

Experimentele Basistechnieken: Richtlijnen voor stijl en opmaak

[versie 1-10-2019]

1 Indeling verslag

Bij het schrijven van een wetenschappelijk rapport, zij het een verslag, artikel of thesis, geldt de gouden regel: zorg voor overzicht. Werk gestructureerd en zorg dat alle nodige informatie op de juiste plaats staat.

De algemene structuur die wordt voorgesteld is de volgende:

1. Inleiding
2. Materiaal & Methoden
3. Resultaten
4. Discussie & Conclusie
5. Referenties
6. Bijlagen

Merk op dat dit de *structuur* is, en niet per se de inhoudstafel van elk verslag gaat zijn! Dit betekent dat dit alle informatie is die aan bod moet komen, en best in deze volgorde. Voor de indeling in (sub)secties, gebruik een indeling die voor jezelf duidelijk is. Een voorbeeld: stel dat je twee experimenten uitvoert in het practicum, dan kan het overzichtelijker zijn om een gezamenlijke inleiding en beschrijving te geven, een kleine splitsing bij de resultaten te maken, een aparte sectie te schrijven om een probleem bij een van de opstelling te behandelen, om dan een conclusie voor beide experimenten te geven. Het beste advies hierbij is: deel in aparte delen in, maar niet te veel. Zorg

dat de informatie in elke (sub)sectie relevant en samenhangend is. (Sub)secties moeten genummerd worden.

De structuur en manier van schrijven die je hier aanleert is een voorbereiding op het schrijven van je bachelor en master thesis. Bij het schrijven van een artikel gaat het advies grotendeels hetzelfde zijn. Merk op dat sommige zaken (zoals bijvoorbeeld exacte de manier van refereren) in “het echte leven” kan afhangen van bijvoorbeeld het Journal of het vakgebied. Of anders gezegd: een aantal zaken hier voorgesteld vormen zeker niet “de enige waarheid”, maar zijn dus eerder conventies die wij gebruiken en die natuurlijk gebaseerd zijn op gangbare afspraken binnen de fysica-gemeenschap. Voor dit vak vragen we om deze regels echter zonder uitzondering te volgen.

Een inhoudsopgave hoeft enkel wanneer je een lang document aflevert, wat voor dit vak niet het geval gaat zijn. Wanneer je uiteindelijk je thesis gaat schrijven, gaat een inhoudsopgave echter noodzakelijk zijn.

1.1 Inleiding

De inleiding geeft een kader voor de rest van het verslag: waarom is dit onderzoek (in de breedste zin van het woord) van belang, welke vragen beantwoordt het? Wek de interesse door het te kaderen in huidig modern onderzoek, of te plaatsen in een historische context. Bij de practica heb je ook de optie om een korte schets te geven van waarom het eerste experiment van dit type baanbrekend was. In ieder geval is de boodschap om de inleiding kort en bondig te houden.

Zorg ook dat de doelstellingen van het onderzoek duidelijk geformuleerd zijn, zodat je de correcte verwachtingen van de lezer opwekt. Beschrijf ook kort wat de gebruikte afkortingen zijn. Vergeet echter niet dat de resultaten en conclusie niet thuishoren in de inleiding!

Als je de theorie achter het experiment in 1 of 2 zinnen duidelijk kan formuleren, kan je overwegen om dit in de inleiding op te nemen. Heb je echter meer nodig, of is het gebruik van enkele formules aangewezen, overweeg dan om een aparte sectie in te lassen om de theorie te bespreken. Voor verslagen met betrekking tot de practica, is het zeker niet nodig om afleidingen te kopiëren uit de handleiding. Beperk ‘de theorie’ die je in het verslag steekt, tot hetgeen je nodig hebt voor je verhaal (bijvoorbeeld een enkele formule of een afleiding die je zelf hebt gedaan). Als het niet nodig is of niet gebruikt wordt in de rest van het verslag, hoeft het er niet te staan!

In een wetenschappelijk artikel wordt de inleiding nog vooraf gegaan door een abstract, waarin in (ongeveer) een halve pagina het experiment wordt beschreven en de kern van de conclusies wordt gegeven. Bij de abstract wordt uitgegaan van voldoende voorkennis om de resultaten te begrijpen. Een abstract is niet nodig voor de verslagen van dit vak.

1.2 Materiaal & Methoden

In deze sectie wordt uiteengezet hoe het experiment verliep, maar blijf zakelijk: het is niet de bedoeling om een live-verslag van wat er exact gebeurt te maken! Leg uit wat voor materiaal er gebruikt werd in het experiment, en welke aanpassingen er gedaan werden indien het om een aanpassing van een andere opstelling gaat. Referenties naar het origineel zijn in dit geval onontbeerlijk. Je kan in dit gedeelte uitleggen op welke manier je de onzekerheid van de verschillende gebruikte apparaten hebt afgeschat en waarom. De “kan” in de vorige zin wordt best gelezen als “moet”.

Voor de practica geldt dat de beschrijving van de opstelling van minder belang is, aangezien een volledige beschrijving zou neerkomen op het kopiëren van de handleiding. Zorg dus dat je kort de opstelling beschrijft op een manier die ons vertelt dat je begrepen hebt waar elk onderdeel voor dient. Indien omstandigheden tijdens het practicum een aanpassing van de opstelling vereisen, is dit de plek om dit te vermelden.

Het belangrijkste van deze sectie is het exact neerschrijven van wat je gebruikt/gedaan hebt, en welke onzekerheden je in rekening hebt genomen voor de meettoestellen. Hiermee neem je alle twijfels (‘Welke fout hanteren ze hier? Hoe is die spanning gedefinieerd?’) bij de lezer weg.

1.3 Resultaten

De resultaten bevatten zowel de ruwe als de verwerkte data. Deze sectie is volledig objectief: enige vorm van interpretatie van de resultaten is hier niet op zijn plaats! Vermeld hier ook hoe de onzekerheid van de verwerkte data bekomen is, en geef eventueel een formule indien deze nog niet is vermeld in een eerder verslag. Ook moet je hier beschrijven hoe de transformatie van ruwe naar verwerkte data verliep: welke formules moesten worden toegepast, waar moest een datapunt worden weggelaten of de onzekerheid aangepast worden (bvb: als je het logaritme of de wortel

van een negatief getal moet nemen), etc. De bedoeling is dat je werkwijze (gebruikte formules,...) ondubbelzinnig is voor de lezer.

Als resultaat zul je meestal waarden moeten quoteren die je uit je data hebt afgeleid (gemeten, gefit, gemiddelden,...). Houd hierbij in het oog, dat zo'n waarde alleen maar zin heeft als er de onzekerheid bij staat en uiteraard de eenheid. Dus bijvoorbeeld:

$$m = (35 \pm 1) \text{ kg} \quad \text{of} \quad \omega_o = (1.1^{+0.1}_{-0.2}) \text{ rad/s}$$

Merk op dat de notatie zoals hierboven gebruikt bij ω_o gebruikt wordt wanneer het onzekerheidsinterval assymetrische grenzen heeft (hetgeen kan voorkomen wanneer deze bijvoorbeeld worden afgeschat bij een fit). Het is ook mogelijk om bijvoorbeeld de m van hierboven weer te geven als $m \in [34 \text{ kg}; 36 \text{ kg}]$. In deze laatste notatie wordt meer de nadruk gelegd op het (betrouwbaarheids)interval. Dit is echter niet de meest conventionele manier om waarden te quoteren, en doe dit alleen als het expliciet de bedoeling is / er gevraagd wordt om het betrouwbaarheidsinterval te geven.

1.4 Discussie & Conclusies

Nadat de resultaten gegeven zijn op een objectieve manier kan de subjectieve interpretatie hiervan gegeven worden. Bekijk de resultaten, en probeer hiermee de onderzoeksvragen die in de inleiding geïntroduceerd werden te beantwoorden. Voldoen de resultaten aan de verwachtingen, of is er een afwijking? Indien er een afwijking is, waaraan kan deze afwijking te wijten zijn en wat zou er dan gedaan kunnen worden om deze afwijking weg te krijgen? Zeer belangrijk is dat interpretaties (o.a. interpretatie van de resultaten uit foutentheorie) in deze sectie op een correcte manier gebeuren. Zorg dat je de correcte termen gebruikt, en weet wat de onzekerheden voorstellen! Vermeld zeker op welk betrouwbaarheidsniveau je werkt: verwerp je de hypothese op het 1% niveau, of gebruik je σ -niveaus om de data te interpreteren?

Merk op dat de bijvragen in de practicahandleiding vaak aansturen op bedenkingen, interpretaties, mogelijke uitbreidingen, ... die in deze sectie besproken zouden moeten worden.

2 Layout

Een goede layout doet wonderen. Uiteraard is de inhoud van bijvoorbeeld een figuur nog altijd hetgeen wat “telt”, toch is het geen overbodige luxe om tijd te steken in de opmaak van figuren, tabellen, tekst, formules, etc. . . . Beeld je eens in dat je als lezer een masterthesis van ± 75 pagina’s moet doornemen of als referee een paper moet beoordelen (of meer nog: als assistent van een vak op een namiddag 20 verslagen moet lezen...): een ordelijke en “afgeborstelde” layout geeft blijk van professionalisme en de indruk van de lezers is direct al een stuk beter. Merk op dat dit ‘professionalisme’ niet alleen verwacht wordt in de tekst, maar denk ook aan bijvoorbeeld je data en tekst goed bijhouden (back-ups), het respecteren van deadlines, en duidelijk communiceren met labpartner(s) en het didactisch team. Ben je bewust van jouw verantwoordelijkheid!

Layout is een manier om je boodschap nog meer kracht bij te zetten! In de eerste plaats is leesbaarheid (bijvoorbeeld de lettergrootte van de assen in je figuur) natuurlijk een must, maar goede kleurkeuzes, consistent zijn met centreren, sterke headers in tabellen, . . . vormen hier ook onderdeel van.

Een algemene richtlijn voor het plaatsen van zowel figuren als tabellen is: *zorg dat er geen losse tabellen en figuren zijn!* Als je een tabel of figuur opneemt in je document moet je er op zijn minst naar verwijzen in de tekst. Je kunt het zo zien: een lezer begint je tekst te lezen, en zal pas naar een figuur of tabel kijken van zodra hij leest dat hij dat moet doen (“... zie figuur 1”, “de resultaten van de meting staan in tabel 2”, . . .). De opmaak van deze verwijzing (figuur 1, Fig. 1,...) is niet belangrijk, zolang je maar consistent bent! Indien je figuren of tabellen wilt toevoegen die niet expliciet nodig zijn, kan je deze in een bijlage steken. Dan nog dien je in de tekst te vermelden dat er extra gegevens beschikbaar zijn in de bijlage. Vermeld dan ook het sectienummer van de bijlage! Maar, het is zeker niet de bedoeling om alle figuren en/of tabellen bij voorbaat in de bijlage te steken: degene die essentieel zijn voor het verhaal, horen in de tekst. Probeer dan ook zoveel mogelijk figuren en tekst af te wisselen. Kortom, niemand lees graag 5 bladzijden tekst, en achter in de bijlage bungelen 6 pagina’s figuren waar je steeds naar heen en terug moet bladeren.

2.1 Tekst

Voor de uitlijning van de tekst wordt doorgaans, zoals in dit document, gekozen voor het uitvullen (Eng.: *justify*) in plaats van links of rechts uitlijnen. Dit geeft de rustigste paginavoorstelling.

Correct taalgebruik voorkomt talloze frustraties bij de lezer. Het is niet de bedoeling om literaire meesterwerken af te leveren, maar grove fouten tegen de grammatica en spelling zijn zeer teleurstellend - zeker gezien de beschikbaarheid van spellingschekkers. Ook moet je de juiste toon treffen: je levert een wetenschappelijk verslag af, geen verhaaltje voor het slapengaan. Indien iets mislukt is, vermeld dit op een zakelijke manier en spendeer er niet meer ruimte-tijd aan dan nodig. De eerste persoon (ik, wij, we, ons) dient te worden vermeden.

Zorg ook dat je de *wall of text* vermijdt, deze leest zeer lastig. Deel dus je tekst in voldoende kleine eenheden in zodat de informatie mooi gestructureerd kan gepresenteerd worden. Het gebruik van een voldoende grote regelafstand en marge, alsook niet al te veel lange zinnen, helpt hier ook bij.

2.2 Formules en symbolen

Zoals hierboven reeds aangeraakt, moet iedere afkorting één keer voluit geschreven worden wanneer die voor de eerste keer voorkomt, bijvoorbeeld “...*ultraviolet (UV) licht*”. Zo ook moeten alle symbolen die je hanteert, geïntroduceerd worden door de betekenis erbij te vermelden bij het eerste gebruik. Wanneer het symbool een fysische grootheid voorstelt, vermeld je er best ook de eenheid achter. Bijvoorbeeld: “...is de afgelegde weg l [cm]”. Wees ook consistent met het introduceren van *alle* gebruikte symbolen, en wees ook consistent in het gebruik ervan (b.v.: wat je introduceert als ‘*spanning* U [V]’ op pagina 1, moet je niet op pagina 3 ‘ V_1 ’ noemen).

Vermijd een gecentreerde regel om formules toe te voegen, maar opteer voor de toegewijde opties. Word heeft een editor die speciaal hiervoor bedoeld is en \LaTeX kan met equation-omgevingen overweg. Wees consistent met de notatie (bvb. vectoren altijd vetgedrukt, of met een pijltje boven, maar niet alle twee de opties door elkaar), en gebruik geen sterretje (*) voor het vermenigvuldigen! Schrijf factoren gewoon aan elkaar, tenzij het niet anders kan voor de duidelijkheid. In dat geval gebruik je best een centraal punt (\cdot).

Best nummer je de formules die je geeft, zoals op de volgende manier:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

Als je een afleiding neerschrijft[†], dan moet je niet elke tussenstap nummeren.

2.3 Tabellen

Een tabel is een overzichtelijke weergave van numerische data. Voor meetgegevens zijn deze uitstekend geschikt, en individuele (afwijkende) resultaten kunnen apart in de tekst besproken worden. Deze bespreking gebeurt *zo snel mogelijk* in de tekst. Wacht niet tot de conclusie om mee te geven dat een bepaald resultaat niet is opgenomen in de berekeningen!

In de tabel moet altijd duidelijk zijn wat er instaat, zoals welke grootte in welke eenheden. De fout moet hier ook bij vermeld zijn; indien deze overal dezelfde is, zoals bijvoorbeeld 1% of 10 [correcte eenheid], dan kan deze bovenaan de kolom geplaatst worden. Probeer een zo overzichtelijk en leesbare tabel te maken die toch niets achterwege laat. Voor een kort overzicht om leesbare tabellen te maken, zie <http://www.inf.ethz.ch/personal/markusp/teaching/guides/guide-tables.pdf>

Tabel 1: *Meting van de stroom I door de kring, en de afgeleide interne weerstand R_{V1}*

I [mA]	R_{V1} [Ω] $\pm 10\%$
1.77 ± 0.01	17
2.87 ± 0.02	17
4.24 ± 0.03	19
5.64 ± 0.03	20
6.19 ± 0.04	18

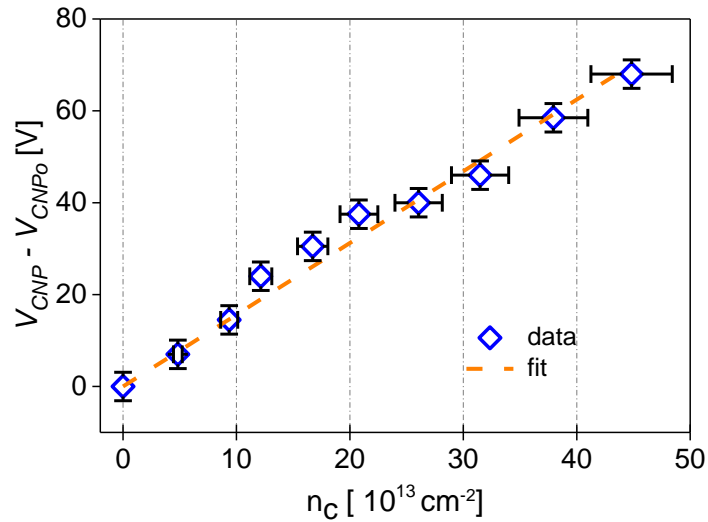
Tabel 1 is een voorbeeld van de correcte layout van een tabel. Er staat een beschrijvende titel *boven* de tabel (met vermelding van de hoeveelste tabel in het document deze is) en er is een duidelijke scheiding van gegeven waarden en berekende waarden. Refereren naar een tabel gebeurt door te schrijven “zie Tabel 1”. Een algemene richtlijn is dat tabellen onderaan de bladzijde gezet worden, maar dit is geen harde regel.

[†]Bedenk wel eerst of deze afleiding effectief nodig is!

2.4 Figuren

Een figuur is een handige grafische voorstelling van (een beperkt aantal) meetgegevens. Een errorbar-plot van meetgegevens kan veel intuïtiever overbrengen of deze consistent zijn met elkaar, of een bepaalde trend volgen. Hier gelden ook een aantal regels voor het gebruik.

“Always label your axes”. Als niemand weet wat elke as voorstelt, dan is de figuur *waardeloos*. In diezelfde aard kan je nadenken hoe je best omgaat met meerdere plots op 1 figuur. Je kan ofwel een legende invoeren, ofwel in het onderschrift vermelden wat elke lijn betekent. Je kan in de figuur zelf een titel toevoegen, maar deze is niet strikt noodzakelijk. Wat je *wel* moet hebben is een *onderschrift* voor elke figuur waarin de figuur beschreven staat, de hoeveelste figuur in het document dit is, en ook eventuele gebruikte bronnen voor de figuur. Voor een correct voorbeeld, zie Figuur 1.



Figuur 1: De verandering in CNP ten opzichte van de onbehandelde transistor, $V_{\text{CNP}} - V_{\text{CNP}_0}$ in functie van de dichtheid van gedeponeerde clusters n_C . De strepenlijn toont de lineaire fit aan de data. De error bars geven de 68% betrouwbaarheidsintervallen weer. Figuur overgenomen van [2]

Nog enkele belangrijke zaken i.v.m. het plotten van data:

- Data meet je in punten, dus plot ze ook als punten (uiteeraard wordt met het laatste bedoeld: leesbare symbolen). Datapunten verbinden wordt in regel niet

gedaan. De verbindingslijn heeft immers geen betekenis: een punt op het midden van de lijn is immers niet gemeten of iets dergelijks. Er zijn gevallen waar een verbindings- of trendlijn wel verantwoord is, bijvoorbeeld om de trend of de samenhang te verduidelijken (Engels: *A line to guide the eye*). De betekenis van die lijn moet dan wel, net zoals alle andere elementen, verduidelijkt worden in het onderschrift.

- Iets heel gelijkaardigs is van toepassing op het resultaat van een fit. Typisch wordt deze met een doorgetrokken lijn getoond (wat in dit geval verantwoord is, aangezien het een curve is aan de hand van een theoretisch model), bovenop de datapunten. Wederom: vermeld in het onderschrift dat dit een fit (aan de data) is!
- Net zoals een waarde quoten altijd met de onzekerheid gebeurt, staat er in regel bij een meetpunt ook altijd een error bar. Enige uitzondering: wanneer het gebruikte symbool voor het datapunt groter is dan de errorbar, mag de laatste worden weggelaten. Dit moet dan ook vermeld worden in het onderschrift (*Errorbars zijn kleiner dan de gebruikte symbolen*, of iets in die aard).
- Om het nog maar eens met andere woorden te herhalen: in het onderschrift van een figuur, moet alles staan om de figuur te begrijpen: Wat is de data? Wat is de fit? Bij welk experiment hoort deze figuur?

3 Referentie regels

De grootste regel van het schrijven van een wetenschappelijk document is: *vermeld je bronmateriaal*. Door niet te refereren pleeg je plagiaat, waar niet licht over gegaan wordt! Voor meer informatie, zie <http://www.kuleuven.be/plagiat/preventie.html>.

De methode die voor de verslagen van dit vak gebruikt wordt is de Vancouver methode. Nadat je informatie van iemand anders hebt gebruikt (zie de bronnen hierboven, wanneer dit het geval is) moet je een numerieke referentie maken tussen vierkante haakjes, zoals bij Figuur 1 het geval is. Indien je een presentatie maakt waar je ook referenties in moet verwerken, gebruik je hetzelfde systeem. Zet in dit geval de referentie op de slide waar je de bron ook effectief gebruikt.

Er is software beschikbaar om de layout van de referenties zelf te beheersen, en aan te passen naar de gevraagde stijl. Voor L^AT_EX is BiBTeX een van de mogelijkheden, en voor Word bestaan er gelijkaardige oplossingen. Aangezien het gebruik van een software pakket hier niet verplicht wordt, is het jullie verantwoordelijkheid om te leren omgaan met de software van jullie keuze.

Zorg dat er altijd voldoende informatie bij de referentie staat zodat deze makkelijk op te zoeken is. Voor een voorbeeld van welke informatie er in de referenties aanwezig moet zijn kan gekeken worden naar de bijgevoegde bibliografie van de PhD thesis van Kim Kreim [1]. Zoals je kan zien in het bestand zijn er verschillende soorten bronnen (internetpagina, journal article, hoofdstuk van een boek, etc.), waar niet altijd dezelfde informatie in staat.

Referenties

- [1] Kim Dieter Kreim. *Collinear Laser Spectroscopy of Potassium*. PhD thesis, Heidelberg, 2013.
- [2] J. E. Scheerder, T. Picot, N. Reckinger, V. S. Zharinov, J.-F. Colomer, Janssens E., and J. Van de Vondel. Decorating graphene with size-selected few-atom clusters: a novel approach to investigate graphene-adparticle interactions. *Nanoscale*, 9:10494, 2017.