

Hall Effect

Modellerplan

Brian de Keijzer
Julia Norbart

Vak
Klas
Docent

Onderzoeken 5
NH2B
dr. ir. J. B. Oostinga

April 29, 2018

THE HAGUE

UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Hall Effect

Modelleerplan

door

Brian de Keijzer
Julia Norbart

Namen:	Brian de Keijzer	Julia Norbart
Studentnummers:	16011015	16083946
Emails:	16011015@student.hhs.nl	16083946@student.hhs.nl

THE HAGUE
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Abstract

Abstract...

*Brian de Keijzer
Julia Norbart
Delft, April 29, 2018*

Samenvatting: de samenvatting bevat een korte beschrijving van wat er gemeten/onderzocht is. Daarnaast worden de belangrijkste resultaten en conclusies opgenomen. Het stukje tekst (ca. een half A4-tje) moet uitnodigend zijn om het verslag te gaan lezen; dit bepaalt veelal of het verslag gelezen wordt of niet.

Contents

1	Introduction	1
1.1	Document Structure	1
1.2	Cover and Title Page	2
1.3	Chapters	3
1.4	\section{...}.	4
1.4.1	\subsection{...}	4
1.5	Fonts and Colors	4
2	Theory (Voorkeur naar eigen informatieve titel)	5
3	Operating Procedure (Voorkeur naar eigen informatieve titel)	9
4	Measurements (Voorkeur naar eigen informatieve titel)	11
4.1	Uncertainty Calculations	11
4.2	Data Analytics.	11
5	Conclusion	13
6	Discussion	15
	Bibliography	17
A	Measurements	19
B	<i>Meetplan</i>	21
C	Python code	23
C.1	Dataverwerking Life Time Meting.	23
C.2	Dataverwerking Delta Time Meting.	25

Introduction

Hoofdstuk 1 Inleiding: het doel van de inleiding is de lezer nieuwsgierig en duidelijk te maken wat de lezer kan verwachten. De inleiding bevat de context, de achtergrond, de probleemstelling en/of onderzoeksvragen.

This document is intended to be both an example of the TU Delft \LaTeX template for reports and theses, as well as a short introduction to its use. It is not intended to be a general introduction to \LaTeX itself,¹ and we will assume the reader to be familiar with the basics of creating and compiling documents.

Instructions on how to use this template under Windows and Linux, and which \LaTeX packages are required, can be found in `README.txt`.

1.1. Document Structure

Since a report, and especially a thesis, might be a substantial document, it is convenient to break it up into smaller pieces. In this template we therefore give every chapter its own file. The chapters (and appendices) are gathered together in `report.tex`, which is the master file describing the overall structure of the document. `report.tex` starts with the line

```
\documentclass{tudelft-report}
```

which loads the TU Delft report template. The template is based on the \LaTeX book document class and stored in `tudelft-report.cls`. The document class accepts several comma-separated options. The default language is English, but this can be changed to Dutch (e.g., for bachelor theses) by specifying the `dutch` option:

```
\documentclass[dutch]{tudelft-report}
```

Furthermore, hyperlinks are shown in blue, which is convenient when reader the report on a computer, but can be expensive when printing. They can be turned black with the `print` option. This will also turn the headers black instead of cyan.

If the document becomes large, it is easy to miss warnings about the layout in the \LaTeX output. In order to locate problem areas, add the `draft` option to the `\documentclass` line. This will display a vertical bar in the margins next to the paragraphs that require attention. Finally, the `nativefonts` option can be used to override the automatic font selection (see below).

This template has the option to automatically generate a cover page with the `\makecover` command. See the next section for a detailed description.

The contents of the report are included between the `\begin{document}` and `\end{document}` commands, and split into three parts by

1. `\frontmatter`, which uses Roman numerals for the page numbers and is used for the title page and the table of contents;
2. `\mainmatter`, which uses Arabic numerals for the page numbers and is the style for the chapters;
3. `\appendix`, which uses letters for the chapter numbers, starting with 'A'.

¹We recommend <http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX> as a reference and a starting point for new users.

The title page is defined in a separate file, *e.g.*, `title.tex`, and included verbatim with `\input{title}`.² Additionally, it is possible to include a preface, containing, for example, the acknowledgements. An example can be found in `preface.tex`. The table of contents is generated automatically with the `\tableofcontents` command. Chapters are included after `\mainmatter` and appendices after `\appendix`. For example, `\input{chapter-1}` includes `chapter-1.tex`, which contains this introduction.

The bibliography, finally, is generated automatically with

```
\bibliography{report}
```

from `report.bib`. The bibliography style is specified in `tudelft-report.bst`, which is a modified version of `apsrev4-1.bst` (from REVTeX) designed to also display the titles of referenced articles. The template will automatically generate clickable hyperlinks if a URL or DOI (digital object identifier) is present for the reference. As an example, we cite the paper by Nobel laureate Andrei Geim and his pet hamster [?]. Although it is possible to manage the bibliography by hand, we recommend using EndNote (available from Blackboard) or JabRef (available from <http://jabref.sourceforge.net/>).

1.2. Cover and Title Page

This template will automatically generate a cover page if you issue the `\makecover` command. There are two formats for the cover page: one with a page-filling ('bleeding') illustration, with the title(s) and author(s) in large ultrathin typeface, and the other where the illustration fills the lower half of the A4, whereas title(s), author(s) and additional text are set in the standard sans-serif font on a plain background with a color chosen by the user. The last option is selected by the optional key `split`: `\makecover[split]` yields a page with the illustration on the lower half. All illustrations are bleeding, in accordance with the TU Delft style.

Before generating the cover, you need to provide the information to put on it. This can be done with the following commands:

- `\title[Optional Color]{Title}`
This command is used to provide the title of the document. The title title is also printed on the spine. If you use a title page (see below), this information will be used there as well. As the title, subtitle and author name are printed directly over the cover photo, it will often be necessary to adjust the print color in order to have sufficient contrast between the text and the background. The optional color argument is used for this.
- `\title[Optional Color]{Subtitle}`
This command is used to provide a subtitle for the document. If you use a title page (see below), this information will be used there as well. It possible to adjust the print color in order to have sufficient contrast between the text and the background – the optional color argument is used for this.
- `\author{J. Random Author}`
This command specifies the author. The default color is `tudelft-white`, but this may be adjusted in the same way as the titles.
- `\affiliation{Technische Universiteit Delft}`
The affiliation is the text printed vertically on the front cover. It can be the affiliation, such as the university or department name, or be used for the document type (*e.g.*, Master's thesis). The default color is again `tudelft-white`, adjustable through the color option.
- `\coverimage{cover.jpg}`
With this command you can specify the filename of the cover image. The image is stretched to fill the full width of the front cover (including the spine if a back cover is present).
- `\covertext{Cover Text}`
If a back cover is present, the cover text is printed on the back. Internally, this text box is created using the L^AT_EX minipage environment, so it supports line breaks.
- `\titleoffsetx{OffsetX}, \titleoffsety{OffsetY}` If the cover page contains a page-filling picture (*i.e.*, `split` is not specified with the `makecover` command, the best position of the title depends

²Note that it is not necessary to specify the file extension.

a lot on the picture chosen for it. The lower left corner of the minipage containing title, subtitle and author is specified by these two commands. The offsets are measured from the top left corner of the page.

- `\afiloffsetx{AfilX}`, `\afiloffsety{AfilY}` specifies the lower left corner of the text containing the affiliation, measured from the top left corner of the page.

In addition to `[split]`, the `\makecover` command accepts several additional options for customizing the layout of the cover. The most important of these is `back`. Supplying this option will generate a back cover as well as a front, including the spine. Since this requires a page size slightly larger than twice A4 (to make room for the spine), and \LaTeX does not support different page sizes within the same document, it is wise to create a separate file for the cover. `cover.tex` contains an example. The recommended page size for the full cover can be set with

```
\geometry{papersize={1226bp,851bp}}
```

after the document class and before `\begin{document}`.

The other options `\makecover` accepts are

- `nospine`
If a back cover is generated, the title will also be printed in a black box on the spine. However, for smaller documents the spine might not be wide enough. Specifying this option disables printing the title on the spine.
- `frontbottom`
By default the black box on the front is situated above the blue box. Specifying this option will place the black box below the blue one.
- `spinewidth`
If a back cover is present, this option can be used to set the width of the spine. The default is `spinewidth=1cm`.
- `frontboxwidth`, `frontboxheight`, `backboxwidth`, `backboxheight`
As their names suggest, these options are used to set the width and height of the front (black) and back (blue) boxes. The default widths and heights are `4.375in` and `2.1875in`, respectively.
- `x`, `y`
The blue and black boxes touch each other in a corner. The location of this corner can be set with these options. It is defined with respect to the top left corner of the front cover. The default values are `x=0.8125in` and `y=3in`.
- `margin`
This option sets the margin between the borders of the boxes and their text. The default value is `12pt`.

For a thesis it is desirable to have a title page within the document, containing information like the thesis committee members. To give you greater flexibility over the layout of this page, it is not generated by a command like `\makecover`, but instead described in the file `title.tex`. Modify this file according to your needs. The example text is in English, but Dutch translations are provided in the comments. Note that for a thesis, the title page is subject to requirements which differ by faculty. Make sure to check these requirements before printing.

1.3. Chapters

Each chapter has its own file. For example, the \LaTeX source of this chapter can be found in `chapter-1.tex`. A chapter starts with the command

```
\chapter{Chapter title}
```

This starts a new page, prints the chapter number and title and adds a link in the table of contents. If the title is very long, it may be desirable to use a shorter version in the page headers and the table of contents. This can be achieved by specifying the short title in brackets:

```
\chapter[Short title]{Very long title with many words which could not possibly
fit on one line}
```

Unnumbered chapters, such as the preface, can be created with `\chapter*{Chapter title}`. Such a chapter will not show up in the table of contents or in the page header. To create a table of contents entry anyway, add

```
\addcontentsline{toc}{chapter}{Chapter title}
```

after the `\chapter` command. To print the chapter title in the page header, add

```
\setheader{Chapter title}
```

Chapters are subdivided into sections, subsections, subsubsections, and, optionally, paragraphs and subparagraphs. All can have a title, but only sections and subsections are numbered. As with chapters, the numbering can be turned off by using `\section*{...}` instead of `\section{...}`, and similarly for the subsection.

1.4. `\section{...}`

1.4.1. `\subsection{...}`

```
\subsubsection{...}
```

\paragraph{...} Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

1.5. Fonts and Colors

The fonts used by this template depend on which version of \TeX you use. Regular \TeX , *i.e.*, if you compile your document with `latex`, `pslatex` or `pdflatex`, will use Utopia for text, Fourier for math and Latin Modern for sans-serif and monospaced text. However, if you want to adhere to the TU Delft house style, you will need to use \XeLaTeX , as it supports TrueType and OpenType fonts. Compiling with `xelatex` will use Arial for most titles and text, Courier New for monospace and Cambria for math. If you want to have a sans-serif font for the main text, while using `latex`, `pslatex` or `pdflatex`, you can use the option `noroman` in the report style: `\usepackage[... ,noroman]{tudelft-report}`. For document and part titles, TU Delft Ultra Light is used. For quotes, columns and text in boxes, you use Georgia. If you want to use \XeLaTeX , but do not want to use the TU Delft house style fonts, you can add the `nativefonts` option to the document class. This will still use TU Delft Ultra Light and Arial on the cover, but not for the body of the document. If you need to use these fonts for certain sections in the main text, they are available via `\tudrmfamily` (Georgia) and `\tudtitlefamily` (TU Delft Ultra Light).

You have to learn the rules of the game. And then you have to play better than anyone else.

Albert Einstein

The corporate colors of the TU Delft are cyan, black and white, available via `\color{tudelft-cyan}`, `\color{tudelft-black}` (which differs slightly from the default `\color{black}`) and `\color{tudelft-white}`, respectively. Apart from these three, the house style defines the basic colors `tudelft-sea-green`, `tudelft-green`, `tudelft-dark-blue`, `tudelft-purple`, `tudelft-turquoise` and `tudelft-sky-blue`, as well as the accent colors `tudelft-lavendel`, `tudelft-orange`, `tudelft-warm-purple`, `tudelft-fuchsia`, `tudelft-bright-green` and `tudelft-yellow`.

2

Theory (Voorkeur naar eigen informatieve titel)

Hoofdstuk 2 Theorie: de theorie omvat het theoretisch kader. Daarbij moet gedacht worden aan onderliggende theorie (formules, grafieken, verbanden, verklaringen, aannames e.d.) die nodig is om het onderzoek in goede banen te leiden. Op basis van de theorie kunnen verantwoorde keuzes gemaakt worden (denk aan uitdrukken in meetbare grootheden) en kunnen de resultaten verklaard worden. Het niveau van de theorie is gebaseerd op collegiale toetsing (peer review).

Onderstaand is een kort voorbeeld in het gebruik van LaTeX. Relevante stukken tekst zijn gekopieerd uit een voorgaand verslag. Het gaat hier puur om het gebruik van LaTeX.

Muonen hebben onder andere een toepassing in muon radiografie. Deze techniek gebruikt kosmische straling om holtes in massieve structuren in kaart te brengen. Zo is er op 2 november 2017 een tot op dat moment onbekende kamer in de 'Great Pyramid te Giza ontdekt [1]. Voor een toepassing als deze is het van belang dat zowel de massa, snelheid, levensduur en de muonflux op de betreffende plek zo nauwkeurig mogelijk bekend zijn.

Tijdens het onderzoek behorende bij dit verslag zal de muonlevensduur in rust onderzocht worden. De onderzoeksvraag luidt als volgt.

- Meet de levensduur van een muon en bepaal de bijbehorende onnauwkeurigheid. Vergelijk je waarde met de literatuur.

Muonen zijn elementaire deeltjes die ontstaan ten gevolge van kosmische straling die de aardatmosfeer binnenkomt in de vorm van protonen [2]. De vervalreeks tengevolge van deze binnenkomende protonen is weergegeven in Figuur 2.1. De muonen die hierbij vrijkomen ontstaan op ongeveer 15 km hoogte [?].

$$\Phi_{R580} = 21,7 \quad [\text{muonen/s}] \quad (2.1)$$

Uit bron [?] blijkt dat de volgende instellingen

$$1200 \leq V_{PMT} \leq 1600 \quad [\text{V}] \quad (2.2)$$

$$20 \leq V_{Threshold} \leq 30 \quad [\text{mV}] \quad (2.3)$$

dienen te leiden tot onderstaande resultaten:

$$\Phi_{R580} = 21,7 \quad [\text{muonen/s}] \quad (2.4)$$

$$\tau_{\mu} = 2,00 \times 10^{-6} \quad [\text{s}] \quad (2.5)$$

$$\bar{v}_{\mu} = (0,99 \pm 0,017)c \quad [\text{m/s}] \quad (2.6)$$

Hierbij is V_{PMT} het potentiaalverschil tussen de anode en de cathode van de PMT. De drempelspanning $V_{Threshold}$ is de minimum spanning die vereist is om een binnenkomende puls te registreren als puls afkomstig van een muon. De levensduur τ_{μ} is de levensduur van het muon welke in het verleden met hetzelfde type

Spectral Response										Remarks				Max. Ratings					
Type No.	Effective Area (mm)								Spectral Response Range (nm)	Curve Code	Peak Wavelength (nm)	Photo-cathode Material	Window Material	Out-line No.	Dynode Structure / Stages	Socket & Socket Assembly	Anode to Cathode Voltage (V)	Average Anode Current (mA)	Anode to Cathode Supply Voltage (V)
	← Wavelength (nm) →																		
38 mm (1-1/2") Dia. Types																			
R11102									300 to 650	400K	420	BA	K	❶	C+L/10	E678-12A	1250	0.1	1000
R3886A									300 to 650	400K	420	BA	K	❷	C+L/10	E678-12A*	1250	0.1	1000
R9420									300 to 650	400K	420	BA	K	❸	L/8	E678-12A*	1500	0.1	1300
R12845									300 to 650	400K	420	BA	K	❹	L/8	E678-20B	1750	0.1	1500
R580									300 to 650	400K	420	BA	K	❺	L/10	E678-12A*	1750	0.1	1250
R9722A									300 to 650	401K	375	HBA	K	❻	C+L/10	E678-12R*	1800	0.02	1500
R2066									300 to 900	501K	600	ERMA	K	❶	CC/10	E678-12A*	1500	0.2	1000

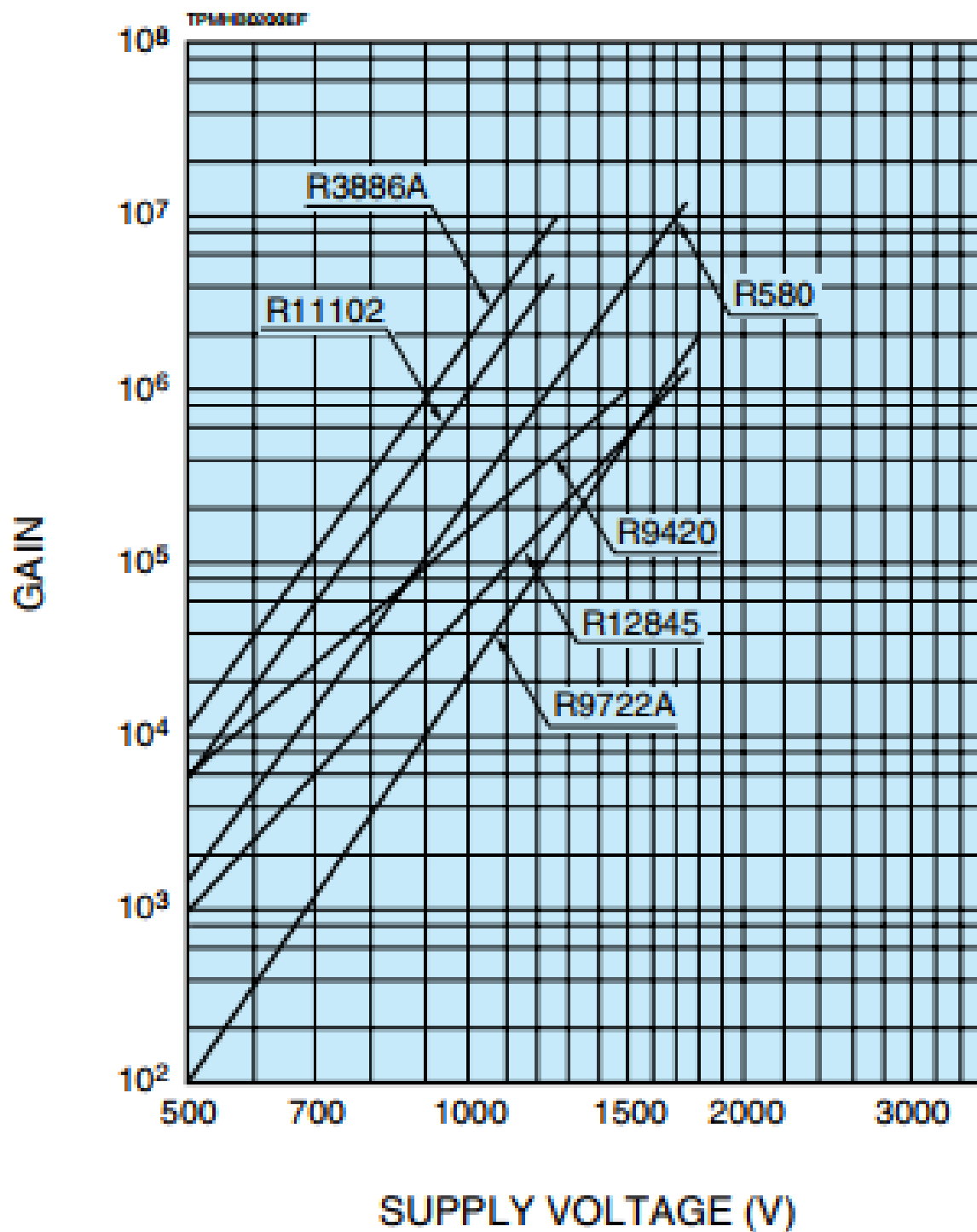


Figure 2.2: De specificaties van de Hamatsu R580 PMT's [?].

opstelling gemeten is [?]. De gemiddelde snelheid \bar{v}_μ is de al eerder gemeten gemiddelde snelheid waarmee muonen zich voortbewegen. Deze is in overeenstemming met de literatuur waarde van $0,99c$ [?].

Bij de uitvoering van dit onderzoek is onderstaand materiaal vereist.

- Twee muonbalken
- Twee BMC-kabels
- Twee kabels voor de spanning van de PMT's
- Muonlab III kastje
- USB-kabel
- Computer met LabVIEW en de Muonlab III VI

Middels de 'cftool' add-on voor matlab is er tot de onderstaande resultaten gekomen voor de fit.

$$N_0 = 618 \quad \tau = 2,09 \cdot 10^{-6} \quad c = -8,24 \quad (2.7)$$

Tabel gemaakt met: <https://www.tablesgenerator.com/>. Merk op dat aan de tabellen wat code aangepast moet worden.

Table 2.1: De levensduur τ welke gehaald is uit de lifetime metingen. De R^2 behoort bij de fit gedaan volgens Vergelijking 2.7.

Sample	Levensduur τ	R^2
[-]	[μs]	[-]
6	2.245	0,9968
8	2,660	0,9641
9	1,443	0,9956
10	2,137	0,9997

3

Operating Procedure (Voorkeur naar eigen informatieve titel)

Hoofdstuk 3 Werkwijze: geef in dit hoofdstuk een beschrijving van de opstelling, de onderdelen plus de karakteristieke eigenschappen van de opstelling. Maak een schematisch overzicht van de opstelling (geen foto!) en stel jezelf de vraag of de lezer het experiment op basis van de door jou verschaft informatie op precies dezelfde manier kan herhalen.

Leg bij de meetprocedure uit: - hoe er is gemeten is a.d.h.v. een schematische voorstelling van de meetopstelling - welke (apparatuur) instellingen er gebruikt zijn - welke systematische fout aanwezig is en hoe je dit compenseert - hoe vaak een meting herhaald is - hoe lang er gemeten is - Indien van toepassing wordt ook de bereiding van het te nemen monster (sample bereiding) beschreven en het aantal monsters.

4

Measurements (Voorkeur naar eigen informatieve titel)

Hoofdstuk 4 Resultaten: in dit hoofdstuk wordt de presentatie van de data gegeven in de vorm van grafieken en/of korte functionele tabellen. Leg uit wat je gemeten hebt, waar de data staat (in dit hoofdstuk / paragraaf of bijlage). Leg de grafieken uit en geef vooral aan wat de lezer uit de grafiek kan afleiden. Maak ook een voorbeeldberekening (inclusief de gebruikte formules) n.a.v. de data met direct daarna de onzekerheidsberekening. Bij een eenvoudige berekening (vb. wet van Ohm) hoeft geen voorbeeld berekening opgenomen te worden. De rest kan in een tabel of in een extra kolom bij de datatabel. Zijn er voor de grafieken al berekeningen nodig dan komen de berekeningen direct na de data presentatie. Bespreek de trendlijnen, pas regressieanalyse toe en breng de koppeling met de theorie aan. Schijf eerst tekst voordat je een tabel of grafiek presenteert.

Bij meetresultaten alleen relevante tabellen en/of grafieken (zie ook bijlagen) zodat de leesbaarheid niet verstoord wordt. Bij voorkeur een grafiek in plaats van een tabel. Een grafiek laat in één oogopslag het verloop van de relatie tussen de grootheden zien. De tabel moet wel in het verslag opgenomen worden; dit kan in de tekst (kleine tabel) of in een bijlage.

4.1. Uncertainty Calculations

4.2. Data Analytics

5

Conclusion

Hoofdstuk 5 Conclusie / discussie: de conclusie moet aansluiten op de inleiding. De lezer die de inleiding en de conclusie leest moet een helder beeld van het onderzoek /experiment gekregen hebben. In de conclusie worden antwoorden op de onderzoeksvragen en de resultaten van het experiment vergeleken met de literatuurwaarden of met je eigen verwachting. Werk in een conclusie altijd met getallen. Woorden als redelijk, matig, vrij goed, niet goed, enz. mogen niet erin voorkomen. Er zijn twee mogelijkheden: het resultaat van het experiment en de literatuurwaarde stemmen overeen of er is een (systematische) afwijking tussen het resultaat van het experiment en de literatuurwaarde. Zoek hiervoor een verklaring en geef commentaar. Aanbevelingen voor een vervolgonderzoek kunnen ook opgenomen worden. Geef geen nieuwe informatie in de conclusie en geen verwijzingen opnemen.

6

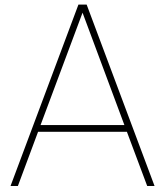
Discussion

Discussie: wanneer de discussie te lang voor de conclusie wordt dan kan na de conclusie een apart item Discussie opgenomen worden. In de discussie wordt de onderbouwing van je interpretatie van de resultaten opgenomen met daaruit voortvloeiend mogelijke aanbevelingen. Aanbevelingen kunnen zijn: verbetering meetopstelling, andere meetmethode, aanvullend onderzoek verrichten e.d.

Bibliography

- [1] M. Sinke, *De Muon Paradox*, Hisparc.
- [2] P. Voskuilen, "Cosmic rays and the muonlab physics," *NIKHEF*.
- [3] V. Sander, "Wat zijn kosmische stralen," november 2015. [Online]. Available: <https://www.spacepage.be/artikelen/het-heelal/theorie/kosmische-achtergrondstraling/wat-zijn-kosmische-stralen>
- [4] J.-P. Keulen, "De aardse toepassingen van muonen," november 2017. [Online]. Available: <https://www.eoswetenschap.eu/ruimte/de-aardse-toepassingen-van-muonen>
- [5] A. Sprengers, "s wereld's grootste radiotelescoop." [Online]. Available: <https://www.natuurkunde.nl/artikelen/443/lofar--s-werelds-grootste-radiotelescoop>
- [6] C. K. Spencer N. Axani, Janet M. Conrad, "The desktop muon detector: A simple, physics-motivated machine- and electronics-shop project for university students." [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1606.01196>
- [7] J. B. et al., "Particle data group." [Online]. Available: (<http://pdg.lbl.gov>)
- [8] B. de Keijzer, "Muonlab iii," De Haagse Hogeschool, januari 2018, verwijzingen.
- [9] Wikipedia, "Particle decay." [Online]. Available: (<https://en.wikipedia.org/wiki/Particledecay>)

Bijlagen: in de bijlagen komen bijvoorbeeld series grafieken, (grote) tabellen, omvangrijke afleidingen van formules, kopieën van gebruikte documentatie en andere informatie. In het algemeen kan gezegd worden: informatie, welke door hun omvang of indirecte belang de leesbaarheid van het verslag verstoren, wordt opgenomen in de bijlagen. Bij grote hoeveelheid gegevens (data) kan gebruik gemaakt worden van een aparte bijlage (los van het verslag) of een elektronische informatiedrager. Bijlagen worden voorzien van volgnummer en informatieve titel.



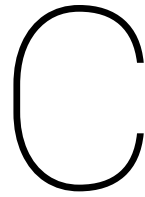
Measurements

Tabellen of github link naar de meetwaarden. Eventueel figuren.

B

Meetplan

Bevat het wekelijkse meetplan, indien hiernaar verwijst gaat worden in het verslag.



Python code

C.1. Dataverwerking Life Time Meting

```
1 import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
3 import pandas as pd
from scipy.optimize import curve_fit
5 import matplotlib.axes as ax
import matplotlib.ticker as mtick
7 import TISTNplot as TN
import glob
9 import os
from tkinter import import filedialog
11 from tkinter import *
from appJar import import gui
13
#Variablen
15 rawbestandLT = ""
n = 50
17
def uitvoeren():
19     #rawbestandLT = 'data/Datalog_LT_3Days_Treshold_150_PMT_1250.txt'
    rawdataLT = pd.read_csv(rawbestandLT, sep='\\t', header=1, names=['Time', 'Counts'])
21     CountsLT = rawdataLT['Counts']
    TimeLT = rawdataLT['Time']
23     hits = np.sum(CountsLT)
    '''
25     TimeLTmovingavg = np.zeros(len(TimeLT)/5)
    interval = 10
27     for n in range(len(TimeLT)):
        nmin = n
29         nmax = n + interval
        TimeLTmovingavg[n] = TimeLT[nmin:nmax].sum() / interval
31     '''
    def summed_data(a):
33         data = np.zeros(len(a)/n)
        for d in range(0, (len(data))):
35             dmin = n*d
            dmax = n*d + n
37             data[d] = a[dmin:dmax].sum()
        return data
```

```

39 SummedCountsLT = summed_data(CountsLT)
41 SummedTimeLT = TimeLT[0:(len(SummedCountsLT))]*n

43 def func(x, a, b, c):
44     return a * np.exp(-b * x) + c
45
46 popt, pcov = curve_fit(func, SummedTimeLT, SummedCountsLT)
47 plt.xlabel("Life_time_(ns)")
48 plt.ylabel("Counts")
49 plt.grid(True)
50 plt.ylim(-0.3, 70)
51 plt.xlim(0.5, 20)
52 #plt.semilogx(10, np.sin(2*np.pi*3*10))
53 #TN.PRECISION_Y = 3 #
54 #TN.PRECISION_X = 2 #Significantie
55 #TN.fix_axis(plt.gca())
56 #plt.ticklabel_format(style='sci', scilimits=(0,3), axis='both', useLocale='true')
57 #MuSigmaText = r'$\mu\pm\sigma$' % (round(mean, 2), round(sigma, 2))
58 #DTabsavgText = r'$\overline{\Delta Time}=\sigma$' % round(DTavg, 2)
59 #plt.text((0.45*max(TimeDTplot)), (max(CountsDTplot)), MuSigmaText)
60 #plt.text((0.45*max(TimeDTplot)), (0.93*max(CountsDTplot)), DTabsavgText)
61
62 #plt.bar(TimeDTplot, CountsDTplot, width, color="blue", edgecolor="black",)
63 plt.plot(TimeLT, func(TimeLT, *popt), 'r—')
64 plt.plot(SummedTimeLT, SummedCountsLT, 'bo', linewidth=2.5)
65 global rawbestandLTplotnaam
66 rawbestandLTplotnaam = rawbestandLT.replace(".txt", ".png")
67 plt.savefig(rawbestandLTplotnaam)

69 #GUI Buttons werking
70 def press(button):
71     if button == "Stoppen":
72         app.stop()
73     if button == "Bestand_kiezen":
74         root = Tk()
75         root.filename = filedialog.askopenfilename(initialdir="/", title="Kies_het_
delta_time_bestand",
filetypes=(("txt_bestanden", "*.
txt"), ("all_files", "*.*")))
76         global rawbestandLT
77         rawbestandLT = root.filename
78         root.withdraw()
79         app.setLabel("bestandinput", rawbestandLT)
80
81     if button == "Verwerk":
82         app.startLabelFrame("Life_time_verdeling")
83         uitvoeren()
84         app.addImage("LTplot", rawbestandLTplotnaam)
85         app.stopLabelFrame()
86         #app.setLabel("")
87     if button == "Instellen":
88         global n
89         n = app.getEntry("n")

91 #GUI
app = gui("Data_analysis_Muonlab", "600x800")

```



```

93 app.addLabel("title", "Welkom_in_Muonlab_lifetime_data_analyse")
   app.setBg("white")
95 app.addButtons(["Bestand_kiezen", "Instellen"], press)
   app.addNumericEntry("n")
97 app.setEntryDefault("n", "Aantal_datapunten_die_samengevoegd_worden,_default_=50")
   app.addButtons(["Stoppen", "Verwerk"], press)
99 app.addLabel("bestandinputtext", "Huidig_gekozen_bestand:")
   app.addLabel("bestandinput", "")
101 app.go()
    #Einde GUI

```

C.2. Dataverwerking Delta Time Meting

```

import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
4 from scipy.optimize import curve_fit
from appJar import gui
6 import matplotlib.axes as ax
import matplotlib.ticker as mtick
8 import TISTNplot as TN
import tkinter as tk
10 from tkinter import filedialog
from tkinter import *
12
    #Variabelen aanduiding
14 rawbestandDT = ""
    Afstand = 0.376
16 vtext = "De_gemiddelde_snelheid_in_c_="
    DTtext = "De_gemiddelde_delta_time_ongeacht_van_richting_(ns)_="
18
def uitvoeren():
20     rawdataDT = pd.read_csv(rawbestandDT, sep='\\t', header=1, names=['Time', 'Counts'])
    CountsDT = rawdataDT['Counts']
22     TimeDT = rawdataDT['Time']
    CountsSum = 0
24
    for n in range(0, len(TimeDT)):
26         if CountsDT[n] > 0:
            CountsSum = CountsSum + CountsDT[n] * abs(TimeDT[n])
28
    hits = np.sum(CountsDT)
30     DTavg = CountsSum/hits
    v = Afstand/(DTavg*10**(-9))
32     global DTtext
    DTtext = "De_gemiddelde_delta_time_ongeacht_van_richting_(ns)_=%s" %DTavg
34     vlight = v/(2.998*10**8)
    global vtext
36     vtext = "De_gemiddelde_snelheid_in_c_=%s" %vlight

38     TimeDTplot = []
    CountsDTplot = []
40
def sliceDT(linkergrens, rechtergrens):
42     for n in range(0, len(TimeDT)):
        if TimeDT[n] >= linkergrens and TimeDT[n] <= rechtergrens:
44         TimeDTplot.append(TimeDT[n])

```

```

CountsDTplot.append(CountsDT[n])
46     return TimeDTplot, CountsDTplot

48     width = 1 / 2
sliceDT(-10,10)
50     x = np.array(TimeDTplot)
y = np.array(CountsDTplot)
52
n = len(x)
54     mean = sum(x * y) / sum(y)
sigma = np.sqrt(sum(y * (x - mean)**2) / sum(y))
56
def gaus(x, a, x0, sigma):
58     return a*np.exp(-(x-x0)**2/(2*sigma**2))

60     popt, pcov = curve_fit(gaus, x, y, p0=[1, mean, sigma])

62     plt.xlabel("Delta_time_(ns)")
plt.ylabel("Counts")
64     plt.xlim(-10,10)
#TN.PRECISION_Y = 3          #
66     #TN.PRECISION_X = 2          #Significantie
#TN.fix_axis(plt.gca())
68     #plt.ticklabel_format(style='sci', scilimits=(0,3), axis='both', useLocale='true')
MuSigmaText = r'$\mu$=%s\_\_ns, \sigma=%s\_\_ns' % (round(mean, 2), round(sigma,2))
70     MuText = r'$\mu$=%s\_\_ns' % (round(mean, 2))
SigmaText = r'$\sigma$=%s\_\_ns' % (round(sigma, 2))
72     DTabsavgText = r'$\overline{\Delta\_Time}$=%s$' % round(DTavg, 2)
plt.text((-0.95*max(TimeDTplot)), (max(CountsDTplot)), MuText)
74     plt.text((-0.95*max(TimeDTplot)), 0.95*(max(CountsDTplot)), SigmaText)
#plt.text((0.45*max(TimeDTplot)), (0.93*max(CountsDTplot)), DTabsavgText)
76
plt.bar(TimeDTplot, CountsDTplot, width, color="blue", edgecolor="black",)
78     plt.plot(x, gaus(x,*popt), 'r:', label='fit', linewidth=2.5)
global rawbestandDTplotnaam
80     rawbestandDTplotnaam = rawbestandDT.replace(".txt", ".png")
plt.savefig(rawbestandDTplotnaam)
82     #plt.show()

84 #GUI Buttons werking
def press(button):
86     if button == "Stoppen":
app.stop()
88     if button == "Bestand_kiezen":
root = Tk()
90     root.filename = filedialog.askopenfilename(initialdir="/", title="Kies_het_
delta_time_bestand",
filetypes=(("txt_bestanden", "*.
txt"), ("all_files", "*.*")))
92     global rawbestandDT
rawbestandDT = root.filename
94     root.withdraw()
app.setLabel("bestandinput", rawbestandDT)
96     if button == "Verwerk":
app.startLabelFrame("Delta_time_verdeling")
98     uitvoeren()

```

```
100     app.addImage("DTplot", rawbestandDTplotnaam)
101     app.stopLabelFrame()
102     app.setLabel("v", vtext)
103     app.setLabel("DT", DTtext)
104     if button == "Afstand_instellen":
105         global Afstand
106         Afstand = app.getEntry("Afstand")
107
108 #GUI
109 app = gui("Data_analysis_Muonlab", "600x800")
110 app.addLabel("title", "Welkom_in_muonlab_delta_time_data_analyse")
111 app.setBg("white")
112 app.addNumericEntry("Afstand")
113 app.setEntryDefault("Afstand", "Afstand_tussen_de_muonenbalken(m), default=0.376_m")
114 app.addButtons(["Bestand_kiezen", "Afstand_instellen"], press)
115 app.addButtons(["Verwerk", "Stoppen"], press)
116 app.addLabel("bestandinputtext", "Huidig_gekozen_bestand:")
117 app.addLabel("bestandinput", "")
118 app.addLabel("v", vtext)
119 app.addLabel("DT", DTtext)
120 app.go()
121 #Einde GUI
```