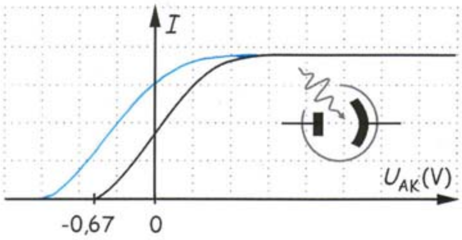
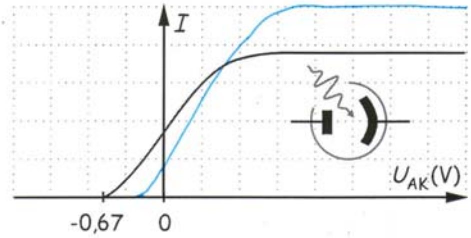
Opgaven 10.1 – Fotonen

1	***a***	Tabel 19B: 920 nm is infrarood en 12 cm is SHF (super high frequency)	–
	b	$\lambda = \dfrac{c}{f} = \dfrac{3{,}00 \cdot 10^8}{900 \cdot 10^6} = 0{,}333$ m	333 mm
2	***a***	$\lambda = \dfrac{c}{f} = \dfrac{3{,}00 \cdot 10^8}{96{,}8 \cdot 10^6} = 3{,}10$ m	3,10 m
	b	$f = \dfrac{c}{\lambda} = \dfrac{3 \cdot 10^8}{49} = 6 \cdot 10^6 = 6$ MHz	6 MHz
	c	UIt $\lambda = \dfrac{c}{f}$ volgt dat de golflengtes en de frequenties zich omgekeerd evenredig verhouden. Dus $f_{Ned2} : f_{Lopik}$ = 522 : 65 = 8,0 : 1	8,0 : 1
3	***a***	T_{zon} = 5800 K en $T_{Betelgeuze}$ = 3300 K	–
	b	Wet van Wien: $\lambda \cdot T = 2{,}8978 \cdot 10^{-3}$ invullen geeft: $\lambda_{zon} = 5{,}0 \cdot 10^{-7}$ m (blauwgroen)	–
	c	$\lambda_{Betelgeuze} = 8{,}8 \cdot 10^{-7}$ m (infrarood) De top ligt in het infrarood. Links van de top neemt de intensiteit snel af. Daar ligt het zichtbare gebied. Het rood overheerst dus.	–
	d	T_{Wega} = 10 800 K $\lambda_{Wega} = 2{,}7 \cdot 10^{-7}$ m (ultraviolet) Het zichtbare gebied ligt rechts van de top. Er zijn nog zoveel kleuren in het spectrum aanwezig dat de ster er wit uitziet.	–
4	***a***	Invullen in de wet van Wien geeft: T = 5800 K	5800 K
	b	Het kan om Rigil Kent A gaan.	–
5	***a***	Tabel 19A: rood.	–
	b	$E_f = h \cdot f = \dfrac{h \cdot c}{\lambda} = \dfrac{6{,}626 \cdot 10^{-34} \cdot 3{,}00 \cdot 10^8}{668 \cdot 10^{-9}} = 2{,}975.. \cdot 10^{-19}$ J $= \dfrac{2{,}975.. \cdot 10^{-19}}{1{,}60 \cdot 10^{-19}} = 1{,}86$ eV	1,86 eV
	c	aantal $= \dfrac{1{,}7 \cdot 10^{-18}}{2{,}975.. \cdot 10^{-19}} = 5{,}7 = 6$	6
6	***a***	E (in eV) $= \dfrac{h \cdot c}{e \cdot \lambda}$ Invullen van 13,6 eV geeft: $91{,}3 \cdot 10^{-9}$ m	91,3 nm
	b	Invullen van 357 nm geeft: 3,48 eV	3,48 eV
7	***a***	Planck hoopte dat h de waarde nul zou krijgen.	–
	b	$f = \dfrac{c}{\lambda} \Rightarrow f = 6{,}25 \cdot 10^{14}$ Hz klopt met $0{,}625 \cdot 10^{15}$ Hz E (in eV) $= \dfrac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow E_f = 2{,}59$ eV klopt met 2,58 eV (afrondingsverschil)	–
8	-	Gebruik tabel 24. Hij gebruikte aluminium.	–
9	***a***	Tabel 24. Koper (Cu): 277 nm en 4,48 eV = $7{,}17 \cdot 10^{-19}$ J	277 nm 4,48 eV = $7{,}17 \cdot 10^{-19}$ J
	b	$E_k = ½ \cdot 4{,}6 \cdot 10^{-26} \cdot v^2 > 7{,}17 \cdot 10^{-19} \Rightarrow v > 5{,}6 \cdot 10^3$ m/s	$5{,}6 \cdot 10^3$ m/s

10 ***a*** De fotonen hebben een grotere energie. De vrijgemaakte elektronen hebben dus een grotere kinetische energie. Er is dus een grotere remspanning nodig (U_{AK} sterkter negatief).
Het verzadigingsniveau van de fotostroom ligt even hoog als bij de gegeven grafiek. –



b Om bij deze fotonen dezelfde intensiteit te halen, heb je er meer van nodig. Het verzadigingsniveau ligt dus hoger. –



c W_u = 4,20 eV –

***d*[1]** Er wordt bedoeld: de energie van de fotonen die bij de gegeven grafiek horen.
Pas de formule van Einstein toe:
E_f = 4,20 + 0,67 = 4,87 eV — 4,87 eV

***d*[2]** $E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow \lambda = 255 \text{ nm}$ — 255 nm

10.2 – Spectra

In een paar opgaven van deze paragraaf komt het begrip *impuls* aan de orde.

De impuls hoort niet bij de stof van het eindexamen, maar hij komt wel voor in de formule van De Broglie (zie p. 238).

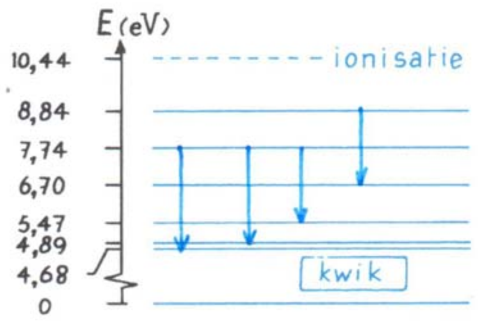
In veel gevallen is de impuls p belangrijker dan de energie kinetische E_{kin} , bijvoorbeeld bij botsingen.

Voor p geldt $p = mv$ (per definitie, massa maal snelheid) en bij elke botsing is de totale impuls behouden, dus:

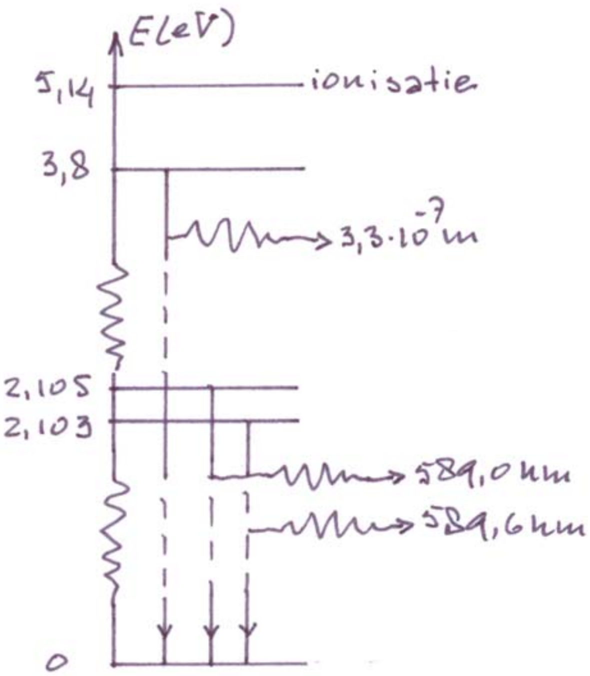
$\Sigma\, mv_{\text{vóór}} = \Sigma\, mv_{\text{ná}}$

Zo'n behoudswet geldt praktisch nooit voor de kinetische energie, eigenlijk alleen voor atomaire deeltjes en bij benadering voor biljartballen.

Newton schreef zijn tweede wet dan ook als $F{\cdot}\Delta t = \Delta(mv)$.

11	***a***	$\Delta E_{5\to 3} = \frac{-13{,}6}{5^2} - \frac{-13{,}6}{3^2} = 0{,}967$ eV	0,967 eV
	b¹	$E \text{ (in eV)} = \frac{h\cdot c}{e\cdot\lambda} \;\Rightarrow\; \lambda = 1284$ nm	1284 nm
	b²	In tabel21 vind je 1280 nm. (een afrondingsverschil van 0,3%)	–
12	***a***	Bij a komt straling vrij.	–
	b	Bij b wordt energie aan het atoom toegvoerd. Dat kan het gevolg zijn van een botsing.	–
	c	Het aantal emissielijnen kan 5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 15 zijn.	15
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 $\to$ 4,68) 436 nm $\Rightarrow$ 2,85 eV (7,74 $\to$ 4,89) 546 nm $\Rightarrow$ 2,27 eV (7,74 $\to$ 5,47) 579 nm $\Rightarrow$ 2,15 eV (8,84 $\to$ 6,70) 	–
14	***a***	Tabel 22. E = 5,14 eV	5,14 eV
	b	$E \text{ (in eV)} = \frac{h\cdot c}{e\cdot\lambda} \;\Rightarrow$ 2,105 eV en 2,103 eV	2,105 eV 2,103 eV
	c	Met die energie is het Na-atoom aangeslagen.	–
	d¹	$E \text{ (in eV)} = \frac{h\cdot c}{e\cdot\lambda} \;\Rightarrow\; \lambda = 3{,}3\cdot 10^{-7}$ m	$3{,}3\cdot 10^{-7}$ m
	d²	Dit is UV, dus niet zichtbaar.	–

e



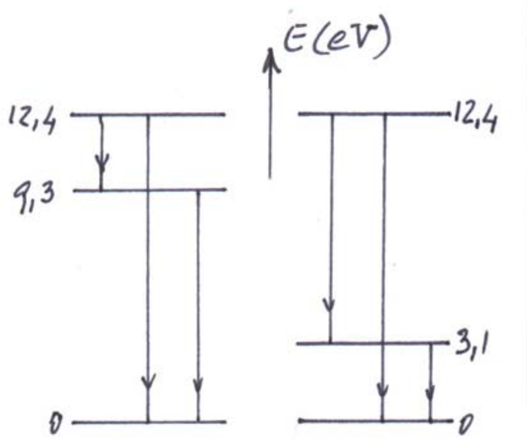
–

15 *a*

$E\text{ (in eV)} = \dfrac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow$ 3,1 eV 9,3 eV en 12,4 eV

3,1 eV
9,3 eV
12,4 eV

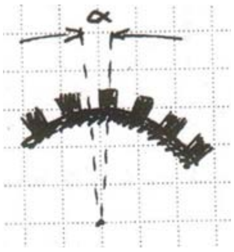
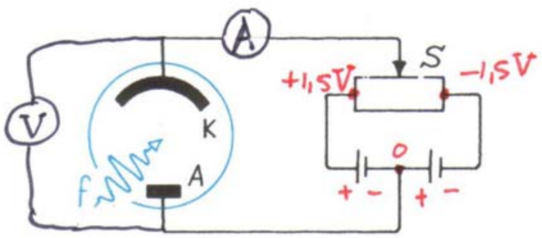
b

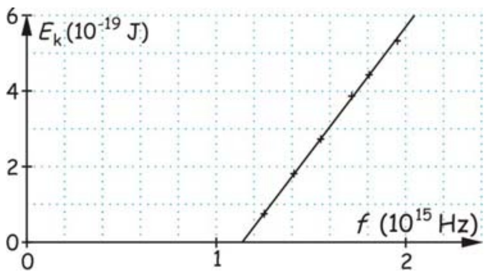


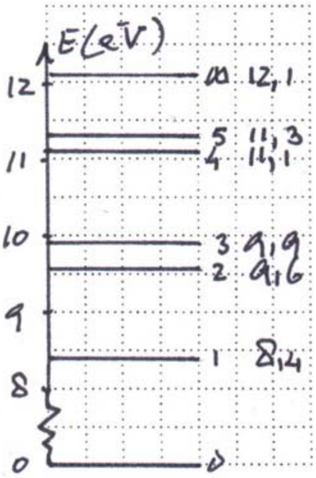
–

	c	Als het onderste niveau het grondniveau is, zou 12,4 eV de ionisatie-energie kunnen zijn. Er zijn te weinig gegevens om die conlusie te kunnen trekken.	–
16	*a*	5 km/h = 1,4 m/s en stel m = 60 kg $\Rightarrow p$ = 83 kg·m/s $\Rightarrow \lambda_b = 8 \cdot 10^{-36}$ m	10^{-35} m
	b	120 km/h = 33 m/s en stel m = 1000 kg $\Rightarrow \lambda_b = 2 \cdot 10^{-38}$ m	10^{-38} m
	c	Stel 20 druppels in 1 cm^3 $\Rightarrow m \approx 510^{-5}$ kg en stel $v \approx 1$ m/s $\Rightarrow \lambda_b = 1 \cdot 10^{-29}$ m	10^{-29} m
	d	$m = 32 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27} = 5{,}3 \cdot 10^{-26}$ kg $\Rightarrow \lambda_b = 1 \cdot 10^{-8}$ m	10^{-8} m
	e	$m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg en $v = 3.10^{8}$ m/s $\Rightarrow \lambda_b = 1 \cdot 10^{-15}$ m	10^{-15} m
	f	Bereken eerst v met $\frac{1}{2}mv^2 = e \cdot 100$ en $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg $\Rightarrow v = 5{,}9 \cdot 10^{6}$ m/s $\Rightarrow$ $\lambda_b = 1 \cdot 10^{-12}$ m	10^{-12} m

Opgaven hoofdstuk 10

17	***a***	Tabel 18. $n_R < n_B \Rightarrow c_R > c_B$ In vacuüm zijn de snelheden van alle kleuren gelijk.	–
	b [1]	$f = \dfrac{c}{\lambda} = \dfrac{3{,}00 \cdot 10^{8}}{434 \cdot 10^{-9}} = 6{,}91 \cdot 10^{14}$ Hz	$6{,}91 \cdot 10^{14}$ Hz
	b [2]	$\lambda_w = \dfrac{434 \cdot 10^{-9}}{1{,}341} = 324$ nm f_w is gelijk aan f in vacuum.	324 nm $6{,}91 \cdot 10^{14}$ Hz
18	***a***	 Er zijn 720 tanden en 720 openingen $\Rightarrow \alpha = \dfrac{360°}{1440} = 0{,}25°$ f 12,6 Hz $\Rightarrow T = 7{,}94.. \cdot 10^{-2}$ s $\alpha \triangleq t$ en $360° \triangleq T \Rightarrow t = \dfrac{0{,}25}{360} \cdot 7{,}94.. \cdot 10^{-2} = 5{,}51 \cdot 10^{-5}$ s In deze tijd heeft het licht 2×8,633 km = $1{,}7266 \cdot 10^{4}$ m afgelegd $\Rightarrow c = 3{,}13 \cdot 10^{8}$ m/s	$3{,}13 \cdot 10^{8}$ m/s
	b	Als het wiel 3×, 5×, 7×, ... zo snel draait, wordt het licht weer geblokkeerd.	3×, 5×, ...
	c	Roodverschuiving $\Rightarrow \lambda$ groter, dus f lager , dus de ster gaat van ons af.	–
19	***a***	E (in J) $= \dfrac{h \cdot c}{\lambda} \Rightarrow E = 3{,}14 \cdot 10^{-19}$ J	-
	b	aantal per s $= \dfrac{1 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 10^{-19}} = 3{,}2 \cdot 10^{15}$	$3{,}2 \cdot 10^{15}$
20	***a***	Uit de gegevens volgt: λ_p = 2,0 cm dus het blokje is 1,5λ lang. In het paraffine loopt de helft van de golf dus een faseachterstand van ½ op. Daardoor doven de twee helften elkaar uit.	–
	b	Bij manier 1 worden beide helften vertraagd en is het nettoresultaat nul. Bij manier 2 treedt er bij de halve bundel een faseachterstand 1 op, dus dan krijg je ook geen uitdoving.	–
21	***a***	Violet en rood worden geabsorbeerd.	–
	b	Groen wordt niet geabsorbeerd en dus ziet chlorofyl er groen uit.	–
22	***a***	Stel dat je cellen van 1,5 V gebruikt.  	–
	b	Het midden tussen de cellen staat op 0 V en het schuifcontact S ook. $\Rightarrow U_{AK}$ = 0 V.	–

	c	Afremmen doe je door A negatief te maken, dus K positief. Daarvoor moet je met S naar links.	–
	d	Als de remspanning bereikt is, staat de ampèremeter op nul.	–
23	*a*	$E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow \Delta E = 1{,}89$ eV Tabel 21: $\Delta E = 12{,}0888 - 10{,}2002 = 1{,}8886$ eV Het klopt dus.	–
	b	Violet heeft de kleinste golflengte en de grootste frequentie. De spectraalplaten van *Flame Tests* zijn dus net andersom georiënteerd als die in tabel 20 van *Binas*.	–
	c	Zie tabel 21. Niveau 2 moet wel en niveau 3 mag niet gehaald worden $\Rightarrow$ $10{,}2002 \le E_k \le 12{,}0888$ eV	10,2002 eV en 12,0888 eV
24	*a*	$E_k = h \cdot f - h \cdot f_g$ vergelijk dit met y = a·(x− b) *h* is dus de helling (rc) van de lijn en f_g is de translatie naar rechts.	–
	b	$\text{afw} = \frac{6{,}626 - 6{,}56}{6{,}626} \cdot 100 = 1\%$	–
	c	De helling is in dit soort grafieken gelijk aan *h*.	–
	d	$W_u = h \cdot f_g$ f_{g2} is het grootst dus is $W_{u,2} > W_{u,1}$	–
	e	$f_{g,Ag} = 1{,}14 \cdot 10^{15}$ Hz  	–
25	*a*	$W_u = 1{,}94$ eV	1,94 eV
	b	$E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow E_f = 6{,}71 \text{ eV} = 1{,}07 \cdot 10^{-18}$ J	6,71 eV $1{,}07 \cdot 10^{-18}$ J
	c	$E_k = 6{,}71 - 1{,}94 = 4{,}77 \text{ eV} = 7{,}63 \cdot 10^{-19}$ J	4,77 eV $7{,}63 \cdot 10^{-19}$ J
	d	$\frac{1}{2} \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot v^2 = 7{,}63 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow v = 1{,}30 \cdot 10^6$ m/s	$1{,}30 \cdot 10^6$ m/s
26	*a*	4,70 eV	4,70 eV
	b	$E_f = 4{,}70 + 5{,}0 = 9{,}7$ eV	9,7 eV
	c	$E \text{ (in eV)} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow \lambda = 128$ nm	128 nm
27	*a*	Tabel 19A. 560 nm − geelgroen 400 nm − violet	–
	b	$E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \Rightarrow$ E en λ zijn omgekeerd evenredig $\Rightarrow E_1 : E_2 = 400 : 560$	–
	c	λ_g van ijzer is 268 nm	–
	d	Van de fotonen van 560 nm heb je er meer nodig omdat ze minder energie bevatten. $n_1 : n_2 = 560 : 400$	–
28	*a*	$\Delta E = mg \cdot \Delta h = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot (6{,}3 - 1{,}2) \cdot 10^{-2} = 2{,}5 \cdot 10^{-2}$ J	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$ J
	b	Bij een stabiele toesand ligt de doos op een van zijn zijvlakken. Z bevindt zich in het midden $\Rightarrow$ de afmetingen zijn 2,4 cm × 6,4 cm × 10,6 cm	2,4 cm 6,4 cm 10,6 cm

29	*a*	$E\text{ (in eV)} = \dfrac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow E = 4{,}89\text{ eV} > 4{,}65\text{ eV}$	–
	b	$E_{3\to2} = 2{,}15 - 0{,}11 = 2{,}04\text{ eV} \Rightarrow \lambda = 609\text{ nm}$ oranjerood $E_{3\to1} = 2{,}15 - 0{,}05 = 2{,}10\text{ eV} \Rightarrow \lambda = 591\text{ nm}$ oranje	–
30	*a*		–
	b	$\Delta E = 11{,}3 - 9{,}6 = 1{,}7\text{ eV}$ en $E\text{ (in eV)} = \dfrac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow \lambda = 7{,}3 \cdot 10^{-7}\text{ m}$	$7{,}3 \cdot 10^{-7}$ m
	c	147 nm $\Rightarrow$ 8,4 eV $\Rightarrow$ van 8,4 eV naar de grondtoestand 460 nm $\Rightarrow$ 2,7 eV $\Rightarrow$ van 11,1 eV naar 8,4 eV	$1 \to 0$ $4 \to 1$
	d	De kleinste golflengte hoort bij de grootste sprong: van ionisatietoestand naar de grondtoestand $\Delta E = 12{,}1\text{ eV} \Rightarrow 103\text{ nm}$	103 nm
	e	$E_f = E_k + 12{,}1\ \text{(eV)}$ $E_k = \tfrac{1}{2} \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot (1{,}2 \cdot 10^6)^2 = 6{,}55 \cdot 10^{-19}\text{ J} = 4{,}1\text{ eV} \Rightarrow E_f = 16{,}2\text{ eV}$ $E\text{ (in eV)} = \dfrac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow \lambda = 77\text{ nm}$	77 nm
31	*a*	$5{,}29177 \cdot 10^{-11}$ m	$5{,}29 \cdot 10^{-11}$ m
	b	$2\pi r_n = \dfrac{nh}{mv} \Rightarrow v = \dfrac{h}{2\pi m r_1}$ invullen geeft $v = 2{,}2 \cdot 10^6$ m/s	$2{,}2 \cdot 10^6$ m/s
	c	$v = 2\pi r f \Rightarrow f = 6{,}6 \cdot 1^{15}$ Hz De lading $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C passeert dus $6{,}6 \cdot 10^{15}$ keer een punt op de omtrek van de baan $\Rightarrow I = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t} = \Delta Q \cdot f \Rightarrow I = 1{,}1 \cdot 10^{-3}$ A	1 mA
32	*a*	$2{,}0 \cdot 10^{-9}\text{ m} = 3 \times \tfrac{1}{2}\lambda \Rightarrow \lambda = 1{,}3 \cdot 10^{-9}$ m	1,3 nm
	b	$p = \dfrac{6{,}626 \cdot 10^{-34}}{1{,}3..10^{-9}} = 4{,}97 \cdot 10^{-25}$ kg·m/s $E_k = \tfrac{1}{2} m v^2 = \dfrac{p^2}{2m} = \dfrac{\left(4{,}97 \cdot 10^{-25}\right)^2}{2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}} = 1{,}36 \cdot 10^{-19}\text{ J} = 0{,}85\text{ eV}$	$5{,}0 \cdot 10^{-25}$ kgm/s $1{,}36 \cdot 10^{-19}$ J
	c	3,0 km/h = 0,83 m/s $\lambda_b = \dfrac{6{,}626 \cdot 10^{-34}}{70 \cdot 0{,}83} = 1 \cdot 10^{-35}$ m	$1 \cdot 10^{-35}$ m
	d	Als je bij die wandeling in de grondtoestand zou zijn, zou die 2,5 m gelijk zijn aan $\tfrac{1}{2}\lambda_b$. $h = \lambda_b \cdot p = 5{,}0 \cdot 70 \cdot 0{,}83 = 3 \cdot 10^2$ Js	$3 \cdot 10^2$ Js

33 **-**

α_4 = 26° $\sin\alpha_4 = \dfrac{4 \cdot \lambda}{d}$ $\Rightarrow$ 658 nm

3→2

Dat is de overgang van n = 3 naar n = 2.

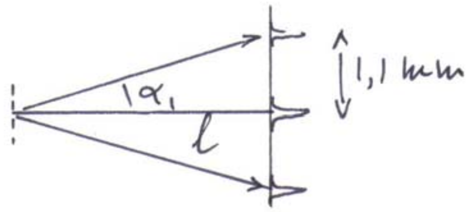
Toets

1 Een tralie

a¹ Zie tabel 19A: groen. –

a² Zie tabel 24: λ_g = 504 nm < 550 nm Het kan dus niet. –

b



0,80 m

$1 \cdot \lambda = d \cdot \sin\alpha_1 \Rightarrow 550 \cdot 10^{-9} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot \sin\alpha_1 \Rightarrow \sin\alpha_1 = 1{,}375 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \tan\alpha_1 = 1{,}375 \cdot 10^{-3}$

$\tan\alpha_1 = 1{,}2375 \cdot 10^{-3} = \dfrac{1{,}1 \cdot 10^{-3}}{\ell} \Rightarrow \ell = 0{,}80 \text{ m}$

c

$\lambda_b = \dfrac{6{,}626 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 1{,}4 \cdot 10^{6}} = 0{,}52 \text{ nm}$ –

Deze λ is 1000 keer kleiner, dus is $\sin\alpha_1$ ook 1000 keer kleiner. De afstand op het scherm wordt dan 0,001 mm. Het patroon is dus niet zichtbaar.

2 Atoom X

a Je kunt vanuit ieder niveau naar de lager gelegen niveaus.
Het aantal zou dus 4 + 3 + 2 + 1 = 10 kunnen zijn. 10

b¹ $\Delta E = -5{,}7 - (-14{,}3) = 8{,}6$ eV

$E \text{ (in eV)} = \dfrac{h \cdot c}{e \cdot \lambda} \Rightarrow \lambda = 144 \text{ nm}$ 144 nm

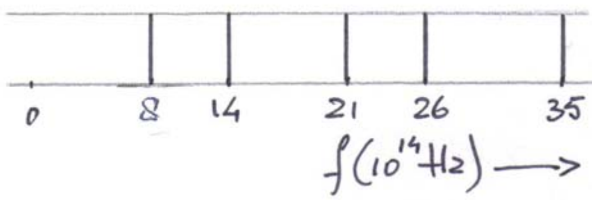
b² Dat is UV. –

c

$E \text{ (in eV)} = \dfrac{h \cdot f}{e} \Rightarrow f = \dfrac{e \cdot E}{h}$

De fotonenergieën en de frequenties zijn:

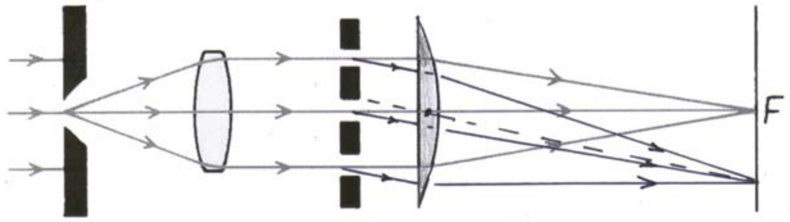
3,4 eV $\Rightarrow$ $f = 8{,}2 \cdot 10^{14}$ Hz
5,7 eV $\Rightarrow$ $f = 13{,}8 \cdot 10^{14}$ Hz
8,6 eV $\Rightarrow$ $f = 20{,}8 \cdot 10^{14}$ Hz
10,9 eV $\Rightarrow$ $f = 26{,}3 \cdot 10^{14}$ Hz
14,3 eV $\Rightarrow$ $f = 34{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz –



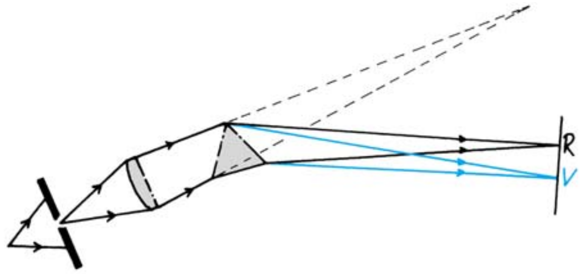
3 **Nogmaals atoom X**

a¹ Je hebt een tralie met een lens nodig of een prisma met een lens. –

a²



Hierboven is voor één kleur aangegeven hoe de opstelling werkt. –



a³ De atomen X absorberen sommige golflengten en zenden die even later weer uit. Het uitgezonden licht gaat niet alleen naar het tralie of het prisma en daardoor lijken die lijnen relatief donker. –

b $2{,}0 \cdot 10^{-18}$ J = 12,5 eV

E = −14,3 + 12,5 = −1,8 eV Dat ligt tussen de niveaus 2 en 3 in. –

c Voor ionisatie is 14,3 eV nodig.

14,3 eV = $2{,}29 \cdot 10^{-18}$ J = $\frac{1}{2}mv^2$ $\Rightarrow$ v = $2{,}2 \cdot 10^6$ m/s — $2{,}2 \cdot 10^6$ m/s