

Als je een ander antwoord vindt, zijn er minstens twee mogelijkheden: óf dit antwoord is fout, óf jouw antwoord is fout.
Als je er (vrijwel) zeker van bent dat een antwoord fout is, stuur dan een briefje naar www.stevin.info. Alvast bedankt.

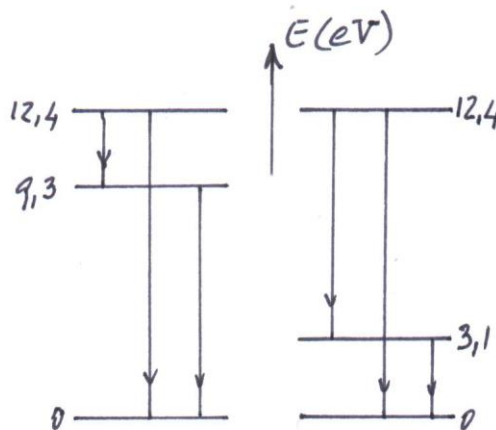
Opgaven 15.1 Licht als golven en als deeltjes

1	a	$x = \ell \cdot \tan \alpha \Rightarrow$ Het patroon wordt dus wijder (grotere x) als ℓ groter wordt.	-
	b	$n \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = n \cdot \lambda / d$ Een grotere afstand tussen de spleten (grotere d) zorgt ervoor dat de lijnen dichterbij elkaar komen (kleinere α).	-
	c	De golflengte λ wordt dan groter, dus wordt het patroon wijder (grotere α).	-
2	a	$\lambda_{\text{rood}} > \lambda_{\text{groen}}$ en $n\lambda = d \cdot \sin \alpha \Rightarrow$ grotere λ geeft wijder patroon (grotere α), dus de bovenste is met groen licht gemaakt.	-
	b	Bij de derde foto is het patroon boven het wijdst dus stonden de spleten daar het dichtst bij elkaar.	-
3	-	B – de golven zijn cirkelvormig. Het gaat om de watervariant van proef 2 op p. 70.	-
4	a1	$\alpha_1 = 12^\circ$.	12°
	a2	$\lambda = d \cdot \sin \alpha_1 \Rightarrow 1 \cdot 633 \cdot 10^{-9} = d \cdot \sin 12^\circ \Rightarrow d = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$	3,0 · 10 ⁻⁶ m
5	a	633 nm is volgens tabel 19A rood.	rood
	b	$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \Rightarrow E = 3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow E = \frac{3,14 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,96 \text{ eV}$	3,14 · 10 ⁻¹⁹ J 1,96 eV
	c	aantal per s = $\frac{1 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 10^{-19}} = 3,2 \cdot 10^{15}$	3,2 · 10 ¹⁵
6	a	Er is dan een remarbeid verricht van -0,06 eV. $E_k - 0,06 = 0 \Rightarrow E_k$ bij de kathode is 0,06 eV	-
	b	$E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow E = 2,01 \text{ eV}$	2,01 eV
	c1	$E_{\text{uit}} = 2,01 - 0,06 = 1,95 \text{ eV}$	1,95 eV
	c2	Cs met 1,94 eV zit er volgens tabel 24 het dichtste bij.	Cs
	c3	639 nm	639 nm
7	a	Met de proef van Young en met tralies en dubbele spleten.	-
	b	Met de proef van Compton en met het foto-elektrisch effect..	-
	c	Met dualistisch karakter wordt bedoeld dat je met licht zowel interferentieproeven (golfkarakter) kunt doen als botsingsproeven (deeltjes).	-
8	a	$p_{\text{deeltje}} = m \cdot v$ $p_{\text{foton}} = \frac{h \cdot f}{c}$	-
	b	$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{m^2 v^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$	-
	c	$[p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ $[p_{\text{foton}}] = \frac{[h] \cdot [f]}{[c]} = \frac{\text{J} \cdot \text{s} \cdot \text{Hz}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{s}^{-1}} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ klopt	-

Opgaven 15.2 – Spectra

- 9 a De lijnen die door Paschen ontdekt zijn, horen bij terugval naar niveau $n = 3$ vanaf $m = 4, 5, \dots$ $n = 3$
 $m = 4, 5, \dots$
- b Kies $4 \rightarrow 3 \Rightarrow \lambda = 1970 \text{ nm} \Rightarrow f = 3,0 \cdot 10^8 / 1970 \cdot 10^{-9} = 1,5228 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
 $1,5228 \cdot 10^{14} = k \cdot (1/9 - 1/16) = k \cdot 4,86 \cdot 10^{-2} \Rightarrow k = 3,13 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ $3,13 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
- 10 a $\Delta E = |13,6 \cdot (1 - 1/25)| = 13,1 \text{ eV} = 2,09 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ $13,1 \text{ eV}$
- b¹ $2,09 \cdot 10^{-18} = hc/\lambda \Rightarrow 95,2 \text{ nm}$ $95,2 \text{ nm}$
- b² Volgens *Binas* is het $95,0 \text{ nm}$ $95,0 \text{ nm}$
- 11 a Bij a komt straling vrij.
- b Bij b wordt energie aan het atoom toegevoerd. Dat kan het gevolg zijn van een botsing.
- c Het aantal emissielijnen kan $5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 15$ zijn. 15
- 12 a $E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot f}{e} \Rightarrow 3,1 \text{ eV} \quad 9,3 \text{ eV} \quad \text{en} \quad 12,4 \text{ eV}$ $3,1 \text{ eV}$
 $9,3 \text{ eV}$
 $12,4 \text{ eV}$

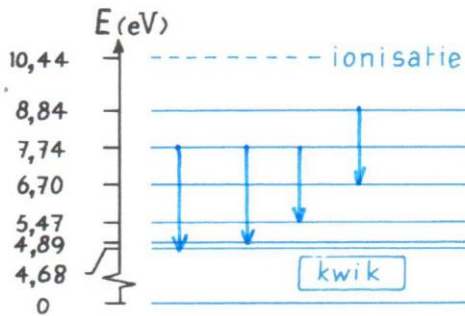
b



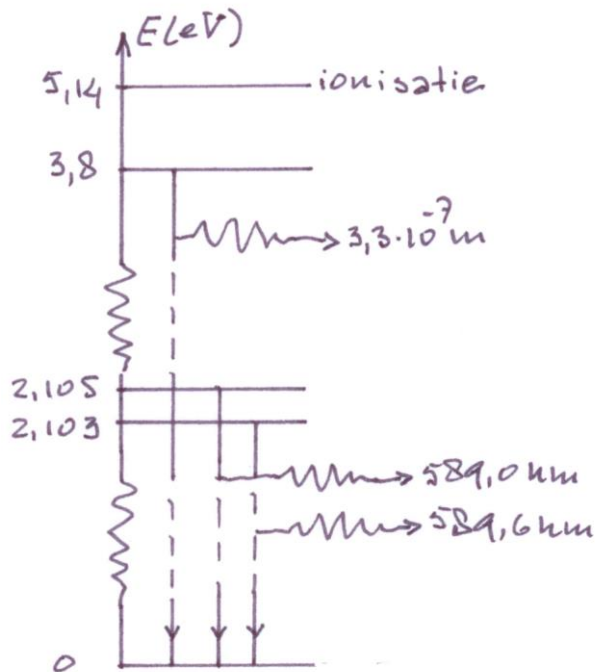
- c Als het onderste niveau het grondniveau is, zou $12,4 \text{ eV}$ de ionisatie-energie kunnen zijn. Er zijn te weinig gegevens om die conclusie te kunnen trekken. -
- 13 a¹ 185 nm en 254 nm zitten in het UV.
- a² 405 nm is violet
 436 nm is blauwviolet
 546 nm is groen
 579 nm is geel
-

b
c $E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow$

- 405 nm \Rightarrow 3,07 eV (7,74 \rightarrow 4,68)
- 436 nm \Rightarrow 2,85 eV (7,74 \rightarrow 4,89)
- 546 nm \Rightarrow 2,27 eV (7,74 \rightarrow 5,47)
- 579 nm \Rightarrow 2,15 eV (8,84 \rightarrow 6,70)



14 a	Tabel 21. $E_{\text{ionisatie, Na}} = 5,14 \text{ eV}$	5,14 eV
b	$E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow 2,105 \text{ eV}$ en $2,103 \text{ eV}$	2,105 eV 2,103 eV
c	Met die energie is het Na-atoom aangeslagen.	-
d	$E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow \lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$	$3,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
d'	Dit is UV, dus niet zichtbaar.	-
e		

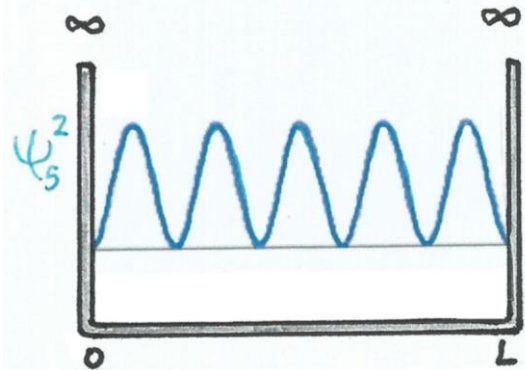


Opgaven 15.3 – Deeltjes en golven

- 15 a** $E_k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 2mE_k = (mv)^2 = p^2 \Rightarrow p = \sqrt{2mE_k}$ -
-
- b** $p = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,5 \cdot 3,0 \cdot 10^8}{\sqrt{1 - \frac{0,25c^2}{c^2}}} = \frac{13,65 \cdot 10^{-23}}{\sqrt{0,75}} = 1,57 \dots \cdot 10^{-22} \text{ kg m/s}$
 $\lambda_b = \frac{h}{p} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{1,576 \cdot 10^{-22}} = 4,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ 4,2 · 10⁻¹² m
-
- 16 a** $p = \frac{h}{\lambda_b} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{1 \cdot 10^{-10}} = 6,6 \cdot 10^{-24} \text{ kg m/s} \Rightarrow v = \frac{6,6 \cdot 10^{-24}}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 7,3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ 7,3 · 10⁶ m/s
 Dit is ongeveer 2% van c, dus hoeven we niet de correctie van opgave 15 toe te passen.
-
- b** $E_k = \frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (7,3 \cdot 10^6)^2 = 2,4 \cdot 10^{-17} \text{ J} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ eV}$ 1,5 · 10² V
 De versnelling moet dus 1,5 · 10² V zijn.
-
- 17 a** De Broglie voor een deeltje: $\lambda_b = \frac{h}{p}$
 $p_{\text{foton}} = \frac{h \cdot f}{c}$ vul dit hierboven in $\Rightarrow \lambda_b = \frac{h}{\frac{h \cdot f}{c}} = \frac{c}{f} = \lambda_{\text{foton}}$ dit klopt -
-
- b** Nee. -
-
- c** $[h] = \text{J} \cdot \text{s} = \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
 $[p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 $[\lambda] = \text{m}$ -
-
- 18 -** $E_k = 0,04 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,4 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ Pas de formule uit opgave 15 toe:
 $p = \sqrt{2 \cdot 1,675 \cdot 10^{-27} \cdot 6,4 \cdot 10^{-21}} = 4,6 \cdot 10^{-24} \text{ kg m/s}$ 1,4 · 10⁻¹⁰ m
 $\lambda_b = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{4,6 \cdot 10^{-24}} = 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
-
- 19 a** $E_k = 54 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 8,64 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ Pas de formule uit opgave 15 toe:
 $p = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 8,64 \cdot 10^{-18}} = 3,96 \dots \cdot 10^{-24} \text{ kg m/s}$ 4,0 · 10⁻²⁴ kgm/s
-
- b** $\lambda_b = \frac{h}{p} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{3,96 \dots \cdot 10^{-24}} = 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ 1,7 · 10⁻¹⁰ m
-
- 20 a** De twee formules zijn: $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ en $\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$ $[h] = \text{J} \cdot \text{s}$
 $[\Delta x \Delta p] = \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{m/s} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} = \text{J} \cdot \text{s}$ klopt -
 Bij de tweede formule zie je meteen dat het goed is.
-
- b** $\Delta v = 0,001 \cdot 4 \cdot 10^6 = 4 \cdot 10^3 \text{ m/s} \Rightarrow \Delta p = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 4 \cdot 10^3 = 3,64 \cdot 10^{-27} \text{ kgm/s}$
 $\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{4 \cdot \pi \cdot 3,64 \cdot 10^{-27}} = 1,4 \dots \cdot 10^{-8} \text{ m}$ $\geq 1 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
-
- c** $\Delta v = 0,4 \text{ m/s} \Rightarrow \Delta p = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ kgm/s}$
 $\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{4 \cdot \pi \cdot 4,0 \cdot 10^{-3}} = 1,3 \dots \cdot 10^{-32} \text{ m}$ $\geq 1 \cdot 10^{-32} \text{ m}$
-

21	-	$E_3 = 4,0 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $E_3 = 3^2 \cdot \frac{h^2}{8mL^2}$ Na invullen krijg je: $L = 9,2 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,92 \text{ nm}$	0,92 nm
22	a	$\left. \begin{array}{l} E_n = n^2 \cdot \frac{h^2}{8mL^2} \\ E_4 = 5,0 \text{ eV} \end{array} \right\} \Rightarrow E_3 = \frac{9}{16} \cdot 5,0 = 2,8 \text{ eV}$	2,8 eV
	b	$\Delta E = 2,2 \text{ eV} = 2,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,52 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $\Delta E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda \Rightarrow \lambda = 5,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$	$5,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
23	-	$\Delta E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda \Rightarrow \Delta E = 3,05 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $\Delta E(3 \rightarrow 2) = (3^2 - 2^2) \cdot \frac{h^2}{8mL^2} \Rightarrow L = 9,9 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	$9,9 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
24	a	$E_{\min} = 4,0 \text{ MeV} = 4,0 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 6,4 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ $m_\alpha = 4,0026 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (tabellen 25A en 7A) $E_1 = 1^2 \cdot \frac{h^2}{8mL^2} \Rightarrow E_1 = 2,06 \cdot 10^{-14} \text{ J} < 6,4 \cdot 10^{-13} \text{ J}$	-
	b	$\frac{n^2}{1^2} > \frac{6,4 \cdot 10^{-13}}{2,06 \cdot 10^{-14}} \Rightarrow n > 5,6$ Dus minstens niveau 6 nodig.	6
25	a	$E_1 = \frac{1^2}{5^2} \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ eV}$	$3,0 \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
	b	$m_{\text{proton}} = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $E_5 = 5^2 \cdot \frac{h^2}{8mL^2} \Rightarrow L = 8,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	$8,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
26	a	$m = \rho \cdot V \Rightarrow m = 1,293 \cdot 24 = 31,0 \text{ kg}$	-
	b	aantal moleculen = $\frac{24}{22,4 \cdot 10^{-3}} \cdot 6,0 \cdot 10^{23} = 6,4 \cdot 10^{26}$	$6,4 \cdot 10^{26}$
	c	$m = 31/6,4 \cdot 10^{26} = 4,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$	$4,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
	d	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ $\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273 = 5,65 \cdot 10^{-21} \text{ J}$	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ $5,7 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
	d	$5,65 \cdot 10^{-21} = \frac{1}{2} \cdot 4,8 \cdot 10^{-26} \cdot v_{\text{gem}}^2 \Rightarrow v_{\text{gem}} = 4,9 \cdot 10^2 \text{ m/s}$	$4,9 \cdot 10^2 \text{ m/s}$
	e	$\rho = 4,8 \cdot 10^{-26} \cdot 4,9 \cdot 10^2 = 2,33 \cdot 10^{-23} \text{ kgm/s} \Rightarrow$ $\lambda_b = 6,626 \cdot 10^{-34} / (2,33 \cdot 10^{-23}) = 2,8 \cdot 10^{-11} \text{ m}$	$2,8 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
	f	$t_{\text{vrij}} = 1 / (2,1 \cdot 10^9) = 4,76 \cdot 10^{-10} \text{ s} \Rightarrow \ell = 4,9 \cdot 10^2 \cdot 4,76 \cdot 10^{-10} = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$	$2,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
	g	$\lambda_b \ll \ell$ We hoeven dus niet met het golfkarakter rekening te houden.	

Opgaven hoofdstuk 15		
27	-	Gebruik tabel 24. Hij gebruikte aluminium. -
28	a	$E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow E = 4,89 \text{ eV} > 4,65 \text{ eV}$ -
	b	$E_{3 \rightarrow 2} = 2,15 - 0,11 = 2,04 \text{ eV} \Rightarrow \lambda = 609 \text{ nm}$ oranje $E_{3 \rightarrow 1} = 2,15 - 0,05 = 2,10 \text{ eV} \Rightarrow \lambda = 591 \text{ nm}$ oranje -
29	-	$E_{k, \text{voor}} = 80 \text{ eV} = 80 \cdot 16 \cdot 10^{-19} = 1,28 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ Pas de formule uit opgave 15 toe: $p = \sqrt{2mE_k} \Rightarrow p = 4,82 \cdot 10^{-24} \text{ kg m/s}$ $1,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $\lambda_b = h/p \Rightarrow \lambda_{b, \text{voor}} = 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $1,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $E_{k, \text{na}} = 100 \text{ eV} \Rightarrow \lambda_{b, \text{na}} = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
30	a	Tabel 19A: de kleur is groen. groen
	b	$E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow E = 2,39 \text{ eV}$ 2,39 eV
	c	$E = 100 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ 100 eV $1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$
	d	Pas de formule uit opgave 15 toe: $p = \sqrt{2mE_k} \Rightarrow p = 5,40 \cdot 10^{-24} \text{ kg m/s}$ $5,40 \cdot 10^{-24} \text{ kg m/s}$ $\lambda_b = h/p \Rightarrow \lambda_b = 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $1,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
	e	$30 \mu\text{m} = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ m} \Rightarrow \lambda_b \ll \text{details}$ op de stuifmeelkorrel; die zijn dus te zien $\lambda_{\text{groen}} = 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda_{\text{groen}} \approx \text{details}$; die zijn dus niet te zien -
31	a	$p = 60 \cdot 2,0 \cdot 10^{-26} \cdot 117 = 1,40 \cdot 10^{-22} \text{ kg m/s}$ $4,7 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ $\lambda_b = h/p \Rightarrow \lambda_b = 4,7 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
	b	Dit is een interferentiepatroon. De buckyballen gedroegen zich dus als golven. -
	c	Erratum Bij de horizontale as staat mm; dat moet μm zijn. De afstand tussen de pieken nr. 1 is 19 mm. Bij 20 mm hoort 100 μm . \Rightarrow $x_1 = 47,5 \mu\text{m} \Rightarrow \tan \alpha_1 = \frac{47,5 \cdot 10^{-6}}{1,06} = 4,48 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \sin \alpha_1 = 4,48 \cdot 10^{-5}$ $4,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ $1 \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_1 \Rightarrow \lambda = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 4,48 \cdot 10^{-5} = 4,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$. Dat scheelt 4%.
32	a	$3,0 \text{ km/h} = 0,83 \text{ m/s} \Rightarrow p = 70 \cdot 0,83 = 58 \text{ kg m/s} \Rightarrow \lambda_b = h/p = 1,1 \cdot 10^{-35} \text{ m}$ $1,1 \cdot 10^{-35} \text{ m}$
	b	Stel dat je in de vijfde toestand zou zijn, dan was $\lambda \approx 0,5 \text{ m}$. h zou dan in de orde van 30 Js moeten zijn. $\approx 30 \text{ Js}$
33	a	Erratum Bij de assen moet Δx en Δp staan. Bij het vraagteken hoort $h/4\pi$. $h/4\pi$
	b	Het gebied boven de hyperbool is het toegestane gebied. -
34	-	Bij dat weer samenstellen van het lichaam moet je <u>precies</u> weten waar en met welke impuls de verschillende atomen terecht moeten komen. Volgens Heisenberg kan dat niet. Volgens de makers van de film werkte de <i>heisenbergcompensator</i> prima. -
35	a	$[m \cdot E] = \text{kg} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ $[d] = \text{m}$ $[h] = \text{J} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ Bij combineren hiervan houd je niets meer over. De exponent van e heeft dus geen eenheid. -
	b	grote $d \Rightarrow$ kleine kans grote $m \Rightarrow$ kleine kans grote E (maar wel $E_p > E$) \Rightarrow grote kans grote $E_p \Rightarrow$ kleine kans -

c	<p>Wij schatten de gemiddelde hoogte op 14 MeV. $\Rightarrow E_p - E = 8,32 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ Daar hoort $d = 17 - 9 = 8 \text{ fm}$ bij. $m_\alpha = 4,0026 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (tabellen 25A en 7A) Invullen geeft:</p>	$1,2 \cdot 10^{-7}$	
$\text{kans} = e^{-\frac{4\pi \cdot 8 \cdot 10^{-15}}{6,626 \cdot 10^{-34}} \sqrt{2 \cdot 6,64 \cdot 10^{-27} \cdot 8,32 \cdot 10^{-13}}} = 1,2 \cdot 10^{-7}$			
36	a	Het tunneleffect.	-
	b	<p>h klein m groot d groot E_k klein</p>	-
37	-	Het foton gaat rechtdoor, want daar heeft het magneetveld geen vat op.	-
38	-		
39	-	<p>$m_{\text{proton}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ en $L = 10^{-14} \text{ m}$ (pas op: het gaat om 'orde van grootte', dus zonder significantie) $E_1 = \frac{h^2}{8mL^2}$ Als je alles invult, krijg je: $E_1 = 3 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 2 \text{ MeV}$ $E_2 = 2^2 \cdot E_1 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 8 \text{ MeV}$ $E_3 = 3^2 \cdot E_1 = 3 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 20 \text{ MeV}$</p>	2 MeV 8 MeV 20 MeV
40	a	Ja.	-
	b	Nee, want er blijft altijd nulpuntsenergie over.	-
	c	Ja, als $E_p < 0$ en $E_k > 0$	-
41	a	<p>Bij de errata staat een nieuwe versie van deze opgave. $p = h/\lambda_b$ en $E_k = p^2/2m \Rightarrow E_k = h^2/(2m\lambda_b^2)$. Alle waarden invullen met $\lambda_b \approx 10^{-16} \text{ m}$ geeft $E_k = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ J} \approx 10^2 \text{ TeV}$.</p>	10^2 TeV
	b	<p>Vergelijk m_0c^2 met pc onder de voorwaarde dat $\lambda_b < 10^{-16} \text{ m}$. Volgens tabel 7 van Binas geldt voor elektronen $m_0c^2 = 0,51 \text{ MeV}$. $pc = hc/\lambda_b \Rightarrow pc > \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{10^{-16}} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J} = 12 \text{ GeV} \gg 0,51 \text{ MeV}$.</p>	-
Je mag dus $E_k \approx pc$ gebruiken.			
c	<p>In een proton zitten volgens tabel 26 twee up-quarks met $m_0c^2 = 3 \text{ MeV}$ en één down-quark met $m_0c^2 = 5 \text{ MeV}$. Voor de toestand n van een quark geldt altijd: $n \cdot \frac{1}{2} \lambda_{b,\text{quark}} = L$, dus $\lambda_{b,\text{quark}} = 2L/n$. Net als bij het elektron zal pc dus in de orde van 10 GeV zijn, zodat ook hier $E = pc$ gebruikt mag worden. Combineer $E_k = pc$ en $p = h/\lambda_b$ met $L = n \cdot \frac{1}{2} \lambda_b \Rightarrow E_{k,n} = nhc/2L$</p>	-	
d ^f	Invullen van $n = 1$ en $n = 2$ geeft $E_2 - E_1 = hc/2L$. Het elektron moet minstens deze energie hebben.	-	
d ^e	Invullen geeft: $E_2 - E_1 = 9,9 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 6,2 \text{ GeV} < 25 \text{ GeV}$. 25 GeV was dus ruim voldoende.	-	
42	a	De opstelling dempen met wervelstromen in een sterk magneetveld.	-

b	Ja, de tip moet geleidend zijn.	-
c	Iedere verhoging op het oppervlak functioneert nu als tip waarbij het tunnelen plaatsvindt. Daardoor wordt de afgebroken tip vele malen afgebeeld als een bergje. Als je niet beter weet, denk je dat die bergjes zich op het oppervlak van het preparaat bevinden.	-
43 a	650 nm is rood licht. Je houdt dan cyaan over – een mix van groen en blauw.	cyaan
b¹	$ \Delta E(5 \rightarrow 6) = \left (6^2 - 5^2) \cdot \frac{h^2}{8mL^2} \right \text{ en } L = 1,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ <p>Alles invullen geeft: $\Delta E(5 \rightarrow 6) = 3,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$</p>	
b²	$E = h \cdot c / \lambda \Rightarrow \lambda = 587 \text{ nm}$ Dat scheelt 10%.	587 nm
c	Een grotere L leidt tot een kleinere ΔE , dus tot een grotere λ . Dan wordt de overeenstemming beter.	-
d¹	6	6
d²	van 3 naar 4, want de niveaus 1, 2 en 3 zijn gevuld.	3→4
e	Kleine ketens leiden tot kleine λ , dus in het UV. Dat kun je niet zien.	-
f	Op de maan heb je geen organische (lange) moleculen).	-