

Opgave 1

Hieronder staat een aantal oorzaken voor het ontstaan van fouten. Geef voor elke oorzaak aan tot welke soort onnauwkeurigheid hij leidt: grove persoonlijke fout, toevallige meetfout of systematische fout:

- a de balans staat niet waterpas;
- b de verkeerde stof wordt afgewogen;
- c een maatcilinder heeft een beperkte afleesnauwkeurigheid;
- d tijdens een titratie voegen we bij het eindpunt een druppel te veel of te weinig toe;
- e het nulpunt van een balans is niet juist ingesteld;
- f de af te wegen zoutkristallen hebben vocht uit de lucht opgenomen doordat de pot niet goed gesloten was;
- g op een pipet staat: $\pm 0,02$ mL;
- h een pipettor (zuigerpipet) heeft een lek zuigertje;
- i we gebruiken zoutzuur met $c(\text{HCl}) = 1,00$ mol/L in plaats van $c(\text{HCl}) = 0,10$ mol/L.
- j het meetsignaal bevat ruis;
- k er komen metaalionen uit de glaswand van het glaswerk;
- l je gebruikt een pipet van 20 mL in plaats van een pipet van 25 mL.

systematische fouten: a, e, f, h, k
 toevallige meetfout: c, d, g, j
 grove persoonlijke fouten: b, i, l

Opgave 2

In de onderstaande tabel staan de meetresultaten vermeld van het fosfaatgehalte in een zelfde monster gezuiverd afvalwater. De analyse is een aantal malen verricht door vier verschillende laboratoriummedewerkers.

fosfaatgehalte in mg-P/L

Thea	1,71	1,70	1,72	1,76	1,73	1,74
Truus	1,82	1,75	1,77	1,80	1,82	1,70
Karel	1,60	1,74	1,94	1,81	1,86	1,67
Jacob	1,60	1,66	1,62	1,65	1,67	1,68

Thea: gemiddelde: 1,73 s = 0,02
 Truus: gemiddelde: 1,78 s = 0,05
 Karel: gemiddelde: 1,77 s = 0,13
 Jacob: gemiddelde: 1,65 s = 0,03

Gemiddelde van allen: 1,73 Gemiddelde zonder Jacob: 1,76

- a Wie heeft er waarschijnlijk slordig gewerkt?
Karel: zijn meetwaarden liggen ver uit elkaar, veel toevallige fouten.
- b Wie heeft er vermoedelijk een systematische fout gemaakt?

Jacob: zijn meetwaarden zijn gemiddeld lager dan die van de anderen.

- c Wie heeft waarschijnlijk het beste analyseresultaat?

Thea: geringe spreiding en gemiddelde komt met de anderen overeen, je rekent dan wel de waarden van Jacob mee. Maar laat je de waarden van Jacob weg... dan toch Truus?

Opgave 3

Bepaal het gemiddelde, de standaarddeviatie en de standaarddeviatie van het gemiddelde van elk van de volgende meetreeksen:

a	25,68	25,65	25,57	25,73	25,60	25,74
b	1,829	1,835	1,838	1,827	1,826	1,832
c	75,6	75,2	75,4	75,8	75,2	75,5
d	0,0472	0,0478	0,0468	0,0470	0,0475	0,0476.

a	25,66	0,07	0,03
b	1,831	0,005	0,02
c	75,7	0,2	0,1
d	0,0473	0,0004	0,0002

Opgave 4

Kan een reeks metingen met een systematische afwijking, een hoge precisie hebben? Waarom wel/niet?

Ja. Een reeks met een systematische fout kan heel goed een geringe spreiding hebben. Je hebt dan heel nauwkeurig de verkeerde waarde gevonden.

Opgave 5

Een analist meet op verschillende dagen in hetzelfde monster het ijzergehalte, de uitkomsten zijn: 28,3 % 28,1 % 28,5 % 27,8 % 28,3 % 28,3 % 27,9 28,0 %.

Bereken de herhaalbaarheid (r).

$$s_r = 0,24 \quad \blacktriangleright \quad r = 2\sqrt{2} \times 0,24 = 0,7\%$$

Opgave 6

Er wordt een ringonderzoek verricht naar de precisie van het 'totaalstikstofgehalte' volgens Kjeldahl in melkpoeder. Tien laboratoria bepalen in een identiek monster volgens dezelfde methode, het stikstofgehalte. De resultaten staan in onderstaande tabel:

laboratorium	ρ_N (mg/g)
1	42,6
2	44,6
3	44,3
4	43,9
5	45,2
6	45,7
7	44,2
8	43,5
9	42,8
10	44,9

Bereken s_R en R volgens NEN-ISO 5725.

$$s_R = 1,0 \text{ mg/g (standaarddeviatie)}$$

$$R = 2\sqrt{2} \times 1,0 = 2,8 \text{ mg/g}$$

Opgave 7

Bij een ringonderzoek naar de kwaliteit van het analysewerk op laboratoriumschole werd in hetzelfde monster het massapercentage koper bepaald. De resultaten staan in onderstaande tabel.

school	ρ_{Cu} %(m/m)
1	28,7
2	32,5
3	28,5
4	30,7
5	28,0
6	28,3
7	30,7
8	28,4
9	25,8

Bereken s_R en R volgens NEN-ISO 5725.

$$s_R = 2\% \text{ (standaarddeviatie)}$$

$$R = 2\sqrt{2} \times 1,95 = 5,5\%$$

Opgave 8

Bij het in de vorige vraag genoemde ringonderzoek werden ook massaconcentraties lood in een voor iedere school gelijk grondmonster gemeten. De resultaten staan in onderstaande tabel:

school	ρ_{Pb} (mg/kg)								
1	33,0	30,8	29,8	35,7	29,8	34,1	33,5	33,2	
2	45,6	44,8	46,0	45,9	44,6	42,2	45,8	45,2	
3	44,0	43,7	44,6	43,1	42,3	43,9	44,3	45,2	
4	44,8	44,0	43,2	43,6	46,3	45,9			
5	37,5	39,9	40,8	36,2	34,6	38,5	41,3		
6	45,2	44,9	43,8	46,9	44,8	45,9	45,9	44,8	
7	21,2	22,7	25,6	18,9	19,3	25,0	24,8	20,2	
8	46,9	47,0	44,6	44,9	46,4	48,1	45,3	45,8	
9	39,2	38,9	37,5	40,6	41,7	38,4	43,7	44,0	

- Bereken het gemiddelde en de standaarddeviatie voor elke school.
- Bereken het gemiddelde en de standaarddeviatie van deze gemiddelden.
- Hoe groot is s_r gemiddeld?
- Hoe groot is s_R ?
- In welke school is er vermoedelijk een grove fout gemaakt?
- Laat de resultaten van de afwijkende school weg en beantwoord nogmaals de vragen b t/m d.

a		gem	st dev
	1	32,5	2,1
	2	45,0	1,2
	3	43,9	0,9
	4	44,6	1,3
	5	38,4	2,5
	6	45,3	0,9
	7	22,2	2,7
	8	46,1	1,2
	9	40,5	2,4

- 39,8 7,9
- 1,7
- 7,9
- nr 7
- 42,0 4,7
 - 1,6
 - 4,7

Opgave 9

Bij de bepaling van het natriumcarbonaatgehalte in soda vinden zes leerlingen tijdens de praktijks de volgende waarden (%(m/m)): 63,2; 64,8; 62,4; 62,7; 63,0; 61,2.

Ga na of er volgens de Q-test uitbijters bij zijn.

Verdachte waarden: 64,8% en 61,2%.

Voor 64,8: kloof = $64,8 - 63,2 = 1,6$ spreiding: $64,8 - 61,2 = 3,6$

$$Q_{\text{exp}} = 1,6 / 3,6 = 0,44$$

Q_{krit} voor $n = 6$: 0,56 ► Q_{exp} is kleiner dan Q_{krit} dus 64,8% is geen uitbijter.

Voor 61,2: kloof = $62,4 - 61,2 = 1,2$ spreiding: $64,8 - 61,2 = 3,6$

$$Q_{\text{exp}} = 1,2 / 3,6 = 0,33$$

Q_{krit} voor $n = 6$: 0,56 ► Q_{exp} is kleiner dan Q_{krit} dus 61,2% is ook geen uitbijter.

Opgave 10

Een laborant vindt voor het vochtgehalte in een monster boter de volgende waarden (%(m/m)): 15,20; 15,18; 15,19; 15,33; 15,23 en 15,22.

Ga na of er volgens de Q-test uitbijters bij zijn.

Verdachte waarde is 15,33%.

kloof = $15,33 - 15,23 = 0,10$ spreiding: $15,33 - 15,18 = 0,15$

$$Q_{\text{exp}} = 0,10 / 0,15 = 0,67$$

Q_{krit} voor $n = 6$: 0,64 (96% betrouwbaarheid)

Q_{exp} is groter dan Q_{krit} dus 15,33% is uitbijter.

Opgave 11

Rond de volgende meetwaarden op de juiste wijze af:

a $x = 3,2264$ $s = 0,012$

b $x = 10,566$ $s = 0,06$

c $x = 99,47$ $s = 5$

d $x = 51,883$ $s = 0,4$

e $x = 21,2752$ $s = 0,18$

a 3,226 $0,5 \times b = 0,5 \times 0,01 = 0,005$ 3,2264 ► afronden 3^e decimaal

b 10,57 enz.

c 99

d 51,9

e 21,28

Opm: Met gezond verstand kom je ook een heel eind. Rond af op de decimaal waarin de standaarddeviatie gegeven is...

Maar heeft s een waarde van een tiental (1, 0,1 0,01 ed) dan afronden op kleinere

dan deze decimaal.

Opgave 12

Bepaal van elk van de volgende meetreeksen het gemiddelde, de standaarddeviatie en de standaarddeviatie in het gemiddelde. Rond elk gemiddelde op de juiste wijze af:

a	25,443	25,157	25,829	25,663
b	1,573	1,233	1,967	1,416
c	453,46	467,36	459,22	464,88
d	0,2314	0,2316	0,2311	0,2317

a	25,5	gem:	25,523	s:	0,29	$0,5 \times 0,29 = 0,15$	afronden op 0,1
b	1,5	gem:	1,547	s:	0,31	$0,5 \times 0,31 = 0,15$	afronden op 0,1
c	461	gem:	461,2	s:	6,2	$0,5 \times 6,2 = 3,1$	afronden op 1
d	0,2315	gem:	0,2315	s:	0,0003	$0,5 \times 0,0003 = 0,00015$	afronden op 0,0001

Deze afronding is bedoeld voor iedere meetwaarde afzonderlijk.

Voor de afronding in het gemiddelde moeten we uitgaan van de (geschatte) standaarddeviatie in het gemiddelde.

Die is hier steeds $\sqrt{4}$ kleiner. Bij a, b en d komen we dan op een decimaal kleiner voor de afronding. (Wat bij d niet kan want deze decimaal is niet genoteerd...).

Afronding van gemiddelde:

- a 25,52
- b 1,55
- c 461
- d 0,2315

Opgave 13

Er wordt een ringonderzoek verricht naar de precisie van de concentratie van calcium in serum. Tien ziekenhuis laboratoria krijgen hetzelfde monster. De resultaten staan in onderstaande tabel:

laboratorium	$c(\text{Ca}^{2+})$ (mmol/L)
--------------	------------------------------

1	2,460
2	2,456
3	2,464
4	2,439
5	2,459
6	2,464
7	2,460
8	2,453
9	2,458
10	2,449

$$s_R = 0,0076 \quad (\text{mmol/L}) \quad R = 2\sqrt{2} \times 0,0076 = 0,02 \quad (\text{mmol/L})$$

Opgave 14

Bij de bepaling van het azijnzuurgehalte in huishoudazijn vinden acht leerlingen tijdens het chemiepracticum de volgende waarden (%(m/m)):

3,88; 4,18; 4,04; 3,95; 4,33; 4,11; 4,00; 4,06.

Ga na of er volgens de Q-test uitbijters bij zijn. Zo ja, welke metingen?

Verdachte waarde: 4,33.

kloof: $4,33 - 4,18 = 0,15$ spreiding: $4,33 - 3,88 = 0,45$

$Q_{\text{exp}} = 0,33$ voor $n = 8$ $Q_{\text{krit}} = 0,47$

Q_{exp} kleiner dan Q_{krit} 4,33 is geen uitbijter.

Opgave 15

Een analist meet van de pesticide deldrine in melkpoeder de volgende waarden ($\mu\text{g/kg}$):

24,9; 24,8; 23,9; 25,0; 24,9 en 25,2.

Ga na of er volgens de Q-test uitbijters bij zijn.

Verdachte waarde: 23,9.

kloof: $24,8 - 23,9 = 0,9$ spreiding: $25,2 - 23,9 = 1,3$

$Q_{\text{exp}} = 0,69$ voor $n = 6$ $Q_{\text{krit}} = 0,64$

Q_{exp} groter dan Q_{krit} dus 23,9 is een uitbijter.

Opgave 16

Bepaal van elk van de volgende meetreeksen het gemiddelde, de standaarddeviatie en de standaarddeviatie in het gemiddelde. Rond elk gemiddelde op de juiste wijze af:

a	545,4	535,7	548,2	547,3
b	81,531	81,524	81,567	81,469
c	1,4536	1,4576	1,4502	1,4588

	$\bar{x}_{\text{gem}}$	s_x	$s_{\bar{x}_{\text{gem}}}$	$\bar{x}_{\text{gem}}$	
a	544,15	5,8	2,9	544	afronden op $0,5 \times 2,9 = 1,4 \blacktriangleright 1$
b	81,523	0,04	0,02	81,52	afronden op $0,5 \times 0,02 = 0,01 \blacktriangleright 0,01$
c	1,4551	0,0039	0,002	1,455	afronden op $0,5 \times 0,002 = 0,001 \blacktriangleright 0,001$