haalt.	
Didactiek	
Overlap	Nou in het begin dacht ik altijd dat dat met formules omschrijven zo was. Dat ik dacht oh ik weet niet helemaal zeker of dit de bedoeling is, maar ik doe het wel op de manier zoals ik bij wiskunde doe, [...]

Verschil	Ja dat snap ik wel, maar ik heb wel het gevoel dat ik zeg maar bij natuurkunde kan je gewoon een formule uit je Binas halen en dan doe je er iets mee, maar ik begrijp wel minder goed waarom dat zo is dan bij wiskunde juist omdat je het zelf moet opstellen.
	Ik heb het idee dat bij wiskunde er zijn veel meer regels, dat vind ik gewoon veel makkelijker.
	Maar vaak zeggen natuurkunde docenten van 'oh hier heb je wiskunde B voor'. Ja, of 'heeft iemand hier in de klas weet je wel geen wiskunde B?'. En dan is het zo van er zijn een paar mensen die dan zeggen zo van ja ik en dan is het zo van okee dan moet je even dit en dit filmpje kijken, zoiets.
	Ik heb het gevoel dat het bij natuurkunde heel vaak zo is dat het een beetje gebracht wordt als... Een beetje vanzelfsprekend ofzo. Ja inderdaad, dat het zo is van 'ja jullie hebben dit al bij wiskunde gehad toch?' Ja en dan gaan ze er heel snel doorheen. En dat het dan zo is van 'oh jullie hebben dat niet, dan leg ik het even snel uit'.
	Maar ik heb het idee dat als we bij de wiskundelessen zijn vind ik sowieso dat alles heel gestructureerd is, dus dat ze dan zeg maar beginnen over weet ik veel tangens uitleggen en dat het dan zo zeg maar tjak tjak tjak tjak is en bij natuurkunde heb ik meer het idee dat ze gewoon een beetje door de stof heengaan en dan vind ik wel dat het op een andere manier zeg maar wordt gebracht dan bij wiskunde.
	Ja, bij natuurkunde vertellen ze vaak van 'dit is het, dit is de waarheid' en bij wiskunde leggen ze uit waarom het de waarheid is.
	Nou bij natuurkunde schrijf je hem vaak in het begin om en bij wiskunde schrijf je hem pas om als je echt de x wilt weten, dan haal je de x er echt uit. Bij natuurkunde heb je vaak de formules en dan schrijf je die eerst om naar $m=$ en dan reken je m uit, maar bij wiskunde vul je vaak alle getallen in en dan kijk je welke mis ik, en dan pas ga je met die getallen...
	Ja ik vind natuurkunde gewoon echt echt een heel groot stuk lastiger dan wiskunde. Dus voor mij is wiskunde gewoon een veel duidelijker.
	[...] voor mijn gevoel komt het dan gewoon zeg maar wat meer regelmaat in te zitten dan bij natuurkunde.
	Ja omdat het toch echt wat meer... gaat over dat stukje en bij natuurkunde is het zo van dit is een onderdeel van deze paragraaf en dan ga je er verschillende opdrachten over maken. En bij wiskunde is het gewoon meer opdrachten over wat je net hebt geleerd. Inderdaad, het wordt iets meer ingezoomd op dat stukje theorie.
	Bij natuurkunde is het soms iets vager van 'oh we moeten even dit snel uitgelegd hebben zodat je het kan gebruiken voor dit en dan zie je wel het grote plaatje'.
Je moet ook veel harder nadenken bij natuurkunde. Ja, veel meer denkstappen.	

	<p>Ja bij wiskunde heb je vaak dat als je een onderdeel hebt dan krijg je daar twintig opdrachten over om het goed te kunnen, maar bij natuurkunde is het zo van 'ahh je krijgt er misschien een vraagje over'.</p>
	<p>Bij natuurkunde heb je elke vraag is anders. Je kan niet echt oefenen om er beter in te worden.</p>
	<p>Maar wel een beetje op een andere manier. iets met de afgeleide volgens mij. Ja en iets met delta s en delta t ofzo en dan daar misschien dat je meer getallen kreeg. En dat het bij natuurkunde meer met de grafiek te maken heeft.</p>
	<p>Ja bij natuurkunde ook omdat je dus eigenlijk iets weet door natuurkunde maar dat niet helemaal is uitgelegd waarom het precies zo is, zoals bij wiskunde gedaan wordt.</p>
Planning	
Overlap	-
Verschil	<p>En bij natuurkunde zo van 'dit zou je misschien al gehad kunnen hebben bij wiskunde B'.</p>
	<p>Ja het is gewoon echt heel vaak dat ze gewoon zo zitten van 'ja dit hebben jullie volgens mij al bij wiskunde B gehad'.</p>
	<p>Ja, want toen hebben we eerst natuurkunde gehad. [...] En daarna wiskunde. [...] Maar wel een beetje op een andere manier.</p>
Context	
Overlap	-
Verschil	<p>Maar bij natuurkunde hebben ze wel vaak een situatie waardoor je weet wanneer je het gebruikt en dat is bij wiskunde wel weer minder. Ja dat ze laten zien hoe je het ziet zeg maar in het echte leven.</p>
	<p>Nou ik zie het eigenlijk wel als twee aparte vakken. Ik zie niet heel veel... omdat wiskunde is zo abstract zeg maar, nou vind ik dan. En natuurkunde is veel meer situaties schetsen dat weet ik veel iemand aan een kar trekt enzo weet je wel en dat soort verhaaltjes sommen krijg je ook wel bij wiskunde, maar eigenlijk bijna nooit. Of in ieder geval nu niet meer in de hoofdstukken. Dus dan kan ik minder makkelijk zeg maar zien dat de twee vakken met elkaar te maken hebben.</p>
Suggesties	<p>Ik denk dat de natuurkundeleraars iets meer van de wiskundeleraars kunnen leren als in wiskundeleraars leggen echt alles stap voor stap voor stap voor stap echt elk klein detailtje leggen ze uit en daar zijn natuurkundeleraars iets minder fan van, misschien ook wel omdat natuurkunde meer over het hele grote plaatje gaat en wiskunde iets minder.</p>
	<p>Ja, natuurlijk de dingen ook al leggen ze het snel uit bij natuurkunde, het blijft lastig. Dat ze het zeg maar even snel uitleggen, als je het maar voor een paar vragen nodig hebt, neemt niet weg dat het gewoon ingewikkeld is. Dus ze kunnen er niet zomaar even overheen gaan, dat werkt dan niet helemaal. Dus dat is misschien wel iets waar ze aan kunnen werken.</p>
	<p>Misschien dat wiskundeleraars hun verhaal iets korter kunnen maken soms. Oh ik vind dat juist wel fijn.</p>

	Nee, maar ik vind dat zelf wel fijner dan dat je zeg maar een wat kortere uitleg krijgt en dan nog zelf eigenlijk extra moet inlezen erover, omdat je het anders niet goed begrijpt.
	Het is ook handiger als natuurkundedocenten een soort van stappenplan kunnen maken of een soort plan kunnen maken van hoe je over een vraag moet denken. Ja, dat vind ik ook, want je moet best wel veel denkstappen maken he en dat lukt niet altijd. Dat merk je, je ziet niet altijd in welke denkstappen dat zijn. Ja of welke je formule je meteen moet gebruiken.
	Ja, dus misschien hebben ze iets van tips om hoe je een vraag kan aanpakken ofzo weet je wel zo iets.
	En misschien dan dat wiskundedocenten juist iets meer kunnen uitleggen waarvoor je het gebruikt in het echte leven, want dat zie je wel meer terug in natuurkunde.
	En dan heb ik liever gewoon dat je iets meer kan oefenen ofzo met bepaalde onderdelen.

4. Quotes interview (physics teacher)

Code	Quotes (natuurkunde docent)
Vak inhoud	
Overlap	Dus je moet ja bijvoorbeeld formules die zijn op een bepaalde manier, die je moet gebruiken voor natuurkunde, maar die heb je... wiskundig moet je die in kunnen vullen en ermee kunnen werken.
	Voor mijn gevoel vooral als instrument, die je nodig hebt om natuurkunde te begrijpen.
	Je zou hem [de formule] om kunnen schrijven, dat soort dingen. Vooral daar is het meer een instrument, wat handig is als je het kan.
	Ja, je hebt bij beweging vooral, voornamelijk, want daar als je een x-t-grafiek hebt, daar de helling van, de raaklijn, dus daar komt eigenlijk een beetje differentiëren van wiskunde bij terug. Alleen dan vooral de raaklijn tekenen.
	Ja en verder gewoon gedurende de hele, ja alle onderwerpen eigenlijk wel, ja je moet formule om kunnen schrijven.
Verschil	Maar ja, ik weet ook dat er wel een verschil in het examenprogramma is, dus dat bij ons de formules gebruikt mogen worden... En dat bij jullie dat niet per se de bedoeling is. En datzelfde geldt voor differentiëren eigenlijk, ik laat het wel zien van 'goh kijk dus het is als je de raaklijn tekent, dan is dat eigenlijk differentiëren', maar wij geven nooit de formule van de grafiek die ze krijgen.
	Maar ik denk dat qua overlap, dat dat wel een beetje een probleem is dat het ook op het eindexamen worden er andere dingen echt verwacht.
Didactiek	
Overlap	-
Verschil	-
Planning	
Overlap	Dus ik denk van ja een deel misschien wel samenhang in die zin dat je misschien iets meer gelijkloopt ofzo op een bepaalde manier zodat ze bij wiskunde het wiskundige deel leren en bij natuurkunde zien van oh dat kan ik hier gebruiken.
Verschil	Nou ik merk dat dat [de afstemming] wel een beetje uit elkaar loopt. We hebben natuurlijk ook te maken met wiskunde A en B.
	Wat dan nog weer verder uit elkaar loopt. Want bij wiskunde B dat differentiëren komt wat later in het programma, wij beginnen eigenlijk aan het begin van het schooljaar V4 met raaklijnen tekenen. En dan meestal pas later als je er weer op terugkomt, dan op een gegeven moment heeft een deel het gehad en dan is het van 'oh ja, maar dat hebben we bij wiskunde gezien'. Dus wat dat betreft dan loopt het een beetje uit elkaar.
	Hetzelfde geldt voor bijvoorbeeld logaritmes, dat komt in de vijfde een beetje terug en dan heeft een deel het wel gehad bij wiskunde B, maar de groep wiskunde A krijgt het pas in de zesde. Dus daar loopt het ook uit elkaar.
	Meestal het eerste deel niet echt, dan noem ik het wel van 'joh dit ga je ook nog bij wiskunde zien, beetje met raaklijn tekenen wat dat precies wiskundig inhoudt'. En voor nu is het zo van, het is het eerste hoofdstuk echt bij ons, ze komen net binnen. Dus dan is het meer van ja je gaat het nog zien bij

	wiskunde en dan wordt het wiskundig bewezen zeg maar van waarom het ook echt klopt. Want voor nu, pas het toe eigenlijk en onthoud dat bijvoorbeeld snelheid de raaklijn is bij x-t-grafieken.
	Nou ja het is vooral met die raaklijnen, omdat ik weet dat het met differentiëren echt terugkomt en met logaritmes ja zeg ik meestal ook 'je krijgt het nog bij wiskunde'.
	Zeker voor de wiskunde A leerlingen. Omdat dat echt veel later pas terugkomt. Bij logaritmes zeg ik inderdaad van het komt nog bij wiskunde en leer nu gewoon het trucje. Want je hebt het op deze manier nodig voor natuurkunde en verder het wiskundige dat leer je dan later.
Context	
Overlap	-
Verschil	Ja meer met gewoon een praktijkvoorbeeld. Ja we hebben nu de sprint van Usain Bolt, waar die z'n record gelopen had. En dan aan de hand daarvan kun je dan de grafiek laten zien van nou ja dus dit soort dingen kun je ermee doen, dit kun je zien en dan eigenlijk op basis van voorbeelden ga je grafieken opbouwen en een beetje rekenen aan snelheid. Op zich hebben ze daar wel een gevoel voor. En dan kunnen ze het daarmee een beetje voor zich zien, want dat is op zich wel makkelijk. Want je ziet dat het in het begin langzamer gaat dan aan het eind.
Suggesties	Ja daar heb ik op zich voor wiskunde niet echt heel veel inzicht in van hoe dat per se wordt aangepakt in de les. Ja ik denk dat het handig is om eerst eens gewoon te kijken qua timing überhaupt, van wat wanneer komt.

5. Quotes interview (mathematics teacher)

Code	Quotes (wiskunde docent)
Vak inhoud	
Overlap	Ik denk dan meteen aan differentiëren.
	Überhaupt het letter rekenen is natuurlijk iets wat bij wiskunde al in de tweede klas soort van wordt geïntroduceerd, maar waar de natuurkunde helemaal op gestoeld is. Je kunt er niet zonder bij natuurkunde.
	Bijvoorbeeld, ja bij heel veel onderwerpen bij natuurkunde, natuurlijk ook brekingsindices enzo, dat moet je met de sinus doen, die wet die daarvoor is.
	Ja dus ik denk wel dat wiskunde een heel erg hulpvak is voor natuurkunde omdat je eigenlijk op heel veel plekken zelfs wiskunde gebruikt.
	Maar wel echt het, ja, de wiskunde om dingen mee te berekenen, om de afgeleides te bepalen, dat soort dingen.
	De gonio die je denk ik bij natuurkunde in de bovenbouw nodig hebt, dat is gewoon de onderbouw gonio van wiskunde
	Maar de hele analyse enzo ja dat is echt een beetje dienstbaar aan de natuurkunde.
	Ja wij noemen zo'n ding natuurlijk heel droog een differentiequotiënt. Heel eng woord. En ja het eerste voorbeeld daarbij, dat is ook in hoofdstuk 2 volgens mij zo, is inderdaad gemiddelde snelheid over een tijdsinterval.
Verschil	Niet zo zeer de bewijs wiskunde of wat heb je nog meer, de combinatoriek, tellen en dat soort dingen, dat natuurlijk weer wat minder.
	Maar het is [...] voor het vak wiskunde B belangrijk dat je ook weer loskomt van die context.
	Beetje misschien het lastige dat wij natuurlijk vaak met een y en een x werken en dat is bij natuurkunde afhankelijk van de context toch vaak een s en een t en dan is v is eigenlijk de helling van die lijn, terwijl bij de wiskunde is het altijd a, [...] maar bij natuurkunde is a juist weer de versnelling.
	Bij ons is de a ook wel weer in de abc-formule bij kwadratische vergelijkingen, maar dan heeft het weer de rol van een parameter, dan is het niet per se de a van de versnelling.
	He want wiskunde B is in mijn optiek nou voor de ene kant dus een soort hulp vak voor natuurkunde [...] Maar daarnaast natuurlijk ook een vak op zich, waar je zelf dingen, je moet symmetrie van functies kunnen bewijzen, je moet iets over functies kunnen zeggen ook als je niet weet wat die functies betekenen of in welke context die leven. Ja dus ik vind het ook goed dat dat op zichzelf een betekenis heeft.
	Maar het is natuurlijk ook wel weer een wiskundige vaardigheid om formules in bepaalde context te kunnen toepassen, dat je denkt 'oh in deze context is m'n x eigenlijk een t en dan is m'n y eigenlijk een s'. En dat kan bij scheikunde dan juist weer de concentratie zijn of zoiets, ik noem maar wat.
Didactiek	
Overlap	Dat doe ik eerder wel naar m'n collega's, naar m'n collega's binnen de sectie bedoel ik. Van goh hoe zullen we dit uitleggen? Als je er even benieuwd naar bent hoe iemand anders dat doet of er vragen over hebt.

Verschil	<p>Maar goed nu je me dit zo vraagt, denk ik ook wel aan dingetjes zoals $F=m \cdot a$ en als je dan F en m weet, dan moet je dus a uitrekenen en dat leerlingen daar soms ook weleens in de wiskundeles naar refereren van oh bij natuurkunde is er zo'n handig trucje; dat schijnt een of ander driehoekje te zijn of juist zo. Dus $6=2 \cdot 3$, dus $2=6/3$ en $3=6/2$ dus daar zit het ook al, maar dat is natuurlijk veel elementairder.</p>
	<p>Hoeft misschien niet per se hetzelfde te zijn, de grap is ook dat misschien ook wel bij collega's onderling binnen de sectie, he misschien heb ik wel dat begrip vorig jaar toch een beetje anders geïntroduceerd dan jij, terwijl we allebei de vierde klas hadden. Dat zou ook nog kunnen.</p>
Planning	
Overlap	Ja landelijk zijn die curricula natuurlijk wel op elkaar afgestemd.
Verschil	<p>Ja dat is natuurlijk eigenlijk een beetje onhandig. Dan denk je hee dat is iets wat ze bij wiskunde wel krijgen, dat hebben ze nog niet gehad, nou dan leg ik het zelf maar even uit.</p>
	<p>Wat dat betreft denk ik ook wel het hoeft helemaal niet perfect te zijn dat het precies net voordat het bij natuurkunde nodig is, moet het bij wiskunde zitten. Het kan ook geen kwaad dat natuurkunde het misschien eerst uitlegt en dat daarna het bij wiskunde nog een keer dunnetjes, of nou ja dunnetjes, daar wordt het dan nog een keer echt gedaan. En natuurlijk lang niet iedereen heeft natuurkunde. Dus voor sommige mensen is dat de enige keer dat ze het krijgen. Ja dus [refereert naar het verschil in planning] vind ik zelf niet per se een nadeel.</p>
	<p>Kijk ik denk dat het heel moeilijk is om te proberen elk onderwerp wat bij natuurkunde aan bod komt om te zorgen dat ze net daarvoor of in ieder geval ruim daarvoor dat onderwerp gehad hebben.</p>
	<p>Ik weet ook dat ik zelf in mijn middelbareschooltijd heb ik eigenlijk het differentiëren eerst bij natuurkunde geleerd met zo'n delta wat was het, delta s denk ik, die dan de rol speelde, heel klein dingetje. En toen bleek en toen kwam het later ook nog eens bij wiskunde aan bod.</p>
Context	
Overlap	<p>Het zijn natuurlijk wel voorbeelden inderdaad uit de natuurkunde van een auto trekt op en v is dan de afgeleide. Maar ik heb daar zelf niet vorig jaar heel erg de link gelegd van oh dit is eigenlijk een natuurkunde probleem, want ik vond het eigenlijk meer de context om de wiskunde uit te leggen. Dat is toevallig een context uit de natuurkunde dan.</p>
	<p>Ja dus ik heb het gewoon als een context aangegrepen en dat is dan inderdaad bij wiskunde B snel een natuurkundige context en bij wiskunde A is het natuurlijk eerder een economische context.</p>
	<p>Bij wiskunde B vind ik het mooi om natuurkunde te gebruiken om het begrip toe te lichten, volgens mij heb ik toen vorig jaar ook genoemd 'je ziet weleens op straat twee van die kabels liggen en dan kijken ze gewoon hoe lang duurt het voordat je de ene raakt, tot je over de andere rijdt. Weet je wel, dat is precies de gemiddelde snelheid tussen die twee punten. Ja dat is interessant dat het punten zijn dan, die liggen vast, maar hoe lang doe je daarover?'</p>

Verschil	Dus het geeft een mooie context, maar ik denk wel dat het goed is dat je juist bij wiskunde B er los van komt.
Suggesties	[...] dat dan wel te benoemen van nou ja dat dan bij natuurkunde inderdaad wordt gezegd 'oh, maar eigenlijk doen we hier gewoon de afgeleide, eigenlijk is die v gewoon de richtingscoëfficiënt van deze rechte lijn'. En ja omgekeerd, zeggen wij dan bij de wiskunde, kijk het is tuurlijk nog een wiskundig concept in principe, dus moeten wij dan in de wiskundeles ook zeggen 'nou, deze richtingscoëfficiënt, dat is gewoon de snelheid als je nu bij natuurkunde zou zitten'. Dat kun je best zeggen, ik denk zeker als het voorbeeldje uit de natuurkunde komt.
	Maar het is denk ik in mijn optiek geen must, het is misschien soms wel prettig als het toch niet uitmaakt bij wiskunde zou je kunnen zeggen joh doe dan dat ene hoofdstuk eerder dan dat andere zodat je het bij natuurkunde wel net gezien hebt. [...] Omgekeerd zou je natuurlijk ook bij natuurkunde kunnen zeggen van doe dat onderwerp nou net even iets later, want dan hebben we dat ten minste gehad bij wiskunde.
	Oh ja, beter op elkaar af laten stemmen, ja dus ik heb nu vooral eigenlijk geschetst dat je bij de wiskundeles kun je natuurkunde als een context nemen en het zou natuurlijk leuk zijn als bij de natuurkunde les ook wel wordt gezegd oh maar dit is gewoon differentiëren wat je ook bij wiskunde hebt geleerd.
	Ik werk hier zelf natuurlijk nog maar drie jaar op deze school, maar ik heb nog nooit het PTA van wiskunde naast het PTA van natuurkunde gelegd. Ja dus ik heb het zelf nog nooit naast elkaar gelegd, maar ik weet niet of het bij het opstellen van de PTA's gebeurd is.
	Maar ik zou het anderzijds wel weer nuttig denk ik vinden om er wel over in gesprek te zijn. Het zou eigenlijk best wel leuk en goed zijn om eens in de zoveel jaar eens met [...] de sectie natuurkunde inderdaad een keer te gaan zitten, met de PTA's naast elkaar van hee sluit het een beetje logisch aan en dan ben je misschien ook wel weer geneigd om wat eerder in de les die link te leggen van oh dit is gewoon het plaats-tijd diagram, s-t-diagram als ik me goed herinner, het s-t-diagram van natuurkunde, waar wij nu $y=f'$ gebruiken [...]. Dus dan zou je daar beter de link kunnen leggen, dus daar wordt je eigen les dan ook weer beter van, dan kun je wat meer linken leggen.
	[...] dat zou wel iets zijn denk ik wat heel leuk is om dan ook in zo'n studiedag mee te nemen als je dat inderdaad eens in de zo veel jaar programmeert, dat gewoon secties elkaar eens zien. En dat je ook zegt van 'oh ja, hoe leg jij dat begrip nou uit? Hoe introduceer je dat? [geeft voorbeeld]' [...]. Dus de didactiek daarachter, dat vraag je dan eigenlijk een beetje; Hoe leg je het uit? Hoe introduceer je het? Dat is denk ik heel leuk en nuttig ook om dat wel van elkaar te weten in ieder geval.
	Maar gewoon dat gesprek daarover aangaan, dat is volgens mij altijd wel heel goed. En dan ook inderdaad verschillen zien, of denken van he ja dat is ook een leuke invalshoek, dat zou ik kunnen meenemen.
	We zijn toch een beetje eilandjes wat mij betreft, hoe het toch vaak is, als sectie hebben we wel onze teamvergaderingen, dan sluit je wel een beetje dingen kort, maar daar waar een onderwerp twee vakken verbindt [...], moet

	je dat echt actief opzoeken, dan moet je het daar met elkaar over hebben of dat plannen want dat gaat niet zo snel vanzelf volgens mij.
	Maar ik zou niet zo snel bij natuurkunde langsgaan grappig genoeg. Dan zit ik even terug te denken of zij weleens bij mij... dat zou best wel eens gebeurd kunnen zijn hoor, dat iemand vraagt van 'goh hoe leggen jullie dat eigenlijk uit?'. Ik kan me voorstellen dat misschien juist eerder natuurkunde dan misschien bij ons langskomt van 'goh, hoe introduceren jullie dat eigenlijk? Dan kunnen we daar ten minste op voortborduren'.
	[...] voor zover ik kan overzien is daar niet een hele grote afstemming ook wat didactiek betreft. Maar dat zou wel goed zijn.
	Dus dat al helemaal gelijktrekken, dan ontnem je mensen ook weer te leren dat je soms hetzelfde concept in verschillende hoedanigheden kan zien.

6. Inter-coder reliability

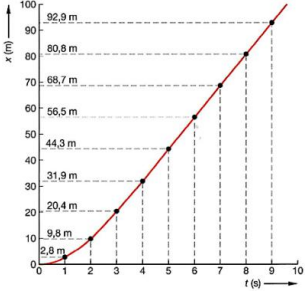
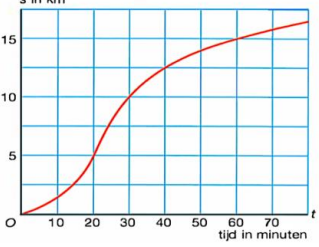
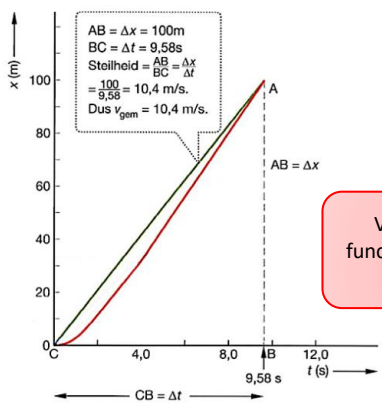
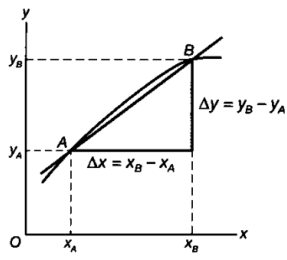
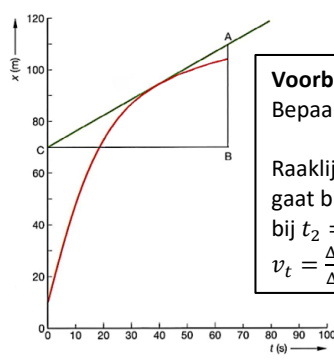
		Coder 1									
Coder 2		Content overlap	Content difference	Didactics overlap	Didactics difference	Planning overlap	Planning difference	Context overlap	Context difference	Suggestions	Total
	Content overlap	25									25
	Content difference		14				1				15
	Didactics overlap			2							2
	Didactics difference		1		18						19
	Planning overlap					2					2
	Planning difference						12				12
	Context overlap		1					3			4
	Context difference								4		4
	Suggestions									18	18
Total	25	16	2	18	2	13	3	4	18	101	

$$p_0 = \frac{98}{101} \approx 0.970 \dots$$

$$p_e = \frac{25}{101} \cdot \frac{25}{101} + \frac{15}{101} \cdot \frac{16}{101} + \frac{2}{101} \cdot \frac{2}{101} + \frac{19}{101} \cdot \frac{18}{101} + \frac{2}{101} \cdot \frac{2}{101} + \frac{12}{101} \cdot \frac{13}{101} + \frac{4}{101} \cdot \frac{3}{101} + \frac{4}{101} \cdot \frac{4}{101} + \frac{18}{101} \cdot \frac{18}{101} \approx 0.168 \dots$$

$$Kappa K = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e} = \frac{0.970 \dots - 0.168 \dots}{1 - 0.168 \dots} \approx 0.964$$

7. Mathematics versus Physics Overview (MvPO)

<h3>Natuurkunde</h3> <p>V4 Periode 1: Beweging in beeld.</p> <p>Een (plaats-tijd)-diagram laat zien hoe de plaats verandert in de tijd</p> <p>Hoe steiler de grafiek is, hoe groter de snelheid.</p> 	<h3>Wiskunde</h3> <p>V4 Periode 2: De afgeleide functie.</p> <p>In een tijd-afstandgrafiek is de afgelegde afstand s uitgezet tegen de tijd t.</p> <p>De gemiddelde snelheid is $\frac{\Delta s}{\Delta t}$.</p> 
$v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ <p>← verplaatsing in meter (m) ← benodigde tijd in seconden (s)</p> <p>De steilheid van de verbindingskoorde van het beginpunt naar het eindpunt van de (x, t)-grafiek is de gemiddelde snelheid.</p>  <p> $AB = \Delta x = 100\text{m}$ $BC = \Delta t = 9,58\text{s}$ $\text{Steilheid} = \frac{AB}{BC} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100}{9,58} = 10,4 \text{ m/s}$ Dus $v_{gem} = 10,4 \text{ m/s}$. </p> <p>$AB = \Delta x$</p> <p>$CB = \Delta t$</p>	<p>Het differentiequotient $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ van y op $[x_A, x_B]$ is:</p> <ul style="list-style-type: none"> De gemiddelde toename van y op $[x_A, x_B]$ De richtingscoëfficiënt van de lijn AB De helling van de lijn AB $\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$  <p>Overlap: Differentiequotient en de gemiddelde snelheid is dus hetzelfde in een (s, t)-grafiek.</p> <p>Verskil: Bij wiskunde kan je soms de functiewaarden berekenen met de formule in plaats van aflezen uit de grafiek.</p> <p>Als de formule van een grafiek gegeven is, dan geldt dat het differentiequotient van $f(x)$ op $[a, b]$ gelijk is aan $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(b) - f(a)}{b - a}$</p>
<p>De snelheid op één tijdstip noemen we de momentane snelheid (v_t).</p> <p>Teken de raaklijn aan de (x, t)-grafiek bij het tijdstip waarop je de snelheid wilt bepalen.</p> <p>De snelheid is dan de steilheid van de raaklijn $\rightarrow v_t = \Delta x / \Delta t$.</p>  <p>Voorbeeld: Bepaal de snelheid op $t = 40$ s.</p> <p>Raaklijn tekenen op $t = 40$ s. Deze gaat bij $t_1 = 0$ s door $x_1 = 70$ m en bij $t_2 = 65$ s door $x_2 = 110$ m.</p> $v_t = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{AB}{BC} = \frac{110 - 70}{65 - 0} = 0,62 \text{ m/s}$	<p>Snelheid op één moment:</p> <p>Bij een tijd-afstandformule benader je de snelheid op het tijdstip $t = a$ met het differentiequotient op het interval $[a, a + \Delta t]$, met bijvoorbeeld $\Delta t = 0,01$ of $\Delta t = 0,001$.</p> <p>Voorbeeld: Gegeven is de formule $s = 0,4t^2$ met s de afgelegde afstand in meter na t seconden. Benader in m/s de snelheid op $t = 3$. Neem $\Delta t = 0,01$ en rond af op twee decimalen.</p> $\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0,4 \cdot 3,01^2 - 0,4 \cdot 3^2}{3,01 - 3} \approx 2,40 \text{ m/s}$ <p>Verskil: Bij wiskunde teken je dus niet de raaklijn, maar gebruik je de gegeven formule.</p>

8. Teacher manual MvPO

Docenthandleiding Overzicht Snelheid.

Inhoudsopgave

Docenthandleiding Overzicht Snelheid	1
Inleiding	1
Vorbereiding	1
In de wiskundeles	1
Theorie B Gemiddelde snelheid.....	2
Theorie C Differentiequotiënten.....	2
Theorie D Differentiequotiënten berekenen bij een functievoorschrift	2
Theorie E Snelheid op één moment.....	2
Bijlage 1: Overzicht snelheid	2

Inleiding

Dit overzicht is gekoppeld aan hoofdstuk 1 (Beweging in beeld) van de methode 'Overal Natuurkunde' en hoofdstuk 2 (De afgeleide functie) van de methode 'Getal en ruimte'. Het wordt gebruikt in de wiskundeles om te verwijzen naar kennis die de leerlingen al hebben opgedaan bij natuurkunde eerder dat schooljaar. Het idee is dat leerlingen met natuurkunde in hun pakket met dit overzicht beter kunnen herkennen dat ze hun natuurkunde kennis kunnen toepassen in de wiskundeles. Gezien er ook verschillen zijn van hoe we bepaalde opdrachten aanpakken bij wiskunde vergeleken met natuurkunde, zijn er ook verschillen aangegeven op het overzicht.

Vorbereiding

Zorg ervoor dat je voldoende printjes hebt van het overzicht (voor elke leerling één). Het overzicht is vooral nuttig voor leerlingen die wiskunde B en natuurkunde in hun vakkenpakket hebben, maar geef de leerlingen zonder natuurkunde ook het overzicht. Vermeld er duidelijk bij dat de linkerkant voor hen (leerlingen zonder natuurkunde) niet van belang is en dat we de rechterkant bij wiskunde gaan behandelen.

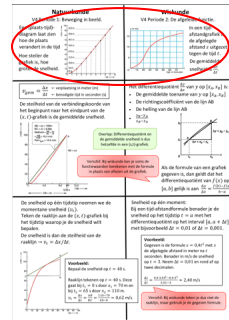
Hang ook één overzicht als poster (A3-formaat) in het lokaal gedurende de lessen waarbij het aan bod komt. Het is handig om deze voorin het lokaal op het bord te hangen zodat je kan aanwijzen waar je het over hebt.

In de wiskundeles

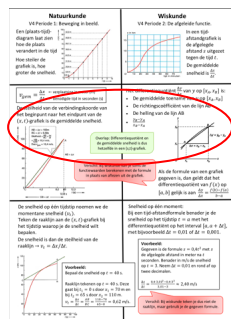
Het is in de wiskundeles van belang dat er regelmatig naar het overzicht verwezen wordt zodat voor de leerlingen duidelijk wordt wat ze eraan hebben. Daarom is het ook belangrijk om te benoemen dat ze het overzicht een aantal lessen elke keer bij zich moeten hebben. Hieronder volgen de specifieke theorieën waar het overzicht aan gekoppeld is.

Theorie B Gemiddelde snelheid

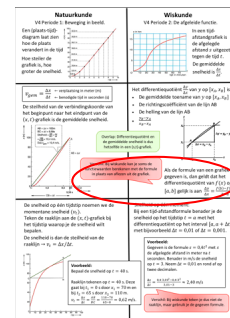
De leerlingen zijn al bekend met een tijd-afstand grafiek alleen heet dit bij natuurkunde een plaats-tijdgrafiek. Het is dus van belang om te benoemen dat bij natuurkunde x langs de verticale as staat en t langs de horizontale as. Bij wiskunde zetten we s langs de verticale as om aan te geven dat het om afstand gaat. Bij natuurkunde hebben ze gehad hoe ze gemiddelde snelheid kunnen uitrekenen; namelijk $v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, met Δx de verplaatsing in meter en Δt de benodigde tijd in seconden. Bij wiskunde doen we precies hetzelfde alleen gebruiken we dus s in plaats van x . Daarom zeggen wij dat de gemiddelde snelheid op een interval gelijk is aan $\frac{\Delta s}{\Delta t}$.



Theorie C Differentiequotienten

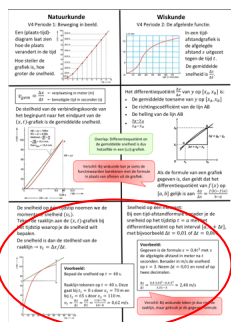


De leerlingen met natuurkunde kennen dit concept al, alleen dan onder een andere naam. Bij natuurkunde heet dit de steilheid van de verbindingskoorde, waarmee ze de gemiddelde snelheid uitrekenen. Eigenlijk precies wat we bij wiskunde ook doen alleen noemen wij dit het differentiequotiënt, de gemiddelde toename, de richtingscoëfficiënt of de helling (gezien wij vaak werken met x en y langs de assen). Belangrijk is dus om te benoemen dat ze dit al precies bij natuurkunde hebben gedaan door $v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ te berekenen aan de hand van punten uit een grafiek. Het differentiequotiënt is dus hetzelfde als de gemiddelde snelheid in een (s, t) -grafiek.



Theorie D Differentiequotienten berekenen bij een functievoorschrift

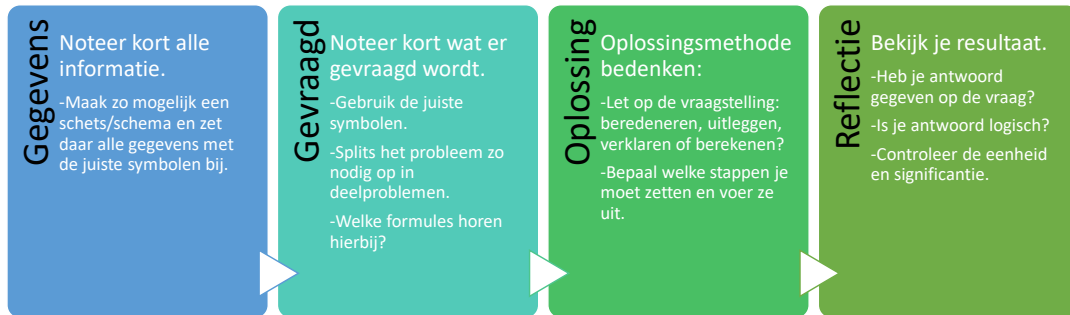
Hierbij willen we benadrukken dat we bij wiskunde soms werken met een formule als we het differentiequotiënt willen uitrekenen. Bij natuurkunde krijgen ze eigenlijk nooit de formule erbij omdat het altijd context gebonden is, waarbij er niet precies een formule bij hoort. Bij natuurkunde blijft het dus bij het aflezen van punten en daarmee het berekenen van de gemiddelde snelheid.



Theorie E Snelheid op één moment

De leerlingen kennen dit concept onder de naam momentane snelheid (v_t). Ze berekenen dat door een raaklijn te tekenen aan de (x, t) -grafiek bij het tijdstip waarop ze de snelheid willen bepalen. Vervolgens lezen ze twee punten af (zo ver mogelijk uit elkaar) en berekenen ze $v_t = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. Bij wiskunde pakken we dit anders aan. De achterliggende gedachte is hetzelfde (ook met een raaklijn). Alleen maken wij het tijdsinterval juist zo klein mogelijk om een zo goed mogelijke schatting te maken en dit kunnen we berekenen doordat wij bij dit soort opgaven altijd de tijd-afstandformule geven. Wij werken dus niet met een grafiek waarbij we punten moeten aflezen.

9. Physics Heuristics Guide (PHG)



10. Teacher manual PHG

Docenthandleiding Stappenplan Natuurkunde

Inhoudsopgave

Docenthandleiding Stappenplan Natuurkunde.....	1
<i>Inleiding</i>	1
<i>Vorbereiding</i>	1
<i>In de natuurkunde les</i>	1
<i>Voorbeeld</i>	1
Gegevens	2
Gevraagd.....	2
Oplossing	2
Reflectie	2
<i>Bijlage 1: Stappenplan Natuurkunde</i>	2

Inleiding

Dit stappenplan is ontworpen om leerlingen te helpen met het systematisch antwoord geven op vraagstukken. Leerlingen vergeten vaak goed na te denken over hun plan van aanpak waardoor ze te snel gaan. Hierdoor kunnen ze cruciale stappen overslaan of foutjes maken in de manier van opschrijven. Om dit te voorkomen kunnen de leerlingen gebruik maken van dit stappenplan.

Vorbereiding

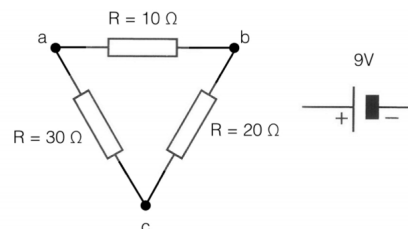
Zorg ervoor dat je voldoende printjes hebt van het stappenplan (voor elke leerling één). Hang ook één stappenplan als poster (A3-formaat) in het lokaal zodat leerlingen eraan herinnerd worden dat ze hier gebruik van kunnen maken. Hierdoor kan je ook makkelijk aanwijzen in welke stap jullie zitten bij het uitwerken van een opgave.

In de natuurkunde les

Introduceer het stappenplan aan de hele klas. Loop het stappenplan met de leerlingen door en benoem belangrijke dingen en dingen die vaak door leerlingen vergeten worden (zoals het opschrijven van de juiste symbolen bij het noteren van de gegevens, het bedenken van welke stappen ze eigenlijk nodig hebben en het controleren van het antwoord). Laat aan de hand van een voorbeeld zien hoe dit stappenplan gebruikt kan worden (bijvoorbeeld onderstaand voorbeeld).

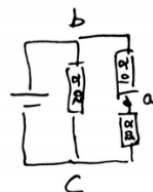
Voorbeeld

Marjon heeft van haar docent een 9,0 V batterij gekregen en drie weerstanden die aan elkaar gesoldeerd zijn (zie afbeelding). Aan Marjon wordt gevraagd wat de stroom is die uit de batterij komt als de batterij wordt aangesloten op de punten b en c.



Gegevens

De batterij heeft een spanning van 9,0 V.
De weerstanden zijn 10Ω , 20Ω en 30Ω .



Gevraagd

De stroom I (A) uit de batterij wordt gevraagd.

Met de vervangingsweerstand en de spanning kan de stroom uitgerekend worden met de wet van Ohm: $I = U/R$.

Vervangingsweerstand eerst bepalen met de formules voor serie- en parallelschakeling.

$$R_{serie} = R_1 + R_2 \text{ en } \frac{1}{R_{parallel}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Oplossing

Het gaat om berekenen.

Eerst de vervangingsweerstand bepalen van de weerstanden van 10Ω en 30Ω (R_{serie}).

Dan de vervangingsweerstand bepalen van de uitkomst van net en 20Ω ($R_{parallel}$).

Daarmee de stroom berekenen met de formule $I = U/R$.

$$R_{serie} = 10 + 30 = 40\Omega$$

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{40} + \frac{1}{20} = \frac{3}{40}$$

$$R_v = \frac{40}{3} = 13,3\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9,0}{13,3} = 0,68 \text{ A}$$

Reflectie

Er is antwoord gegeven op de vraag.

Het antwoord is logisch want weerstanden in serie geven een hogere weerstand en weerstanden die parallel staan geven een kleinere weerstand. En de stroom wordt kleiner als de weerstand groter wordt.

Significantie: de spanning en alle weerstanden hebben twee significante cijfers. Het eindantwoord moet dan ook twee significante cijfers hebben.

Dan wordt het antwoord: $I = 68 \cdot 10^{-2} \text{ A}$.

Laat de leerlingen na het bespreken van deze opgave zelf bepalen of ze gebruik willen maken van het stappenplan.

Blijf regelmatig naar het stappenplan verwijzen in de volgende lessen en probeer opgaven ook op die manier gestructureerd uit te werken als je iets voor doet.

Probeer de leerlingen zelf te laten nadenken over de stappen die ze al gezet hebben en de stappen die ze nog moeten zetten als ze een vraag komen stellen.

11. Evaluation quotes focus group 1 (students)

Code	Quotes Evaluatie (focusgroep 1)
Vak inhoud	
Overlap	[...] als je bij natuurkunde een formule gebruikt, dan zit je ook te rekenen en keer of plus te doen, [...] nou ook heel veel met goniometrie: sinus, cosinus, dat gebruik je bij allebei nu. Dus ik vind wel dat daar heel veel overeenkomst is ja.
	Maar voor de rest een beetje formules ombouwen en die goniometrie is eigenlijk het enige wat ik merk van wiskunde in natuurkunde, maar we zitten nog maar op de helft van het jaar dus ik weet niet wat er allemaal nog gaat komen.
	Ik vind sowieso dingen die ik zie als ik bij natuurkunde zit van oh dat heb ik al gehad bij wiskunde of andersom, want we hadden het ook over met snelheid op een top van een grafiek en toen zat ik van oh dat weet ik omdat ik dat ook al bij wiskunde heb gehad.
	Ja dat was iets met over trillingen waar ik net een opdracht over had gemaakt, maar het gaat ook om bijvoorbeeld met cosinus, dat zie ik wel bij een driehoek en dat dat dan met een helling te maken heeft, [...].
	Ehm natuurlijk zijn er gewoon overeenkomsten met natuurkunde en wiskunde zoals het rekenen, sommige formules, je had hoofdstuk 1 bij natuurkunde en dan had je, ik weet niet, hoofdstuk 2 ofzo bij wiskunde en dat was met snelheden en alles, ja dat was gewoon bijna hetzelfde.
	[...] met die twee hoofdstukken die gewoon heel erg op elkaar leken en het rekengeval, ja dat is hetzelfde, [...]
Verschil	Maar ik vind de onderwerpen helemaal niet met elkaar overeenkomen, want bijvoorbeeld met krachten enzo ik snap niet hoe dat met wiskunde te maken heeft, ja vast wel met cijfertjes enzo en formules, maar ik zie niet, zegmaar als ik aan kracht denk, denk ik niet aan wiskunde.
	[...] wiskunde is allemaal logisch tot nu toe, alles is geredeneerd en ik vind het heel fijn als je dingen uit kan leggen bij wiskunde dus alles kan je achterhalen en waarom het zo is. En in dat geval heb je bij natuurkunde dat het een beetje meer abstract is. Het is zoals het is, de natuur werkt gewoon zo. Daarom is het iets abstracter en dat vind ik best een groot verschil tussen wiskunde en natuurkunde.
	[...] maar in het geheel vind ik het best wel verschillend qua inhoud.
Didactiek	
Overlap	Ik vind natuurkunde juist best wel logisch, omdat al die formules er zijn en als je alle informatie opschrijft zoals je in jouw schema ziet, die kan je dan gebruiken en formules vinden daarvoor en dat is allemaal best wel logisch. Bij wiskunde is het ook allemaal best wel logisch, dat vind ik fijn logische dingen, dus als je bij wiskunde inderdaad kijkt en dan kan je alles logisch redeneren, het zoeken ervan vind ik dan net iets moeilijker dan bij natuurkunde waardoor ik wiskunde iets moeilijker vind dan natuurkunde.
Verschil	[...] bij natuurkunde brengen ze dan allemaal soort situaties naar binnen, [...], terwijl bij wiskunde [...] dan heb je echt zo'n duidelijk stappenplan die je dan vormt, terwijl dat bij natuurkunde echt heel onduidelijk voor mij is.

	Ik vind natuurkunde op de een of andere manier best wel logisch [...] ik leer dan een formule ofzo bijvoorbeeld en als ik dan een opdracht krijg dan kijk ik gewoon okee wat voor dingen moet ik gebruiken, dus wat voor formule past daarbij en dan is het voor mij best wel logisch om het gewoon uit te gaan rekenen en bij wiskunde duurt dat eigenlijk net iets langer bij mij.
	Ik vind wiskunde is echt gewoon een stappenplan volgen en als je dat stappenplan kent en je herkent de som en je herkent wat je moet doen, dan zijn het gewoon stapjes volgen. Dat vind ik dan weer logisch. Bij natuurkunde is het echt met inzicht bepaalde formules gebruiken en weten dat als het zo op deze manier gaat, dan alleen gaat het op die andere manier en dan gebruik je alleen die formule ofzo, dat is gewoon, het is voor mij wat meer nadenkwerk vind ik ook.
	Ja er is wel een groot verschil qua uitleg denk ik. Hoewel er bij natuurkunde ook altijd oefeningetjes worden gebruikt, ga je met wiskunde echt langzaam het onderwerp in [...] dan ga je eerst definiëren wat de regels zijn en waarom het mag en hoe het kan en bij natuurkunde ga je meestal gewoon gelijk de opdracht maken waardoor je het moet toepassen in plaats van eerst kijken waarom het werkt.
	Omdat bij natuurkunde is het bijna altijd bijvoorbeeld als we iets nieuws leren dan legt hij het wel even kort uit, dan daarna ga je inderdaad meteen een som maken, meteen een oefensom. En bij wiskunde heb je in het algemeen inderdaad gewoon een wat rustigere inleiding, dat je inderdaad wat langzamer kijkt naar waarom is het nou zo en dat merk je wel.
	Ik heb ook bij wiskunde dat het zich opbouwt dus dat het eerst makkelijk begint en daarna nog een beetje aan de stof wordt gebouwd waardoor het opbouwt qua moeilijkheidsgraad. Bij natuurkunde dan is dat gewoon zo en dan begin je eigenlijk al in de middenmoot en dan kom je door moeilijkere opdrachten zegmaar meer kennis met diepere natuurkunde stof.
	Bij wiskunde bouwt het heel erg op. Bij natuurkunde [...] krijg je eerst de situatie in het echt dus van bijvoorbeeld wat is een helling nou en hoe werkt die zwaartekracht dan erop en dan krijg je heel snel de formule. Terwijl het bij wiskunde juist andersom is dat je eerst de formule krijgt en hoe reken je het uit en daarna wat betekent het nou eigenlijk en ook bij wiskunde krijg je meestal ook opdrachten die al de stof gaan uitleggen voor de volgende theorie.
	[...] dan moet je de opdracht gaan maken, wat hij dan kort heel even uitlegde hoe het werkte, maar niet nog doorging tot je het snapte. [...] maar dan moet je dus sneller een opdracht maken met de begrippen en bij wiskunde worden de begrippen ook nog uitgelegd soort van in die richting.
	Ik denk ook door de manier waarop natuurkunde wordt lesgegeven dat je een soort inzicht wel krijgt, dat je een soort inzicht wordt aangeleerd met vragen aanpakken en hoe je dat behandelt.
	Bij natuurkunde wordt het je gelijk voorgelegd en dan mag je het zeg maar door middel van zelf nog een beetje aanleren er iets van te maken.
Planning	
Overlap	-

Verschil	-
Context	
Overlap	-
Verschil	Bij wiskunde weet je welke sommen je gaat krijgen omdat de sommen die in het boek staan, behalve het verschil van nummers eigenlijk precies hetzelfde zullen zijn op de toets, terwijl bij natuurkunde komen juist die situaties waarvan je nog nooit hebt gehoord.
Suggesties	
	Wat ik af en toe heb met bijvoorbeeld natuurkunde of wiskunde, dat ik graag weet waarom iets is. En af en toe kan dat niet uitgelegd worden, waarom het zo is van dat gaan we volgend jaar hebben of over twee jaar, of dat is niet belangrijk, maar dat vind ik zelf best wel belangrijk.
Stappenplan natuurkunde	
Positief	En dit vind ik opzich een mooi schema omdat hij een stuk uitgebreider is en bij die andere dingen had je telkens één dingetje en nu heb je de onderwerpjes ook onderverdeeld in andere onderwerpen. Zoals bij reflectie heb je 'heb je antwoord gegeven op de vraag?', dat was zegmaar de enige die we toen aangeboden kregen en nu staat er ook nog bij 'is het logisch?'. [...]. En dat is best wel handig lijkt me.
	Dus ik heb het volgens mij denk ik [...] wel een of twee keer gezien bij natuurkunde, toen heb ik het een paar keer goed doorgelezen en nu heb ik dat ook achter in mijn hoofd zitten dit schema. Waardoor ik altijd nadenk in soort van dit schema bij antwoord geven.
	Hij is een stuk duidelijker dan dat vijf stappenplan.
	Want inderdaad sinds de tweede hebben we al die stapjes geleerd, maar dit is een stuk uitgebreider. Dus dit systeem heb ik eigenlijk altijd wel in mijn hoofd zitten en ook al hoeft het nu volgens mij niet per se op deze manier [...] doe ik het meestal toch omdat het toch duidelijker is.
	Ik vind het toch fijn om overzichtelijk te hebben wat heb ik? Wat moet ik uitrekenen? En hoe moet ik dat doen enzo. Meestal schrijf ik dat alsnog zo op.
	Ja dat vond ik wel fijn en wat Leerling C ook zei met het geeft een heel goed overzicht. Dat is heel fijn. Door al die stapjes op te schrijven.
Neutraal	Nou dit hebben we eigenlijk al een beetje sinds de tweede aangeleerd, dat je in die vier of eigenlijk vijf stappen, begint met wat heb je? Wat moet je gebruiken? Wat moet je uitrekenen? En zo gaat het door. Dus ik heb hem wel doorgelezen en ik heb het in mijn achterhoofd gehouden, maar ik heb er niet echt naar gewerkt omdat het al een beetje in ons systeem is gebracht doordat we het eerder al soort van hebben aangeleerd. Dus niet echt actief echt in de les mee gewerkt, maar wel in mijn achterhoofd gehouden.
	Ik denk dat het wel gewoon al, ik bedoel als je een som maakt, dan kijk je automatisch al naar wat heb je voor informatie? Wat moet je vinden? En uiteindelijk meestal als ik een toets heb en ik heb tijd om het daarna nog even kort door te nemen, dan doe ik dat. Dus eigenlijk doe je al [...] alle stappen, want je bedenkt ook van hoe kom ik tot dat antwoord.

Negatief	Dus ik denk dat het een soort automatisme is, maar ik denk niet dat je echt het werkblad gebruikt omdat het voor mij voelde alsof ik dan meer werk deed dan nodig was.
Overzicht wiskunde	
Positief	Maar ik weet nog dat ik het best wel ingewikkeld vond om te lezen en de overeenkomsten te zien en de theorie van wiskunde zegmaar goed afgebeeld in mijn hoofd te krijgen. Dus toen ik dit had gelezen was het wel een stuk duidelijker, waardoor eigenlijk alles een stuk beter ging.
	Dus ik had het niet niet nodig zegmaar. Het was heel fijn dat het er was voor overzicht weer en duidelijkheid in de verschillen.
	Ik heb ook heel vaak dat als ik dan ga leren voor een toets ofzo, dan vind ik het best wel moeilijk om gewoon het boek te pakken en daar doorheen te kijken en los gewoon nog een keer de theorie door te lezen. Dus dan vind ik het wel heel fijn als je zo'n soort blaadje hebt, zo'n soort schema die je dan, wat gewoon een overzicht is [...]
	[...] wat je ook even naast je kan leggen als je nog niet zo goed bent en opdrachten aan het maken bent, zodat het ook steeds sneller gewoon in je hoofd blijft zitten. Dat vind ik wel heel prettig.
	Ik heb het wel echt best wel intensief gebruikt, ik heb ook allemaal aantekeningen erop gemaakt en het heeft me wel echt geholpen.
	[...] ik heb niet echt het gevoel dat het noodzakelijk is om het te begrijpen, maar het heeft het wel echt heel erg verduidelijkt de verschillen en het vergemakkelijkt ook best wel veel qua overeenkomsten.
	Dus ik vond het wel fijn om duidelijk in één a4tje één overzicht te hebben van dit hoort daarbij, dit hoort daarbij, het was heel duidelijk voor mij geworden.
	[...] het was heel fijn dat die duidelijkheid werd gecreëerd en dat hoewel er overeenkomsten zijn, is er toch een duidelijk verschil en dat dat even aangegeven werd.
	[...] ook door dat werkblad, wordt het wel heel erg verduidelijkt dat, ik heb meestal wel dat het een beetje gaat mixen qua stof, dat je in je hoofd denkt, oh dit hoort bij wiskunde, maar dan zit je in natuurkunde, of andersom en dan gebruik je bij wiskunde natuurkundeformules en dat mag natuurlijk niet, dus ik vond het ook wel fijn dat het werkblad dat je daar dan verschil in had.
Neutraal	Ik vond het fijn om te hebben in het begin, maar ik heb er niet heel veel mee gedaan. Ik volgde gewoon vooral theorie uit het boek [...] ik zie niet echt zegmaar natuurkunde en wiskunde als een gemeenschappelijk vak dus de theorie zat ook echt in verschillende vakken in verschillende delen van mijn hoofd, [...] dus daardoor maakte het mij ook niet heel erg uit dat ze ongeveer dezelfde formules gebruikten omdat het toch als anders werd beschouwd voor mij.
Negatief	-

12. Evaluation quotes focus group 2 (students)

Code	Quotes Evaluatie (focusgroep 2)
Vak inhoud	
Overlap	Ik zou wel zeggen dat ze met elkaar te maken hebben, voornamelijk met dingen als krachten bijvoorbeeld berekenen, wat we het vorige hoofdstuk hadden, daar komt echt wel wat wiskunde B aan te pas.
	[...] ik denk wel dat ze met elkaar te maken hebben en dat wiskunde erbij handig is, maar ik denk dat je het opzich ook zonder kan doen omdat het meestal de makkelijkere kant is van wiskunde.
	Nou ik kan me vooral ook nog herinneren met de grafieken dat we gewoon, de logica, dat je bijvoorbeeld de een keer het ander moest doen, dat we dat dan ook eerder gehad hadden bij wiskunde, [...].
	[...] ook je hebt de delta nodig enzo en je hebt grafieken nodig.
	En dan vooral in de zin van berekeningen [...] met delta of met sinus en cosinus enzo. En hoofdstukken lijken soms aan het begin een beetje op elkaar dat was vooral bij, waar we ook dat werkblad over hadden gekregen, bij 'beweging in beeld' en 'de afgeleide'. Dan moest je telkens die snelheid-tijd-diagrammen tekenen en dat viel heel erg met elkaar zegmaar in één beeld.
	Verschil
Daar ben ik het ook wel mee eens. Want [...], je hebt bij wiskunde [...] je oefent sommetjes die je ook op je toets kan verwachten [...], terwijl bij natuurkunde heb je heel erg je oefent opdrachten om [...] echt de formule toe te passen terwijl als je dan in de toets zit krijg je al die formules door elkaar [...] terwijl als je bij wiskunde de toets maakt dan kan je gewoon precies voorbereiden op wat voor soort sommetjes je kan verwachten.	
[...] natuurkunde moeilijker omdat het abstracter is en ook omdat met al die, [...], componenten denk ik in al die verschillende formules dan moet je ook nog weten wat al die letters betekenen en dat is ook nog een hele extra stap die je er voor mij wel bij hebt.	
[...] je hebt de formules en [...] bij natuurkunde moet je ook grafieken enzo opstellen, wat bij wiskunde natuurlijk niet hoeft, en dan kan het zijn dat je de grafiek weer nodig hebt om opdrachten uit te rekenen en dat is toch wel weer als je zegmaar, je hebt een grafiek gekregen, dus of je moet kijken naar de x of de y-as zegmaar, dat je daar informatie vandaan moet halen, of je moet kijken aan de onderkant van de grafiek of je daar dan de oppervlakte van moet berekenen en dat is dan ook wel weer een vraagteken.	
[...] het hele idee van zoveel verschillende manieren waarop je natuurkunde kan gebruiken, ik weet niet, het sluit niet altijd aan.	
Maar bij wiskunde merk ik wel dat zegmaar je moet een grafiek opzetten en dan ben je klaar zegmaar, of je moet een lijn berekenen en dan ben je klaar, terwijl bij natuurkunde als je dan eenmaal die lijn of die grafiek hebt getekend, dan vragen ze nog door zegmaar. [...] terwijl bij wiskunde is het	

	dan okee, je zet hem op en dan ben je klaar en dan ga je door met de volgende opgave.
Didactiek	
Overlap	-
Verschil	<p>[...] bij natuurkunde is het veel formules en veel lezen en uit het lezen moet je de gegevens halen die je vervolgens moet gebruiken en bij wiskunde heb je heel veel meer stappenplannen die je kan gebruiken waarmee je dan vervolgens iets uit kan rekenen. Dus ik denk dat dat wel een groot verschil is voor mij.</p> <p>Ik denk vooral bij toetsen geven ze heel vaak dat je bepaalde gegevens krijgt, maar dan vragen ze een antwoord waarmee je een hele andere formule nodig hebt dan met de gegevens die je gekregen hebt en dan heb je bijvoorbeeld vier formules nodig om tot het eindantwoord te komen.</p> <p>[...] natuurkunde moet je echt dingen achter elkaar zetten, je moet zegmaar niet 1 of 2 formules gebruiken, maar echt drie en je moet ook extra informatie eruit halen, maar bij wiskunde is het meestal gewoon als je twee onderwerpen hebt dat ze zegmaar worden samengevoegd. Om een of andere reden vind ik dat makkelijker om zegmaar minder stappen uit te voeren dan bij natuurkunde wanneer je al die verschillende formules moet weten.</p> <p>[...] bij wiskunde heb je eigenlijk dat je leert dat je bepaalde dingen kunt krijgen en je leert zegmaar elke kant ervan bij wiskunde, dus als je deze krijgt, moet je dit doen en als je deze gegevens krijgt, dan moet je dat doen en bij natuurkunde moet je heel veel op de toets zelf gaan bedenken en leer je niet zegmaar alle situaties.</p> <p>Terwijl je bij wiskunde gewoon een paar gegevens krijgt en daarmee de berekening doet, waar je bij natuurkunde eerst ja nog andere dingen moet doen.</p> <p>Ik merk ook bij natuurkunde is het vooral heel veel toepassen, terwijl bij wiskunde leer je de stappen zegmaar en bij natuurkunde is het van je moet dit en je moet dat doen en dan krijg je voorbeelden en dan moet je zelf maar uitzoeken hoe het precies allemaal in elkaar zit.</p> <p>En het is ook inderdaad je moet precies uit de tekst halen welke formule je moet toepassen, welke dingen je moet gebruiken en hoe je het precies moet aanpakken.</p> <p>[...] bij wiskunde heb je vaker dat je gewoon een formule hebt geleerd, waar je die makkelijk mee kan berekenen, terwijl bij natuurkunde je heel vaak ook zelf iets moet bedenken wat met elkaar te maken zou kunnen hebben.</p> <p>[...] bij natuurkunde moet je dan weer de formule omdraaien, [...] bij wiskunde is het altijd heel makkelijk, je hebt het uiteinde en dan weet je gewoon [...] welke dingen je keer elkaar moet doen, terwijl bij natuurkunde is het dan of gedeeld door of keer elkaar, dan is het toch weer dan moet je een antwoord moet je dan in een andere formule zetten.</p> <p>[...] bij natuurkunde zeggen ze van okee, ik leg eerst de informatie uit maar dat is met de formules zegmaar en dan daarna moet je opdrachten gaan maken en dan moet je het toepassen. Terwijl bij wiskunde krijg je al bij de</p>

	<p>uitleg krijg je zegmaar al voorbeelden over hoe je het moet doen en hoe je het moet toepassen en dan is het heel makkelijk om die opgaves te maken, [...].</p> <p>Ja ik ben het heel erg eens [...] dat het echt ligt aan de docent ook.</p> <p>En ook bij wiskunde vind ik het heel fijn dat we een starter doen en dan instructie en dan wordt het ook heel vaak gecombineerd, die twee dingen. Of dan komt het terug in elkaar, of terug in het vorige deel. En bij natuurkunde gebeurt dat eigenlijk niet echt.</p> <p>En bij natuurkunde is het ook vaak dan doe je wel een opdracht na de uitleg en dan daarna krijg je de echte opdrachten, dan ga je het wel een klein beetje nabespreken, alleen die oefenopdracht is dan supermakkelijk en dan het huiswerk helemaal niet en dan snap ik het nog steeds niet het huiswerk zegmaar, dus dat maakt het wel moeilijker.</p> <p>Terwijl je bij wiskunde gewoon heel duidelijk gegeven krijgt wat je moet berekenen, hoe je dat moet berekenen en dat leer je ook zegmaar in de lessen. Bij wiskunde leer je precies wat je moet doen.</p>
Planning	
Overlap	-
Verschil	-
Context	
Overlap	-
Verschil	<p>[...], het verschil is dan dat je bij wiskunde echt alleen leert om iets te berekenen en bij natuurkunde [...] heb je echt een heel verhaal eromheen ofzo, waar je dan zelf iets uit moet halen en dan de berekening pas moet doen.</p> <p>Ik denk ook dat met natuurkunde heb je de hele tijd verhaaltjessommen [...] dat is waar het irritante in ligt. Dat we iedere keer onze informatie daarin moeten gaan opzoeken met de situatie en wat het nou allemaal precies betekent en dat heb je niet bij wiskunde. Dat is gewoon abstracter, simpeler.</p>
Suggesties	
	-
Stappenplan natuurkunde	
Positief	<p>Ja ik vond het zelf heel erg handig als ik heel eerlijk ben want in het begin zei mijn docent van okee we gaan het toepassen en toen zat ik een beetje van oh waarom dan, dat is toch helemaal niet handig want dan moet je dat elke keer gaan opschrijven en dan wordt het juist heel chaotisch. Maar ik merkte dat zodra ik het ging toepassen en vooral in het begin je gegevens opschrijven, was dat vooral echt heel erg handig want je hebt alles op een rijtje staan en je weet precies wat je moet doen en je krijgt gelijk een overzicht van okee dit is wat ik heb gegeven, dit zijn de gegevens, dit is wat ik nodig heb [...]</p> <p>[...] en dan kan je al heel snel opmaken van okee welke formules heb ik nodig en dat was al zeg maar best wel een stap in de goede richting om te zorgen dat ik goeie berekeningen ging maken zegmaar, terwijl als je alles</p>

	heel erg onoverzichtelijk in een tekst hebt staan dan heb je veel minder overzicht over hoe je het gaat aanpakken en hoe je het moet doen.
	[...] ik vind het er wel heel duidelijk uitzien en ik denk dat het wel heel erg kan helpen met de opdrachten waar we het net over hadden waarbij je hele andere gegevens krijgt, dan kan je duidelijker voor jezelf maken welke formule je dan nodig hebt.
	Dus dat gebruik ik eigenlijk al sinds dat ik natuurkunde heb en ik vind het echt heel erg handig, ja dat maakt het een stuk overzichtelijker [...] en dan kan je ook al je punten goed halen.
	En het geeft inderdaad heel erg aan waar je je punten mee kan scoren, [...] als je alles van dit opschrijft, dan weet je al heel snel van ik heb alles opgeschreven wat zegmaar in dat rijtje hoort en dan ben je dus al vrij zeker van ik mis niks.
	Ik denk eigenlijk dat het meest voordelige eraan is, is dat we het nu ook gewoon hebben tijdens de opgaven, want inderdaad de gegevens opschrijven als eerste is iets wat mij persoonlijk heel erg helpt en ik doen dan niet alle stappen, ik schrijf niet op wat er nou wordt gevraagd en de reflectie duurt bij mij bijvoorbeeld maar heel erg kort, maar het is wel fijn om gewoon een herinnering te hebben zegmaar als je sommen aan het maken bent.
Neutraal	Ja ik vond het oude stappenplan wel iets fijner, want ja ik weet niet, dat waren vijf stappen en ik weet niet, dat zat natuurlijk al in mijn hoofd, dus misschien was dat gewoon logisch, maarja, ik weet het niet zo goed.
Negatief	-
Overzicht wiskunde	
Positief	Ja eigenlijk vond ik het echt super duidelijk dat we dit erbij konden houden want dan haalde je het veel minder door elkaar merkte ik zelf omdat we ook bij beide vakken met hetzelfde hoofdstuk zegmaar of dezelfde theorie bijna bezig waren.
	En dan kon ik tijdens de opgaven maken kon ik gewoon even kijken op het blaadje van okee ben ik nu bij wiskunde of bij natuurkunde, wat heb ik nodig, wat moet ik doen, welke formule moet ik gebruiken, want dat vond ik ook fijn, dat die formule erop stond. En ik heb het echt wel veel gebruikt tijdens het maken van de opgaven.
	Want ik vind het eigenlijk wel heel fijn inderdaad de overeenkomsten, die dus opnieuw in de middelste zit is wel echt iets wat ik om een of andere reden de eerste keren gewoon niet zag. Maar het is zoiets duidelijk dat ik het toch wel fijn vond om te hebben.
	Eigenlijk vond ik het fijnste hieraan de middelste en ik heb hem eigenlijk gewoon aan het begin van het jaar bekeken en toen heb ik hem later, delen ervan in samenvattingen verwerkt.
	Het is gewoon het hele ding dat ik bij natuurkunde was het om een of andere reden dus de eerste keer ging het gewoon echt niet mijn hoofd in van oh delta x delta t alleen toen zag ik het zo naast elkaar want delta y delta x staat echt in mijn hoofd zegmaar ingebrand en toen snapte ik het opeens.

	Dus het is niet dat ik het er per se naast heb gehouden, zegmaar met de sommen zelf, maar het hielp gewoon om het een keer te zien en toen dacht ik van oh, ooh, natuurlijk.
Neutraal	[...] het was wel zegmaar toen ik hem zag was ik wel van oh dit vind ik wel handig, maar omdat ik zegmaar al heel erg wist wat ik moest doen bij wiskunde was ik niet heel erg van oh ik heb dit nodig [...] Dus het was handig om zegmaar erbij te hebben maar het is niet dat ik hem echt heb toegepast bij dingen, dus ik heb hem niet per se nodig gehad.
	Ja, precies. Aan het begin was het vooral van okee dus dit is waar we het over gaan hebben en daarna kwam mijn docent die heeft het ook op een manier uitgelegd waarvan ik denk van okee dat is duidelijk, dus ik had dit blad niet meer nodig zegmaar.
	Maar het is wel handig om het eventjes een keertje te zien, maar het is niet dat ik het bij de opgaven zou gebruiken. Ja om het eventjes te vergelijken en te bekijken is het handig, maar het hielp mij verder niet heel erg.
Negatief	Nou ik had juist helemaal niet, ik heb toen we het kregen heb ik het wel eventjes bekeken, maar ik had eigenlijk best duidelijk gewoon al in mijn hoofd wat bij welke hoorde en ik vond niet per se dat het heel erg hielp dat het nog een keertje naast elkaar stond, dus ik heb het niet echt gebruikt.
	Ja ik heb het eigenlijk helemaal niet gebruikt. Ik heb er een paar keer naar gekeken, [...].

13. Evaluation quotes interview (physics teacher)

Code	Quotes Evaluatie (Natuurkunde Docent)
Vak inhoud	
Overlap	-
Verschil	-
Didactische elementen/aanpak	
Overlap	-
Verschil	-
Planning	
Overlap	-
Verschil	-
Context	
Overlap	-
Verschil	-
Suggesties	[...], alleen ja achteraf dacht ik wel ja zouden we zo iets ook niet op een bepaalde manier toch visueller kunnen maken, dan het zo te doen.
	[...] als er bijvoorbeeld ergens staat, ik noem maar wat, 'gebruik de juiste symbolen', in plaats van dat zo op te schrijven, dat je ook daadwerkelijk bijvoorbeeld een symbooltje laat zien, gelijk dat een leerling die link kan leggen. 'Maak een schets', doe een voorbeeld schets waarin je alvast laat zien 'waar moet ik rekening mee houden bij het maken van zo'n schets?'. Dus dat je het aan de hand van plaatjes, bijvoorbeeld dat je het stappenplan veel duidelijker zou kunnen maken. Want dan is het niet, komt het misschien op de leerlingen niet over als gelijk zo'n hoeveelheid tekst waar ze dan iets mee moeten.
	[...] dat stimuleren van leerlingen om ook daadwerkelijk zo'n stappenplan te gebruiken, dat is de grootste hobbel. Dat zij het inderdaad echt gaan zien als een hulpmiddel in plaats van als een verplichting.
Stappenplan natuurkunde	
Positief	Maar in de kern, wat het stappenplan, de oplosstrategie die het stappenplan biedt, die klopt, die is goed. Dus het kan leerlingen wel helpen.

	<p>Wat ik wel leuk vond, is dat [...], zag ik ook terugkomen op de toets, de laatste toets die ze hebben gemaakt, is dat leerlingen bijvoorbeeld wel veel meer met schetsjes zijn gaan werken, dus dat ik veel meer tekeningetjes terug zag komen. En, dus dat was wel iets positiefs.</p>
	<p>Nogmaals, ik heb er in eerste instantie natuurlijk kritisch naar gekeken, ik denk dat het in de kern de onderdelen bevat die het moet bevatten.</p> <p>Maar ze daar meer de vrije keuze in te geven, maar ik heb regelmatig toen er nog fysieke lessen waren, gezien dat leerlingen wel ermee bezig zijn geweest.</p> <p>En wat me dus [...] opgevallen is, is dat leerlingen wel veel meer inderdaad met die plaatjes zijn gaan werken en het voor zichzelf op die manier visueler maken en dat is uiteindelijk, als het gaat om de link tussen wiskunde en natuurkunde, waar het om gaat, het is voornamelijk wiskunde in context. Daarbij is het belangrijk dat je als leerling, maar niet alleen als leerling, maar dat geldt voor iedereen, dat je de situatie dat je die kunt visualiseren en dat doe je gewoon simpelweg met behulp van een tekening.</p> <p>[...] ik ben er zelf van overtuigd dat zo'n oplosstrategie dat dat werkt en dat geldt niet alleen voor middelbare scholieren, dat geldt ook voor als je op de universiteit zit. Want daar gaan de natuurkundeboeken bieden ook bij allerlei problemen, bieden ze stappenplannen aan van hoe moet je het probleem oplossen? En dat zijn dan misschien ingewikkeldere problemen, maar in de kern komt het op hetzelfde neer, dat je een ordening krijgt in de gegevens die zijn aangereikt.</p>
	<p>En zeker met het oog op examens is dat gewoon een belangrijke vaardigheid, daar biedt dat stappenplan, mijns inziens, wel kan het wat bieden, ja.</p>
Neutraal	-
Negatief	Dat was opzich goed gelukt, maar ik merkte ook meteen die les toen ik het stappenplan

	<p>ook aan die leerlingen heb geïntroduceerd en heb uitgedeeld, dat je meteen wat weerstand krijgt, want ze krijgen toch weer zo'n lap tekst en ze denken 'iehl wat moet ik er allemaal mee?', het is veel, moet ik me er allemaal aan houden. [...] de eerste indruk bij leerlingen is dat ze het niet gaan zien als hulpmiddel, maar dat ze dat gaan zien als regeltjes die ze moeten volgen.</p>
	<p>Dus dat was wel een beetje het probleem. En ik heb het stappenplan, als ik er nu naar kijk, dan kan ik me daar nog steeds wel iets bij voorstellen, dat het te veel tekst is.</p>
Overzicht wiskunde	
Positief	-
Neutraal	-
Negatief	-

14. Evaluation quotes interview (mathematics teacher)

Code	Quotes Evaluatie (Wiskunde Docent)
Vak inhoud	
Overlap	-
Verschil	[...] wij hebben natuurlijk een differentiequotient wat je ook met een functie kan berekenen, dus met de $f(b) - f(a)$, nou dat is dan natuurlijk iets heel nieuws, dat hebben ze natuurlijk niet bij natuurkunde. Bij natuurkunde is het eigenlijk allemaal benaderen en aflezen...
	Ja [bij natuurkunde] alle gegevens halen uit de grafiek, dus ofwel punten aflezen ofwel lijntjes trekken en op die lijn punten aflezen.
Didactiek	
Overlap	-
Verschil	Dat vind ik wel jammer. Dat ze het heel erg binnen hun kader houden in plaats van dat ze zeggen hee maar dit is eigenlijk een stukje wiskunde wat je hier bij natuurkunde gebruikt.
	[...] maar daar werd het compleet alleen maar toegespitst bij natuurkunde datgene waar ze op dat moment daar mee bezig zijn zonder te zeggen van hee maar dit is gewoon eigenlijk een algemeen wiskunde onderwerp wat hier gebruikt wordt.
	Ja, andersom natuurlijk ook he dat wij niet vaak genoeg zeggen van joh dit soort dingen wordt in dit soort andersoortige, he binnen de natuur- of scheikunde veel gebruikt.
Planning	
Overlap	-
Verschil	-
Context	
Overlap	-
Verschil	-
Suggesties	Ik vond zelf het overzicht, doordat het op één a4tje zat, vond ik het persoonlijk wat te drukkelig, [...] het stond er wel heel duidelijk op, maar ik zou er zelf iets meer rust in zo'n overzicht willen hebben, maar dat is puur iets wat ik zelf fijn vind.
	Dus ik zou het wel [...], maar dat is puur gemakzucht, dat ik wellicht even nog een overzichtje had kunnen hebben of misschien ook de leerlingen van joh okee bij deze opgave. He als we nu bij wiskunde zitten, bij deze opgaves, okee zijn we dit aan het leren bij wiskunde en dat kun je dan een beetje vergelijken met deze stukjes vanuit de natuurkunde.
	Net iets meer echt een lesplan, [...] niet dat het nou niet gelukt is of dat ik het heel moeilijk vond, maar ik moest mezelf wel steeds triggeren even bij het voorbereiden ohja, okee we zitten nu in dit, even naar jouw overzichtje kijken, ohja dat moet ik dan steeds weer...
	Wat ik dan fijn zou vinden om te weten is nog iets meer achtergrond hoe ze het bij natuurkunde aan zouden pakken.
Stappenplan natuurkunde	

Positief	-
Neutraal	-
Negatief	-
Overzicht wiskunde	
Positief	[...] ik vond het ten eerste er heel netjes uit zien, overzichtelijk.
	Wat ik zelf leuk vond, was dat ik zelf ook enig idee kreeg hoe ze het bij natuurkunde aanpakken. Want eigenlijk, dat beeld had ik niet.
	[...] ik bekeek het echt vanuit het wiskundige en natuurlijk ken ik wel het natuurkundige erachter, maar ik wist dus niet hoe ze dat bij natuurkunde aanpakken en ik vond het wel enigszins verhelderend, puur voor mezelf, dat ik dacht ohja, okee dus dit is wat ze bij natuurkunde doen.
	Ik heb het dus ook [...] in mijn lessen af en toe naar verwezen. He, dat ik zei van ohja kijk wij doen nu dit, he wij noemen het delta y gedeeld door delta x en bij natuurkunde noemen ze het de verticale verplaatsing gedeeld door weet ik veel de tijd ofzo, en heel af en toe zeiden leerlingen ook 'ooooohja, ohja' he, dan ging er een kwartje of in ieder geval dan werd daar ook een linkje gelegd, dus ik zag echt wel dat de leerlingen er ook wel iets mee konden.
	Ohja wat ik vooral heel fijn vond was zegmaar dat je echt meer die gemiddelde toename dat je die gewoon echt heel erg kon terug herleiden naar gemiddelde snelheid.
	Bij natuurkunde noem je dat de gemiddelde snelheid en wij noemen dat gewoon het differentiequotiënt. En ehh ja, ik vond het wel heel fijn dat ze dus al bij natuurkunde het begrip raaklijn hadden gehad.
	Dat ik ook zei van joh okee, ja weet je nog bij natuurkunde ging je het ook een beetje benaderen, he dus dat ze wisten dat ze een raaklijn moesten tekenen en dat ze punten daarop konden zoeken en dat je dus bij wiskunde dat niet met een tekenen doet, maar het benaderen van twee punten die vlak bij elkaar liggen.
	Dus dat vond ik ook wel heel verhelderend voor de leerlingen.
	Maar wat ik al zei ik vond het ook echt heel leuk om eens de andere kant van het verhaal te zien en dus continu die overeenkomsten dan wel verschillen te kunnen benoemen.
	Want het wordt er daardoor wel wat ehh... Het krijgt iets meer betekenis.
	Dat gevoel kreeg ik wel. Ik kreeg dus wel het gevoel doordat ik het linkte aan datgene wat ze bij natuurkunde krijgen, dat het iets meer betekenis heeft gekregen, want dit is nou eigenlijk juist wel een onderwerp wat gewoon heel veel betekenis kan hebben, wat echt wel relatief makkelijk een toepassing kan zijn. En dat is dan weer het jammere dat ze bij wiskunde B daar dan weer iets minder aandacht op vestigen.
	Dus ik denk dat het door het zo te koppelen wat ik zei het gaat iets meer leven.
En er waren zeker een aantal leerlingen die dus he, [...], echt zeiden ooooohja, oh wat leuk, oh wat grappig, ohja, oh ja nu snap ik het iets meer, of nee ze zagen vooral de link dat we bij wiskunde iets gingen doen wat ze dus eigenlijk al wel een beetje wisten.	

<p>Neutraal</p>	<p>[...] ik moest wel de leerlingen er zelf steeds op attenderen van joh he pak even dat vergelijkingsblad... dus ze gingen niet uit zichzelf op dat formulier of die handleiding of hoe je het ook noemen wil. Ze pakten het niet uit zichzelf erbij. Dus dat vind ik wel, ja niet gek, absoluut niet gek want ze zitten bij wiskunde, dus ze focussen zich gewoon op de sommetjes.</p> <p>Dus het kwam niet uit hunzelf dat ze het erbij pakten. Als ik zei van joh kijk er nou eens naar dan deden ze dat wel, dus ik had niet het idee dat er aversie tegen was ofzo, dat ze dachten van hee nou dit is echt heel stom of daar kan ik helemaal niks mee of dit snap ik helemaal niet.</p> <p>[...] leerlingen hadden geen aversie tegen. Ik heb er ook totaal geen aversie tegen gehad, nou het kost me iets meer voorbereidingstijd om gewoon even goed te denken ohja hoe leg ik die link, ook omdat ik natuurlijk de natuurkunde niet precies weet hoe ze daar ermee omgaan. Dat vond ik dan net even wat jammer, maar het heeft me totaal niet belemmerd ofzo.</p>
<p>Negatief</p>	<p>Heel eerlijk vond ik het zelf af en toe wat ehh dat ik dacht ohja ik moest echt wel nadenken bij het bespreken van mijn lessen dat ik dacht ohja ik moet wel steeds die terugkoppeling maken naar dat natuurkunde.</p>