

Using scaffolded IBL to foster autonomous motivation of high school students within a physics practical

Key concepts: Scaffolding, inquiry based learning, Self-determination theory, basic needs theory, relative autonomy index, autonomous motivation, motivation profile

Name student: Arjen Postma

Supervisor: Ralph Meulenbroeks

Utrecht University

09-2020

04-2021

Abbreviations

PLOC = Perceived locus of causality

SDT = Self-determination theory

DI = Direct instruction

IBL = Inquiry based learning

CAR = Competence, Autonomy, Relatedness

ISP = Ioniserende stralen practicum (ionizing radiation practical)

IM = Intrinsic motivation

RAI = Relative Autonomy Index

QSG = Quick start guide

SRQ-A = Self-regulation Questionnaire-Academic

Abstract

The motivation of high school students towards science has been declining significantly over the past decade. This study investigates quantitatively what the effects of guided are IBL on the motivation profile of high school students, when compared to a DI variant of the same physics practicals around ionizing radiation. Previous research on the same practical demonstrated the importance of scaffolding in the IBL context for supporting the perceived competence of the students while retaining their sense of autonomy.

Using convenience sampling, four different types of motivation (extrinsic, introjected, identified and intrinsic) were measured on DI (N=173) and IBL (N=176) variants of the practicals, with a pretest and posttest based on the SRQ-A questionnaire. On the basis of the different types of motivation, the Relative Autonomy Indexes were calculated. The gain in autonomous motivation is described as the difference in the RAI from pretest to posttest.

Results proved that the motivation profile of students who performed an IBL practical do not change significantly ($p = .159$) in comparison to DI when the whole data sample is analysed together. However, when taking into account the different approaches for the ISP, a significant difference in the gain of autonomous motivation in favour of IBL is found. Students with both no prior preparation for the practical and no assessment for their work, show a significant preference for IBL ($p = .009$). Additionally, students with enough time to perform their practical are more autonomously motivated for IBL ($p = .036$).

The results show that the approach in terms of preparation, time constraints and assessment of the practical is decisive for a significant change in the motivation profile to become evident. This significant preference for IBL is predominantly caused by a significant decrease in the external regulation in case of no preparation and no assessment ($p = .004$). Students who have no time constraints are also significantly less externally regulated ($p = .043$).

Introduction

The attitude towards science of fifteen year old students from the Netherlands has declined significantly over the last twelve years. This decline in the Netherlands has even led to one of the lowest scores of students' attitude towards science in Europe and the world (OECD, 2016). According to Ryan and Deci (2000), a person is intrinsically motivated when he or she is doing an activity for its inherent satisfactions. Additionally, this implies that the person is eager to know more about a specific topic. Attitude is described as the interest of students for learning about different topics from their own interest and therefore is closely related to intrinsic motivation (IM) (Sjøberg & Schreiner, 2010). Potvin and Hasni (2014) demonstrated this decline in interest, motivation and attitude toward science has been found as well. The decline is especially visible in students who make the transition between elementary school to secondary school (grade 6 to 7).

The mentioned crisis around the motivation for and attitude of students towards science could in theory be remedied by stimulating students' autonomous motivation. Motivation is a multi-faceted concept and can be described as a spectrum within the Self-Determination Theory (SDT) (Ryan & Deci, 2000). The central distinction in motivation is autonomous motivation versus controlled motivation (Ryan & Connell, 1989). The Perceived Locus Of Causality (PLOC), refers to the extent to which individuals perceive their own actions as a result of either external (controlled) or internal (autonomous) reasons (Turban et al., 2007). The most autonomous type of motivation is intrinsic motivation. Intrinsic motivation is the force that shapes what humans want and will learn and comes from the learner itself (Deci & Ryan, 2010). This translates to interest, enjoyment, active participation and self-regulation in and outside the classroom (Ryan & Deci, 2000). Extrinsic motivation is the most controlled type motivation where autonomy is the least at play.

By using proper motivators, autonomous motivation can be stimulated, with intrinsic motivation being the most autonomous. A large body of research has shown that the facilitating of intrinsic motivation has beneficial effects on both learner well-being and academic results (e.g., E. Deci & Ryan, 2017; Edward L. Deci & Ryan, 2010; Niemiec & Ryan, 2009; Ryan & Deci, 2000). Despite the conclusions of these studies, intrinsic motivation is not always stimulated in education. Many teachers use extrinsic motivators, such as threats, punishments or receiving extra points for a test as a method to get a student to work. Harde & Reeve (2003), Vallerand, Fortier & Guay (1997), shows that students who are extrinsically motivated are more likely to stop their education and not to pursue their careers. This adds to the importance of fostering intrinsic motivation in students.

Despite these promising hypotheses, directly instructed (DI) teaching styles are still widely used in physics education, and also in practicals. This way of teaching is teacher-directed. The control and direction of the teachers starts with choosing the specific learning tasks for the students. During the class, the teacher explains the theory and presents some examples of how problems should be solved (Joyce et al., 2000). The effect of this way of learning is that critical thinking, problem solving and decision making skills are not stimulated. Instead, students learn from memorization and recitation techniques (Carnine et al., 2004; Vlassi & Karaliota, 2013). This form of education stimulates the perceived level of competence by explaining the theory from beginning to end. Moreover, students get explained how to work out an exercise. However, the perceived amount of autonomy is significantly less supported.

This teaching style differs from inquiry based learning (IBL). With IBL the teachers presents a problem to the students. In order to be able to solve this problem or explain what happens, the students need some kind of information that has not been introduced in the previous lessons. The students have to gather this information by doing research on their own with help of the teacher (Capps & Crawford, 2013). With IBL the students will be more conscious of the importance of problem solving, in comparison to DI. With IBL students are invited to investigate and analyse a problem with a problem-solving approach and students get trained to solve the problem based on the received data. This is one of the benefits of IBL in comparison to direct instruction (DI) (Bruder & Prescott, 2013; Yuliati et al., 2018). Additionally, the student will be more freely to choose what to do and how to approach a problem. Creating an IBL setting therefore highly supports the students' sense of autonomy. And by following the SDT (Ryan & Deci, 2000) a theoretical link between IBL and the motivation spectrum can be created.

According to the SDT (Ryan & Deci, 2000) the three basic needs should be catered for, in order to be able to stimulate the autonomous motivation of a human. These three basic needs are competence, autonomy and relatedness (CAR). The SDT states that all people, no matter their age, gender, socioeconomic status, nationality or cultural background strive to personally develop and achieve these needs (E. L. Deci & Ryan, 1985; Reeve, 2012). Turning to possibilities to support CAR in science education, by introducing IBL in a learning-environment, students have (a degree of) control on their own process and how they want to understand the problems they are facing (autonomy). Because of this students are picking theoretical tasks that lie within their field of proximal development (competence) (Chaiklin, 2003; Vygotsky, 1980). Relatedness is facilitated in IBL as well because the students are learning within a social context: students are not only in contact with and receive peer-feedback from their fellow students but also receive feedback from their teacher.

Previous research has primarily focused on whether or not IBL has a positive effect on the conceptual understanding or academic results (Furtak et al., 2012). These benefits mainly focus on the fact that IBL makes sure the students know how a theory can be used within a problem solving context. Additionally, research has shown that IBL accomplishes deeper learning (Froyd, 2008; Hake, 1998). However, research that directly investigates the link between IBL and motivation is noticeably less extensive.

Several preliminary studies have tried to improve the students' intrinsic motivation on science education with the help of IBL practicals. The first quantitative study showed a significant effect on the IM of students by introducing IBL in a physics practical (Nooijen, 2017). Later and more extensive quantitative work however, failed to replicate this effect (Nikandros, 2020; Van Asseldonk, 2019). By looking at the way IBL supports the three basic needs (autonomy, competence and relatedness), it was found that IBL in these practicals increased the feeling of autonomy, but decreased the feeling of competence. Hence, no change in intrinsic motivation was found and just integrating IBL in a classroom does not appear to affect the intrinsic motivation (Blekman, 2020; Nikandros, 2020). The most recent study has attempted to prevent the decrease in perceived competence by implementing scaffolding to the IBL task. This study suggests that proper scaffolding indeed increases the level of autonomy without decreasing the level of competence in IBL physics practicals (Meulenbroeks & Reijerkerk, 2020).

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

The present study will further look at the question if IBL, with proper use of scaffolding, has a significant positive significant effect on the autonomous motivation on high school students. The context of this study is the Ionizing Radioation Practical (“ioniserende stralen practicum”(ISP)).

Scaffolding is implemented in these IBL practicals by providing a student worksheet and quick-start-guides for the instruments. To asses if this form of IBL has an effect on autonomous motivation, the following research question has to be answered:

To what extent does IBL with proper scaffolding affect students' motivation profile in a physics practical, in comparison to the direct instruction variant?

Theoretical background

Self-determination theory and the basic needs theory

The self-determination theory (SDT) (Ryan & Deci, 2000) is a macro theory about motivation, consisting out of six mini-theories. These theories were created in order to be able to explain several motivational phenomena. According to Reeve (1991), motivation is a feeling that energizes and directs behaviour. The energy gives strength, intensity and persistence to behaviour. Direction gives purpose and goal-directedness to behaviour. A lot of aspects influence the motivation of a person, such as emotions, cognitions, needs and environment. Reeve (2012) states that motivation is equated with students' psychological need of satisfaction. Students, who act with a sense of competence, autonomy and relatedness during a learning activity, experience a high level of intrinsic motivation. These three needs are described as the basic psychological needs in the basic needs theory. Every human being strives to achieve these psychological needs (E. L. Deci & Ryan, 1985; Reeve, 2012).

Deci (1975) explains competence as the need of being successful and feeling confident and effective in relation to whatever it is you are doing. A person who expects to successfully complete a task and exercise its capacities, experiences a high level of competence. By doing so this person wants to seek out and overcome environmental challenges.

According to Reeve, Nix and Hamm (2003) autonomy is the psychological need to have the idea to be in control of your own process. This process could be school related, but could also mean a person is in control of their own process in society. Being autonomous for student's means to be in control of its own learning by making its own choices, have the sense of psychological freedom and experience effect of these choices.

Relatedness is the need to establish close emotional bonds and secure attachments with others. It is closely related to the feeling to be accepted, have the idea to be connected to others and feel like you belong to various groups that are important to you. Being connected to others can be described in the extent to which a person is authentic and caring with others (Ryan, R, 1993).

These three psychological needs directly affect the type of motivation, as well as the intrinsic motivation. Furthermore, the three basic needs regulate the tendency to seek out novelty, pursue optimal challenge, exercise and extend their capabilities, explore, and learn (Reeve, 2012). Because of the inseparability of motivation and the three psychological needs, the basic needs theory contributes to the overarching theoretical framework of the SDT. Additionally, the three needs provide the basis for predicting a priori which aspects of the class-room environment will be supportive versus undermining of students' engagement—namely, those conditions that affect students' perceptions of autonomy, competence, and relatedness (Deci, Koestner, & Ryan, 1999). Because of this the basic needs theory, one of the mini-theory of the SDT, will be the focus of this research in order to measure the degree of intrinsic motivation of high school students.

Intrinsic motivation

Ryan and Deci (2000) described the different types of motivation with its features per type of motivation. In this research three types of motivation are distinguished: amotivation, extrinsic motivation and intrinsic motivation. The more autonomous the type of motivation is the more it is to the left of the spectrum. The rate of the three basic needs a person experiences directly influences the type of motivation according to Deci and Ryan (2000). Figure 1 shows the different types of motivation and the amount of autonomy that is paired with that type of motivation.

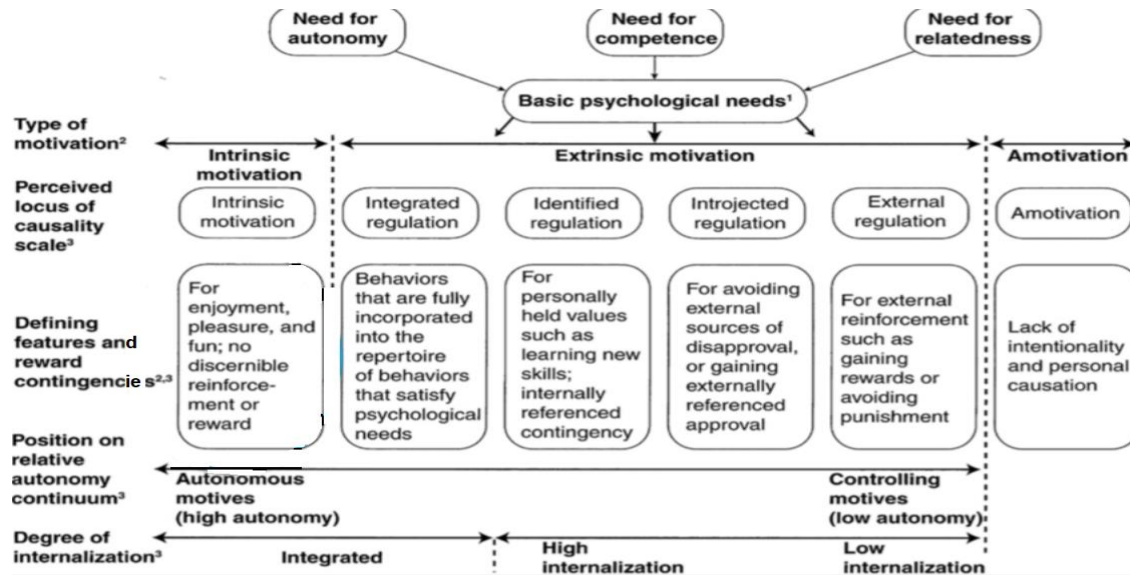


Figure 1: spectrum of motivation (Ryan & Deci, 2000)

Amotivation is described as disgust towards starting and completing a given task. This is because of not valuing an activity (Ryan, 1995), not feeling competent (Bandura, 1986) or not gaining any joy out of the task.

Extrinsic motivation is sub-divided in four types of motivation, all suggested to be driven by external sources. For example, a person who is externally regulated is working on a task for gaining rewards or avoiding punishment. No inherent joy is obtained out of the task. The most autonomous form of extrinsic motivation is integrated regulation. Integrated regulation can be described as behaviour is fully integrated into personal values and beliefs, such that the action is accepted or owned as personally important (Ryan & Deci, 2000). This type of motivation has a lot of the same qualities as intrinsic motivation. The difference is that intrinsically motivated behaviour is executed explicitly for enjoyment, pleasure and fun. The person is fulfilling a task exclusively because of joy. No reward or someone else's interests is connected to this behaviour.

In between integrated regulation and external regulation are identified regulation and introjected regulation. Introjected regulation is a relatively controlled form of regulation, in which behaviours are performed to avoid guilt or anxiety or to attain ego enhancements such as pride. Put differently, introjection represents regulation by contingent self-esteem (Deci & Ryan, 1985). Regulation through identification is a more autonomous form of regulation. Identification reflects a conscious valuing of a behavioural goal or regulation, such that the action is accepted or owned as personally important.

Several studies have shown the effects of the three basic needs on intrinsic motivation (Deci & Ryan, 2017; Niemiec & Ryan, 2009; Vansteenkiste et al., 2010). Competence and autonomy are described as the two basic needs that have the most influence on intrinsic motivation.

The level of autonomy a student experiences, can be influenced by the type and amount of limits the student experiences during a task. Koestner *et al* (1984) found that the intrinsic motivation of a student drops as soon as the teacher is more in control. Whereas the measured intrinsic motivation increases when the student is more in control. According to Ryan and Deci (2000), the intrinsic motivation could be enlarged by effectance-promoting feedback and the absence of degraded feedback. It is important to mention that competence and autonomy depend on each other. That is why the student worksheet of Meulenbroeks and Reijkerkerk (2020) is designed in such a way that the perceived amount of autonomy is catered for while the amount of competence is kept high.

Relative Autonomy Index

The Relative Autonomy Index (RAI) is a method to assign a value to the motivation spectrum. This score says something about the degree of autonomous (intrinsic) or controlled (extrinsic) motivation (Grolnick & Ryan, 1989). The RAI can be calculated with (1)

$$RAI = 2 * intrinsic + identified - introjected - 2 * external \quad (1)$$

The four different construct can be measured with the help of the SRQ-A questionnaire. This questionnaire expresses each construct with a value ranging from 1 to 5. The average score on the different types of motivation are calculated and are plugged into the equation. The controlled subscales are weighted negatively and the autonomous subscales positively. Furthermore, external motivation is considered more controlled than introjected regulation and therefore is weighted -2. Similarly, intrinsic motivation is more autonomous than identified regulation and is therefore weighted +2 in the RAI. The higher the RAI score is, the more autonomous the students feels while participating in an exercise. The RAI can differ from 15, which is fully autonomous, to -15 which corresponds to a completely controlled feeling.

Inquiry based learning

With inquiry based learning (IBL) the teacher is not the main source of information for the students. The idea with IBL is that the teacher collaborates with the students to achieve the students' goals. It is also describes as 'student-centered' or 'active learning'. With direct instruction the teacher tells a story about a specific topic. However, with IBL the students are actively and intentionally working on a given problem. The students are more autonomous because they are invited to pose, investigate and answer question by themselves (*Inspired Teaching*, 2008). Besides autonomy, competency is facilitated in IBL as well. Students can choose what problems to face and pick their own approach of solving the problem. This ensures that learners can choose problems within their level of skill, which gives the learner a feeling of competence (Chaiklin, 2003; L.S. Vygotsky, 1980). With IBL the learners are working in a social context. This means the learners are working together to complete a task. This provides a feeling of relatedness.

Several studies have shown improvement on the learning of students in science and other fields while implementing IBL (Ambrose et al., 2010; Capps & Crawford, 2013; Froyd, 2008; Hake, 1998; Prince & Felder, 2007; Springer et al., 1999). Additionally, IBL has been reported to provide a deeper engagement of the students (Ernst et al., 2017). By using IBL, students learn to pose difficult question and have the tools to find the solution for their own. Because of the fact the students learn to take ownership, they are actively aware of their own learning curve. These skills are not only useful for their time in high school and the study they want to pursue. According to Boekaerts (1999) these skills actually pertain to a 'lifelong learner', which also applies for their future career.

Capps and Crawford (2013) employ a matrix (appendix A), which describes to what extent the inquiry in a design is student or teacher-initiated (The National Research Council, 2000). Each aspect in this matrix has a 4 point scale. A 4 on this scale is fully student-initiated inquiry and a 1 corresponds to the most teacher-initiated form of inquiry. It is also an option to score a 0, which means there is not any sign of student-initiated inquiry, and thus this correlates to direct instruction from the teacher. The eight key aspects in the matrix are:

1. be involved in science-oriented questions;
2. design and conduct an investigation;
3. determine what constitutes evidence and collect it;
4. use this evidence to develop an explanation;
5. connect their explanation to scientific knowledge;
6. communicate and justify their explanation;
7. use tools and techniques to gather, analyse, and interpret data;
8. use mathematics in all aspects of inquiry.

According to the research of Nooijen (Nooijen, 2017), the ISP practicals have an overall score of 3 when the framework of Capps and Crawford (2013) is applied to find out the amount of teacher-or student-initiated inquiry. This score means that the IBL practicals in the ISP can be categorized as 'guided inquiry-based learning'.

Thus far, research mainly focused on the rate of understanding curriculum content and to what extent the academic success improves because of IBL (Edelson et al., 1999; Furtak et al., 2012; Gormally et al., 2009). Only a few small studies tried to research the link between IBL and intrinsic motivation, with only possible empirical links as a result (Crow, 2011; Gallagher et al., 1992). However with the three psychological needs of the SDT, a theoretical link between IBL and intrinsic motivation can be constructed. Van Asseldonk (2019) came up with a model (figure 2) that describes the theoretical link between IBL and IM.

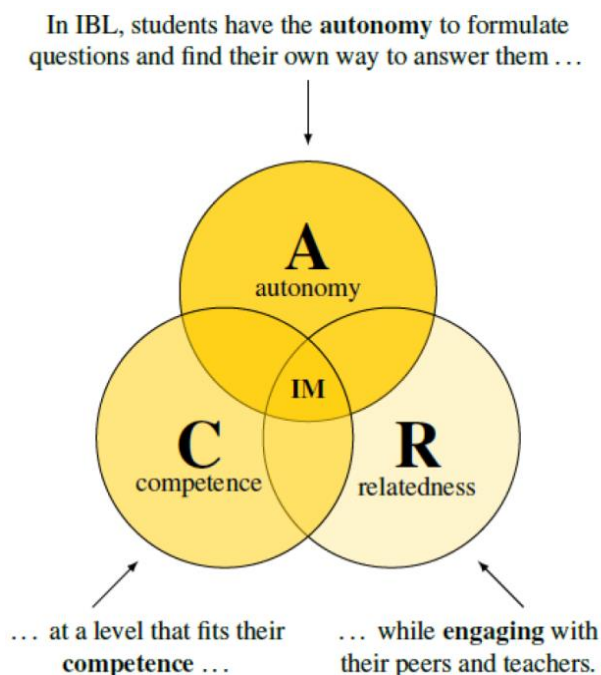


Figure 2: Hypothetical guiding frame of the effects that IBL have on the basic psychological need support

The three needs are catered for because a student can come up with his own question (aspect 1) and how to design and conduct that question (aspect 2). Along the way of the research they come up with a method to find evidence and an explanation for their posed question (aspect 3 and 4). These aspects ensure the perceived feeling of autonomy. Additionally, the student is able to pose a question that fits their own level of competence which leads to a high sense of competence. This means that students' ownership makes sure the feeling of competence maintains. Relatedness is established by communicating and justifying the explanation the student came up with (aspect 6). This support of basic psychological needs theoretically fosters autonomous motivation, following the SDT framework (Ryan & Deci, 2000).

Scaffolding

Within IBL and other types of problem-based learning, guidance of students is being used in different forms. These styles of student's guidance, plus several other features of scaffolding that are important to implemented in inquiry-based learning, have been described in the research of Hmelo-Silver, Duncan and Chinn (2007).

Scaffolding is a teaching style a teacher can use to guide a student in tackling a problem that normally would be too difficult to solve. Scaffolding makes sure students learn within their zone of proximal development (Vygotsky, 1980). This is done by making a task accessible and manageable. Another important aspect of scaffolding is to let the learner see why the approach that is being used actually works (Hmelo-Silver et al., 2007). In addition to these features, Hmelo-Silver *et al.* (2007) proposed three tasks that can complete scaffolding. The three tasks are:

- Sense making
- Management of investigations and problem-solving processes
- Encouraging students to articulate their thinking and reflect on their learning

With these tasks, some scaffolding strategies are described which will achieve the tasks. The goal of the strategies is reducing the cognitive load; provide expert guidance and helping students gain a disciplinary way of thinking. Besides the different tasks scaffolding can serve for in IBL, Quintana *et al.* (2004) also tried to define the challenges of each task. Furthermore, guidelines have been composed to tackle the challenges. Scaffolding does not only take the form of teacher support. E.g. written support on a worksheet is also a form of scaffolding. Rijerkerk and Meulenbroeks (2020), showed in a case study that implementing written scaffolding indeed supports the level of competence and autonomy. Figure 3 summarizes the theoretical scaffolding design framework (Quintana et al., 2004).

There might be several advantages of IBL on the CAR support. Figure 2 shows that the three needs could theoretically be supported with the use of IBL. However, qualitative studies suggest that, in spite of the fact that IBL does support autonomy, the lack of support in competence causes intrinsic motivation to be sub-optimally supported (Meulenbroeks & Reijerkerk, 2020). Schunk and Zimmerman (2012) supports this by describing that the students' autonomy will decrease if the scaffolding will influence the competence too much because cognitive challenges are taken away. Similarly, if the scaffolding is too open or too little, there could be a lack in the support of the perceived competence. Meulenbroeks and Rijerkerk (2020) researched the cause of the drop in competence by using the theoretical framework of Hmelo-Silver et al. (2007) and Quintana et al. (2004). The perceived causes of the drop in competence (non-salient tasks and process knowledge)

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

<i>Scaffolding Guidelines</i>	<i>Scaffolding Strategies</i>
<p>Science inquiry component: Sense making</p> <p>Guideline 1: Use representations and language that bridge learners' understanding</p>	<p>1a: Provide visual conceptual organizers to give access to functionality</p> <p>1b: Use descriptions of complex concepts that build on learners' intuitive ideas</p> <p>1c: Embed expert guidance to help learners use and apply science content</p>
<p>Guideline 2: Organize tools and artifacts around the semantics of the discipline</p>	<p>2a: Make disciplinary strategies explicit in learners' interactions with the tool</p> <p>2b: Make disciplinary strategies explicit in the artifacts learners create</p>
<p>Guideline 3: Use representations that learners can inspect in different ways to reveal important properties of underlying data</p>	<p>3a: Provide representations that can be inspected to reveal underlying properties of data</p> <p>3b: Enable learners to inspect multiple views of the same object or data</p> <p>3c: Give learners "malleable representations" that allow them to directly manipulate representations</p>
<p>Science inquiry component: Process management</p> <p>Guideline 4: Provide structure for complex tasks and functionality</p>	<p>4a: Restrict a complex task by setting useful boundaries for learners</p> <p>4b: Describe complex tasks by using ordered and unordered task decompositions</p> <p>4c: Constrain the space of activities by using functional modes</p>
<p>Guideline 5: Embed expert guidance about scientific practices</p>	<p>5a: Embed expert guidance to clarify characteristics of scientific practices</p> <p>5b: Embed expert guidance to indicate the rationales for scientific practices</p>
<p>Guideline 6: Automatically handle nonsalient, routine tasks</p>	<p>6a: Automate nonsalient portions of tasks to reduce cognitive demands</p> <p>6b: Facilitate the organization of work products</p> <p>6c: Facilitate navigation among tools and activities</p>
<p>Science inquiry component: Articulation and reflection</p> <p>Guideline 7: Facilitate ongoing articulation and reflection during the investigation</p>	<p>7a: Provide reminders and guidance to facilitate productive planning</p> <p>7b: Provide reminders and guidance to facilitate productive monitoring</p> <p>7c: Provide reminders and guidance to facilitate articulation during sense-making</p> <p>7d: Highlight epistemic features of scientific practices and products</p>

Figure 3: Guidelines scaffolding

have been taken into account in the redesign of the ISP practicals. By implementing scaffolding correctly the non-salient tasks and process knowledge are taken care of. Meulenbroeks and Rijkerkerk (2020) found that the redesign assures that the level of autonomy increases and that the level of competence that the students experience during the practical is preserved.

External factors

External factors can either support or thwart the basic psychological needs and, consequently, influence the motivation profile of students. For example, assessing students work with a grade is an external motivator. The motivation of students who are getting assessed for their work is thus expected to shift to the controlled side of the spectrum, or a decrease in the RAI.

Besides this, the available time for an assignment might influence the competence of the students. Students who experience problems with the given amount of time might assume they are working too slow or are not capable in finishing the assignment in time. This negatively affects their perceived competence and may also be expected to lead to a more controlled form of motivation, decreasing the RAI.

A last external factor that might have effect on the autonomous motivation is prior preparation. Preparing a practical right before it takes place, with the required guidance available of the instructors, could have positive effects on the perceived competence compared to when the preparation has been done a few days on beforehand. This might support a more autonomous form of motivation and thus increase the RAI (E. Deci & Ryan, 2017).

Hypotheses

The first hypothesis of this research is that implementing scaffolding on procedure and non-salient tasks in the ISP practicals will result in a significant increment of the students autonomous motivation (as measured by the RAI) between the IBL and the DI-practicals of the ISP.

Additionally, both an assessment of the practical and a shortage of time to perform it are expected to lead to a more controlled form of motivation, thus lowering of the RAI. On the basis of SDT, we expect prior preparation to lead to a more autonomous form of motivation.

Methodology

Context (Ionizing radiation laboratory (ISP))

Due to the safety policy around ionized radiation, high schools are not allowed to facilitate practical assignments with ionizing radiation themselves anymore. Therefore, since 1972, the so-called ionizing radiation practical (ioniserende stralen practicum (ISP)) is available for high schools at Utrecht University. Schools are also able to choose to perform the practicals at their own school. The ISP contains 23 practicals. Over the last few decades, the ISP has been changed a lot. In the beginning all the practicals would follow the traditional approach with direct instruction. Over the years, some of the practical's changed to a more open-ended approach by implementing IBL. Currently ten of the practicals are available in IBL form. These IBL practicals are also still available in the DI form. Thanks to the ISP, students have the possibility to do small scale research on ionizing radiation.

Difference in approach

The practicals are thus offered in a DI and an IBL variant. On top of that, schools can choose different approaches to the entire ISP practical. First of all, differences in grading exist. Some schools choose to let the students write a full report about the practicals and assess the students' work with a grade. Some other schools decide that the students only have to participate in the practical and can ask for feedback on their work if they wish so.

Secondly, differences in preparation may occur. Some schools choose to prepare the students a few days before the ISP actually begins. When students are prepared before the ISP, they normally will read through the practical they will perform, come up with a research question, a work plan, a measuring plan and a hypothesis. Other schools will not prepare the students before the practicals: they will perform these steps at the beginning of the ISP.

The third and last big difference in approach is the available time students have per practical. Most schools have two hours scheduled for the ISP. In previous years some schools expected the students to complete four or even five practicals while others expects students to perform only two practicals in the same amount of available time. Students who filled in their posttest right after their measurement are considered as students who are limited in time. These students are not able to work out their practical before starting their next practical. Most students who filled in their posttest right after the measurement did so because the teacher instructed the students to move on to their second practical right after their measurement was done, or when the teacher told the students to move on within thirty minutes after the start of the ISP.

Table 1 gives an overview of the schools that participated in this study. The last two columns in table 1 show the approach schools opted for. The 'p/a' column stands for Preparation and Assessment. The schools that are coloured green did not have prior preparation for the practicals and did not assess the students work. The blue coloured had prior preparation and did get assessed. It turns out that the schools around the approach of preparation and assessment are the exact same groups. Therefore, these two approaches are put together as just one; (no) prior preparation and (not) getting assessed. The last column, the 't-column', is the Time the students have available. The green coloured schools had enough time available to work on the practicals while the blue coloured schools had not allotted enough time to finish their practical before moving on to their second practical.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

Table 1: Information of the schools that participated in the data collection

School	Province of school	Number of students	Class(es)	IBL/DI	p/a	t
1	Utrecht	23	Vwo6	DI		
2	Noord-Brabant	59	Havo5/vwo6	DI		
3	Drenthe	32 (DI) +31 (IBL)	Havo5/vwo6	DI + IBL		
4	Gelderland	43	Vwo6	IBL		
5	Noord-Holland	31 (DI) + 45 (IBL)	Vwo 6	DI + IBL		
6	Gelderland	5 (DI) + 24 (IBL)	Vwo6+havo5	DI + IBL		
7	Noord-Brabant	23(DI) +33 (IBL)	Havo5 + vwo6	DI + IBL		

Participants

Students from all across the Netherlands, with a large variety of schools, are able to join the ISP. The students who participate in the practical's are from upper secondary (4 en 5 havo) school to pre-university education (4, 5 en 6 vwo).

The advantage of collecting data from this practical is the high number of students who participate; up to 20.000 students per year. These students execute different forms of the practical, since the school can decide whether their students make use of the open experiments (IBL) or the closed (DI) experiment. The students that perform the open practical will make use of the redesigned practicals where IBL and scaffolding are implemented. Because the school teachers choose which students perform which practicals, it is not possible to randomly assign the participants to an experiment

Data is collected from the beginning of November till half of December. All the schools that participate in the ISP and perform the IBL form of the practicals are included in the data collection, which mean this is convenience sampling. All the school that decided to perform the DI practical got an email with the question to switch to the IBL form. The schools who decided to switch to the IBL practicals are included in the dataset as well.

In the period from November till half December 176 students performed the IBL form of the practical and are all included in this research. About the same size 173 of students are gathered for the DI practicals. For this data a total of seven different schools participated. These schools are from different parts of the Netherlands and differ in level of education. Both the IBL and the DI form have students from havo and vwo. Table 1 shows the information of the different schools and number of students that participated in the data collection.

Approach of the research

The global process of the research is schematically represented in figure 4

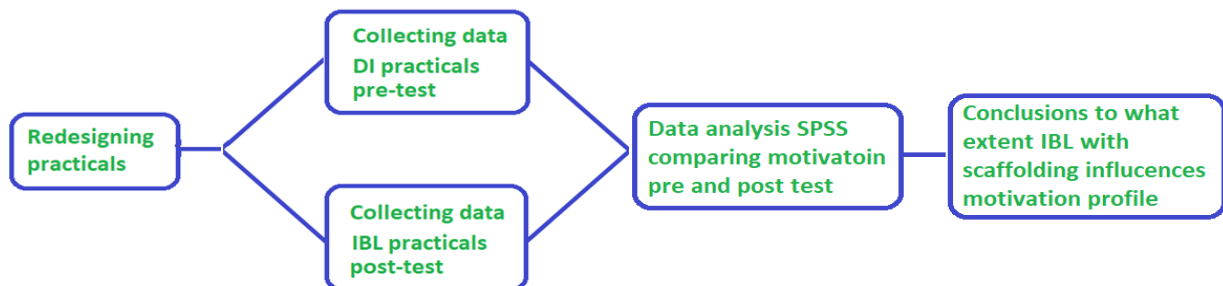


Figure 4: First, the remaining IBL practicals were redesigned following Meulenbroeks and Rijkerkerk (2020). Data collection of the DI and IBL practicals were collected in different classes over a period of seven weeks. Once this data collection was finished, the data of the two groups were analysed using SPSS. After analysing this data conclusion could be drawn of the effect of the used IBL with scaffolding on the effect on the motivation profile of the students.

Redesigning the remaining IBL practicals

Before actually gaining data, the eight remaining IBL assignments were redesigned analogous to the approach chosen in Meulenbroeks and Rijkerkerk (2020). This transformation not only means a redesign of the existing instruction sheet, but also adding a quick-start guide (QSG) for the instrumentation and a template for a measurement report for the students.

This QSG is one of the scaffolding methods, i.e., automation of non-salient tasks. The non-salient tasks turned out to be the second most important reason for the drop in the perceived level of competence (Meulenbroeks & Reijkerkerk, 2020). These designed QSG gives tips on how to handle the equipment that will be used within the practical. The equipment being used is mostly new for the students and contains a lot of buttons and sliders that should not be used. Furthermore, a short description on how to start the measurement is included as well. Because of the development of the QSG, the instruction sheets of the practicals need some changes as well. The description about the set-up within the instruction sheet is now presented on the QSG and can be removed from the instruction sheet. The renewed instruction sheets are presented in appendix C.

Besides the problems students have with the equipment, Meulenbroeks and Rijkerkerk (2020) found that some of the students had some difficulties with drawing graphs on logarithmic paper. This obstacle belongs to non-salient tasks as well. A short manual about using this type of graphs is added to the QSG of the experiments. This manual is also expected to diminish problems related to the non-salient tasks. See appendix B for the adapted QSG's.

Process knowledge turned out to be the biggest cause of the drop in perceived competence (Meulenbroeks & Reijkerkerk, 2020). Within the design of the student worksheet, the scaffolding guidelines are taken account of to restore the problem in process knowledge of the students. Assisting questions are added to the worksheet so the students will use these questions as soon as they cannot continue their assignment, before asking an instructor or teacher. These questions are located at the sides of the student worksheet in little text clouds. Students who do not need the assisting question will be able to continue the practical without any support. By answering these questions and independently solving their problem, the feeling of competence is stimulated as well. See appendix D for the student worksheet of the IBL variants of the ISP.

Collecting data

Schools who participate in the ISP have to pick an option for rotating in the experiments. These options differ in length and form of the practical (DI of IBL). If the school chooses to do the DI practicals, the students will execute two or more DI practicals. However, if the IBL practicals are chosen, a combination of IBL and DI practicals will be set up. This is because of the fact that there are not enough set ups available to let a full class perform an IBL practical all at once. If chosen for the IBL practical, students always perform one IBL practical and in addition to that they will perform at least one DI practicals, depending on the chosen length of the ISP. In view of these limitations, we chose to only gather the pre-and post-test of the students' first experiment. By doing this, the data that is collected is not affected by any previously executed practicals and ensures that the pretest actually is independent of any experiences with the ISP.

Four different datasets are gathered by collecting data as described in figure 5. Every student will fill in a pretest and a posttest, resulting in four groups of data. The four groups can be described as the following:

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

1. Pretest on DI practical
2. Pretest on IBL practical
3. Posttest on DI practical
4. Posttest on IBL practical

Significant fewer students perform IBL practicals. Because of this, students who are executing both IBL and DI practicals are asked to start with the IBL practical so the number of students who start with this form is being increased. This ensures a higher amount of data points for the research.

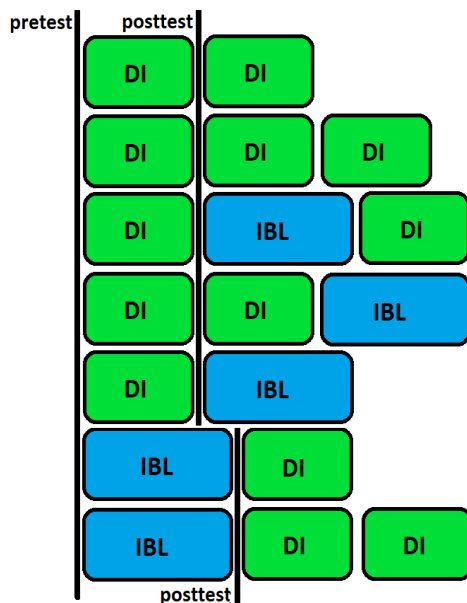


Figure 5: Different rotations of practicals and when pretest and posttest are executed

The data is collected via a questionnaire. The questionnaire that is used is called the Self-Regulation Questionnaire-Academic (SRQ-A) (Connell & Ryan, 1986). The SRQ-A is mainly used for determining the shift in autonomous and controlled motivation and the effect on it by changing an essential part of the lesson approach. This difference can be measured by executing a pre-and posttest.

The SRQ-A questionnaire has been used in many studies related to motivation (Gomes et al., 2019; Kröner et al., 2017). Ryan and Connell (1989) validated this questionnaire. The SRQ-A assesses participants':

- Intrinsic motivation
- Identified regulation
- Introjected regulation
- External regulation

Integrated regulation and Amotivation are excluded from the SRQ-A questionnaire. Fully integrating a behavioural is very unlikely to have occurred during childhood or adolescence and is mainly observed among adults (Liu et al., 2008). Additionally, it is difficult to distinguish intrinsic motivation and integrated regulation within a self-reported questionnaire (Ryan & Connell, 1989b). The concept of amotivation is considered as not relevant to the ISP and therefore is not included in this study. The remaining questions measure the different four remaining constructs of the RAI. The questions have been slightly modified to the context of the ISP. A 5-point Likert-scale was used. With four different

questions per construct, an average score per construct can be calculated, ranging from one to five. With these average scores, the RAI can be calculated. At the end of the questionnaire, the students have to fill in the last four digits of their phone number, making pairing possible. See appendix E for the complete questionnaire.

Before collecting the data, all of the students have to sign a declaration of consent. The informed consent is included underneath the pretest (Appendix E). The students have to check the box to accept the terms of the research. Students are not obligated to participate in the research and have the option at all times to quit the research if they want to.

Reliability

Cronbach's alpha describes the internal consistency of a questionnaire. The consistencies of each of the different constructs are expressed in a number between 0 and 1. Constructs with a value higher than $\alpha > .7$ are considered as an acceptable level of self-consistency when dealing with research in science education (Taber, 2018). The results of the Cronbach's alpha within this research are given in Table 2 (DI) and Table 3 (IBL)

Table 2: Chronbach's alpha DI

Construct	Chronbach's alpha	
	Pretest	posttest
Intrinsic motivation	0,902	0,898
Identified regulation	0,815	0,842
Introjected regulation	0,654	0,770
External regulation	0,735	0,769

Table 3: Chronbach's alpha IBL

Construct	Chronbach's alpha	
	Pretest	posttest
Intrinsic motivation	0,915	0,908
Identified regulation	0,743	0,767
Introjected regulation	0,608	0,685
External regulation	0,730	0,747

Question 5 on the pretest and question 7 on the posttest are not taken into account. After reading this question again, the sentence could be read in two ways. The question is: I'm trying my best for this type of practical because I am supposed to do this. This could be read either as

- I'm trying my best because I'm supposed to

Or:

- I'm doing the practical because I'm supposed to

, and was therefore excluded post hoc. Removing this question increased the Cronbach's alpha of the construct external regulation. For example, the Cronbach's alpha of the pretest on the DI practical, increased from .688 to .735. Because of the increase in the alpha value, the questions are excluded from the questionnaire. Three out of the four different constructs have values with scales above $\alpha > .7$. The construct Introjected regulation varies from .608 to .770. According to Taber (2018), the reliability of the used questionnaire could be described as adequate to high/strong.

Quantitative data analysis

The analysis of the data is conducted in SPSS. The gains from pretest to posttest on the RAI and the four different constructs of the DI practicals are compared to the gains from pretest to posttest on the IBL practicals. The test that will be used to compare the gains depends of the distribution of the data. When both the gain on the DI and the IBL practical is normally distributed a *t*-test will be used. If one of the two distributions isn't distributed normally, the Mann-Whitney U test will be conducted.

This latter test is resistant to non-normality. The normality tests of the group that had enough time for the practicals (green group in table 1) are given below in table 4 and 5. Following the Shapiro-Wilk normality tests, a *t*-test should be used for the gain in the RAI for the schools who have enough time to work on their practical. Both the DI and the IBL gain show a significance $p > .05$, which means that both data sets are distributed normally. Within the different constructs either the DI or IBL gain show a value below $p < .05$ which indicates that the data isn't distributed normally. Because of this, a Mann-Whitney test has been used throughout.

Table 4: Normality test gain DI. Students had enough time to work on their practical

	statistics	df	Sig.
DIgainRAI	,982	83	,284
DIgainInM	,965	83	,024
DIgainIdR	,976	83	,118
DIgainInR	,967	83	,030
DIgainExR	,949	83	,002

Table 5: Normality test gain IBL. Students had enough time to work on their practical

	statistics	df	Sig.
IBLgainRAI	,975	88	,089
IBLgainInM	,938	88	,000
IBLgainIdR	,969	88	,034
IBLgainInR	,976	88	,094
IBLgainExR	,981	88	,217

The normality tests of the other approaches are presented in appendix F. It turns out that all the other normality tests show that either the DI or the IBL practical has a significance $p < .05$ which indicates that the data are not distributed normally. As a result, the Mann-Whitney U test is used throughout.

Data storage

The questionnaires have been distributed on paper and collected after the first experiment of the students. After each session the questionnaires were scanned and stored at an encrypted hard disc, just like the SPSS files arising from the questionnaires. The original filled in questionnaires are stored in a locked room. The data is stored at Betastor where the data will be kept save and backed up for ten years. To prevent data of the participants will leak out, SURF file sender with encryption was used when data had to be transported,

Results

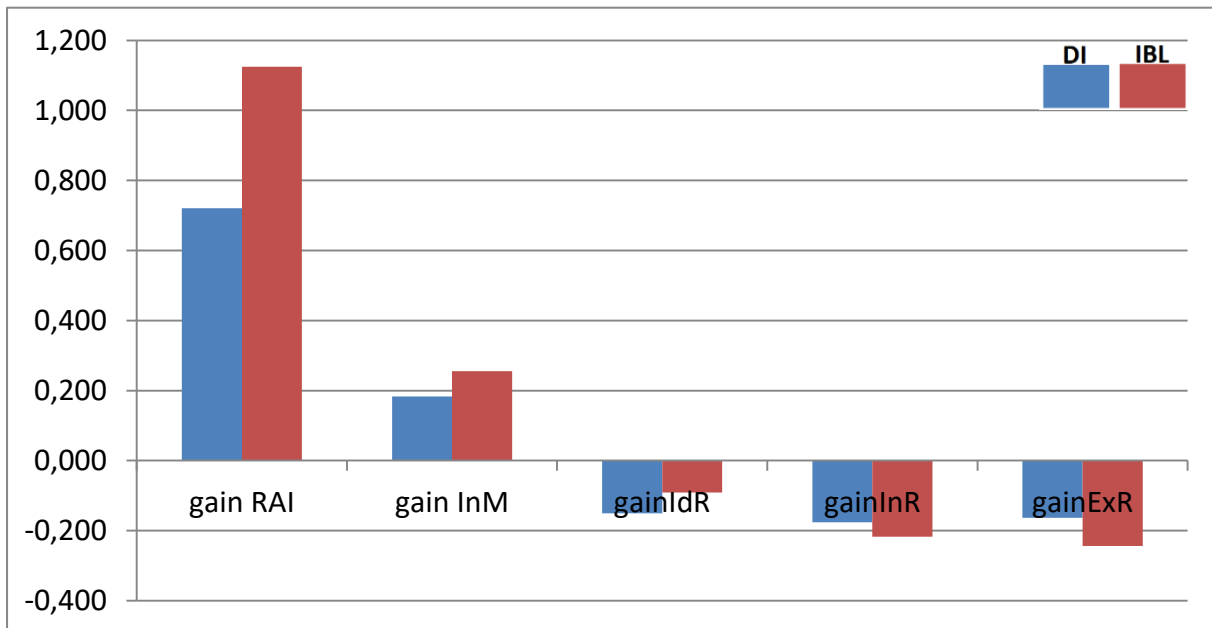
Total sample of schools

The first part of the results is about the dataset when all results are grouped together. This will give an overview of the students' motivation profile when IBL with scaffolding is implemented without taking account the approach of the practical. Table 6 shows the results for the RAI and different constructs on the pretest and posttest for the DI and IBL practicals. Underneath the pretest and posttest are the gains. The score on the posttest and pretest are the average scores of the students. The gains can be calculated (2) for the RAI and its different constructs of motivation.

$$Gain = M_{posttest} - M_{pretest} \quad (2)$$

Table 6: Results of all the schools together. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL

	DI					IBL				
	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
Pretest	2,289	3,448	2,967	2,413	2,580	1,967	3,416	3,057	2,608	2,657
(SD)	(3,411)	(0,854)	(0,785)	(0,770)	(0,957)	(3,487)	(0,859)	(0,707)	(0,745)	(0,950)
Posttest	3,010	3,632	2,816	2,237	2,416	3,091	3,672	2,966	2,391	2,414
(SD)	(3,320)	(0,870)	(0,862)	(0,839)	(0,925)	(3,449)	(0,828)	(0,750)	(0,741)	(0,898)
Gain	0,721	0,184	-0,150	-0,176	-0,164	1,125	0,256	-0,091	-0,217	-0,243
(SD)	(2,481)	(0,746)	(0,545)	(0,594)	(0,672)	(2,585)	(0,653)	(0,469)	(0,570)	(0,803)



Graph 1: The gain in RAI and its different constructs all the schools are together

The data has been visualized in graph 1. The red bars are the gains on the DI practicals and the blue bars represent the gain in IBL practicals. It is important to keep in mind that a lower value on introjected and external regulation results in the RAI becoming more positive. The first set of bars show the gain in the RAI and is built up out of the four different constructs shown next to is. The intrinsic motivation and the identified regulation have a higher score on IBL and the introjected and external regulation score lower on IBL.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

The results of the Mann-Whitney test are presented in table 7

Table 7: Mann-Whitney test with all the schools together

	gainRAI	gainInM	gainIdR	gainInR	gainExR
Mann-Whitney U	13895,5	14145,0	14234,5	14222,5	14463,5
Wilcoxon W	28946,5	29196,0	29285,5	29789,0	30039,0
Z	-1,410	-1,154	-1,065	-1,075	-,817
Asymp. Sig. (2-tailed)	,159	,249	,287	,282	,414

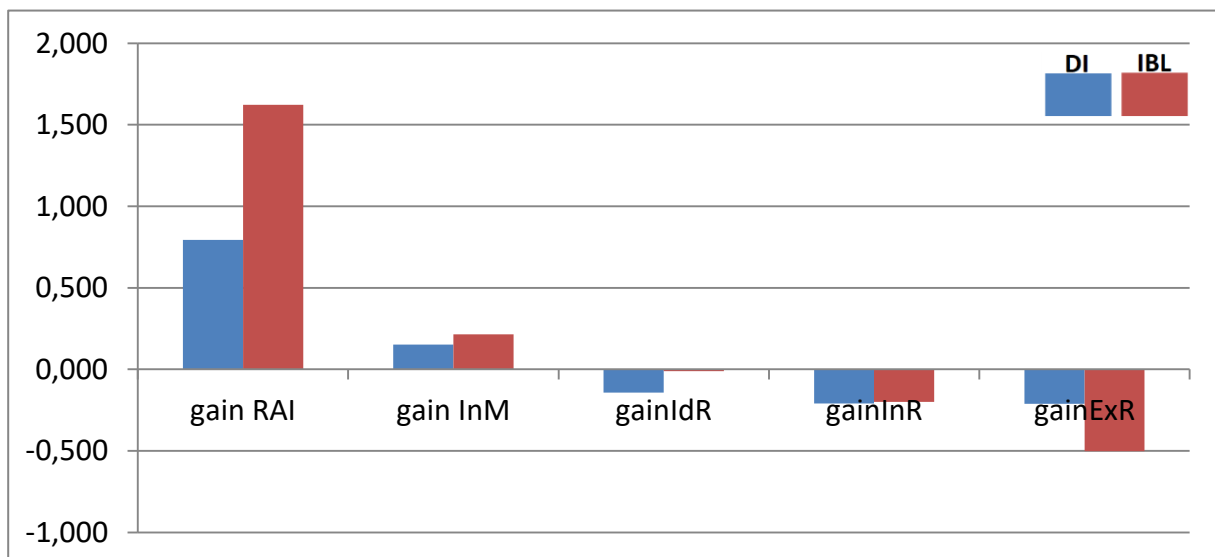
The Mann-Whitney test indicates that none of the changes are statistically significant. The statistics show that there is no proof of any significant change in the RAI or its different constructs when the total sample is analysed.

Preparation and assessment

The first approach that will be further looked into is preparation/assessment. One group did not have prior preparation and did not get assessed. The other group was prepared and did get an assessment. The descriptive statistics of the group who had no prior preparation and did not get assessed are shown in table 8 and visualized in graph 2. The extended version of the table, with the pretest and posttest scores are presented in appendix G

Table 8: Results of no preparation/no assessment. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL.

	DI					IBL				
Gain (SD)	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
	0,794 (2,358)	0,151 (0,745)	-0,142 (0,561)	-0,210 (0,522)	-0,212 (0,576)	1,622 (2,790)	0,215 (0,712)	-0,012 (0,467)	-0,199 (0,542)	-0,503 (0,763)



Graph 2: The gain in RAI and its different constructs when students have no prior preparation and do not get assessed

Again, the blue bars are for the gains in DI practicals and the red bars for IBL. It is clear to see that all the averages scores of the RAI and the different constructs, aside from introjected regulation, change in favour of IBL.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

Again, a Mann-Whitney test was conducted to determine if any of the changes from DI to IBL are significantly different from each other. The results of the test are given in table 9.

Table 9: Mann-Whitney test no prior preparation and no assessment

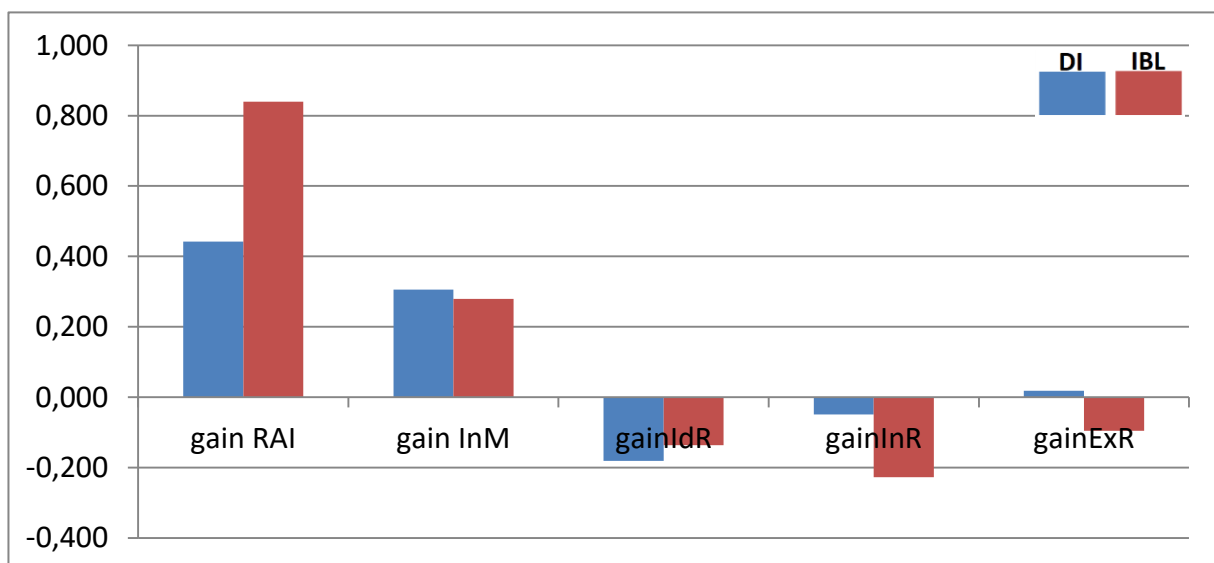
	gainRAI	gainInM	gainIdR	gainInR	gainExR
Mann-Whitney U	3382,5	3915,0	3697,5	4292,5	3290,5
Wilcoxon W	12835,5	13368,0	13150,5	6372,5	5370,5
Z	-2,607	-1,230	-1,808	-,241	-2,884
Asymp. Sig. (2-tailed)	,009	,219	,071	,809	,004

The Mann-Whitney test indicates that the difference in the gain in RAI is statistically significant favouring the IBL variant, $U(N_{DI}= 137, N_{IBL} = 64,) = 3383, z = -2.61, p = .009$ (two-tailed). The score changes from .794 on DI to 1.622 on IBL. Furthermore, the difference between the gains of the extrinsic regulation is statistically significant as well, $U(N_{DI}=137, N_{IBL} = 64,) = 3291, z = -2.88, p = .004$ (two-tailed), again in favour of IBL. This construct has a value of -.212 on DI and a value of -.503 on IBL. The rest of the construct do not have statically different scores on the IBL practical in comparison to the DI variant.

The second group (prior preparation and assessment). The table with the gains on DI and IBL are shown in table 10 (see appendix H for extended version). The bar diagram of this group can be seen in graph 3.

Table 10: Results of students with prior preparation and assessment. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL.

	DI					IBL				
Gain (SD)	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
	0,442	0,306	-0,181	-0,049	0,019	0,840	0,279	-0,136	-0,228	-0,095
	(2,886)	(0,736)	(0,481)	(0,799)	(0,929)	(2,413)	(0,615)	(0,465)	(0,586)	(0,787)



Graph 3: The gain in RAI and its different constructs when students have prior preparation and do get assessed

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

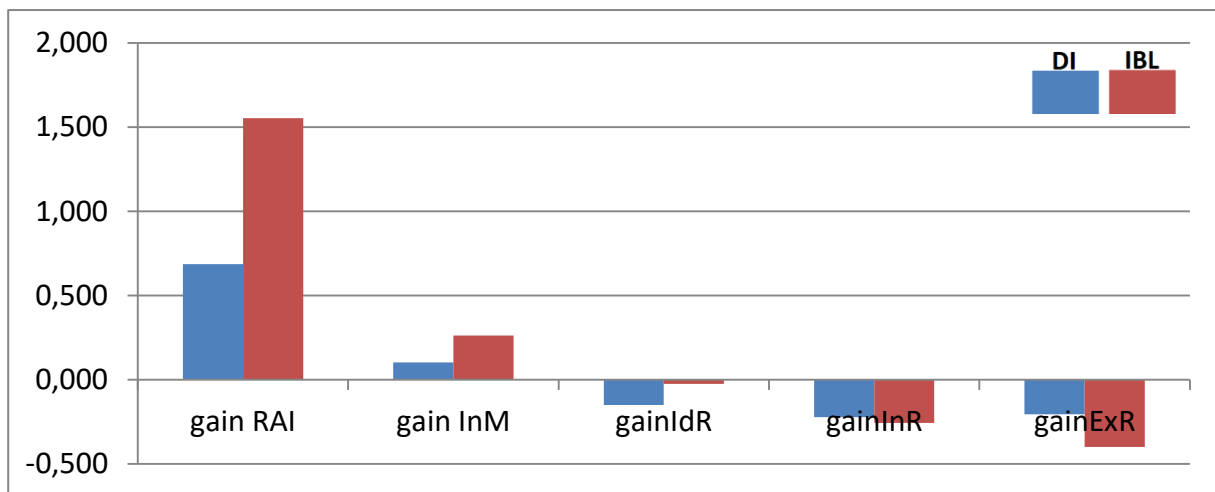
A quick view on this graph shows that there is a positive change in the average scores for the RAI value from DI to IBL. The intrinsic motivation decreases slightly and the other constructs change positively for the RAI score. The Mann-Whitney test is conducted to see if these changes are significantly different from each other. The results of this test are presented in Appendix G. Neither the RAI nor any of the construct has a p -value $< .05$, which implies that none of the differences in the gains from DI to IBL are statistically different when student do have prior preparation and do get assessed for their practical.

Available time

The first group that will be shown is the group with enough available time for the practical. The means and standard deviations of the pre and posttest of the students are presented in table 11 and visualized in graph 4. See appendix I for the complete descriptive statistics of this approach.

Table 11: Results of students with enough available time. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL.

	DI					IBL				
Gain (SD)	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
	0,687	0,102	-0,151	-0,223	-0,205	1,552	0,261	-0,026	-0,256	-0,400
	(2,299)	(0,726)	(0,561)	(0,499)	(0,493)	(2,801)	(0,700)	(0,483)	(0,540)	(0,763)



Graph 4: The gain in RAI and its different constructs when students have enough time to work on their practical

All the average scores of the constructs change positively for the RAI score. Both the intrinsic motivation and the identified regulation have a higher gain on the IBL practical. The introjected and external regulation both score lower on IBL, which works out positively for the gain in the RAI. Because all the constructs change positively from DI to IBL, the RAI shows an increase in the average score from DI to IBL as well.

Table 12 shows the results of the independent t -test for the RAI. This t -test shows that there is a significant difference between the RAI scores on the DI ($M=2,9$, $SD=3,407$) and IBL ($M=2.650$, $SD=3.253$) practicals, $t(169) = -2.118$, $p = .036$.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

Table 12: independent t-test for students who have enough time to work on practical

Gain RAI	Levene's Test for Equility of Variances		t-test for Equility of Means			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
	Equal variances assumed	3,835	,052	-2,118	169	,036
	Equal variances not assumed	0,305	,581	-2,131	165,487	,035

The Mann-Whitney test has been conducted on all the different constructs. The results of this test are shown in table 13.

Table 43: Mann-Whitney test enough time to work on practical

	gainInM	gainIdR	gainInR	gainExR
Mann-Whitney U	3050,0	3110,0	3492,5	3004,5
Wilcoxon W	6536,0	6596,0	7408,5	6920,5
Z	-1,879	-1,694	-,499	-2,025
Asymp. Sig. (2-tailed)	,060	,090	,618	,043

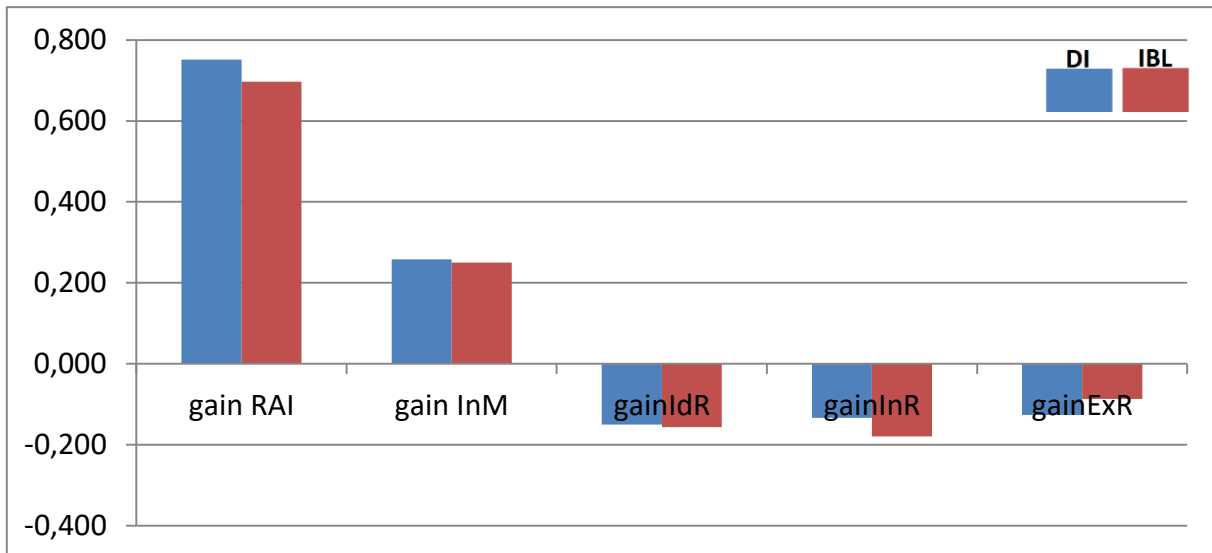
This test shows that there is a significant difference in the gain of the extrinsic regulation $U(N_{DI}=83, N_{IBL}=88) = 3005, z = -2.03, p = .043$ (two-tailed) of the students. The extrinsic regulation changes from -.205 on DI to -.400 on IBL. Besides the significant change in the extrinsic regulation, there is no significant change in any of the other constructs.

The second group within the approach of available time is the group that did not have enough time to work on their practical. Table 14 shows the gains on the RAI and its different constructs for DI and IBL. The complete descriptive statistics of this approach is presented in appendix J. Graph 5 shows an overview of the gains of the students when the ISP is performed with little available time.

Table 14: Results of students with enough available time. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL.

Gain (SD)	DI					IBL				
	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
	0,752 (2,638)	0,258 (0,756)	-0,150 (0,531)	-0,133 (0,667)	-0,126 (0,801)	0,697 (2,269)	0,250 (0,602)	-0,156 (0,446)	-0,179 (0,597)	-0,087 (0,811)

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation



Graph 5: The gain in RAI and its different constructs when students do not have enough time to work on their practical

In comparison to the students who have enough time available there are some differences present when students are limited in time for their practical. The complete test result has been presented in Appendix H. The first important difference is that the RAI score $U(N_{DI} = 83, N_{IBL} = 88,) = 3839, z = -.352, p = .725$ (two-tailed) and the external regulation $U(N_{DI} = 83, N_{IBL} = 88,) = 3721, z = -.706, p = .480$ (two-tailed) is not significantly different for this group.

A Mann-Whitney test has been conducted to see if any of the changes in favour of DI are significant. It turns out that none of the changes are statistically different, with the lowest p -value for introjected regulation $U(N_{DI} = 83, N_{IBL} = 88,) = 3629, z = -.364, p = .331$ (two-tailed). This means that there is no statistical prove of a preference for either DI or IBL when little time is available.

Conclusions

The aim of this research was to investigate what the effects of IBL with specific chosen scaffolding techniques are on the motivation profile of students. The research question was: *“To what extent does IBL with proper scaffolding affect students’ motivation profile for a physics practical, in comparison to the DI variant?”*. The first hypothesis of this research was that the motivation profile of students who are performing an IBL practical with implemented scaffolding on process knowledge and non-salient tasks would be more autonomously motivated when compared to a DI practical. Furthermore, the expectation was that the different approaches would have effect on the motivation profile of the students. Assessment of the practical and a shortage of time to perform it, would lead to a more controlled form of motivation. Prior preparation on the practical was expected to lead to a more autonomous form of motivation.

A Mann-Whitney test was conducted to investigate if there was a significant difference between the students who performed the IBL practicals in comparison DI. This test showed that there is no significant gain from DI to IBL on the RAI or on any of the different constructs.

The first difference in approach is about the preparation and the assessment students have for the practicals. It turns out that students who have no prior preparation and are not getting assessed for their work, do score significantly higher on the RAI when an IBL practical is performed. This indicated that these students are more autonomously motivated. Statistics showed that the external regulation decreased significantly as well for the students who are not prepared and do not get assessed from DI to IBL. The group of students that did have prior preparation and got assessed for their work show no significant change on the RAI or on any of the constructs.

It turns out that students who had enough time available for their practical are significantly more autonomously motivated when the IBL practicals are performed. Along with it, a Mann-Whitney test showed that the external regulation of students who have enough time for their practical decreases significantly when IBL is performed. All the other constructs of the RAI do not change significantly. The group of students that did not have enough time available did not show any significant changes in the RAI or its different constructs.

In conclusion, changing a physics practical from DI to IBL with proper scaffolding can indeed change the motivation profile of a student to being more autonomous. However, it turns out that it is not only important to carefully support the perceived competence of the students within this IBL setting as described by Meulenbroeks and Reijerkerk (2020), but that the approach of the ISP plays an important role in whether or not there is a significant change in the motivation profile of the students to being more autonomous. The conclusions of this research support the stated hypotheses.

This research showed that the students with no prior preparation, no assessment and enough time to work on their practical demonstrate a significant increase in their RAI. This significant increase in the RAI is mainly caused by the drop in the external regulation of the students. Students with preparation, assessment and a lack of time, show no significant results in the RAI or in any of the constructs from DI to IBL.

Discussion

Limitations

There are several limitations to the methodology and the conclusions of this research. One of the methodological limitations is that a quasi-experimental setting was used for this research. As the school teachers choose to perform either the DI or IBL practicals, randomly assigning the practicals to the students was not possible. Thus the only option was convenience sampling. All the schools that chose to perform an IBL practical within the window of data collection are included. Two schools that performed DI practicals are added to make the sample size similar. The quasi-experimental setting and convenience sampling limits the generalizability of this research.

Secondly, splitting the complete sample into the different approaches reduced the number of students and amount of schools that are analysed per approach. For example, due to the approach 'no preparation and no assessment' the number of students is reduced from 179 to 64 and the number of schools from five to two. Although the results are in line with the expectations of the effect of this approach, it could be possible that these two schools just happened to score higher on IBL because of other reasons than preparation and assessment. With an increase in the number of schools this issue can be mitigated.

Another limitation is the fact that the approaches around preparation and assessment are merged together as one approach (table 1). Therefore it is still unclear what the effect of one of these separate approaches would be on the motivation profile of the students. Even though there is a significant difference in the approach 'no preparation and no assessment', it does not automatically lead to the conclusion that the separate approaches would show the same results. For example, it is theoretically possible that the difference in gain comparing DI to IBL is large when students are not prepared but is actually made smaller because students are not getting assessed. The net result of the 'not prepared and not assessed' approach would then be an increase in the RAI value, leaving open the possibility that it is better to not prepare the students and actually do assess their work.

Beyond these limitations, the Chronbach's alpha value of the introjected regulation was low on the pretest of both the DI and IBL practical with scores of .654 and .608 respectively. Removing one question of the pre and posttest did not increase the alpha value. Removing two questions slightly increased the value but the value was still under the benchmark of $\alpha < .7$. Additionally, there were only two questions remaining at the introjected regulation construct when these two questions got deleted. This, in combination with the small increase led to the decision to accept the slight low α -value.

Finally, the ISP has some unique features, which makes it difficult to generalize these conclusions to the rest of high school domains. The usage of QSG's and student worksheet seem to support the perceived competence of a student within this IBL physics practical. However, this does not automatically mean that the solution for this physics setting is the same for other school subjects. It is possible that there are other problems at play than the non-salient tasks and process knowledge within an IBL practical for biology or an IBL project for history. Research has to show if implementing IBL as described in this research works out for other teaching environments.

Implications

Previous research showed multiple times that an increase in intrinsic motivation is not guaranteed when IBL is randomly implemented. In general, research on IBL and motivation within the ISP context

concluded that the lack of perceived competence is the problem in this IBL setting and that this could be supported by implementing scaffolding correctly (Meulenbroeks & Reijerkerk, 2020). However, this research shows once again that implementing these scaffolding methods also does not mean per se that the motivation profile changes to more autonomous. Besides the scaffolding methods, the approach of IBL is decisive whether or not the students' motivation profile changes positively when switching from DI to IBL within this physics practicals. This result shows once more that using IBL within a classroom is complex and should be thought through thoroughly before using in a learning context.

This research also has practical implications. Supervisors of the ISP should advise the school teachers in how to approach the practicals when IBL is chosen. There are various good reasons for schools to choose for the IBL practicals. Whether it is to train problem solving skills of students or deeper learning by IBL, it is beneficial for every teacher to trigger the autonomous motivation of their students. In order to be able to do this, this research demonstrates that it is important for schools to not prepare the students for the practical. The instructor of the ISP makes sure that there is time available to work on the preparation at the beginning of the session. Additionally, the teachers should not assess the students work. This stimulates the controlled motivation instead of the autonomous motivation. Finally, the students must have enough time to work on the practical when the measurement is finished. Teachers need to be aware that most students can only perform one IBL and one DI practical from start to finish in 2 hours of time.

Another practical implication applies for the teacher in high schools itself. Not only do the supervisors of the ISP should advise the teachers how to approach the ISP, teachers themselves should know how to implement IBL as well. The teachers that want to make use of IBL within their own lessons must know that simply implementing IBL will not directly lead to a more autonomous type of motivation. They should think about the approach of IBL and how they want to make use of scaffolding in order to achieve the advantage of IBL.

Although it is difficult to generalize this research to all domains in high school, the findings of this research might have implications on the view of what IBL implementation should look like in the future. If future research can prove the effect of scaffolded IBL with the right approach in other subjects, it might not only alleviate the problem around the motivation of students. This concept could also be implemented in future education of teachers.

Recommendations (future research)

Future research can try to set up a controlled group of students that meet the advised approaches (enough time, no preparation and no assessment) to obtain the gain in the autonomous motivation from DI to IBL. By doing this, the results of this research can be checked in a more controlled setting. In addition, it is interesting to research what the results of the preparation and assessment will do separately on the motivation profile of the students.

The lack of competence support could have been a contributing factor why Verburg (2018) concluded that there is no difference in conceptual understanding of students performing the IBL practical in comparison to the DI variant. A similar quantitative research could be conducted to show if there is a change in the conceptual understanding when IBL with proper scaffolding and the advised approach will be used.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

Finally, the student worksheet of the IBL practicals remained unchanged. Meulenbroeks and Reijerkerk (2020) described that there could be made some slight modifications to this device in order to support the process knowledge during the practical. Guiding questions or suggestions can be made on the frequency and time span of measurements. This helps to set boundaries and prevent students from being distracted by these tasks. This modification focuses on the guideline 4a of Quintana et al (2004)

Bibliography

- Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M. C., & Norman, M. K. (2010). *How Learning Works: Seven Research-Based Principles for Smart Teaching*. Jossey-bass.
- Bandura, A. (1986). The Explanatory and Predictive Scope of Self-Efficacy Theory. *Journal of Social and Clinical Psychology, 4*(3), 359–373. <https://doi.org/10.1521/jscp.1986.4.3.359>
- Blekman, M. (2020). *A qualitative and free-choice approach on the influence of an inquiry-based learning practical on intrinsic motivation*. <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/396918>
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research, 31*(6), 445–457. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00014-2)
- Bruder, R., & Prescott, A. (2013). Research evidence on the benefits of IBL. *ZDM - International Journal on Mathematics Education, 45*(6), 811–822. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0542-2>
- Capps, D. K., & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-Based Instruction and Teaching About Nature of Science: Are They Happening? *Journal of Science Teacher Education, 24*(3), 497–526. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z>
- Carnine, D., Silbert, J., Kame'enui, Edward, & Tarver, S. (2004). *Direct Instruction* (4th ed.). <http://arthurreadingworkshop.com/wp-content/uploads/2018/04/DIReading.pdf>
- Chaiklin, S. (2003). Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context - Google Boeken. In *Vygotsky's educational theory in cultural context* (pp. 39–64).
- Connell, J. P., & Ryan, R. (1986). Manual for the ASRQ: A theory and assessment of children's self-regulation within the academic domain. *Unpublished Manuscript*.
- Crow, S. R. (2011). *Exploring the Experiences of Upper Elementary School Children Who Are Intrinsically Motivated to Seek Information*. School Library Media Research. <https://eric.ed.gov/?id=EJ926866>
- Deci, E. (1975). *Intrinsic Motivation*. Springer US.
- Deci, E., Koestner, R., & Ryan, R. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin, 125*(6), 627–668. <https://psycnet.apa.org/buy/1999-01567-001>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behaviour*.
- Deci, E., & Ryan, R. (2017). *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development and Wellness*. The Guilford Press.
- Deci, Edward L., & Ryan, R. M. (2010). Intrinsic Motivation. In *The Corsini Encyclopedia of Psychology* (pp. 1–2). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0467>
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design. *Journal of the Learning Sciences, 8*(3–4), 391–450. <https://doi.org/10.1080/10508406.1999.9672075>
- Ernst, D. C., Hodge, A., & Yoshinobu, S. (2017). *What is inquiry based learning?* <https://doi.org/10.1090/noti1536>
- Froyd, J. E. (2008). *White Paper on Promising Practices in Undergraduate STEM Education*

Introduction Decision-making Framework for Course/Curriculum Development.

- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of Educational Research, 82*(3), 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Gallagher, S. A., Stepien, W. J., & Rosenthal, H. (1992). The Effects of Problem-Based Learning On Problem Solving. *Gifted Child Quarterly, 36*(4), 195–200. <https://doi.org/10.1177/001698629203600405>
- Gomes, M., Monteiro, V., Mata, L., Peixoto, F., Santos, N., & Sanches, C. (2019). The Academic Self-Regulation Questionnaire: a study with Portuguese elementary school children. *Psicologia: Reflexao e Critica, 32*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s41155-019-0124-5>
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of Inquiry-based Learning on Students' Science Literacy Skills and Confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 3*(2). <https://doi.org/10.20429/ijstl.2009.030216>
- Grolnick, W. S., & Ryan, R. M. (1989). Parent Styles Associated With Children's Self-Regulation and Competence in School. *Journal of Educational Psychology, 81*(2), 143–154. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.81.2.143>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hardre, P. L., & Reeve, J. (2003). A motivational model of rural students' intentions to persist in, versus drop out of, high school. *Journal of Educational Psychology, 95*(2), 347–356. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.2.347>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). In *Educational Psychologist* (Vol. 42, Issue 2, pp. 99–107). Routledge. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- INSPIRED ISSUE BRIEF: INQUIRY-BASED TEACHING.* (2008). <http://inspiredteaching.org/wp-content/uploads/impact-research-briefs-inquiry-based-teaching.pdf>
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2000). *Models of Teaching* (6th ed.). Allyn & Bacon.
- Koestner, R., Ryan, R. M., Bernieri, F., & Holt, K. (1984). Setting limits on children's behavior: The differential effects of controlling vs. informational styles on intrinsic motivation and creativity. *Journal of Personality, 52*(3), 233–248. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1984.tb00879.x>
- Kröner, J., Goussios, C., Schaitz, C., Streb, J., & Susic-Vasic, Z. (2017). The Construct Validity of the German Academic Self-regulation Questionnaire (SRQ-A) within Primary and Secondary School Children. *Frontiers in Psychology, 8*(JUN), 1032. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01032>
- L.S. Vygotsky. (1980). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes.*
- Liu, W. C., Wang, C. K. J., Tan, S., Koh, C., & Ee, J. (2008). A self-determination approach to understanding students' motivation in project work. *Learning and Individual Differences, 19*, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.07.002>
- Meulenbroeks, R., & Reijerkerk, M. S. (2020). *Supporting Intrinsic Motivation through IBL :*

Scaffolding a Physics Experiment. 6309836.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching ... - National Research Council, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry* (National Academy Press (Ed.)).

[https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=ucWaAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=Inquiry+and+the+national+science+education+standards&ots=On4aXL3YCh&sig=4c1uZQ_cX61FMa--8vihzfU6m1Q&redir_esc=y#v=onepage&q=Inquiry and the national science education standards&f=false](https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=ucWaAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=Inquiry+and+the+national+science+education+standards&ots=On4aXL3YCh&sig=4c1uZQ_cX61FMa--8vihzfU6m1Q&redir_esc=y#v=onepage&q=Inquiry+and+the+national+science+education+standards&f=false)

Niemiec, C. P., & Ryan, R. M. (2009). Autonomy, competence, and relatedness in the classroom. *Theory and Research in Education*, 7(2), 133–144. <https://doi.org/10.1177/1477878509104318>

Nikandros, C. (2020). *The effects of an Inquiry-based Learning physics experiment on the students' intrinsic motivation, a mixed methods research (Unpublished thesis)*.

Nooijen, T. (2017). *Improving Students' Intrinsic Motivation by Using an Inquiry-based Learning Practical*.

Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>

Prince, M., & Felder, R. (2007). The many facets of inductive teaching and learning. *Journal of College Science Teaching*, 14–20.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31566398/inductive_approach.pdf?1373779277=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dinductive_approach.pdf&Expires=1600703901&Signature=G2M2U8xbszg1kull7SDp72RH8SnNvJkhXGI1QFZ220v1plv6261EHMAwsxPgnQMt-Hwe-N-

Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D., & Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337–386. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_4

Reeve, J. (1991). *Understanding Motivation and Emotion* (C. Johnsos (Ed.)). George Hoffman.

Reeve, J. (2012). A self-determination theory perspective on student engagement. In *Handbook of Research on Student Engagement* (pp. 149–172). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_7

Reeve, J., Nix, G., & Hamm, D. (2003). Testing models of the experience of self-determination in intrinsic motivation and the conundrum of choice. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 375–392. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.2.375>

Ryan, R. M. (1993). Agency and organization: Intrinsic motivation, autonomy and the self in psychological development. *Nebraska Symposium on Motivation: Developmental Perspectives on Motivation*, 1–56.

Ryan, R. M. (1995). Psychological Needs and the Facilitation of Integrative Processes. *Journal of Personality*, 63(3), 397–427. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1995.tb00501.x>

Ryan, R. M., & Connell, J. P. (1989a). *Perceived Locus of Causality and Internalization: Examining Reasons for Acting in Two Domains*.

- Ryan, R. M., & Connell, J. P. (1989b). Perceived Locus of Causality and Internalization: Examining Reasons for Acting in Two Domains. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(5), 749–761. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.5.749>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.55.1.68>
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (2012). *Motivation and Self-Regulated Learning: Theory, Research, and Applications - Google Boeken*. Routledge.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). *Svein Sjøberg and Camilla Schreiner: The ROSE project. Overview and key findings The ROSE project An overview and key findings 1*. <http://www.ioste.org/>
- Springer, L., Stanne, M. E., & Donovan, S. (1999). Measuring the success of small-group learning in collegelevel SMET teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 21–51.
- Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Turban, D. B., Tan, H. H., Brown, K. G., & Sheldon, K. M. (2007). *Antecedents and Outcomes of Perceived Locus of Causality: An Application of Self-Determination Theory*.
- Vallerand, R. J., Fortier, M. S., & Guay, F. (1997). Self-determination and persistence in a real-life setting: Toward a motivational model of high school dropout. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72(5), 1161–1176. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.72.5.1161>
- Van Asseldonk, K. K. W. (2019). *Enhancing students' intrinsic motivation for radiation physics by inquiry-based learning: A quasi-experimental study of student behaviour. 2006*. <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/383398>
- Vansteenkiste, M., Niemiec, C. P., & Soenens, B. (2010). The development of the five mini-theories of self-determination theory: An historical overview, emerging trends, and future directions. *Advances in Motivation and Achievement, 16 PARTA*, 105–165. [https://doi.org/10.1108/S0749-7423\(2010\)000016A007](https://doi.org/10.1108/S0749-7423(2010)000016A007)
- Verburg, M. (2018). Direct Instruction versus Guided Inquiry-Based Learning in a Physics Practical. *Master's Thesis*.
- Vlassi, M., & Karaliota, A. (2013). The Comparison between Guided Inquiry and Traditional Teaching Method. A Case Study for the Teaching of the Structure of Matter to 8th Grade Greek Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 494–497. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.09.226>
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard university press. https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=Irq913IEZ1QC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Mind+in+society:+The+development+of+higher+psychological+processes&ots=HbAjF7Fgld&sig=6fEsJbuW9oJhGWsiBHpj4YLFuCI&redir_esc=y#v=onepage&q=Mind+in+society%3A+The+development+of+higher+psychological+processes&f=false
- Yuliati, L., Riantoni, C., & Mufti, N. (2018). Problem Solving Skills on Direct Current Electricity through Inquiry-Based Learning with PhET Simulations. In *International Journal of Instruction* (Vol. 11, Issue 4). www.e-iji.net

Appendix A: Matrix Crapps and Crawford

Table A1 shows the matrix Crapps and Crawford created to score the 8 key aspects of inquiry and to what extent it is teacher or student-initiated.

Table 5: Matrix for scoring the extent to which a certain design is teacher or student-initiated

Doing inquiry (D)	4 pts	3 pts	2 pts	1 pt
D1—Involved in sci-oriented question (EF1, A1)	Student poses a question	Student guided in posing their own question	Student selects among questions, poses new questions	Student engages in question provided by teacher, materials, or other source
D2—Design an conduct investigation (A2)	Student designs and conducts investigation	Student guided in designing and conducting an investigation	Student selects from possible investigative designs	Student given an investigative plan to conduct
D3—Priority to evidence in resp. to a problem: observe, describe, record, graph (EF2)	Student determines what constitutes evidence and collects it	Student directed to collect certain data	Student given data and asked to analyze	Student given data and told how to analyze
D4—Uses evidence to develop an explanation (EF3, A4)	Student formulates explanation after summarizing evidence	Student guided in process of formulating explanations from evidence	Student given possible ways to use evidence to formulate explanation	Student provided with evidence
D5—Connects explanation to scientific knowledge: does evidence support explanation? Evaluate explain in light of alt exp., account for anomalies (EF4, A5, A6)	Student determines how evidence supports explanation or independently examines other resources or explanations	Student guided in determining how evidence supports explanation or guided to other resources or alt explanations	Student selects from possible evidence supporting explanation or given resources or possible alt explanations	Student told how evidence supports explanation or told about alternative explanations
D6—Communicates and justifies (EF5, A7)	Student forms reasonable and logical argument to communicate explanation	Student guided in development of communication	Student selects from possible ways to communicate explanation	Student given steps for how to communicate explanation
D7—Use of tools and techniques to gather, analyze, and interpret data (A3)	Student determines tools and techniques needed to conduct the investigation	Student guided in determining the tools and techniques needed	Students select from tools and techniques needed	Student given tools and techniques needed
D8—Use of mathematics in all aspects of inquiry (A8)	Student uses math skills to answer a scientific question	Student guided in using math skills to answer a scientific question	Student given math problems related to a scientific question	Math was used
	← Student initiated	Who initiated aspects of inquiry?		→ Teacher initiated

Appendix B: QSG's of the IBL variants of the ISP


Quick-Start Guide
Experiment 1



- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt
- Zet de bron op de gewenste afstand van de **IONISATIEKAMER** en lees de stroomsterkte op de **STROOMMETER** af en noteer deze
- Voer de meting op verschillende afstanden, eventueel meerdere keren, uit en schrijf de resultaten op
- Teken een grafiek van de ionisatiestroom (I) tegen de afstand (d)
- Wat is het gevolg van het verderweg plaatsen van de bron op de stroom? Is dit gevolg over de gehele meetlengte van toepassing? Verandert dit?



IONISATIEKAMER
De alpha deeltjes komen uit de **BRON** en gaan door de lucht naar de ionisatiekamer. Hierin wordt lucht geïoniseerd wat een stroom oplevert



STROOMMETER: Hier wordt gemeten hoeveel stroom er loopt als gevolg van de geïoniseerde lucht. Stroomsterkte I zegt iets over het aantal aanwezige radiumkernen N , op tijdstip t . Het meetbereik is $6 \cdot 10^{-11}A$

BRON
De **BRON** zit vast in de opstelling. De bron is Radium-226





SIGNAALVERSTERKER:
Zorgt ervoor dat het zwakke signaal versterkt wordt en kan worden afgelezen.



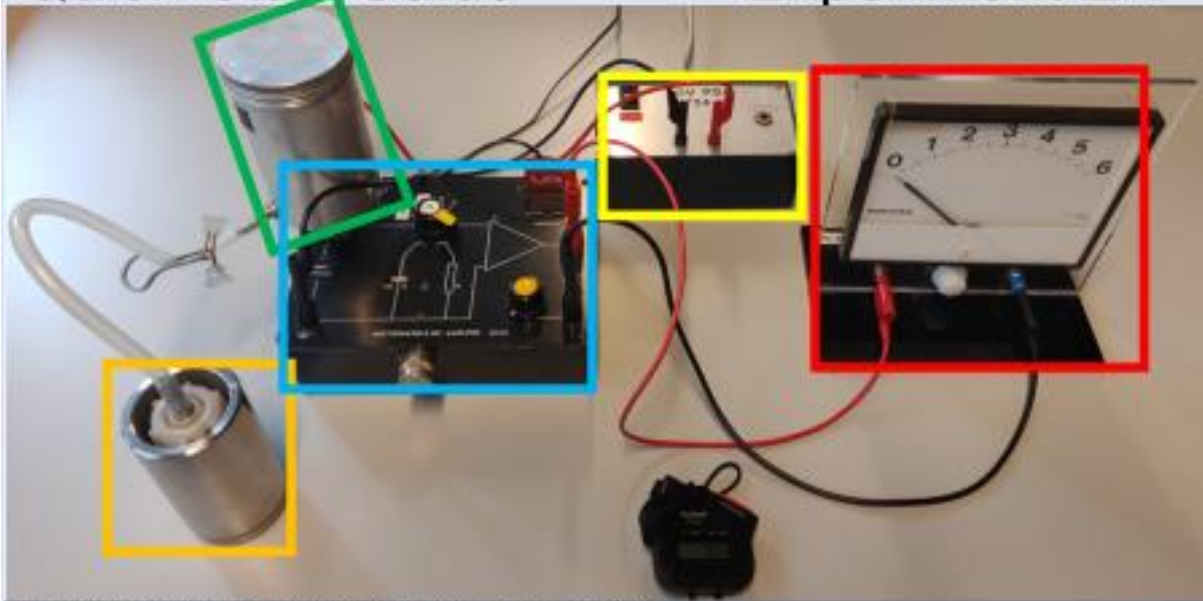
90V VOEDING Voorziet de signaalversterker van voldoende spanning.



OPSTELLING IN GEBRUIK: De afstand van de bron tot de ionisatiekamer is van 2,5 tot 8,0cm en af te lezen op de schaalverdeling. Voor achtergrondstraling is niet te compenseren omdat de bron vast zit in de opstelling!

Quick-Start Guide

Experiment 2A



- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt
- zet schakelaar A van **SIGNAALVERSTERKER** op stand 1: instelstand
- Draai met de 'set zero' knop op de **SIGNAALVERSTERKER** zodat de stroommeter op $I=0\text{mA}$ komt te staan
- Zet schakelaar A van **SIGNAALVERSTERKER** op stand 2: meetstand
- Open de slangklem (knijper op flexibele buis)tussen **IONISATIEKAMER** en **BRON**
- Knijp een paar keer in de **BRON** totdat de wijzer op de **STROOMMETER** voldoende uitslaat
- Sluit de slangklem tussen **IONISATIEKAMER** en **BRON**
- Noteer elke X seconden de stroomsterkte op de **STROOMMETER** (gebruik de **STOPWATCH**)



IONISATIEKAMER:
Hier wordt het radongas ingespoten en wordt de lucht geïoniseerd.

BRON
Flesje alleen uit bescherming als radon-220 (gas) in de **IONISATIEKAMER** wordt gespoten. Radon-220 is een vervalproduct van de vaste stof thorium-232 (vaste stof)



STROOMMETER: Hier wordt gemeten hoeveel stroom er loopt als gevolg van de geïoniseerde lucht. Stroomsterkte / zegt iets over het aantal aanwezige radonkernen N_t op tijdstip t . Het meetbereik is $6 \cdot 10^{-11}\text{A}$



SIGNAALVERSTERKER:
Zorgt ervoor dat het zwakke signaal versterkt wordt en kan worden afgelezen.



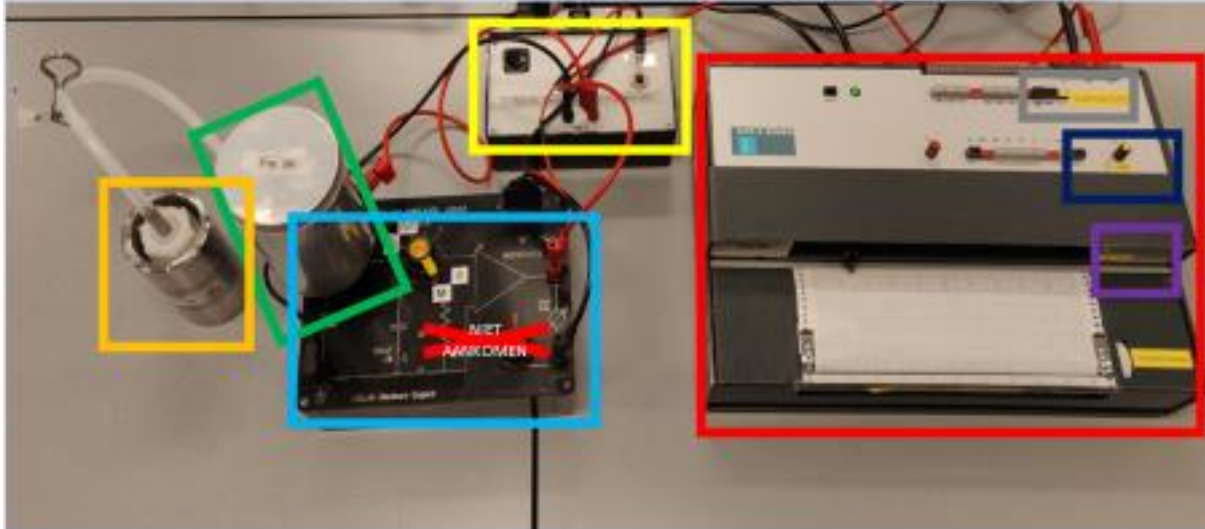
90V VOEDING Voorziet de signaalversterker van voldoende spanning.



OPSTELLING IN GEBRUIK: Open de slangenklem bij het vullen van de ionisatiekamer. Sluit de slang af bij het meten van de stroomsterkte! Laat de bron zoveel als mogelijk in zijn bescherming zitten.

Quick-Start Guide

Experiment 2B



- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt
- zet schakelaar A van **SIGNALVERSTERKER** op stand 0: instelstand
- plaats de pen boven de nullijn van de **X,t-SCHRIJVER** van het papier met de regelknop 'zero' op de **X,t-SCHRIJVER**
- Zet schakelaar A van **SIGNALVERSTERKER** op stand M: meetstand
- Doe de pen naar beneden op de **X,t-SCHRIJVER** via de penlift
- Open de slangklem (knijper op flexibele buis) tussen **IONISATIEKAMER** en **BRON**
- Knijp een paar keer in de **BRON** totdat de wijzer op de **STROOMMETER** voldoende uitslaat (ruwweg 100%)
- Sluit de slangklem tussen **IONISATIEKAMER** en **BRON**
- Zet het papiertransport op de **X,t-SCHRIJVER** aan door op 'off' te drukken
- meting klaar? Draai het papier door tot de grafiek voorbij de afscheurstrip is en scheur het papier voorzichtig af



IONISATIEKAMER:
Hier wordt het radongas ingespoten en wordt de lucht geïoniseerd.

BRON
Flesje alleen uit bescherming als radon-220 (gas) in de **IONISATIEKAMER** wordt gespoten. Radon-220 is een vervalproduct van de stof thorium-232 (vaste stof)



SIGNALVERSTERKER:
Zorgt ervoor dat het zwakke signaal versterkt wordt en kan worden geplot



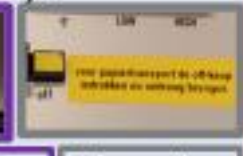
Instellingen X,t-SCHRIJVER: tekent automatisch de gemeten stroom I uit tegen de tijd t



Zero-knop: zet hiermee de pen op de nullijn



Penlift: hiermee zakt de pen op het papier



Transport on/off: knop naar boven is transport aan



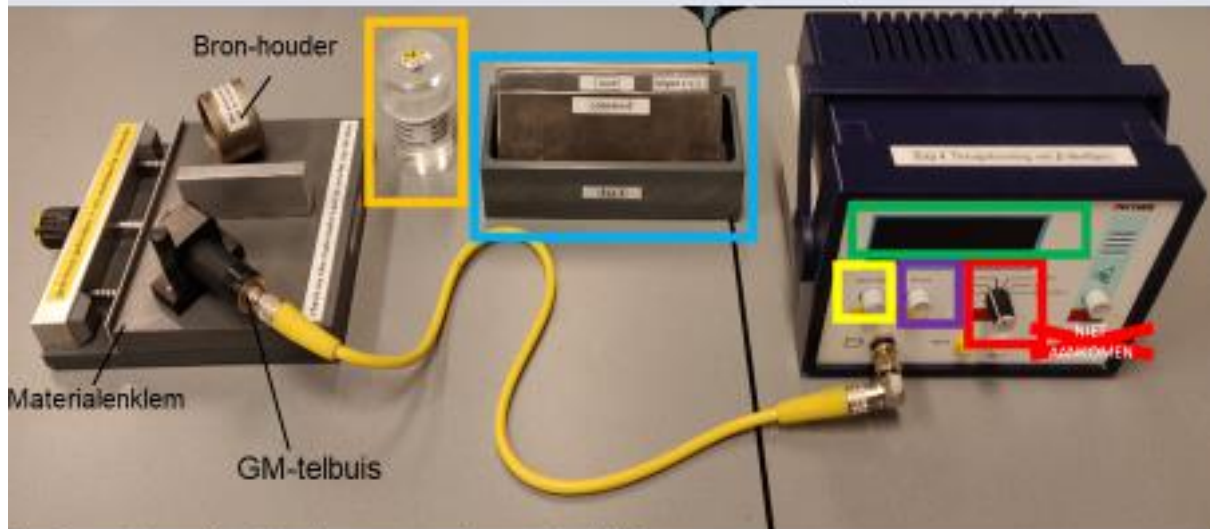
90V VOEDING
Voorziet de signaalversterker van voldoende spanning

OPSTELLING IN GEBRUIK: Open de slangklem bij het vullen van de ionisatiekamer. Sluit de slang af bij het tekenen van de grafiek!



Quick-Start Guide

Experiment 4



- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt
- Zet de teller op het gewenste **TJDSINTERVAL** en druk op **RESET** om de **DISPLAY** op 0 te zetten
- Plaats het gewenste materiaal en de bron in de opstelling (zie **OPSTELLING IN GEBRUIK**)
- Druk op de **START**-knop op de teller om de meting te starten.
- Voer de meting, eventueel meerdere keren, uit en schrijf de resultaten op
- Haal de bron uit de houder en zet de deksel erop wanneer je helemaal klaar bent met meten.

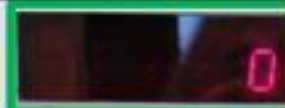
TELLER-INSTELLINGEN

Start/Stop

START/STOP:
Indrukken als je wil beginnen met meten.

Reset

Reset: Waarde op **DISPLAY** naar 0. Indrukken voor nieuwe meting



DISPLAY: Laat de gemeten waarde / zien (pulsen per tijdseenheid).



TJDSINTERVAL: Door te draaien aan de knop bepaal je hoe lang je meet. Bij '∞' meet hij continu. Gebruik dan de **STOP**-knop om de meting te stoppen en een stopwatch voor je tijdsintervallen.



MATERIALEN
Kies hieruit het materiaal waar de verstrooiing van wordt gemeten.



BRON
Haal de deksel van de bron als de bron in de opstelling ligt. Als de meting klaar is deksel terug plaatsen. De bron is Strontium-90



OPSTELLING IN GEBRUIK

Schuif het gekozen **MATERIAAL** in de materialenklem. Doe dit door de klem tegen de veren in te duwen. Schuif de **BRON** in de bron-houder met de stralingszijde richting het materiaal. Denk aan de veiligheid van de stralingsrichting!!

Quick-Start Guide Experiment 5

GM-telbuis

- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt
- Zet de teller op het gewenste **TIJDINTERVAL** en druk op **RESET** om de **DISPLAY** op 0 te zetten
- Plaats het gewenste materiaal en de bron in de opstelling (zie **OPSTELLING IN GEBRUIK**)
- Druk op de **START**-knop op de teller om de meting te starten.
- Voer de meting, eventueel meerdere keren, uit en schrijf de resultaten op.
- Haal de bron uit de houder en zet de deksel erop wanneer je helemaal klaar bent met meten.

TELLER-INSTELLINGEN

START/STOP:
beginnen meting: start
Halverwege stoppen meting: stop

Reset: Waarde op **DISPLAY** naar 0. Indrukken voor nieuwe meting

DISPLAY: Laat de gemeten waarde / zien (pulsen per tijdseenheid). Zorg dat lampje bij lmp. brandt

TIJDINTERVAL: Druk op 'select' tot het lampje bij 'gate' knippert. Druk op 'enter' om dit te selecteren. Druk op 'select' tot het lampje bij de gewenste tijd brandt. Druk twee keer op enter om te selecteren en te bevestigen. Bij 'continuous' meet hij continu. Gebruik de **STOP**-knop met stopwatch voor je tijdsintervallen.

OPSTELLING IN GEBRUIK

Schuif het gekozen **MATERIAAL** en de **BRON** (met stralingszijde boven) in de **TELBUISHOUDER**.

MATERIAAL

Kies hieruit het de gewenste dikte van aluminium of perspex. Combineren van diktes is mogelijk. Perspexplaatjes zijn 1mm dik.

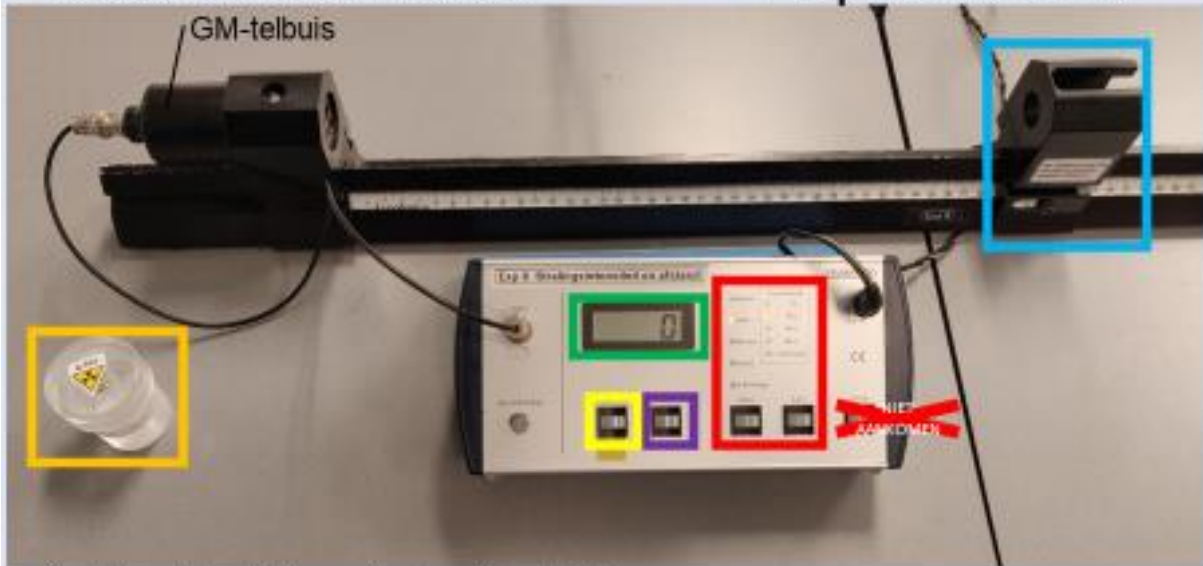
BRON
Haal de deksel van de bron als de bron in de opstelling ligt. Als de meting klaar is deksel terug plaatsen

TELBUISHOUDER

Hierin wordt het gekozen **MATERIAAL** en de **BRON** geplaatst.

Quick-Start Guide

Experiment 8



- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt
- Zet de teller op het gewenste **TJDSINTERVAL** en druk op **RESET** om de **DISPLAY** op 0 te zetten
- Plaats de **BRON** in de **SLEE**
- Zet de **SLEE** op de gewenste afstand
- Druk op de **START**-knop op de teller om de meting te starten.
- Voer de meting op verschillende afstanden uit en schrijf de resultaten op.
- Haal de bron uit de **SLEE** en zet de deksel erop wanneer je helemaal klaar bent met meten.

TELLER-INSTELLINGEN



START/STOP:
beginnen meting: start
Halverwege stoppen
meting: stop



Reset: Waarde op
DISPLAY naar 0.
Indrukken voor nieuwe
meting



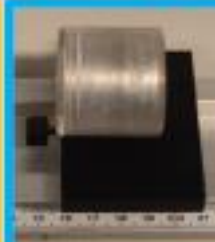
DISPLAY: Laat
de gemeten
waarde / zien
(pulsen per
tijdseenheid).
Zorg dat lampje
bij lamp. brandt



TJDSINTERVAL: Druk op
'select' tot het lampje bij
'gate' knippert. Druk op
'enter' om dit te selecteren.
Druk op 'select' tot het
lampje bij de gewenste tijd
brandt. Druk twee keer op
enter om te selecteren en te
bevestigen. Bij 'continuous'
meet hij continu. Gebruik de
STOP-knop met stopwatch
voor je tijdsintervallen.



BRON
Haal de deksel van
de bron als de bron
in de opstelling ligt.
Als de meting klaar
is deksel terug
plaatsen. De bron is
Strontium-90



SLEE
Hier wordt de **BRON** in geplaatst
en over de rails gesleept. Hiermee
wordt afstand bron tot GM-teller
bepaald. Houdt de afstand tot de
bron altijd meer dan 20cm. Binnen
de 20cm spelen laag-energetische
beta's een rol en ontstaat er een
verkeerd beeld.



OPSTELLING IN GEBRUIK
Schuif de **BRON** (met stralingszijde naar
de GM-teller) in de slee. Deze slee kan
op de gewenste afstand van de GM-
teller worden gezet.

Quick-Start Guide

Experiment 12



- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt
- Stel de teller in op het gewenste tijd-interval waarop hij meet (zie **TELLER-INSTELLINGEN**) en controleer of het **STOP** lichtje aanstaat
- Plaats loodplaatje(s) in de loodplaatjes-houder (zie **OPSTELLING IN GEBRUIK**)
- Plaats de bron (zie **OPSTELLING IN GEBRUIK** en **BRON**).
- Druk op de **START** knop op de teller om de meting te starten.
- Druk op de **STOP** knop op de teller wanneer je klaar bent met de meting.
- Haal de bron eruit en zet de deksel erop wanneer je helemaal klaar bent met meten.

TELLER-INSTELLINGEN

- OK:** Indrukken als je wil beginnen met meten.
- STOP/RESET:** Indrukken als je de meting wil stoppen. Reset de display door de knop in te drukken als er niet wordt geteld



- TIME INTERVAL:** De tijdsduur bepaalt hoelang een meting duurt. Aanpassen: navigeer met de pijltjes naar 'time'. Druk op de pijltjes rechts en links om een andere tijd te selecteren.



DISPLAY: Laat de gemeten waarde / zien (pulsen per tijdseenheid). 'Counts' geeft total getelde deeltjes weer. 'Rate' geeft deeltjes/s of deeltjes/min weer.



- LOODPLAATJES**
Je kunt verschillende diktes testen, ook door plaatjes te combineren.

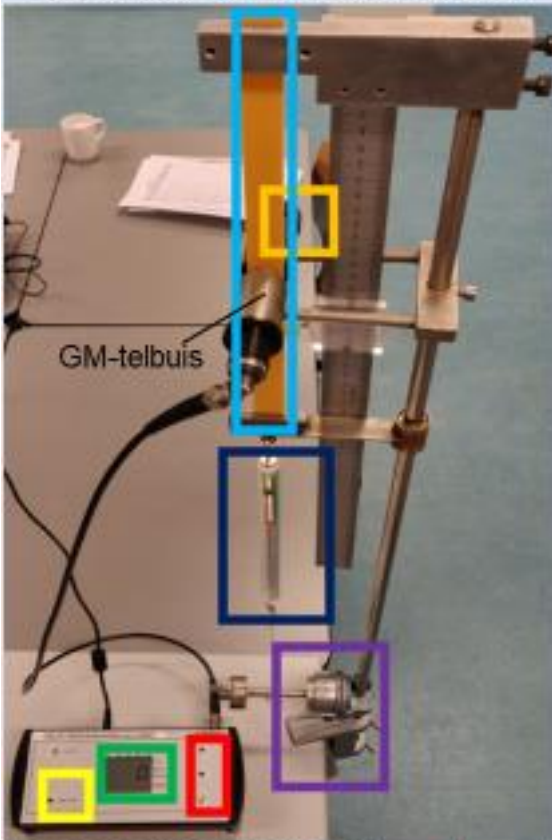


- BRON**
-Zorg dat de bron 0,5 meter verwijderd is van de telbuis voor achtergrondmeting
-Haal de **deksel** van de bron als je deze gaat gebruiken.
De bron is Kobalt-60



- OPSTELLING IN GEBRUIK**
HENDEL: Verplaats naar rechts om loodplaatjes te kunnen plaatsen in de houder.

Quick-Start Guide




GM-telbuis


Experiment 18

- Controleer of je al het materiaal hebt van de afbeelding hiernaast
- Plaats de **BRON** in de houder als dit nog niet is gedaan.
- Zet de teller op het gewenste **TIJDSINTERVAL** en druk op **RESET** om de **DISPLAY** op 0 te zetten
- Draai aan de spindel zodat het **RUBBER** op spanning komt te staan.
- Druk op de **START**-knop op de teller om de meting te starten.
- Voer de meting met verschillende krachten op het **RUBBER** uit en schrijf de resultaten op.


TELLER-INSTELLINGEN




START/STOP: Indrukken als je wil beginnen of stoppen met meten. Bij 'start' indrukken na een meting start de teller weer op 0.




DISPLAY: Laat de gemeten waarde / zien (pulsen per tijdseenheid).




TIJDSINTERVAL: Druk op een pijltje tot er een knipperend pijltje op de **DISPLAY** staat bij 'time'. Druk op het vinkje. Druk weer op de pijltjes om de juiste tijd te selecteren. Druk op het vinkje voor bevestigen. De tijd bepaald de duur van de meting voordat deze automatisch stopt.




RUBBER
Door deze band wordt de doorgelaten straling gemeten. Wordt op spanning gebracht door de **SPINDEL**




BRON
Controleer of de **BRON** in de houder zit zoals bij **OPSTELLING IN GEBRUIK**.



VEERUNSER
Hiermee wordt de kracht F gemeten op het **RUBBER**. De kracht op het rubber mag maximaal 20N zijn



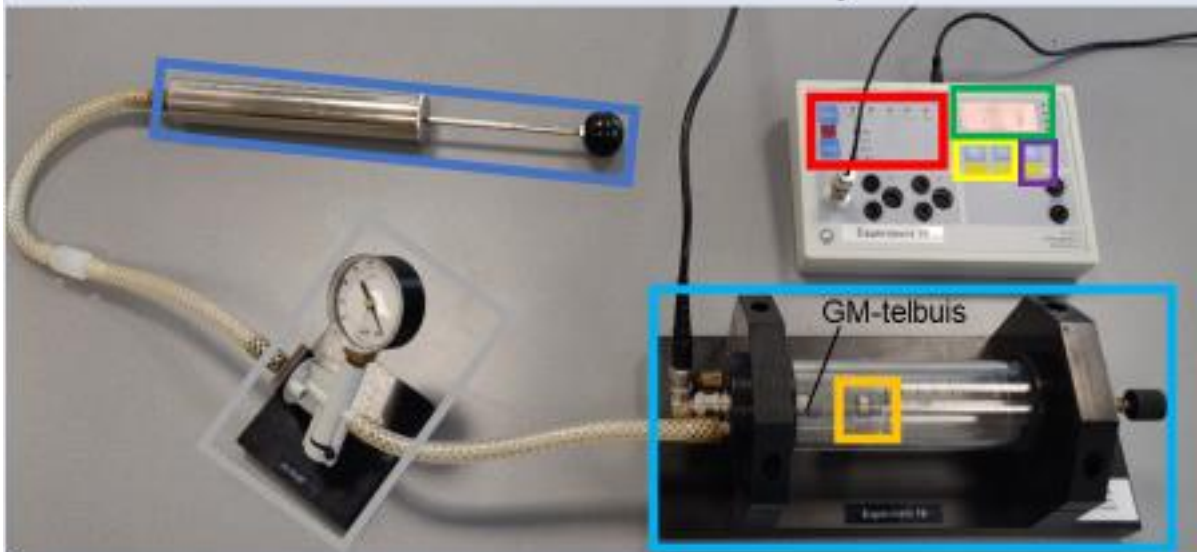
OPSTELLING IN GEBRUIK:
De **BRON** (met stralingszijde naar de GM-teller) in de houder.



SPINDEL
Door aan deze spindel te draaien wordt het **RUBBER** op spanning gebracht. De spindel bevindt zich onderaan de opstelling.

Quick-Start Guide

Experiment 19



- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt
- Zet de teller op het gewenste **TIJDINTERVAL** en druk op **RESET** om de **DISPLAY** op 0 te zetten
- Plaats de **BRON** op de gewenste afstand van de bron
- Druk op de **START**-knop op de teller om de meting te starten.
- Pomp de lucht uit de **VACUUMKAMER** met behulp van de **HANDVACUUMPOMP** tot er pulsen gemeten worden
- Voer de meting op verschillende afstanden, eventueel meerdere keren, uit en schrijf de resultaten op

TELLER-INSTELLINGEN



START/STOP:
 beginnen meting;
 start
 Halverwege stoppen
 meting: stop



Reset: Waarde op
DISPLAY naar 0.
 Indrukken voor nieuwe
 meting



DISPLAY: Laat de gemeten
 waarde / zien (pulsen per
 tijdseenheid). Zorg dat lampje bij
 imp. brandt

TIJDINTERVAL: Door op 'GATE' te
 drukken bepaal je hoe lang je meet. Bij
 'man.' meet hij continu. Gebruik dan de
STOP-knop om de meting te stoppen
 en een stopwatch voor je
 tijdsintervallen. Zorg met 'MODE' dat
 het lampje bij 'N_{AE}' brandt



HANDVACUUMPOMP
 Door (rustig) te pompen neemt de druk AF
 in de **VACUUMKAMER**. Pomp niet te snel
 voor een nauwkeurige meting.

BRON
 De bron zit in de opstelling vast
 waardoor compenseren voor achter-
 grondstraling niet kan. De afstand tot
 de GM-teller wordt afgelezen door te
 kijken naar het plastic plaatsje net
 achter de bron! Instelbaar tussen 3 en
 7 cm. De bron is van americium-241

VACUUMKAMER Hier zit de bron en de teller in. Door de
HANDVACUUMPOMP te gebruiken neemt de druk in de
 kamer af. De kamer kan worden afgesloten door de
 schroefknop (hand)vast te draaien.



DRUKMETER: Meet hier de druk in
 de **VACUUMKAMER** af. Schuifje
 aan de onderzijde sluit de kamer af.
 Hiermee kan de druk in de kamer
 ook weer atmosferisch worden
 gemaakt

Quick-Start Guide

Experiment 20

GM-Telbuis



Stopwatch



Protactinium-
generator



Teller



- Controleer of je al het bovenstaande materiaal hebt.
- Schud de Protactinium-Generator flink en wacht 10 sec (zie **Protactinium-Generator**)
- Plaats de Protactinium-generator onder de GM-telbuis (zie **OPSTELLING IN GEBRUIK**)
- Druk op de **START** knop op de teller om te beginnen met meten.
- Druk weer op de **START** knop op de teller om de meting te stoppen.



NIET GEBRUIKEN

NIET GEBRUIKEN

START: Indrukken als je wilt beginnen met meten. Weer indrukken als je wilt stoppen met meten (alleen als de **TIME SELECT** op '∞' staat).



OPSTELLING IN GEBRUIK

Zorg ervoor dat de zwarte zijde van de **protactinium-generator** onder zit zodat de stralingszijde naar de sensor wijst

DISPLAY: Laat de gemeten waarde / zien (pulsen per tijdseenheid).



TIME SELECT: Hiermee stel je in hoe lang je meet (bijv. 10 seconden) door de knop in te drukken. Als hij op '∞' staat, dan blijft de teller meten. Gebruik dan een stopwatch voor je tijdsintervallen.



PROTACTINIUM-GENERATOR

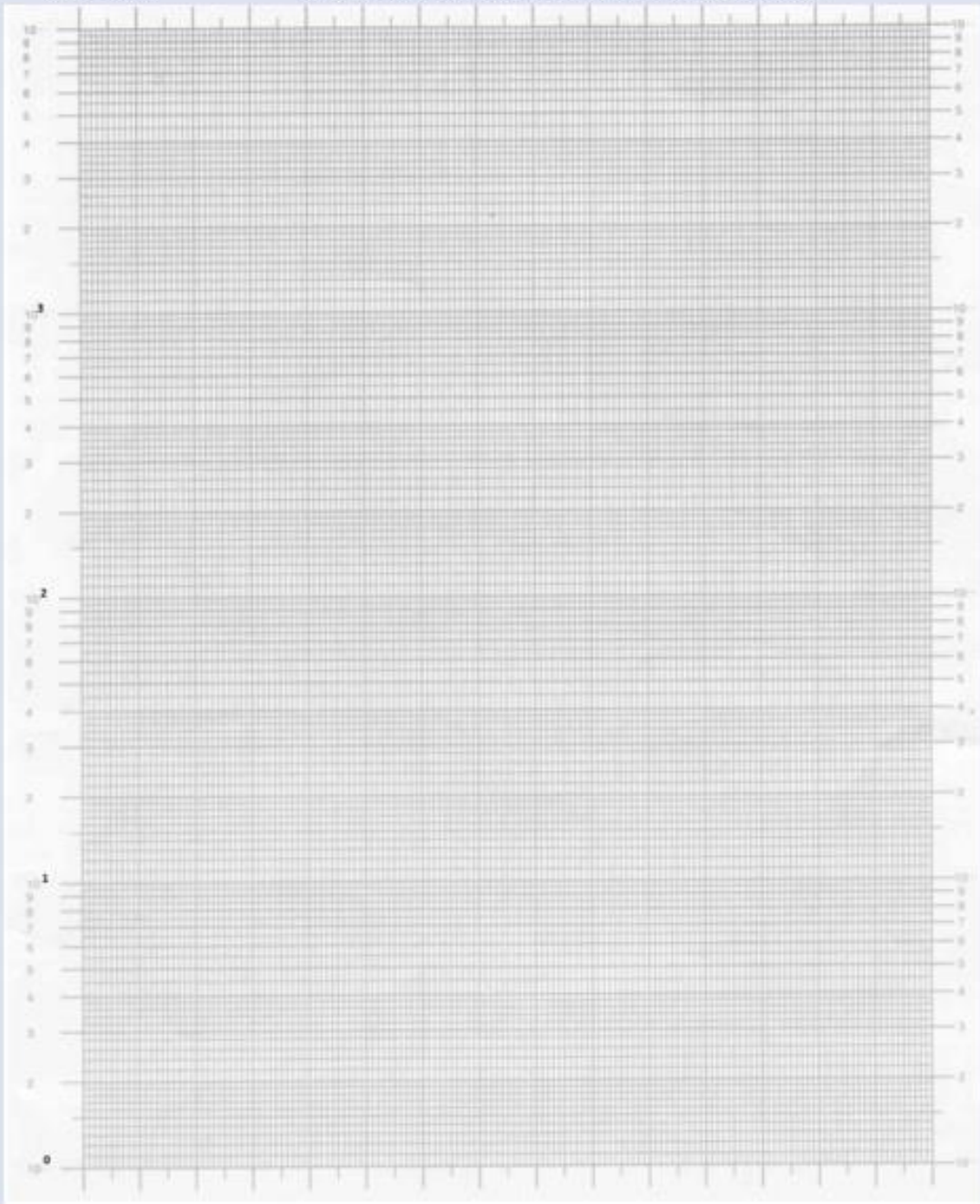
De Protactinium-generator heeft geen deksel (dus draai er niks af). De bron is van protactinium-234



on the back of the QSG's, the following tool around the logarithmic paper is added:

Logaritmisch papier

- X-as heeft 'normale' as-verdeling (gelijke stapjes)
 - Bedenk zelf de eenheid en schaal
- Y- as is logaritmisch (ongelijke stapjes)
 - Omdat de stapjes niet gelijk zijn, krijg je andere lijnen dan in een as met gelijk verdeelde stapjes
 - Getal boven de tienmacht bepaalt de ordegraatte. **Deze kies je, net als de eenheid, zelf!!**
 - $10^0 = 1$ (de 2 hierboven is 2, de 3 daarboven is 3 enz)
 - $10^1 = 10$ (de 2 hierboven is 20, de 3 daarboven is 30 enz)
 - $10^2 = 100$ (de 2 hierboven is 200, de 3 daarboven is 300 enz.)



Appendix C: New IBL instruction sheet of the ISP practicals



Universiteit Utrecht



Faculteit Bètawetenschappen
Ioniserende Stralen Practicum

Experiment 1 dracht van α -deeltjes in de lucht

Lees eerst de inleiding experiment 1 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* over de dracht van α -deeltjes in lucht.

Opzet	<ul style="list-style-type: none"> Voor dit experiment verzin je een klein onderzoek en voer je het uit. Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit Aanwijzingsblad te je helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het Werkblad met stippelijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de Quick-Start Guide om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt. Raadpleeg je BINAS of het Informatieboekje voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt! Lees eerst de inleiding over absorptie van γ-straling door materialen bij Experiment 1 in het informatieboekje <i>Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling</i> (p. 17). Begin dan met het invullen van het Werkblad.
Doel	<ul style="list-style-type: none"> Metten van de dracht in lucht van α-deeltjes uit een bron met radium-226.
Onderzoeksvraag	<ul style="list-style-type: none"> Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
Hypothese	<ul style="list-style-type: none"> Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de ionisatiestroomsterkte I en de afstand d tussen de bron en de ionisatiekamer. Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I, d-diagram. Stel ook een hypothese op over de grootte-orde van de dracht R van α-deeltjes in lucht.
Werkplan	<ul style="list-style-type: none"> Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling. Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothesen te kunnen controleren. Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten. Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft. Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothesen en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA. Stel de onderzoeksvraag, de hypothesen en/of het werkplan zo nodig bij.
Onderzoek	<ul style="list-style-type: none"> Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.
Verwerking	<ul style="list-style-type: none"> Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Aanwijzingen</p> <ul style="list-style-type: none"> Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram. > Bepaal uit het diagram van de metingen de dracht R van de door ^{226}Ra uitgezonden α-deeltjes in lucht. Het ^{226}Ra in de bron vervalt in een groot aantal stappen uiteindelijk tot het stabiele ^{206}Pb. Deze vervalreeks van ^{226}Ra staat hieronder: $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{214}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{210}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb}$ (stabiel) In de bron zitten dus behalve het instabiele ^{226}Ra en het stabiele ^{206}Pb ook alle tussenliggende instabiele vervalproducten. Elk van die vervalproducten vervalt op zijn beurt onder </div>

het uitzenden van een bepaalde soort straling met een bepaalde energiewaarde. De uitgezonden soort straling is af te leiden uit de gegeven vervalreeks, en de energie van de uitgezonden deeltjes is te vinden op de isotopenkaart in het informatieboekje.

> Ga nu eerst na welke isotopen in de vervalreeks α -straling uitzenden en wat daarbij de energie van het uitgezonden α -deeltje is.

- Het ioniserend vermogen en de draacht van een α -deeltje hangen beide af van de energie van het deeltje. Naarmate de energie van een α -deeltje door energie-overdracht bij de ionisatie van stikstof- en zuurstofmoleculen in de lucht afneemt, wordt zijn ioniserend vermogen eerst geleidelijk groter. Als de energie van het α -deeltje daarbij tot onder een bepaalde waarde is afgenomen, is het zijn ioniserend vermogen volledig kwijtgeraakt. De afstand waarop dat gebeurt – dus: de draacht van het α -deeltje – hangt af van zijn energie bij het verlaten van de bron: hoe groter deze energie is, des te groter is de draacht.

> Verklaar hiermee de vorm van het gemeten verband tussen de ionisatiestroomsterkte I en de afstand d tussen de bron en de ionisatiekamer.

> Controleer je verklaring met behulp van de achtergrondinformatie over de draacht van α -deeltjes op de ISP website: stralenpracticum.nl > leerlingen > achtergrondinformatie > draacht van α -deeltjes in lucht.

Extra vraag
In de medische wereld worden bij bestralingen vaak protonen i.p.v. alfadeeltjes gebruikt. Bekijk de ionisatiekromme op het informatieblad nog eens goed. Wanneer je protonen gebruikt i.p.v. alfadeeltjes, blijft de globale vorm van de kromme gelijk. Protonen uit een protonenbron worden echter versneld in een versneller. Kun je nu uitleggen waarom protonen steeds vaker gebruikt worden in medische toepassingen?

Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.

Opmerking

- In het Wilsonvat van experiment 9 is de grootte-orde van de draacht van α -deeltjes in lucht rechtstreeks zichtbaar.



Experiment 2A
Radioactief verval van radon-220

Lees eerst de inleiding over het verval van radioactieve stoffen bij Experiment 2A en 2B in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling*

- Opzet**
- Voor dit experiment verzin je een klein onderzoek en voer je het uit.
 - Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit **Aanwijzingenblad** je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het **Werkblad** met stippelijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de **Quick-Start Guide** om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt.
 - Raadpleeg je **BINAS** of het **Informatieboekje** voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt!
 - Lees eerst de inleiding over absorptie van γ -straling door materialen bij Experiment 1 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* (p. 17).
 - Begin dan met het invullen van het **Werkblad**.
- Doel**
- Bepalen van het verband tussen de ionisatiestroomsterkte (of: de activiteit van de bron) en de tijd.
 - Bepalen van de halveringstijd van het gasvormige radon-220.
- Onderzoeksvraag**
- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
- Hypothese**
- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de ionisatiestroomsterkte I en de afstand d tussen de bron en de ionisatiekamer.
 - Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I, d -diagram.
 - Stel ook een hypothese op over de grootte-orde van de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{220}Rn .
- Werkplan**
- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
 - Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothesen te kunnen controleren.
 - Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
 - Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
 - Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothesen en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
 - Stel de onderzoeksvraag, de hypothesen en/of het werkplan zo nodig bij.
- Onderzoek**
- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

- Verwerking**
- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.
- Aanwijzingen**

 - Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram
 - > Bepaal uit het diagram van de metingen de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{220}Rn .
 - In het boekje informatieboekje Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling staat informatie over het zo nauwkeurig mogelijk bepalen van grootheden uit een grafiek op enkellogaritmisch grafiekpapier.
 - > Vergelijk de nauwkeurigheid van het bepalen van de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{220}Rn uit je meetresultaten in een grafiek op normaal en op enkellogaritmisch grafiekpapier.

Extra vraag

Het RIVM heeft in 2013 aangetoond dat er in een gemiddelde woning in Nederland een activiteit heerst van 15,6 Bq per m^3 lucht, afkomstig van Radon. Wanneer je aanneemt dat je longen (volume 6,0 L) voortdurend met deze lucht gevuld zijn, hoeveel alfadeeltjes krijg je dan per jaar te verwerken?
- Verslag**
- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.



Aanwijzingenblad

Experiment 2B Radioactief verval van radon-220

Lees eerst de inleiding over het verval van radioactieve stoffen bij Experiment 2A en 2B in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling*

- Opzet**
- Voor dit experiment verzin je een klein onderzoek en voer je het uit.
 - Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit **Aanwijzingenblad** je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het **Werkblad** met stippelijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de **Quick-Start Guide** om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt.
 - Raadpleeg je **BINAS** of het **Informatieboekje** voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt!
 - Lees eerst de inleiding over absorptie van γ -straling door materialen bij Experiment 1 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* (p. 17).
 - Begin dan met het invullen van het **Werkblad**.
- Doel**
- Bepalen van het verband tussen de ionisatiestroomsterkte (of: de activiteit van de bron) en de tijd.
 - Bepalen van de halveringstijd van het gasvormige radon-220.
- Onderzoeksvraag**
- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
- Hypothese**
- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de schrijveruitslag (of de ionisatiestroomsterkte I) en de tijd t .
 - Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I,t -diagram.
 - Stel ook een hypothese op over de grootte-orde van de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{220}Rn .
- Werkplan**
- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
 - Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothesen te kunnen controleren.
 - Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
 - Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
 - Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothesen en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
 - Stel de onderzoeksvraag, de hypothesen en/of het werkplan zo nodig bij.
- Onderzoek**
- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.
- Verwerking**
- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.

Aanwijzingen

- De registratie van de schrijveruitslag (of de ionisatiestroomsterkte I) is duidelijk geen vloeiende lijn.
- > Verklaar dit.
- > Trek een vloeiende lijn door de geregistreeerde grafiek om de schommelingen uit te middelen, en bepaal daaruit de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{220}Rn .
- In het informatieboekje staat informatie over het zo nauwkeurig mogelijk bepalen van grootheden uit een grafiek op enkellogaritmisch grafiekpapier.
- > Vergelijk de nauwkeurigheid van het bepalen van de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{220}Rn uit je meetresultaten in de geregistreeerde grafiek op het papier van de x,t -schrijver en op enkellogaritmisch grafiekpapier.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

Extra vraag

Het RIVM heeft in 2013 aangetoond dat er in een gemiddelde woning in Nederland een activiteit heerst van 15,6 Bq per m³ lucht, afkomstig van Radon. Wanneer je aanneemt dat je longen (volume 6,0 L) voortdurend met deze lucht gevuld zijn, hoeveel alfadeeltjes krijg je dan per jaar te verwerken?

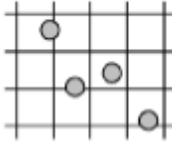
Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een meetrapport. In dat meetrapport staan je onderzoeksvraag, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.



Aanwijzingenblad

Experiment 4 Terugstrooiing van β -deeltjes



Lees eerst de inleiding over verstrooiing en terugstrooiing van β -straling bij experiment 4 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling*. Als je het moeilijk vindt om te begrijpen wat terugstrooiing is, stel je dan voor dat je met tennisballen gooit naar een grof raster van metaalgaas (zie de figuur hiernaast). Een deel van de ballen zal door het gaas heen gaan, andere ballen stuiten naar links of naar rechts, en sommige ballen komen terug jouw kant op. Dat zijn dan de ballen die worden teruggestrooid.

Opzet

- Voor dit experiment verzin je een klein onderzoek en voer je het uit.
- Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit **Aanwijzingenblad** je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het **Werkblad** met stippelijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de **Quick-Start Guide** om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt.
- Raadpleeg je **BINAS** of het **Informatieboekje** voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt!
- Lees eerst de inleiding over absorptie van γ -straling door materialen bij Experiment 1 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* (p. 17).
- Begin dan met het invullen van het **Werkblad**.

Doel

- Bepalen van het verband tussen het aantal teruggestrooide β -deeltjes en het atoomnummer van het materiaal dat voor verstrooiing zorgt.
- Identificeren van een onbekend materiaal uit de gemeten terugstrooiing.

Onderzoeksvraag

- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.

Hypothese

- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de intensiteit I van de teruggestrooide β -straling en het atoomnummer Z van het materiaal dat voor verstrooiing zorgt.
- Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I, Z -diagram.

Werkplan

- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
- Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothese te kunnen controleren.
- Geef aan hoe je de metingen gaat corrigeren voor de achtergrondstraling.
- Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
- Bedenk hoe je een onbekend materiaal zou kunnen identificeren met behulp van de gemeten terugstrooiing.
- Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
- Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothesen en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
- Stel de onderzoeksvraag, de hypothesen en/of het werkplan zo nodig bij.

Onderzoek

- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.

Verwerking

- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.

Aanwijzingen

- Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram.
- > Bepaal uit het diagram van de metingen het onbekende materiaal waarvan je de terugstrooiing gemeten hebt.
- De β -deeltjes kunnen op verschillende manieren een interactie met materie aangaan. De verstrooiing kan het resultaat zijn van één of meer botsingen, zowel met de atoomkernen als met de elektronen rond de atoomkernen van het verstrooiingsmateriaal. De belangrijkste interactie is de botsing met de atoomkernen. De Engelse natuurkundige Ernest Rutherford ontdekte ruim een eeuw geleden dat er verstrooiing optreedt als gevolg van elektrische krachten tussen de negatief geladen β -deeltjes en de positief geladen atoomkernen. Bij die interactie is geen sprake van energieverlies, zodat de snelheid van het β -deeltje niet verandert. Door de kleine massa van het β -deeltje treedt echter wel een sterke verandering van de bewegingsrichting op.
- > Verklaar hiermee het verband tussen de intensiteit I van de teruggestrooide β -straling en het atoomnummer Z van het materiaal dat voor verstrooiing zorgt.
- Bij het identificeren van het onbekende materiaal uit de gemeten terugstrooiing heb je waarschijnlijk een ander materiaal gevonden dan het onbekende materiaal dat bij de opstelling hoort. Dat materiaal is namelijk molybdeen.
- > Verklaar dit afwijkende resultaat.

Extra vraag

Sir Ernest Rutherford gebruikte in eerste instantie α -deeltjes i.p.v. β -deeltjes om aan te tonen dat de atoomkern echt bestaat. Noem twee belangrijke verschillen die dan aan de orde zijn en leg uit hoe die het experiment beïnvloeden.

Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.



Experiment 5

Absorptie van β -deeltjes in aluminium en perspex

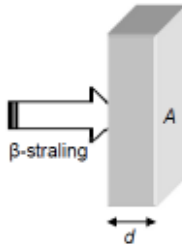
Lees eerst de inleiding over de absorptie van β -straling bij experiment 5 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling*.

- Opzet**
- Voor dit experiment verzin je een klein onderzoek en voer je het uit.
 - Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit **Aanwijzingenblad** je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het **Werkblad** met stippellijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de **Quick-Start Guide** om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt.
 - Raadpleeg je **BINAS** of het **Informatieboekje** voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt!
 - Lees eerst de inleiding over absorptie van γ -straling door materialen bij Experiment 1 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* (p. 17).
 - Begin dan met het invullen van het **Werkblad**.
- Doel**
- Meten van het verband tussen de dikte van het absorberend materiaal en de intensiteit van de doorgelaten β -straling.
 - Bepalen van de dracht en de universele dracht van β -deeltjes in aluminium en perspex.
 - Bepalen van de maximale energie van β -deeltjes uit een bron met strontium-90.
- Onderzoeksvraag**
- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
- Hypothese**
- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de intensiteit I van de doorgelaten β -straling en de dikte d van het absorberende materiaal, zowel voor aluminium als voor perspex.
 - Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I, d -diagram.
- Werkplan**
- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
 - Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothese te kunnen controleren.
 - Geef aan hoe je de metingen gaat corrigeren voor de achtergrondstraling.
 - Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
 - Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
 - Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothese en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
 - Stel de onderzoeksvraag, de hypothese en/of het werkplan zo nodig bij.
- Onderzoek**
- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.
- Verwerking**
- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.

Aanwijzingen

- Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram.
- > Bepaal uit het diagram van de metingen de dracht R van β -deeltjes in aluminium en perspex.
- In het informatieboekje staat informatie over het zo nauwkeurig mogelijk bepalen van grootheden uit een grafiek op enkellogaritmisch grafiekpapier.
- > Maak een grafiek van de meetresultaten op enkellogaritmisch grafiekpapier. Zet de (niet voor de achtergrondstraling gecorrigeerde) intensiteit I uit langs de logaritmische as (verticaal) en de dikte d langs de lineaire as (horizontaal). Doe dit voor aluminium en perspex in hetzelfde diagram. Teken in het diagram ook een horizontale lijn die de intensiteit van de achtergrondstraling weergeeft.

Door het gebruik van het enkellogaritmisch grafiekpapier zal het eerste deel van de beide



grafieken lineair zijn. Het laatste deel vertoont afwijkingen vanwege de gemeten remstraling (zie het informatieboekje) en statistische meetfouten. Die meetresultaten laat je bij het tekenen van de grafieken buiten beschouwing.

> Bepaal uit dit diagram de dracht R van β -deeltjes in aluminium en perspex door het lineaire deel te extrapoleren naar de lijn die de intensiteit van de achtergrondstraling weergeeft.

• Maak – weer op enkellogaritmisch grafiekpapier, en weer voor de intensiteit I die niet voor de achtergrondstraling gecorrigeerd is – een grafiek van je meetresultaten, maar zet nu langs de lineaire as niet de dikte d maar de massa per oppervlakte-eenheid m/A uit. Voor deze massa per oppervlakte-eenheid geldt (zie ook de figuur hiernaast):

$$\frac{m}{A} = \frac{\rho \cdot V}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot d}{A} = \rho \cdot d$$

In deze formule is ρ de dichtheid van het materiaal: 2700 mg/cm³ voor aluminium en 1200 mg/cm³ voor perspex. Met de dichtheid ρ in de eenheid mg/cm³ en de dikte d in de eenheid cm krijgt de massa per oppervlakte-eenheid m/A de eenheid mg/cm².

> Wat valt je op als – in hetzelfde diagram – beide grafieken getekend zijn?

• Afhankelijk van hun energie leggen de β -deeltjes een bepaalde afstand af waarin ze al hun energie aan het absorberend materiaal afgeven. Deze afstand is de dracht R . De waarde van deze dracht is voor elk materiaal verschillend. Maar als we kijken naar de massa per oppervlakte-eenheid m/A (en niet naar de dikte d) van het absorberend materiaal,

dan zie je dat elk materiaal bij ruwweg dezelfde waarde van m/A de β -deeltjes volledig heeft geabsorbeerd. We noemen deze waarde van m/A de universele dracht R_u . Zie ook de achtergrondinformatie op de ISP website: stralenpracticum.nl > leerlingen > achtergrondinformatie

> universele dracht.

> Bepaal uit de getekende grafieken de universele dracht R_u van β -deeltjes door het lineaire deel te extrapoleren naar de lijn die de intensiteit van de achtergrondstraling weergeeft.

• Met de universele dracht R_u en de dichtheid ρ van een materiaal is de dracht R van β -deeltjes in dat materiaal te bepalen.

> Bereken de dracht R van β -deeltjes in aluminium, perspex en het menselijk lichaam, en vergelijk het resultaat – voor zover mogelijk – met de eerdere meetresultaten.

• De universele dracht R_u in materie hangt af van de maximale energie E van de β -deeltjes.

Hiervoor geldt de volgende formule: R_u (in mg/cm²) = 500E (in MeV).

> Bereken de maximale energie van de β -deeltjes uit de bron met ⁹⁰Sr.

Extra vraag

Bereken de dracht van bètadeeltjes in het menselijk lichaam ($\rho = 1$ g/cm³). De grootte van deze dracht heeft gevolgen voor de toepassing van bètastralers in de medische wereld. Kun je daar iets meer over zeggen?

Verslag

• Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.

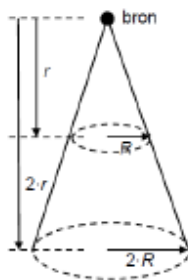


Aanwijzingenblad

Experiment 8 Stralingsintensiteit en afstand

Lees eerst de inleiding over het verband tussen stralingsintensiteit en afstand bij experiment 8 van het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling*.

- Opzet**
- Voor dit experiment verzin je een klein onderzoek en voer je het uit.
 - Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit **Aanwijzingenblad** je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het **Werkblad** met stippellijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de **Quick-Start Guide** om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt.
 - Raadpleeg je **BINAS** of het **Informatieboekje** voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt!
 - Lees eerst de inleiding over absorptie van γ -straling door materialen bij Experiment 1 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* (p. 17).
 - Begin dan met het invullen van het **Werkblad**.
- Doel**
- Metten van het verband tussen de stralingsintensiteit en de afstand tot een puntvormige radioactieve bron.
- Onderzoeksvraag**
- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
- Hypothese**
- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de stralingsintensiteit I en de afstand r tot de bron.
 - Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I, r -diagram.
- Werkplan**
- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
 - Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothese te kunnen controleren.
 - Geef aan hoe je de metingen gaat corrigeren voor de achtergrondstraling.
 - Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
 - Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
 - Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothese en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
 - Stel de onderzoeksvraag, de hypothese en/of het werkplan zo nodig bij.
- Onderzoek**
- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.
- Verwerking**
- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.



Aanwijzingen

- Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram.
- > Bepaal uit het diagram van de metingen het verband tussen stralingsintensiteit I en afstand r .
- Uit het I, r -diagram met de meetresultaten blijkt dat het verband tussen de stralingsintensiteit I en de afstand r waarschijnlijk omgekeerd kwadratisch is. In een formule:
$$I = \frac{C}{r^2} = C \cdot \frac{1}{r^2}$$
- In deze formule is C een evenredigheidsconstante.
- > Leg uit hoe dit uit het I, r -diagram blijkt.
- > Controleer of er inderdaad sprake is van een omgekeerd kwadratisch verband door de stralingsintensiteit I in een diagram uit te zetten tegen $1/r^2$.
- Het gevonden verband tussen stralingsintensiteit en afstand wordt de kwadratenwet genoemd: de stralingsintensiteit I neemt kwadratisch af met de afstand r tussen bron en telbuis.

> Verklaar deze kwadratische afname met behulp van de tekening hiernaast.
Extra vraag
In de Kernenergiewet staat dat bij het verpakken van een bron voor transport aan de buitenkant van de verpakking geen hogere straling mag worden gevonden dan 4 Bq/cm^2 . Hoe groot moet de verpakking zijn als je een bron met een activiteit van 100 kBq wil vervoeren? (Beschouw de bron als puntvormig en neem aan dat de verpakking zelf geen straling tegenhoudt.)

Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je onderzoeksvraag, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.



Experiment 18
Elasticiteitsmodulus van rubber

Lees eerst de inleiding over de manier om de elasticiteitsmodulus van een materiaal te bepalen bij Experiment 18 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling*.

- Opzet**
- Voor dit experiment verzijn je een klein onderzoek en voer je het uit.
 - Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit **Aanwijzingenblad** je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het **Werkblad** met stippelijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de **Quick-Start Guide** om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt.
 - Raadpleeg je **BINAS** of het **Informatieboekje** voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt!
 - Lees eerst de inleiding over absorptie van γ -straling door materialen bij Experiment 1 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* (p. 17).
 - Begin dan met het invullen van het **Werkblad**.
- Doel**
- Bepalen van de elasticiteitsmodulus van rubber.
- Onderzoeksvraag**
- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
- Informatie**
- Met deze meetopstelling is de elasticiteitsmodulus E van rubber te bepalen uit een meting van de kracht F op en de uitrekking Δl van de rubberstrook, samen met de dwarsdoorsnede-oppervlakte A en de oorspronkelijke lengte l_0 van de strook. Om de dwarsdoorsnede-oppervlakte A te bepalen is een meting van de breedte b en de dikte d van de rubberstrook nodig. Deze dikte d bepaal je uit de absorptie van β -straling in de rubberstrook. Uit de gemeten intensiteit I van de doorgelaten straling is via de ijkgrafiek (zie **Aanwijzingen**) de dikte d te bepalen. Alle andere grootheden zijn rechtstreeks te meten met de krachtmeter en een liniaal.
- Hypothese**
- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de kracht F op de rubberstrook en het product $A \cdot \Delta l$ (het product van de dwarsdoorsnede-oppervlakte A en de uitrekking Δl van de rubberstrook).
 - Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een $F, A \cdot \Delta l$ -diagram.
 - Stel ook een hypothese op over de grootteorde van de elasticiteitsmodulus E van rubber.
- Werkplan**
- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
 - Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothese te kunnen controleren.
 - Bedenk hoe je uit de metingen de elasticiteitsmodulus E van rubber kunt bepalen.
 - Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
 - Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
 - Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothese en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
 - Stel de onderzoeksvraag, de hypothese en/of het werkplan zo nodig bij.
- Onderzoek**
- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

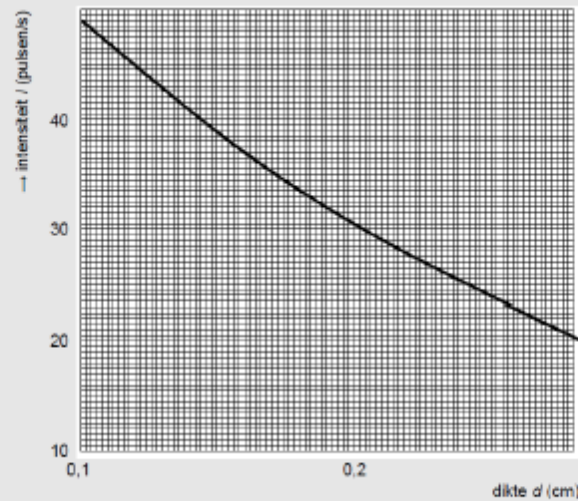
Verwerking

- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.

Aanwijzingen

- Geef de meetresultaten in de vorm van een $F, A \cdot \Delta l$ -diagram. Bepaal daarbij de dikte d van de rubberstrook uit de gemeten intensiteit I van de doorgelaten β -straling en het hieronder weergegeven ijkdiagram.
- Uit het getekende diagram blijkt dat de grootheden F en $A \cdot \Delta l$ recht evenredig zijn. Of, met andere woorden: dat de waarde van $F/(A \cdot \Delta l)$ een constante is.
- > Bepaal uit het diagram de waarde van deze constante, en bepaal daarmee de elasticiteitsmodulus E van rubber.

Het ijkdiagram hieronder geeft de intensiteit I van de doorgelaten β -straling als functie van de dikte d van de rubberstrook.



Extra vraag

In de industrie worden diktes van metaal, papier en vloerbedekking vaak met behulp van straling bepaald. Leg uit welk soort straling bij elk van deze materialen zal worden gebruikt.

Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.



Experiment 12

Absorptie van γ -straling door lood

Opzet	<ul style="list-style-type: none"> • Voor dit experiment verzin je een klein onderzoek en voer je het uit. • Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit Aanwijzingenblad je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het Werkblad met stippelijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de Quick-Start Guide om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt. • Raadpleeg je BINAS of het Informatieboekje voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt! • Lees eerst de inleiding over absorptie van γ-straling door materialen bij Experiment 12 in het informatieboekje <i>Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling</i> (p. 17). • Begin dan met het invullen van het Werkblad.
Doel	<ul style="list-style-type: none"> • Meten van het verband tussen de dikte d van het absorberende materiaal en de intensiteit van de doorgelaten straling. • Bepalen van de halveringsdikte van lood voor de γ-straling uit een bron met kobalt-60 (^{60}Co).
Onderzoeksvraag	<ul style="list-style-type: none"> • Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
Hypothese	<ul style="list-style-type: none"> • Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de intensiteit I van de doorgelaten γ-straling en de dikte d van het absorberende materiaal. • Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I, d-diagram.
Werkplan	<ul style="list-style-type: none"> • Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling. • Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothese te kunnen controleren. • Geef aan hoe je de metingen gaat corrigeren voor de achtergrondstraling. • Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten. • Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft. • Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothese en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA. • Stel de onderzoeksvraag, de hypothese en/of het werkplan zo nodig bij.
Onderzoek	<ul style="list-style-type: none"> • Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.
Verwerking	<ul style="list-style-type: none"> • Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking. <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>Aanwijzingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram. > Bepaal uit het diagram van de metingen de halveringsdikte $d_{1/2}$ van lood voor de γ-straling van ^{60}Co. • In het informatieboekje staat informatie over het zo nauwkeurig mogelijk bepalen van grootheden uit een grafiek op enkellogaritmisch grafiekpapier (zie pagina's 34 en 35 van </div>

het Informatieboekje).

> Vergelijk de nauwkeurigheid van het bepalen van de halveringsdikte $d_{1/2}$ van lood uit je meetresultaten in een grafiek op normaal en op enkellogaritmisch grafiekpapier

- Met de gevonden halveringsdikte van lood is ook de halveringsdikte van andere materialen te bepalen. De halveringsdikte $d_{1/2}$ blijkt namelijk omgekeerd evenredig te zijn met de dichtheid ρ van het absorberend materiaal. Dat betekent: een materiaal met een tweemaal zo grote dichtheid heeft een tweemaal zo kleine halveringsdikte.

> Bereken de halveringsdikte van aluminium en van water met behulp van de gevonden halveringsdikte van lood.

Extra vraag

Een loodschort bevat een laagje van ongeveer 3 mm lood ter bescherming tegen straling. Waarom is een loodschort bij gammastraling met een energie van meer dan 2,0 MeV niet zinvol? Aanwijzing: gebruik tabel 28f van Binas.

Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.



Experiment 19
Dracht van α -deeltjes en luchtdruk

Lees eerst de inleiding over het te verwachten verband tussen de dracht van α -deeltjes in lucht en de waarde van de luchtdruk bij Experiment 19 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling*.

- Opzet**
- Voor dit experiment verzijn je een klein onderzoek en voer je het uit.
 - Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit **Aanwijzingenblad** je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek . Op het **Werkblad** met stippelijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de **Quick-Start Guide** om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt.
 - Raadpleeg je **BINAS** of het **Informatieboekje** voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt!
 - Lees eerst de inleiding over absorptie van γ -straling door materialen bij Experiment 1 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* (p. 17).
 - Begin dan met het invullen van het **Werkblad**.
- Doel**
- Bepalen van het verband tussen de dracht van α -deeltjes in lucht en de waarde van de luchtdruk.
- Onderzoeksvraag**
- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
- Hypothese**
- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de dracht R van α -deeltjes in lucht en de luchtdruk p .
 - Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een R,p -diagram.
 - Stel ook een hypothese op over de grootteorde van de dracht van α -deeltjes in lucht bij een luchtdruk die gelijk is aan de normale druk van de buitenlucht.
- Werkplan**
- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
 - Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothese te kunnen controleren.
 - Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
 - Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
 - Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothese en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
 - Stel de onderzoeksvraag, de hypothese en/of het werkplan zo nodig bij.
- Onderzoek**
- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.
- Verwerking**
- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader op de achterkant staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.

- Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram.
- > Bepaal uit het diagram van de metingen het verband tussen de dracht R van α -deeltjes en de luchtdruk p .
- Uit het R,p -diagram met de meetresultaten blijkt dat het verband tussen de dracht R en de luchtdruk p waarschijnlijk omgekeerd evenredig is. In een formule:

$$R = \frac{c}{p} = c \cdot \frac{1}{p}$$
 In deze formule is c een evenredigheidsconstante.
 - > Leg uit hoe dit uit het R,p -diagram blijkt.
 - > Controleer of er inderdaad sprake is van een omgekeerd evenredig verband door de dracht R in een diagram uit te zetten tegen $1/p$.
 - > Bepaal met behulp van de getekende grafiek de evenredigheidsconstante c in de formule voor het verband tussen dracht R en luchtdruk p .

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation

- Met de gevonden evenredigheidsconstante c kun je het verband tussen de dracht R en de luchtdruk p weergeven in de vorm van een formule.
- > Bereken met behulp van de gevonden formule de waarde van de dracht R van de α -deeltjes in lucht bij een luchtdruk die gelijk is aan de normale druk van de buitenlucht.

Extra vraag

Bij het verval van Am-241 komt ook gammastraling vrij. Dit heeft echter nauwelijks invloed op de meting. Kun je verklaren waarom?

Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.

Opmerking

- In het Wilsonvat van experiment 9 (in het kabinet of de doka) is de grootteorde van de dracht van α -deeltjes in lucht bij een luchtdruk die gelijk is aan de normale druk van de buitenlucht rechtstreeks zichtbaar.



Experiment 20

Radioactief verval van protactinium-234

- Opzet**
- Voor dit experiment verzin je een klein onderzoek en voer je het uit.
 - Je werkt tijdens dit practicum met drie verschillende bladen. Gebruik dit **Aanwijzingenblad** je te helpen bij elk onderdeel van het onderzoek. Op het **Werkblad** met stippelijntjes schrijf je je onderzoek en je resultaten op. Gebruik de **Quick-Start Guide** om te weten hoe je de meetopstelling gebruikt.
 - Raadpleeg je **BINAS** of het **Informatieboekje** voor extra informatie! En vraag je docent of de practicumbegeleider om je te helpen als je dat nodig hebt!
 - Lees eerst de inleiding over de werking van de protactinium-generator bij Experiment 20 in het informatieboekje *Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling* (p.28).
 - Begin dan met het invullen van het **Werkblad**.
- Doel**
- Bepalen van het verband tussen de stralingsintensiteit I (of: de activiteit van de bron, in pulsen per tijdseenheid) en de tijd t .
 - Bepalen van de halveringstijd $t_{1/2}$ van protactinium-234 (^{234}Pa).
- Onderzoeksvraag**
- Formuleer een onderzoeksvraag die past bij het doel en de meetopstelling van dit experiment.
- Hypothese**
- Stel een beargumenteerde hypothese op over het verband tussen de intensiteit I van de uitgezonden straling en de tijd t .
 - Geef deze hypothese ook in de vorm van een schets van het verband tussen deze grootheden in een I,t -diagram.
 - Stel ook een hypothese op over de grootteorde van de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{234}Pa .
- Werkplan**
- Maak een werkplan voor het experimenteel onderzoek met de gegeven meetopstelling.
 - Geef in dat werkplan aan welke grootheden je op welke manier gaat variëren en meten om het wel of niet juist zijn van de opgestelde hypothese te kunnen controleren.
 - Geef aan hoe je de metingen gaat corrigeren voor de achtergrondstraling.
 - Maak alvast een (lege) tabel voor het noteren van de meetresultaten.
 - Geef in het werkplan ook aan of het uitvoeren van het experiment een bijdrage levert aan de stralingsbelasting tijdens het practicum, en zo ja: hoe je er dan voor zorgt dat die stralingsbelasting zo laag mogelijk blijft.
 - Bespreek je onderzoeksvraag, de opgestelde hypothese en het bijbehorende werkplan met je docent of de TOA.
 - Stel de onderzoeksvraag, de hypothese en/of het werkplan zo nodig bij.
- Onderzoek**
- Voer het experimenteel onderzoek uit volgens je werkplan. Zorg bij die uitvoering voor voldoende stralingsbescherming.
- Verwerking**
- Verwerk de meetresultaten om de opgestelde hypothese te controleren en de onderzoeksvraag te beantwoorden. In het kader hieronder staan enkele aanwijzingen voor die verwerking.

Aanwijzingen

- Geef de meetresultaten in de vorm van een diagram.
- > Bepaal uit het diagram van de metingen de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{234}Pa .
- In het informatieboekje staat informatie over het zo nauwkeurig mogelijk bepalen van grootheden uit een grafiek op enkellogaritmisch grafiekpapier. Zie pagina's 34 en 35 van het **Informatieboekje**.
- > Vergelijk de nauwkeurigheid van het bepalen van de halveringstijd $t_{1/2}$ van ^{234}Pa uit je meetresultaten in een grafiek op normaal en op enkellogaritmisch grafiekpapier.

The effects of an IBL practical on intrinsic motivation


Extra vraag


Aan ziekenhuizen wordt vaak niet de isotoop geleverd die daadwerkelijk nodig is voor bestraling, maar een andere, bijvoorbeeld Mo-99i.p.v. Tc-99 wanneer Tc^m-99 nodig is. Kun je uitleggen waarom?

Verslag

- Schrijf een verslag van dit onderzoek in de vorm van een *meetrapport*. In dat meetrapport staan je *onderzoeksvraag*, de opgestelde *hypothesen*, de (verwerkte) *meetresultaten* en de daaruit getrokken *conclusies* over het al dan niet juist zijn van die hypothesen.

Appendix D: Student worksheet

 **Universiteit Utrecht**

Werkblad 

Faculteit Bètawetenschappen
Ioniserende Stralen Practicum

Experimentnummer: Naam:

Hulpvragen

Titel

Onderzoeksvraag

Waar wil je achter komen met je experiment?
Kan je je onderzoeksvraag beantwoorden met de meetopstelling die je hebt?

Hypothese

Wat verwacht je als antwoord op de onderzoeksvraag?
Waarom?

Meetplan

Hoe kom je tot een antwoord op de onderzoeksvraag?

Welke grootheden spelen een rol?

Hoe lang/vaak ga je meten?

Wat ga je berekenen?

Hoe ga je met de apparatuur werken?

Schets hier evt. je hypothese.

Zorg dat je na 15 min ongeveer hier bent

Extra informatie: BINAS of informatie boekje

Zorg dat je tijd overhoudt voor resultaten + conclusie

Pretest

Appendix E: SRQ-A questionnaire

Geef voor de volgende stellingen aan in hoeverre jij het er mee eens bent. Geef slechts één antwoord per stelling door het te omcirkelen. Foute antwoorden kunnen worden doorgestreept

Stelling	Helemaal mee oneens	Een beetje oneens	Neutraal	Een beetje eens	Helemaal mee eens
Ik vind dit soort practica persoonlijk zeer waardevol	1	2	3	4	5
Ik vind dit soort practica leuk om te doen	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik wil dat anderen denken dat ik verstandig ben	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik dit een belangrijk levensdoel vind	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik verondersteld word dit te doen	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik me zou schamen als ik het niet zou doen	1	2	3	4	5
Ik vind het doen van dit soort practica een aangename bezigheid	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik anderen (ouders, vrienden, leerkrachten, ...) me hiertoe verplichten	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik nieuwe dingen wil bijleren	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik anderen (ouders, vrienden, leerkrachten, ...) dit van mij verwachten	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik anderen de indruk wil geven dat ik een goede leerling ben	1	2	3	4	5
Ik ben geïnteresseerd in dit soort practica	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat ik me schuldig zou voelen als ik het niet zou doen	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat anderen (ouders, vrienden, leerkrachten, ...) me dwingen om dit te doen	1	2	3	4	5
Ik doe mijn best bij dit soort practica omdat dit voor mij een persoonlijk belangrijke keuze is	1	2	3	4	5
Dit soort practica vind ik boeiend om te doen	1	2	3	4	5
Omcirkel welke variant van het practicum je zo gaat doen:	Open variant		Gesloten variant		
Laatste 4 cijfers van je telefoonnummer om pre- en posttest te kunnen matchen.	Cijfercode: _____				

Informed consent

Titel: Het gebruik van scaffolding in combinatie met IBL om de intrinsieke motivatie van middelbare school leerlingen te bevorderen.

Ik heb de informatie voor de deelnemer gelezen. Ik kon aanvullende vragen stellen. Mijn vragen zijn genoeg beantwoord. Ik had genoeg tijd om te beslissen of ik meedoe.

Ik weet dat meedoen helemaal vrijwillig is. Ik ben me ervan bewust dat ik op ieder moment kan beslissen om toch niet mee te doen. Daarvoor hoef ik geen reden te geven.

Ik weet dat mijn ingevulde vragenlijst anoniem wordt verwerkt en opgeslagen voor 10 jaar. Ik heb recht om de wijze waarop mijn gegevens zijn opgeslagen in te zien.

Ik geef toestemming om mijn vragenlijst te gebruiken, voor de doelen die in de informatie(brief) staan.

Ik verklaar hierbij dat ik deze deelnemer voldoende heb geïnformeerd over het genoemde onderzoek.

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 op een wijze waardoor ik er zeker van ben dat de informatie de deelnemer bereikt heeft.

Naam onderzoeker (of diens vertegenwoordiger): Arjen Postma

Handtekening:



Datum: 12/10/2020

Ik ga akkoord met deelname aan dit onderzoek

Posttest

Geef voor de volgende stellingen aan in hoeverre jij het er mee eens bent. Geef slechts één antwoord per stelling door het te omcirkelen. Foute antwoorden kunnen worden doorgestreept

Stelling	Helemaal mee oneens	Een beetje oneens	Neutraal	Een beetje eens	Helemaal mee eens
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat ik nieuwe dingen wilde bijleren	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat anderen (ouders, vrienden, leerkrachten, ...) dit van mij verwachtten	1	2	3	4	5
Ik was geïnteresseerd tijdens dit practicum	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat ik wilde dat anderen denken dat ik verstandig ben	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat ik anderen de indruk wilde geven dat ik een goede leerling ben	1	2	3	4	5
Ik vond het doen van dit practica een aangename bezigheid	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat ik verondersteld werd dit te doen	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat dit voor mij een persoonlijk belangrijke keuze is	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat anderen (ouders, vrienden, leerkrachten, ...) me hiertoe verplichtten	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat ik me schuldig zou voelen als ik het niet zou doen	1	2	3	4	5
Ik vond dit practicum boeiend om te doen	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat ik dit een belangrijk levensdoel vind	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat anderen (ouders, vrienden, leerkrachten, ...) me dwongen om dit te doen	1	2	3	4	5
Ik vond dit practicum persoonlijk zeer waardevol	1	2	3	4	5
Ik vond dit practicum leuk om te doen	1	2	3	4	5
Ik deed mijn best tijdens dit practicum omdat ik me zou schamen als ik het niet zou doen	1	2	3	4	5
Omcirkel welke variant van het practicum je net hebt gedaan:	Open variant		Gesloten variant		
Laatste 4 cijfers van je telefoonnummer om pre- en posttest te kunnen matchen.	Cijfercode: _____				

Appendix F: Normality Tests

Whole sample:

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
gGAINRAI	,071	173	,032	,978	173	,008
gGAINInM	,103	173	,000	,983	173	,034
gGAINIdR	,117	173	,000	,956	173	,000
gGAINInR	,129	173	,000	,952	173	,000
gGAINExR	,179	173	,000	,929	173	,000

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
oGAINRAI	,046	176	,200*	,986	176	,086
oGAINInM	,112	176	,000	,965	176	,000
oGAINIdR	,128	176	,000	,972	176	,001
oGAINInR	,119	176	,000	,980	176	,014
oGAINExR	,103	176	,000	,972	176	,001

Are prepared for the practical and get assessed:

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
gGAINRAI	,145	36	,053	,920	36	,013
gGAINInM	,119	36	,200*	,970	36	,412
gGAINIdR	,173	36	,008	,901	36	,004
gGAINInR	,162	36	,018	,937	36	,042
gGAINExR	,148	36	,044	,938	36	,045

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
oGAINRAI	,072	112	,200*	,981	112	,109
oGAINInM	,135	112	,000	,965	112	,005
oGAINIdR	,144	112	,000	,961	112	,002
oGAINInR	,122	112	,000	,979	112	,068
oGAINExR	,135	112	,000	,949	112	,000

Are not prepared for the practical and do not get assessed:

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
gGAINRAI	,051	137	,200*	,993	137	,759
gGAINInM	,106	137	,001	,982	137	,068
gGAINIdR	,110	137	,000	,959	137	,000
gGAINInR	,126	137	,000	,955	137	,000
gGAINExR	,175	137	,000	,943	137	,000

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
oGAINRAI	,095	64	,200*	,955	64	,021
oGAINInM	,164	64	,000	,923	64	,001
oGAINIdR	,135	64	,006	,967	64	,084
oGAINInR	,115	64	,034	,965	64	,069
oGAINExR	,102	64	,097	,970	64	,120

did not have enough time for the practical:

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
gGAINRAI	,074	90	,200*	,970	90	,033
gGAINInM	,089	90	,078	,987	90	,528
gGAINIdR	,156	90	,000	,912	90	,000
gGAINInR	,142	90	,000	,936	90	,000
gGAINExR	,171	90	,000	,937	90	,000

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
oGAINRAI	,061	88	,200*	,987	88	,531
oGAINInM	,125	88	,002	,970	88	,040
oGAINIdR	,140	88	,000	,955	88	,004
oGAINInR	,127	88	,001	,979	88	,160
oGAINExR	,128	88	,001	,954	88	,003

did have enough time for the practical:

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
gGAINRAI	,090	83	,090	,982	83	,284
gGAINInM	,143	83	,000	,965	83	,024
gGAINIdR	,100	83	,039	,976	83	,118
gGAINInR	,136	83	,001	,967	83	,030
gGAINExR	,159	83	,000	,949	83	,002

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
oGAINRAI	,066	88	,200*	,975	88	,089
oGAINInM	,167	88	,000	,938	88	,000
oGAINIdR	,123	88	,002	,969	88	,034
oGAINInR	,109	88	,011	,976	88	,094
oGAINExR	,085	88	,158	,981	88	,217

Appendix G: Full data on approach: “no prior preparation and no assessment”

Table A: Results of no preparation/no assessment. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL.

DI						IBL				
	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
Pretest	2,227	3,453	3,004	2,422	2,630	2,306	3,520	3,094	2,598	2,615
(SD)	(3,431)	(1,011)	(0,862)	(0,786)	(0,952)	(3,193)	(0,790)	(0,721)	(0,740)	(0,890)
Posttest	3,021	3,604	2,861	2,212	2,418	3,928	3,734	3,082	2,398	2,112
(SD)	(3,293)	(0,883)	(0,863)	(0,835)	(0,918)	(3,233)	(0,850)	(0,803)	(0,738)	(0,702)
Gain	0,794	0,151	-0,142	-0,210	-0,212	1,622	0,215	-0,012	-0,199	-0,503
(SD)	(2,358)	(0,745)	(0,561)	(0,522)	(0,576)	(2,790)	(0,712)	(0,467)	(0,542)	(0,763)

Appendix H: Full data on approach: “prepared and assessed”

Table B: Results of students with prior preparation and assessment. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL.

	DI					IBL				
	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
Pretest (SD)	2,528 (3,324)	3,431 (0,824)	2,826 (0,684)	2,382 (0,706)	2,389 (0,954)	2,496 (3,193)	3,327 (0,907)	2,750 (0,741)	2,316 (0,742)	2,342 (0,957)
Posttest (SD)	2,970 (3,420)	3,736 (0,810)	2,646 (0,836)	2,333 (0,848)	2,407 (0,905)	2,613 (3,487)	3,636 (0,813)	2,900 (0,710)	2,386 (0,743)	2,586 (0,952)
Gain (SD)	0,442 (2,886)	0,306 (0,736)	-0,181 (0,481)	-0,049 (0,799)	0,019 (0,929)	0,840 (2,413)	0,279 (0,615)	-0,136 (0,465)	-0,228 (0,586)	-0,095 (0,787)

Table C: Mann-Whitney test with prior preparation and assessment

	gainRAI	gainInM	gainIdR	gainInR	gainExR
Mann-Whitney U	1960,0	1972,5	1896,0	1644,0	1932,0
Wilcoxon W	2626,0	8300,5	2562,5	7972,0	8260,0
Z	-,250	-,196	-,544	-1,679	-,380
Asymp. Sig. (2-tailed)	,802	,945	,587	,093	,704

Appendix I: Full data on approach: “enough time for the practical”

Table D: Results of students with enough available time. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL.

DI						IBL				
	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
Pretest	2,924	3,645	3,045	2,383	2,514	2,650	3,565	3,159	2,602	2,519
(SD)	(3,407)	(0,789)	(0,741)	(0,752)	(1,012)	(3,253)	(0,775)	(0,691)	(0,760)	(0,867)
Posttest	3,610	3,747	2,895	2,160	2,309	4,202	3,827	3,134	2,347	2,119
(SD)	(3,453)	(0,837)	(0,875)	(0,805)	(0,976)	(3,167)	(0,802)	(0,745)	(0,761)	(0,742)
Gain	0,687	0,102	-0,151	-0,223	-0,205	1,552	0,261	-0,026	-0,256	-0,400
(SD)	(2,299)	(0,726)	(0,561)	(0,499)	(0,493)	(2,801)	(0,700)	(0,483)	(0,540)	(0,763)

Appendix J: Full data on approach: “not enough time for the practical”

Table E: Results of students with enough available time. Pretest and posttest with its gains on DI and IBL.

	DI					IBL				
	RAI	InM	IdR	InR	ExR	RAI	InM	IdR	InR	ExR
Pretest (SD)	1,705 (3,308)	3,267 (0,871)	2,894 (0,817)	2,442 (0,786)	2,641 (0,900)	1,284 (3,582)	3,267 (0,914)	2,955 (0,709)	2,614 (0,730)	2,795 (1,006)
Posttest (SD)	2,456 (3,091)	3,525 (0,886)	2,744 (0,843)	2,308 (0,864)	2,515 (0,864)	1,981 (3,381)	3,517 (0,828)	2,798 (0,719)	2,435 (0,719)	2,708 (0,946)
Gain (SD)	0,752 (2,638)	0,258 (0,756)	-0,150 (0,531)	-0,133 (0,667)	-0,126 (0,801)	0,697 (2,269)	0,250 (0,602)	-0,156 (0,446)	-0,179 (0,597)	-0,087 (0,811)

Table 6: Mann-Whitney test with prior preparation and assessment

	gainRAI	gainInM	gainIdR	gainInR	gainExR
Mann-Whitney U	3839,0	3945,5	3837,0	3629,0	3720,5
Wilcoxon W	7755,0	7861,5	7753,0	7545,0	7815,5
Z	-,352	-,042	-,364	-,973	-,706
Asymp. Sig. (2-tailed)	,725	,966	,716	,331	,480