		Opgaven 9.1 – Afronden en rekenen	
1	*a*	$27{,}55 \le l < 27{,}65$ cm	–
	b	$0{,}5 \le V < 1{,}5$ L	–
	c	$11{,}5 \le t < 12{,}5$ uur	–
	d	$0{,}0595 \le I < 0{,}0605$ A	–
2	*a*	4 De nullen aan het begin tellen niet mee. De nullen aan het eind wel.	4
	b	4 De nullen aan het eind tellen mee.	4
	c	3 Het toevoegsel 10^3 telt niet mee voor de significante cijfers.	3
	d	3 Het toevoegsel 10^3 telt niet mee voor de significante cijfers.	3
	e	$0{,}02300 \to 2{,}300 \cdot 10^{-2}$ $120{,}0 \to 1{,}200 \cdot 10^{2}$ $7{,}35 \cdot 10^{4} \to 7{,}35 \cdot 10^{4}$ $12{,}3 \cdot 10^{-3} \to 1{,}23 \cdot 10^{-2}$	–
3		De antwoorden kunnen voor ieder persoonlijk anders zijn. De getallen zijn niet het resultaat van metingen in een natuurkundig experiment.	
	a	Een kwartier? Een mooie wandeling duurt nooit te lang. Een saaie wandeling duurt al gauw te lang.	–
	b	1 à 2 minuten? Als je naar het station wandelt, kan dat net het verschil zijn tussen de trein halen of de trein missen.	–
	c	Die ene appel die maakt dat je net boven 1 kg uitkomt, is meestal geen bezwaar. Bij grote appels wordt het gewicht dan soms ruim 1,1 kg.	–
	d	0 km/h Vanuit oogpunt van verkeersveiligheid. In de praktijk wordt een overschrijding met 10% nog niet beboet.	–
	e	5 cm^3? Vullen is in de fabriek geautomatiseerd. Daarbij mag niet te veel misgaan.	–
	f	Geen dag korter! Als het tenminste een leuke vakantie is.	–
	g	–	–
4		De dikte van bijvoorbeeld 100 bladen meten en de uitkomst delen door 100. De absolute fout bij de meting met een geodriehoek is op zijn best 1/5 schaaldeel, dus ongeveer 0,2 mm, ongeacht het aantal bladen. Relatieve fout is $\frac{0{,}2\text{ mm}}{\text{gemeten dikte}} \cdot 100\%$ Hoe groter de dikte die je meet, des te kleiner zal de relatieve fout zijn. (Als je door 100 deelt om de dikte van één blad te vinden, mag je ook de onzekerheid daarin delen door 100. De absolute fout voor één blad wordt dan 0,002 mm.)	–
5	*a*	$\frac{0{,}5}{683} = 0{,}00073.. = 0{,}07\%$ $\frac{0{,}05}{43{,}6} = 0{,}0011.. = 0{,}1\%$	683 m

	b	$\frac{0{,}05}{27{,}6}=0{,}0018..=0{,}2\%$ $\frac{0{,}00005}{0{,}0276}=0{,}0018..=0{,}2\%$ Even grote relatieve fout, want de significante cijfers in beide metingen zijn identiek.	gelijk
	c	$\frac{0{,}0005}{0{,}786}=0{,}00063..=0{,}06\%$ $\frac{0{,}05}{5{,}6}=0{,}0089..=0{,}9\%$	0,786 kg
	d	$\frac{0{,}000005}{0{,}00345}=0{,}0014..=0{,}1\%$ $\frac{0{,}5}{1200}=0{,}00041..=0{,}04\%$	1200 cm
6	***a***	$51{,}5\cdot10^2\le p<52{,}5\cdot10^2$ $13{,}45\le q<13{,}55$ $1{,}65\le r<1{,}75$	–
	b	$p:\ \frac{0{,}5\cdot10^2}{52\cdot10^2}=\frac{0{,}5}{52}=0{,}0096..=1\%$ $q:\ \frac{0{,}05}{13{,}5}=0{,}0037..=0{,}4\%$ $r:\ \frac{0{,}05}{1{,}7}=0{,}029..=3\%$	1% 0,4% 3%
	c	In de uitkomst wint het kleinste aantal significante cijfers. Hier is dat aantal steeds 2. $p\cdot q=52\cdot10^2\times13{,}5=7{,}02\cdot10^4=7{,}0\cdot10^4$ $p\cdot q\cdot r=52\cdot10^2\times13{,}5\times1{,}7=1{,}19..\cdot10^5=1{,}2\cdot10^5$ $\frac{p\cdot q}{r}=\frac{52\cdot10^2\times13{,}5}{1{,}7}=4{,}12..\cdot10^4=4{,}1\cdot10^4$ $\frac{1}{p\cdot q\cdot r}=\frac{1}{52\cdot10^2\times13{,}5\times1{,}7}=\frac{1}{1{,}19..\cdot10^5}=8{,}37..\cdot10^{-6}=8{,}4\cdot10^{-6}$	$7{,}0\cdot10^4$ $1{,}2\cdot10^5$ $4{,}1\cdot10^4$ $8{,}4\cdot10^{-6}$
7	***a***	$\frac{6{,}87\times5{,}1}{2{,}345}=14{,}94..=15$. Maar ook kunnen $1\cdot10^1$ of 14,9	15
	b	$\frac{40{,}786}{5{,}8}=7{,}032..=7{,}0$. Maar ook kunnen 7 of 7,03	7,0
	c	$178{,}26\times7{,}62=1{,}3583..\cdot10^3=1{,}36\cdot10^3$. Maar ook kunnen $1{,}4\cdot10^3$ of $1{,}358\cdot10^3$.	$1{,}36\cdot10^3$
	d	$\pi\times4{,}77=14{,}985..=15{,}0$. Maar ook kunnen 15 of 14,99	15,0
	e	$2300\times4{,}1=9{,}43\cdot10^3=9{,}4\cdot10^3$. Maar ook kunnen $9\cdot10^3$ of $9{,}43\cdot10^3$	$9{,}4\cdot10^3$
	f	$2300+4{,}1=2304{,}1=2304$. Maar ook kunnen $2{,}30\cdot10^3$ of 2304,1 N.B. Bij optellen en aftrekken wint het kleinste aantal decimalen.	2304
8	***a***	$39\cdot10^4\ \Omega$ Zie bovenste figuur in Binas 16^E: oranje=A; wit=B; geel=D.	$39\cdot10^4\ \Omega$
	b1	± 5% goud=T	± 5%
	b2	Minimaal: 0,95 x $39\cdot10^4$ = $37{,}0..\cdot10^3$ = $37\cdot10^4\ \Omega$ Maximaal 1,05 x $39\cdot10^4$ = $40{,}9..\cdot10^3$ = $41\cdot10^4\ \Omega$	$37\cdot10^4\ \Omega$ $41\cdot10^4\ \Omega$
	c	Tolerantie ± 1% (bruin=T) Minimaal: 0,99 x $39\cdot10^4$ = $38{,}61..\cdot10^3$ = $38{,}6\cdot10^4\ \Omega$ Maximaal 1,01 x $39\cdot10^4$ = $39{,}39..\cdot10^3$ = $39{,}4\cdot10^4\ \Omega$	$38{,}6\cdot10^4\ \Omega$ $39{,}4\cdot10^4\ \Omega$
9	***a***	$\frac{10-9{,}81}{9{,}81}=0{,}019..=2\%$	2%
	b	$\frac{\pi^2-9{,}81}{9{,}81}=\frac{0{,}0596..}{9{,}81}=0{,}0060..=0{,}6\%$	0,6%

10		De benadering $\pi = 3{,}14$ is $\frac{\pi - 3{,}14}{\pi} = 0{,}000506.. = 0{,}0506..\%$ te klein. De andere procentuele fouten zijn in de diameter $\frac{0{,}05}{72{,}00} = 0{,}0000694.. = 0{,}0069..\%$ te groot of te klein en in de hoogte $\frac{0{,}05}{24{,}00} = 0{,}000208.. = 0{,}0208..\%$ te groot of te klein. De drie procentuele fouten zijn ongeveer van dezelfde orde van grootte. Bij de berekening van manteloppervlak en volume moet je met alle drie rekening houden.	–
	a	Oppervlak mantel: $A_{\text{mantel}} = \text{omtrek} \times \text{hoogte} = \pi d \cdot h$ $A_{\text{mantel}} = 3{,}14 \cdot 72{,}00 \cdot 24{,}00 = 5{,}425.. \cdot 10^3 = 5{,}43 \cdot 10^2\ \text{m}^3$ Minimale A: $\pi d \cdot h = \pi \cdot 71{,}95 \cdot 23{,}95 = 5{,}413.. \cdot 10^3 = 5{,}41 \cdot 10^3\ \text{m}^2$ Dit is $0{,}012 \cdot 10^3$ = 12 m^2 kleiner dan eerder berekend. Die berekening was maximaal $\frac{0{,}012 \cdot 10^3}{5{,}425 \cdot 10^3} = 0{,}0022.. = 0{,}2\%$ te groot. Maximale A: $\pi d \cdot h = \pi \cdot 72{,}05 \cdot 24{,}05 = 5{,}443.. \cdot 10^3 = 5{,}44 \cdot 10^3\ \text{m}^2$ Dit is $0{,}018 \cdot 10^3$ = 18 m^2 groter dan eerder berekend. Die berekening was maximaal $\frac{0{,}018 \cdot 10^3}{5{,}425 \cdot 10^3} = 0{,}0033.. = 0{,}3\%$ te klein.	$5{,}43 \cdot 10^3$ m^2 – 12 m^2 (– 0,2%) + 18 m^2 (+ 0,3%)
	b	Volume tank: $V_{\text{tank}} = \text{bodemoppervlak} \times \text{hoogte} = \frac{1}{4}\pi d^2 \cdot h$ $V_{\text{tank}} = \frac{1}{4} \cdot 3{,}14 \cdot 72{,}00^2 \cdot 24{,}00 = 9{,}766.. \cdot 10^4 = 9{,}77 \cdot 10^4\ \text{m}^3$ Minimale V: $\frac{1}{4}\pi d^2 \cdot h = \frac{1}{4}\pi \cdot (71{,}95)^2 \cdot 23{,}95 = 9{,}7377.. \cdot 10^4 = 9{,}74 \cdot 10^4\ \text{m}^3$ Dit is $0{,}029 \cdot 10^4 = 0{,}3 \cdot 10^3$ m^3 kleiner dan eerder berekend. Die berekening was maximaal $\frac{0{,}029 \cdot 10^4}{9{,}766 \cdot 10^4} = 0{,}0029.. = 0{,}3\%$ te groot. Maximale V: $\frac{1}{4}\pi d^2 \cdot h = \frac{1}{4}\pi \cdot (72{,}05)^2 \cdot 24{,}05 = 9{,}8055.. \cdot 10^4 = 9{,}81 \cdot 10^4\ \text{m}^3$ Dit is $0{,}039 \cdot 10^4 = 0{,}4 \cdot 10^3$ m^3 groter dan eerder berekend. Die berekening was maximaal $\frac{0{,}039 \cdot 10^4}{9{,}766 \cdot 10^4} = 0{,}0039.. = 0{,}4\%$ te klein	$9{,}77 \cdot 10^3$ m^3 $-0{,}3 \cdot 10^3$ m^3 (– 0,3%) $+0{,}4 \cdot 10^3$ m^3 (+ 0,4%)
11		Foucault: $\frac{500}{298000} = 0{,}00167.. = 0{,}17\%$ Michelson: $\frac{4}{299796} = 1{,}33.. \cdot 10^{-5} = 1{,}3 \cdot 10^{-3}\%$ Grosse: $\frac{0{,}05}{299792{,}5} = 1{,}67.. \cdot 10^{-7} = 1{,}7 \cdot 10^{-5}\%$	0,17% $1{,}3 \cdot 10^{-3}\%$ $1{,}7 \cdot 10^{-5}\%$
12	a	$\sin 70 = 0{,}9396.. = 0{,}940$	0,940
	b	$\tan 55 = 0{,}1428.. = 0{,}143$	0,142
13		Absolute fout $0{,}07 \times 1276{,}943 = 89{,}3...$. Het 3^{e} cijfer van de uitkomst (de 7) is al niet zeker en moet al afgerond worden. De correcte uitkomst wordt $128 \cdot 10^1 = 1{,}28 \cdot 10^3$. Dit laatste is de wetenschappelijke notatie.	$1{,}28 \cdot 10^3$ m/s

14	***a***	Met welke snelheid komen zij op de grond? Tijdens de val worden ze sterk afgeremd door de luchtwrijving. $\Sigma F = F_z - F_L = m \cdot g - k \cdot v$ Constante eindsnelheid als $\Sigma F = 0 \Rightarrow v_{\text{eind}} = \dfrac{m \cdot g}{k}$. De kleine massa van insecten leidt tot een erg kleine eindsnelheid. Zij vallen dus niet hard.	–
	b	Een struisvogelei heeft een groter oppervlak waardoorheen warmte naar binnen kan dringen. De opwarmtijd zou daardoor korter worden. $A \sim \ell^2$, dus de opwarmtijd zou $2{,}5^2$ = 6,25 x zo kort worden. Het volume van het struisvogelei is echter ook groter. Er is meer warmte nodig. De opwarmtijd zou langer worden. $V \sim \ell^3$, dus de opwarmtijd zou $2{,}5^3$ = 15,6.. x zo lang worden. De verkorting door het grotere oppervlak en de verlenging door het grotere volume leiden uiteindelijk tot een $\frac{2{,}5^3}{2{,}5^2} = 2{,}5\times$ zo lange opwarmtijd: $2{,}5 \times 5 = 12{,}5$ min	12,5 min
15	***a***	Binas tabel 9: $\rho_{\text{constantaan}} = 8{,}9 \cdot 10^3$ kg/m^3 bij $T = 293$ K Binas tabel 10: $\rho_{\text{marmer}} = 2{,}7 \cdot 10^3$ kg/m^3 bij $T = 293$ K	–
	b	Binas tabel 8: $T_{\text{smelt,aluminium}} = 933\text{ K } = 660\ ^{\text{o}}\text{C}$ bij $p = p_0$ Binas tabel 11: $T_{\text{smelt,benzine}} = 123\text{ K } = -150^{\text{o}}\text{C}$ bij $p = p_0$	–
	c	Binas tabel 15A: $v_{\text{geluid,zeewater}} = 1{,}51 \cdot 10^3$ m/s bij $T = 293$ K Binas tabel 15A: $v_{\text{geluid,helium}} = 0{,}956 \cdot 10^3$ m/s bij $T = 273$ K	–
	d	Binas tabel 40: cesium $\rightarrow$ Cs	–
	e	Binas tabel 32C: $\rho_{\text{zon,gem}} = 1{,}410 \cdot 10^3$ kg/m^3	–
	f	Binas tabel 31: $r_{\text{Jupiter}\rightarrow\text{Io}} = 421{,}6 \cdot 10^6$ m	–
	g	Binas tabel 30C: zware storm $\rightarrow$ gemeten op 10 m hoogte boven zeeniveau 24,5 tot 28,4 m/s volgens Beaufort of 24 tot 28 m/s volgens het KNMI	–
	h	Binas tabel 32: poolster $\rightarrow$ Polaris. $T_{\text{effectief}} = 5900$ K	–
	i	–	–
16	***a***	≈ 1 m	1 m
	b	1 voet ≈ 3 dm lang (Zie ook Binas tabel 5) en 1 dm breed. A ≈ 3 dm^2	3 dm^2
	c	Neem als hoofd een bol met diameter van 3 dm. 1. De schil met dikte $d \approx 0{,}5$ cm heeft een volume van ongeveer $V = 4\pi r^2 \cdot d = 4\pi \cdot 0{,}75^2 \cdot 0{,}05 = 0{,}353.. \approx 0{,}35$ dm^3 De dichtheid van het schedelbot is 1,9·10^3 kg/m^3 = 1,9 kg/dm^3 (Binas tabel 10). 2. De schedelinhoud is ongeveer $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot 0{,}70^3 = 1{,}43.. \approx 1{,}4$ dm^3 De dichtheid van de schedelinhoud is ongeveer die van water 1·10^3 kg/m^3 = 1 kg/dm^3. 3. Deze schattingen geven voor de massa van het hoofd $1{,}4 \cdot 1 + 0{,}35 \cdot 1{,}9 = 2{,}0.. = 2$ kg	2 kg
	d	Van een krant ongeveer een dag. De krant van gisteren wordt nog wel eens gelezen; die van eergisteren bijna niet meer. Van het krantenpapier is het lastig te zeggen: □ Gemiddeld een week totdat een krant in papierafvalbak ligt? □ Na een paar weken is van het krantenafval weer nieuw krantenpapier gemaakt? □ Van een krant als zwerfafval in de regen is na een paar dagen weinig meer over □ Van een krant als zwerfafval op een droge plaats vind je na weken nog de resten	1 dag? 1 week?

	e	Na hoeveel tijd ben je de helft vergeten van wat je allemaal hebt meegemaakt? Misschien wel al binnen een uur. Maar sommige dingen vergeet je je hele leven niet. Het hangt dus zeer af van wat je je heugt.	–
17	***a***	$4 \cdot 10^4$ km^2 Ongeveer 300 km noord-zuid en 200 km west-oost, met nogal wat water en een hap België erin. (Volgens de Bosatlas $3{,}4 \cdot 10^4$ km^2.)	$4 \cdot 10^4$ km^2
	b	Nederland telt ongeveer $16 \cdot 10^6$ inwoners Bevolkingsdichtheid is ongeveer$16 \cdot 10^6 / 4 \cdot 10^4$ km^2 = $4 \cdot 10^2$ inwoners/km^2 (Volgens de Bos atlas $5 \cdot 10^2$ inwoners/km^2)	$4 \cdot 10^2$ / km^2
18	***a***	20 km/h	–
	b	1 dm/s	–
	c	1 dm/h	–
	d	$4 \cdot 10^4$ km/h (In een uur de wereldbol rond)	–
	e	1 mm/dag	–
	f	70 km/h	–
	g	1 m/s	–
19	***a***	Je kunt coördinaten aflezen. Je kunt de helling van een raaklijn bepalen. Je kunt de waarde van een oppervlak tussen de grafiek en de horizontale as bepalen.	–
	b	1. Eenparige beweging: horizontaal de tijd *t*, verticaal de positie *x* Formule $x = v \cdot t$ 2. Eenparig versnelde beweging: horizontaal de tijd *t*, verticaal de constante versnelling *a* 3. Valbeweging: horizontaal de tijd *t*, verticaal de valafstand *y* De grafiek begint krom en eindigt recht als onder invloed van de luchtweerstand de snelheid constant wordt. 4. *I*(*U*)-grafiek van een gloeilampje: horizontaal de spanning *U* over het lampje, verticaal de stroomsterkte *I* door het lampje. Hoe heter de gloeidraad, des te groter de weerstand: de toename van de stroomsterkte gaat steeds langzamer. 5. Lenzenformule: horizontaal de voorwerpafstand *v*, verticaal de beeldafstand *b* Formule $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$. De grafiek is een hyperbool. 6. *A*(*t*)-grafiek of *N*(*t*)-grafiek van een radioactief preparaat. horizontaal de tijd *t*, verticaal de activiteit *A* of het aantal actieve kernen *N*.	–
	c	1. raaklijn → snelheid $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 2. oppervlak → snelheidsverandering $\Delta v = a \cdot \Delta t$ 3. raaklijn → snelheid $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 4. raaklijn → geeft aan hoe snel de weerstand verandert 5. asymptoten → geven de brandpuntsafstand 6. Dit zou een *N*(*t*) of *A*(*t*)-grafiek kunnen zijn. Een raaklijn in een punt aan de *N*(*t*)-grafiek is de *activiteit* op dat tijdstip, want het tempo waarin het aantal actieve kernen afneemt ($\frac{\Delta N}{\Delta t}$) is gelijk aan de activiteit. Het oppervlak onder de *A*(*t*)-grafiek stelt het aantal kernen voor dat is vervallen.	–
20	***a***	Een melkpak zal wel lukken, maar een autoaccu niet.	–
	b	0,1 gram	0,1 g
	c	1 kg = 1000 g dus $1 \cdot 10^4 \times$ zo lang als 1 m $\Rightarrow$ 10 km	10 km

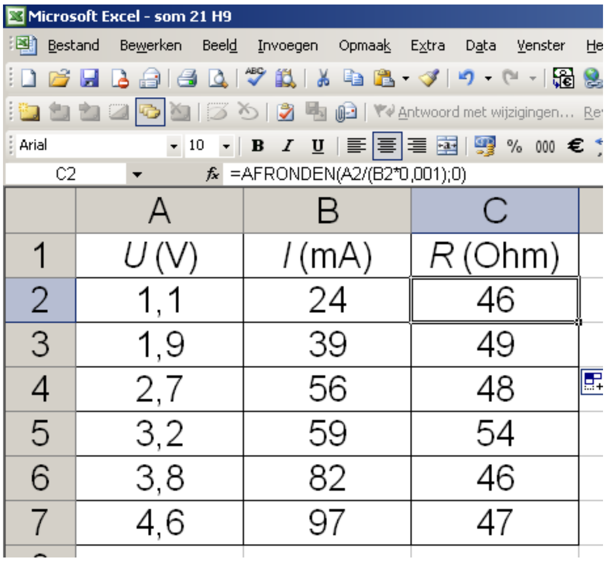
21 ***a*** De weerstand R bereken je met de wet van Ohm: $R = \frac{U}{I}$.

In Excel wordt dat in cel C2 berekent met de formule: =A2/(B2*0,001).
Je moet B2 vermenigvuldigen met 0,001 want de I is in mA gegeven en dat moet natuurlijk omgerekend worden naar ampère.

Als je de berekende waarde wilt afronden op een heel cijfer luidt de formule: =AFRONDEN(A2/(B2*0,001);0).

Vervolgens kopieer je de formule naar de cellen C3 t/m C7.

Op het werkblad van Excel zie je dan:

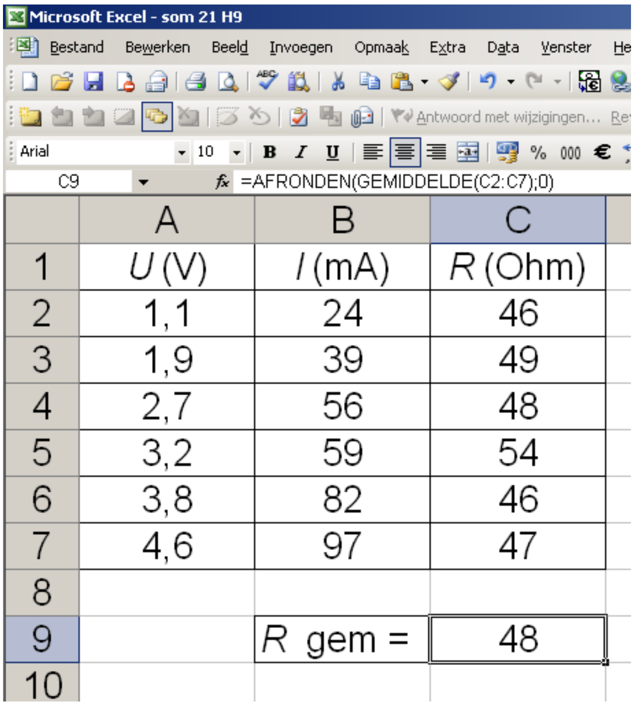


	A	B	C
1	*U* (V)	*I* (mA)	*R* (Ohm)
2	1,1	24	46
3	1,9	39	49
4	2,7	56	48
5	3,2	59	54
6	3,8	82	46
7	4,6	97	47

–

b In cel C9 is het gemiddelde uitgerekend van de cellen C2 t/m C7. Ook is weer afgerond op een heel getal. De Excel formule is: =AFRONDEN(GEMIDDELDE(C2:C7);0)

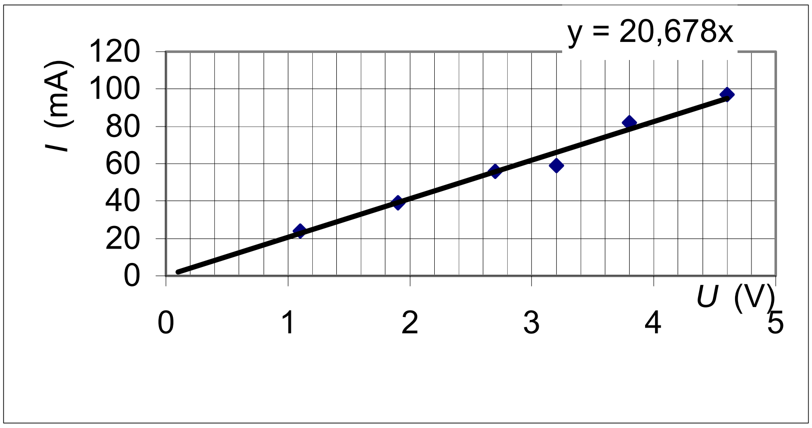
Op het werkblad van Excel zie je dan:



	A	B	C
1	*U* (V)	*I* (mA)	*R* (Ohm)
2	1,1	24	46
3	1,9	39	49
4	2,7	56	48
5	3,2	59	54
6	3,8	82	46
7	4,6	97	47
8			
9		*R* gem =	48
10			

48 Ω

c



48 Ω

De helling van de trendlijn is 20,678 mA/V.

De weerstand is het ‘omgekeerde’ van de helling, dus $\frac{1}{20{,}678 \cdot 10^{-3}} = 48{,}3.. = 48\ \Omega$.

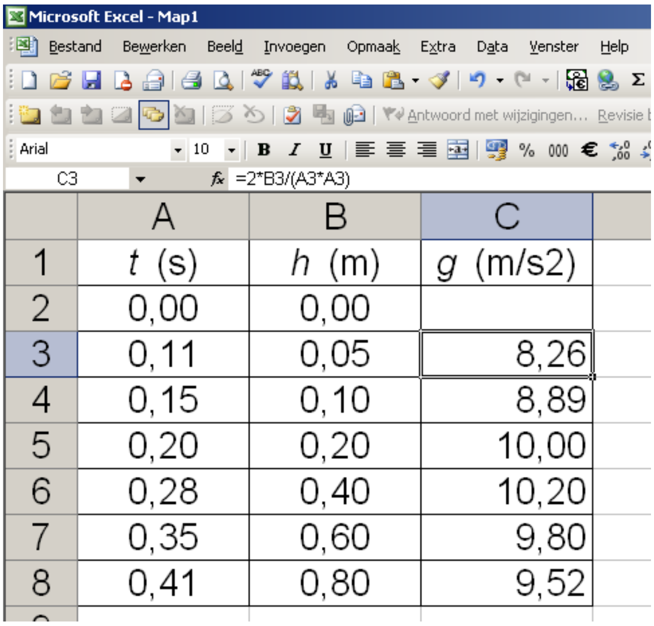
22 ***a*** Het is in deze opgave handig om in kolom A de tijd *t* te zetten en in kolom B de valhoogte *h*, want dan komt de tijd automatisch op de *x*-as als je bij ***c*** de grafiek gaat maken.

Voor de vrije val geldt: $h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow g = \frac{2h}{t^2}$

Pas op dat je Excel niet door 0 laat delen, dus werk met de cellen A3 en B3 om de formule in C3 te maken! Kopieer daarna de formule naar de cellen C4 t/m C8.

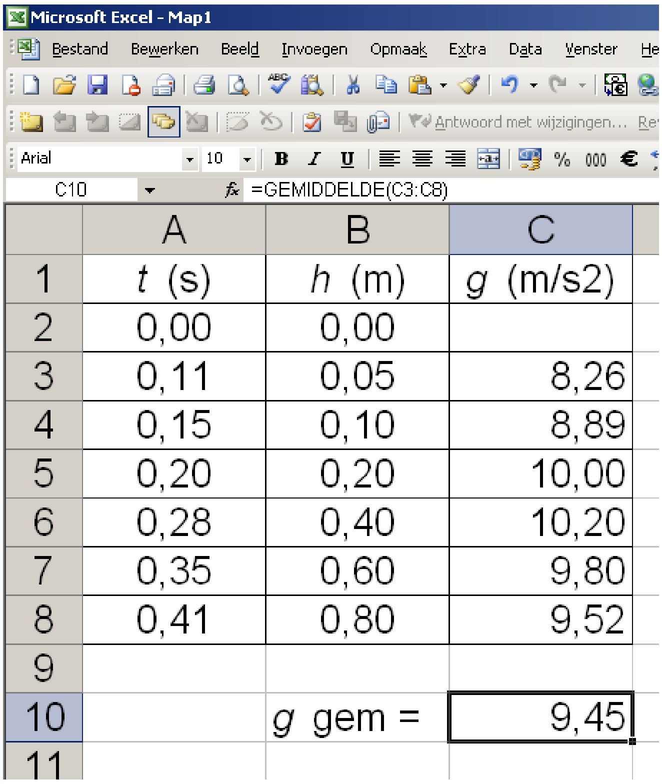
Stel met ‘celeigenschappen’ het aantal decimalen op 2 in.

Op je werkblad zie je dan:



	A	B	C
1	*t* (s)	*h* (m)	*g* (m/s2)
2	0,00	0,00	
3	0,11	0,05	8,26
4	0,15	0,10	8,89
5	0,20	0,20	10,00
6	0,28	0,40	10,20
7	0,35	0,60	9,80
8	0,41	0,80	9,52

b

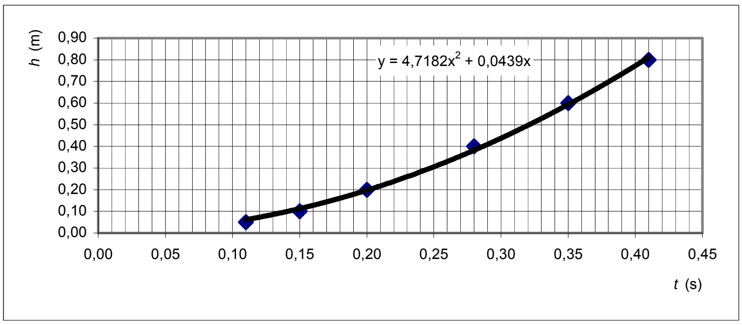


Microsoft Excel - Map1

C10 =GEMIDDELDE(C3:C8)

	A	B	C
1	*t* (s)	*h* (m)	*g* (m/s2)
2	0,00	0,00	
3	0,11	0,05	8,26
4	0,15	0,10	8,89
5	0,20	0,20	10,00
6	0,28	0,40	10,20
7	0,35	0,60	9,80
8	0,41	0,80	9,52
9			
10		*g* gem =	9,45
11			

c De waarde voor *a* is afgerond 4,7 en *b* is afgerond 0 en *c* = 0.

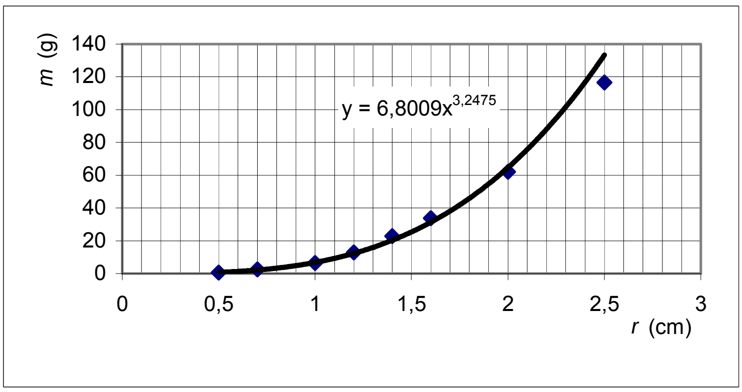


–

d Als je de trendlijn $y = ax^2$ vergelijkt met $h = ½gt^2$ dan zal met *h* op de *y*-as en *t* op de *x*-as de coëfficiënt *a* wel gelijk moeten zijn aan ½*g*.
Dus $g = 2a$. –

e $g = 2 \cdot a = 2 \cdot 4{,}7 = 9{,}4$ m/s^2. 9,4 m/s^2

23



–

De exponent ligt in de buurt van de 3 die door de theorie wordt voorspeld.