

FACULTEIT INGENIEURSWETENSCHAPPEN
EN ARCHITECTUUR

LABO FYSICA SC

Welkom

UNIVERSITEIT
GENT

DOELSTELLING VAN HET LABO FYSICA

- Inzicht in fysische concepten krijgen door:
 - Uitvoeren laboproeven
 - Oefeningenlessen
- Leren metingen uitvoeren met aandacht voor:
 - Nauwkeurigheid van metingen
 - Kritische geest
- Rapportage + analyse meetresultaten



1. ALGEMENE AFSPRAKEN

UNIVERSITEIT
GENT

12 WEKEN : 12 LESSEN VAN 3U

- L1: Inleidingsles
- L2: Oefeningenles
- L3: Test (foutentheorie + grafiekenanalyse) + Oefeningenles
- L4: Proef: Fysische slinger
- L5+L6: Oefeningenles
- L7: Proef: Golven en trillingen (keuze uit 3 proeven)
- L8+L9: Oefeningenles
- L10: Proef: Licht, diffractie, interferentie (keuze)
- L11+L12: Oefeningenles

Na L3, L6, L9, L12: Oplossen vraagstukken Mastering Physics



1. Algemene afspraken

OEFENINGENLESSEN

- Voorbereiden:
 - Opgaves op minerva
 - Oefeningen voorbereiden/oplossen
- Tijdens oefeningenles:
 - Oefeningen oplossen in kleine groepjes
 - Gerichte vragen stellen
- Mastering Physics
 - Na iedere 2 oefeningensessies



1. Algemene afspraken

LABOPROEF:

- Voorbereiding proef: Thuis !!
 - Grondig bestuderen van de labonota's
- Tijdens labo sessie
 - Uitvoeren van de proef: in kleine groepjes
- Verslag tegen de volgende laboles
 - 1 verslag per labogroep



1. Algemene afspraken

PERMANENTE EVALUATIE

- Vrijblijvende deelname oefeningenlessen
- Verplichte aanwezigheid test foutentheorie en 3 labo's
 - Afwezigheid melden en wettigen binnen de week
 - Gemiste labo('s) inhalen + apart verslag indienen
- Verplichte deelname Mastering Physics oefeningentesten



1. Algemene afspraken

PUNTENTOEKENNING

- Theorie: 15/20; Labo: 5/20
- Verdeling:
 - Laboverslagen: 2/5
 - Mastering Physics: 2/5
 - Test foutentheorie: 1/5



1. Algemene afspraken

... OP MINERVA!

- Cursus Fysica → documenten → Labo
 - Teksten inleidingslessen
 - Laboteksten
 - Groepsindeling
 - Opgaven oefeningen
 - Curios: vrijblijvende oefeningen foutentheorie
 - Aankondigingen
 - ...



1. Algemene afspraken

VRAGEN OF PROBLEMEN?

- Koen.Keunen@UGent.be
- Marc.Vanhaelst@UGent.be
- Toon.VanAlboom@UGent.be



1. Algemene afspraken

2. MASTERING PHYSICS

MASTERING PHYSICS

- 4 online oefeningentesten (verplicht)
- Deadline: de week na iedere 2 oefeningenlessen
- Automatische verbetering



Antwoord correct ingeven!
Juiste notatie + aantal BC ingeven

- Per hoofdstuk: vrijblijvende oefeningen (met tips!)



2. Mastering Physics

MASTERING PHYSICS

- Amerikaans systeem: decimaal getal met punt ingeven in plaats van komma
 - 7.25 i.p.v. 7,25!!
- Aantal BC is gegeven in opgave: houd u hieraan + rond correct af
- Machten van 10: formulematig ingeven zoals in excel
 - Vb. 3 BC gevraagd en uitkomst is 17498
 - $17.5 \cdot 10^3$ intypen
 - Wordt getoond in antwoordvak als $17.5 \cdot 10^3$
 - $175 \cdot 10^2$ en andere notaties worden ook goed gerekend



2. Mastering Physics

MASTERING PHYSICS

Registreren via

<http://www.pearsoned.co.uk/ugent>

Vervolgens juiste handboek aanklikken:

Wolfson: Essential University Physics: Volumes 1 & 2, Global Edition, 3/e

Nodig:

- E-mail adres (UGent account)
- Access code uit het boek
- Course ID: MPFYSKEUNEN2017



2. Mastering Physics

3. FOUTENTHEORIE



MEETFOUTEN

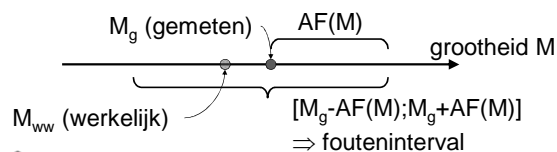
- Zicht krijgen op de nauwkeurigheid van (meet)resultaten
 - Hoe nauwkeurig is een meetmethode?
 - Wat is de meetfout op een berekening?
 - ...
- Interpretatie van eindresultaten
 - Hoe betrouwbaar is een eindresultaat?
 - Zijn twee waarden gelijk?
 - Gaat een rechte door de oorsprong?
 - ...



3. Foutentheorie

HET FOUTENINTERVAL

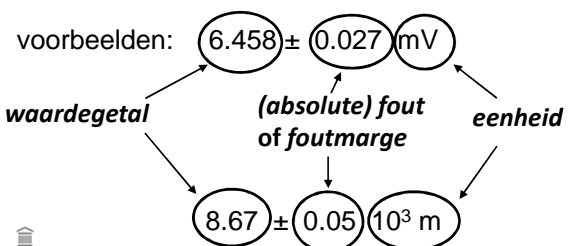
- Het fouteninterval bakent het gebied af waarin de werkelijke waarde met grote waarschijnlijkheid moet liggen.
- De grootte van het fouteninterval wordt bepaald door de absolute fout (AF).



3. Foutentheorie

MEETRESULTATEN NOTEREN

Je moet in één oogopslag kunnen zien hoe groot de foutmarge is in vergelijking met de waarde
 ⇒ netjes noteren



3. Foutentheorie

MEETRESULTATEN NOTEREN

Je moet in één oogopslag kunnen zien hoe groot de foutmarge is in vergelijking met de waarde: dus netjes noteren.

D. w. z. (in volgorde):

1. AF en waarde steeds in dezelfde eenheid en macht van 10.
2. Eenheid en macht van 10 slechts één keer noteren, achteraan.
3. AF: 2 (tussenresultaat) of 1 (eindresultaat) beduidende cijfers (BC).
4. Waardegetal afronden tot op hetzelfde aantal decimalen (= cijfers na de komma) als de AF.



Zie oefeningen op curios (Minerva)

3. Foutentheorie

MEETRESULTATEN NOTEREN

Alternatieve weergave: Relatieve fout

$$RF = \frac{AF}{\text{waarde}}$$

- Meestal procentueel uitgedrukt (2 BC)
- Dimensieloos



3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO

1. Fout op een meting
2. Statistische Fout
3. Fout op een berekening



3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO**1. FOUT OP EEN METING**

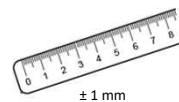
Meetfout: nauwkeurigheid van het meettoestel



Kleinste
schaalverdeling

of

Handleiding



± 1 mm



± 0.01 s



3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO**2. STATISTISCHE FOUTEN**

- Foutbepaling bij herhaalde metingen
→ Gemiddelde
→ AF: spreiding

$$AF_{\text{gem}} = \frac{STDEV}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

- Verschillende metingen van dezelfde fysische grootheid
→ Grafische analyse: Regressie.xls



3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO**2. STATISTISCHE FOUTEN: GEMIDDELTE**

Voorbeeld: Je meet 5 keer de tijd van 20 perioden T van een slingerbeweging met een chronometer nauwkeurig tot op 0.01 s:

20T (± 0.01 s)

21.05
21.09
20.97
21.00
21.02

20T_{gem} = ± s

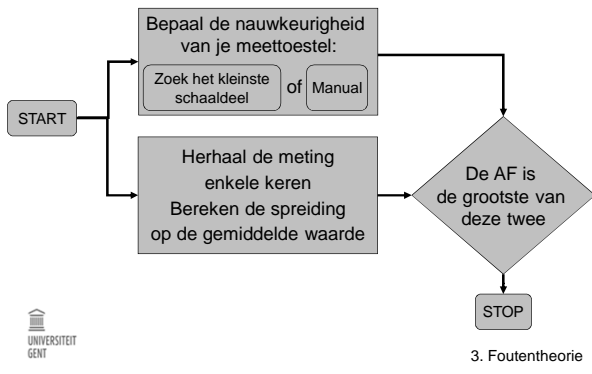
$$AF_{\text{gem}} = \frac{STDEV}{\sqrt{n}}$$

Zie oefeningen op curios (Minerva)

3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO

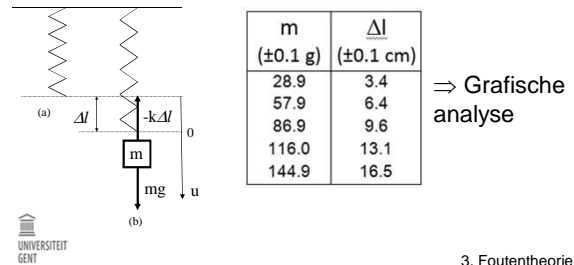
2. STATISTISCHE FOUTEN: GEMIDDELDE



SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO

2. STATISTISCHE FOUTEN: GRAFISCHE ANALYSE

Voorbeeld: Je meet de uitrekking Δl van een veer voor verschillende massa's m



SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO

2. STATISTISCHE FOUTEN: GRAFISCHE ANALYSE

\rightarrow METHODE VAN DE KLEINSTE KWADRATEN

Wat is de best passende kromme door een reeks meetpunten?

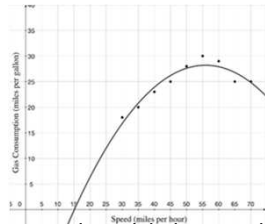
Kromme kan willekeurig zijn:

Vbn.: $y = ax + b$

$y = ax^b$

$y = ae^{bx}$

...
Uit de bekomen beste waarden voor de variabelen a en b kunnen belangrijke fysische grootheden bepaald worden



SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO

2. STATISTISCHE FOUTEN: GRAFISCHE ANALYSE

\rightarrow METHODE VAN DE KLEINSTE KWADRATEN

Kromme = rechte
 \Rightarrow lineaire regressie

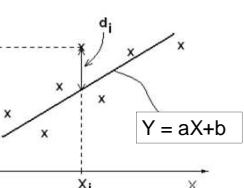
$Y = aX + b$
(theoretische kromme)

$d_i = Y_i - (aX_i + b)$

(X_i, Y_i : meetwaarden)

totale kwadratische afwijking

$S = \sum d_i^2$ minimaal :



$$a_{best} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})Y_i}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

$$b_{best} = \bar{Y} - a_{best} \bar{X}$$

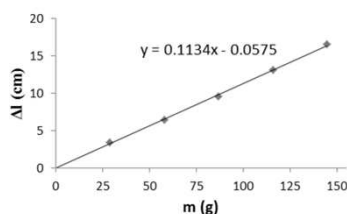
UNIVERSITEIT GENT

3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO

2. STATISTISCHE FOUTEN: GRAFISCHE ANALYSE: VOORBEELD

m (± 0.1 g)	Δl (± 0.1 cm)
28.9	3.4
57.9	6.4
86.9	9.6
116.0	13.1
144.9	16.5



Regressie.xls: $a = 0.1134 \pm 0.0020$ cm/g (rico)
 $b = -0.06 \pm 0.19$ cm (Afsnijding Y-as)

UNIVERSITEIT GENT

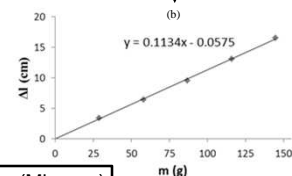
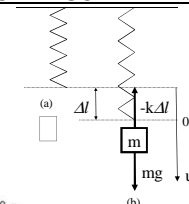
3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO

2. STATISTISCHE FOUTEN: GRAFISCHE ANALYSE: VOORBEELD

Evenwicht:

$\Sigma F_u = mg - k\Delta l = 0$



UNIVERSITEIT GENT

Zie oefeningen op curios (Minerva)

3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO 3. FOUT UIT BEREKENINGEN

Berekeningen: $R = f(X, Y, Z, \dots)$:

$$\Delta R^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial X} \Delta X\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Y} \Delta Y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Z} \Delta Z\right)^2 \dots$$

Foutenvoortplantingsregel van Gauss

waarbij $\Delta X = \text{AF}(X)$ enz.



3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO 3. FOUT UIT BEREKENINGEN: BASISREGELS

- Som/verschil: vb $R = X + Y - Z$

$$\Delta R^2 = \Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2$$

- Product/deling: vb $R = XY/Z$

$$\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 = \left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Z}{Z}\right)^2$$

- Macht: vb $R = X^n$ met

$$\left|\frac{\Delta R}{R}\right| = \left|n \frac{\Delta X}{X}\right| \quad n \in \mathbb{R}$$

Zie oefeningen op curios (Minerva)



3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO 3. FOUT UIT BEREKENINGEN: BASISREGELS

- Functies: $R = f(X)$

$$|\Delta R| = |f'(X) \Delta X|$$

voorbeelden:

- $f(X) = \cos(X) \Rightarrow |\Delta R| = |\sin(X) \Delta X|$
- $f(X) = \sin(X) \Rightarrow |\Delta R| = |\cos(X) \Delta X|$
- $f(X) = \ln(X) \Rightarrow |\Delta R| = \left|\frac{1}{X} \Delta X\right|$
- $f(X) = e^X \Rightarrow |\Delta R| = |e^X \Delta X|$

ΔX in radianen!



3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO 3. FOUT UIT BEREKENINGEN: BASISREGELS

"Stap voor stap" methode:

Gegeven: $T = 3.54 \pm 0.04$ s

$t = 1.26 \pm 0.01$ s

$\varphi = 33.5 \pm 0.5^\circ$

$$y = f(T, t, \varphi) = \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$



3. Foutentheorie

SOORTEN MEETFOUTEN IN HET LABO 3. FOUT UIT BEREKENINGEN: BASISREGELS: OVERZICHT

- $R = X + Y - Z$ $\Delta R^2 = \Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2$
- $R = XY/Z$ $\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 = \left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Z}{Z}\right)^2$
- $R = X^n$ $\left|\frac{\Delta R}{R}\right| = \left|n \frac{\Delta X}{X}\right|$
- $R = f(X)$ $|\Delta R| = |f'(X) \Delta X|$
- $R = f(X, Y, Z, \dots)$ $\Delta R^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial X} \Delta X\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Y} \Delta Y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Z} \Delta Z\right)^2 \dots$



3. Foutentheorie

3. Foutentheorie

$$y = f(T, t, \varphi) = \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

grootheid	waarde	AF	RF
T (s)	3.54	0.04	
t(s)	1.26	0.01	
φ (°)	33.5	0.5	
$\frac{2\pi t}{T}$ (rad)			
φ (rad)			
$\frac{2\pi t}{T} + \varphi$ (rad)			
$\sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$			
$\sin^2\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$			

4. LABOVERSLAGEN



SCHRIJFSTIJL

- Passief schrijven
 - Geen 'we' of 'men'
- Tegenwoordige tijd
 - Geen mix van tegenwoordige en verleden tijd



4. Laboverslagen

ONDERDELEN VAN EEN VERSLAG

- Titel
- Korte inleiding
- Verslag (corpus):
 - Gebruik tussentitels
 - Logische en overzichtelijke structuur
- Conclusie
- Bijlage:
 - Foutenberekeningen



Zie voorbeeldverslag op Minerva

4. Laboverslagen: Paper

KORTE INLEIDING

- Hoofdpijnen van de proef
- Probleemstelling



4. Laboverslagen: Paper

CORPUS

- Wat heb je gemeten/berekend?
- Wat was het resultaat?
- Op welk fysisch principe steun je?
- Welke formules heb je gebruikt?
 - Eén volledig uitgeschreven berekening per formule (getallen invullen + eenheden)
- Is je resultaat in overeenstemming met de theorie?



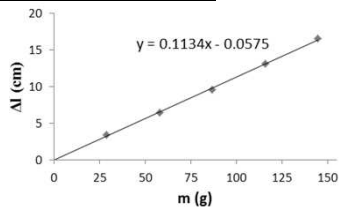
4. Laboverslagen: Paper

FIGUREN

- Verwijzing naar figuur in de tekst
- Ondubbelzinnige nummering
- Benaming eronder



4. Laboverslagen: Paper

FIGUREN: GRAFIEKEN

- Experiment → punten; Theorie → Lijn
- Assen benoemen: grootheid (eenheid)
- Logische assenverdeling
- Trendlijn: vergelijking tonen in grafiek



4. Laboverslagen: Paper

TABELLEN

- Verwijzing naar tabel in de tekst
- Ondubbelzinnige nummering
- Benaming erboven



4. Laboverslagen: Paper

TABELLEN

m (± 0.1 g)	l_1 (± 0.1 cm)	Δl_1 (± 0.14 cm)	l_2 (± 0.1 cm)	Δl_2 (± 0.14 cm)
28.9	8.6	3.40	5.7	2.50
57.9	12.6	6.40	8.5	5.30
86.9	14.8	9.60	10.4	7.20
116.0	18.3	13.10	13.1	9.90
144.9	21.7	16.50	15.8	12.60

- Logische eenheid, eenmaal bovenaan Tabel
- Meetfout: - Indien mogelijk eenmaal bovenaan
- Correcte notatie (zie meetresultaten noteren)
- Overzicht: Denk na over je tabelstructuur
(→ Geen 7 tabellen als alles overzichtelijk in 1 Tabel kan)



4. Laboverslagen: Paper

CONCLUSIE

- Overzicht van
 - Behandelde hoofdlijnen
 - Bevindingen
 - Resultaten
- Kort en duidelijk
- Geen nieuwe elementen
- Inleiding en conclusie = één!



4. Laboverslagen: Paper

BIJLAGE

- Foutenberekeningen
 - Toon de bewerking
 - Bij voorkeur in tabelvorm



4. Laboverslagen: Paper

$$y = f(T, t, \varphi) = \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right) = 0.10 \pm 0.02$$

grootheid	waarde	AF	RF
T (s)	3.54	0.04	1.1%
t(s)	1.26	0.01	0.79%
φ (°)	33.5	0.5	1.5%
$\frac{2\pi t}{T}$ (rad)	2.236	0.031	$\sqrt{0.011^2 + 0.0079^2}$ = 1.4%
φ (rad)	0.5847	0.0087	1.5%
$\frac{2\pi t}{T} + \varphi$ (rad)	2.821	$\sqrt{0.031^2 + 0.0087^2}$ = 0.032	1.1%
$\sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$	0.315	$ \cos(2.821) * 0.032 $ = 0.030	9.6%
$\sin^2\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$	0.099	0.019	2 * 9.6% = 19%

4. Laboverslagen