

Opgave 1

Grensgolflengten en de uittree-energieën (Binas):

- | | | | |
|---|-----------|--|----------------------------------|
| a | zilver | $\lambda_{\text{grens}} = \mathbf{264}$ nm | uittree-energie = 4,70 eV |
| b | ijzer | $\lambda_{\text{grens}} = \mathbf{268}$ nm | uittree-energie = 4,63 eV |
| c | magnesium | $\lambda_{\text{grens}} = \mathbf{335}$ nm | uittree-energie = 3,70 eV |
-

Opgave 2

- a Nikkel heeft met **4,91 eV** de hoogste uittree-energie. En dan ook een lage grenswaarde voor de golflengte: 253 nm. Om elektronen vrij te maken moet het invallende licht dus een golflengte hebben kleiner dan 254 nm.
- b De laagste energie: cesium met **1,94 eV**. De grensgolflengte is 639 nm. Je kunt uit cesium zelfs elektronen vrij maken met licht van 639 nm (oranjerood).
-

Opgave 3

Gegeven: foton, $\lambda = 589$ nm.

Gevraagd: (eV, J)

Oplossing: $E_{\text{foton}} = h \cdot f$ en $f = c / \lambda$ of gecombineerd: $E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

$$f = c / \lambda \rightarrow f = 2,998 \cdot 10^8 / 5,89 \cdot 10^{-7} = 5,090 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E_{\text{foton}} = h \cdot f \rightarrow E_{\text{foton}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 5,090 \cdot 10^{14} = \mathbf{3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \rightarrow 3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J} / 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \mathbf{2,11 \text{ eV}}$$

Opgave 4

Gegeven: foton, $E_{\text{foton}} = 2,0$ eV

Gevraagd: λ

Oplossing: $E_{\text{foton}} = h \cdot f$ en $f = c / \lambda$ (of $E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ (J))

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \rightarrow 2,0 \text{ eV} = 2,0 \times 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \text{ (J)} \rightarrow 3,2 \cdot 10^{-19} = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / \lambda \rightarrow$$

$$\lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 3,2 \cdot 10^{-19} = \mathbf{6,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

Opgave 5

Gegeven: Na-lamp, $\lambda = 589 \text{ nm}$, $P = 5,0 \text{ Watt}$

Gevraagd: Aantal fotonen per seconde.

Oplossing: $E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \text{ (J)}$

$E_{\text{lamp}} = P \cdot t$, aantal fotonen is dan: $E_{\text{lamp}} / E_{\text{foton}}$

$$E_{\text{lamp}} = P \cdot t \rightarrow E_{\text{lamp}} = 5,0 \times 1,0 = 5,0 \text{ J}$$

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 5,89 \cdot 10^{-7} = 3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{aantal fotonen} : E_{\text{lamp}} / E_{\text{foton}} \rightarrow 5,0 / 3,37 \cdot 10^{-19} = \mathbf{1,5 \cdot 10^{19} \text{ fotonen/s}}$$

Opgave 6

Gegeven: Zender, $f = 1,0 \text{ MHz}$, $P = 450 \text{ Watt}$

Gevraagd: Aantal fotonen per seconde.

Oplossing: Elektromagnetische golf dus: $E_{\text{foton}} = h \cdot f$

Verder: $E = P \cdot t$

Gedurende 1 s is de uitgestraalde energie: 450 J

Fotonenergie:

$$E_{\text{foton}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 1,0 \cdot 10^6 = 6,63 \cdot 10^{-28} \text{ J}$$

$$\text{aantal fotonen per seconde} : E_{\text{zender}} / E_{\text{foton}} \rightarrow 450 / 6,63 \cdot 10^{-28} = \mathbf{6,8 \cdot 10^{29} \text{ fotonen/s}}$$

Opgave 7

a Fotonenergie om foto-elektronen vrij te maken uit zilver:

$$\text{Uittree-energie} = \mathbf{4,70 \text{ eV.}}$$

b Foton van 200 nm wordt geabsorbeerd door een vrij elektron in zilver. $E_{\text{kin,elektron}}$?

$$E_{\text{foton}} = E_{\text{uittree}} + E_{\text{kin}} \rightarrow E_{\text{kin}} = E_{\text{foton}} - E_{\text{uittree}}$$

$$E_{\text{uittree}} = 4,70 \text{ eV} \rightarrow 4,70 \text{ eV} \times 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 7,53 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 2,00 \cdot 10^{-7} = 9,93 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{kin}} = 9,93 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 7,53 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \mathbf{2,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \rightarrow \mathbf{1,5 \text{ eV}}$$

c Als je de anode negatief maakt ten opzichte van de kathode dan wordt het elektron

afgeremd. Welke potentiaal (remspanning) is dan nodig om het elektron uit vraag b volledig af te remmen?

Dan moet je 1,5 eV energie leveren want $E_{\text{kin}} = 1,5 \text{ eV}$

$$U_{\text{rem}} = 1,5 \text{ eV} / 1 \text{ e} = 1,5 \text{ V}$$

De formeel nette manier: $\Delta E_{\text{kin}} = -1,5 \text{ eV}$

$$W_{\text{elektrische veldkracht}} = -q \cdot \Delta U$$

$$-1,5 \text{ eV} = -(-e \cdot \Delta U) \rightarrow \Delta U = -1,5 \text{ V}$$

d Laat zien dat geldt: $e \cdot U_{\text{rem}} = h \cdot f - E_{\text{uittree}}$,

$$\text{Gegeven: } E_{\text{foton}} = E_{\text{uittree}} + E_{\text{kin}} \quad (7.1)$$

$$E_{\text{kin}} = e \cdot \Delta U \text{ waarin } \Delta U \text{ de remspanning: } e \cdot U_{\text{rem}}$$

$$E_{\text{foton}} = h \cdot f$$

Substitutie in 7.1:

$$h \cdot f = E_{\text{uittree}} + e \cdot U_{\text{rem}} \rightarrow e \cdot U_{\text{rem}} = h \cdot f - E_{\text{uittree}}$$

Opgave 8

Gegeven: Gemeten remspanning bij verschillende ingestraalde golflengten.

Uit de formule van opgave 7 volgt:

$$U_{\text{rem}} = \frac{h \cdot f}{e} - \frac{E_{\text{uittree}}}{e}$$

Als U_{rem} op de Y-as staat en f op de X-as dan is de richtingscoëfficiënt: h / e .

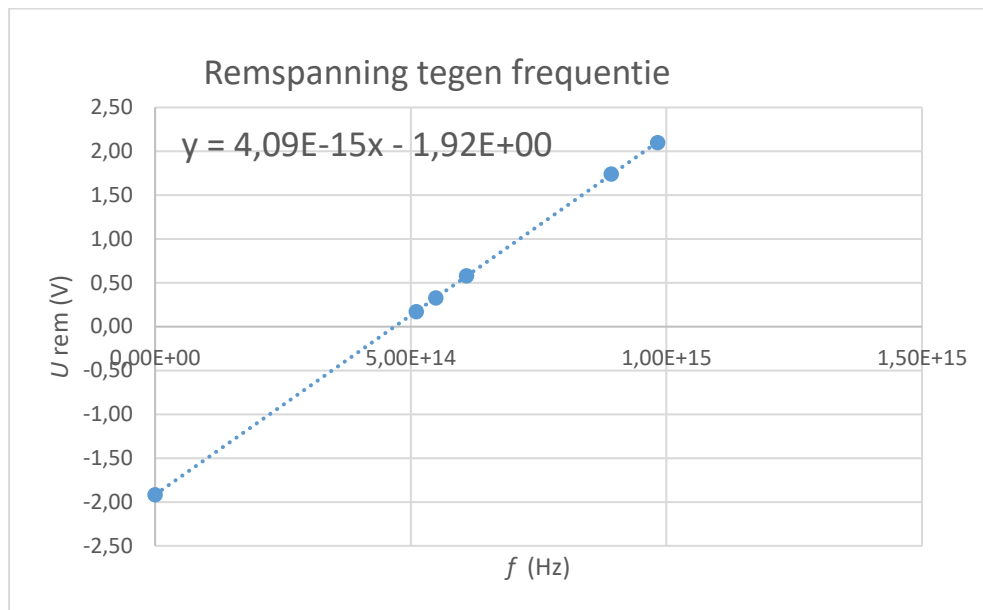
$$f = c / \lambda$$

Bij $Y = 0$ vinden we: E_{uittree} / e

Gevraagd: a) f en grafiek b) h c) E_{uittree} d) welk metaal?

Oplossing:

a	λ (nm)	U_{rem} (V)	f (10^{14} Hz)
	587	0,17	5,11
	546	0,33	5,49
	492	0,58	6,09
	336	1,74	8,92
	305	2,10	9,83



b De richtingcoëfficiënt is: $4,09 \cdot 10^{-13} \text{ V} \cdot \text{s}$

$$\Delta U / \Delta f = h / e = 4,09 \cdot 10^{-15} \text{ V} \cdot \text{s}$$

$$h = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \times 4,09 \cdot 10^{-15} \text{ V} \cdot \text{s} = \mathbf{6,55 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}$$

c $E_{\text{uittree}} / e = -1,92 \text{ V} \rightarrow E_{\text{uittree}} = \mathbf{1,92 \text{ eV}}$

$$E_{\text{uittree}} = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \times -1,92 \text{ V} = \mathbf{3,08 \text{ J}}$$

d Lijkt het meest op **Cs** met $E_{\text{uittree}} = 1,94 \text{ eV}$ (Binas)

Opgave 9

Gegeven: Cu, $E_{\text{uittree}} = 4,48 \text{ eV}$ en grensgolflengte: 277 nm (Binas)

Gevraagd: Kan zichtbaar licht elektronen vrijmaken uit Cu?

Oplossing:

Zichtbaar licht omvat golflengten van 400 nm tot 750 nm.

De grensgolflengte van koper is 277 nm. Dat betekent dat alleen straling met golflengten *kleiner* dan 277 nm elektronen kan vrij maken.

Met zichtbaar licht zal dat dus niet lukken.

Opgave 10

Gegeven: Fe, $\lambda = 100 \text{ nm}$. $E_{\text{uittree}} = 4,63 \text{ eV}$ en grensgolflengte: 268 nm (Binas)

Gevraagd: v (elektron)

Oplossing:

$$E_{\text{foton}} = E_{\text{uittree}} + E_{\text{kin}}$$

We kunnen E_{foton} berekenen, E_{uittree} is bekend en van E_{kin} is de snelheid, de onbekende die we zoeken.

$$E_{\text{kin}} = 0,5 \cdot m_e \cdot v^2$$

$$E_{\text{foton}} = h \cdot f$$

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$f = c / \lambda \rightarrow f = 2,998 \cdot 10^8 / 1,00 \cdot 10^{-7} = 2,998 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$E_{\text{foton}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^{15} = 1,986 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$E_{\text{uittree}} = 4,63 \times 1,602 \cdot 10^{-19} = 7,417 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{kin}} = 0,5 \times 9,109 \cdot 10^{-31} \times v^2$$

$$E_{\text{foton}} = E_{\text{uittree}} + E_{\text{kin}}$$

$$1,986 \cdot 10^{-18} = 7,417 \cdot 10^{-19} + 0,5 \times 9,109 \cdot 10^{-31} \times v^2 \rightarrow v = 1,65 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

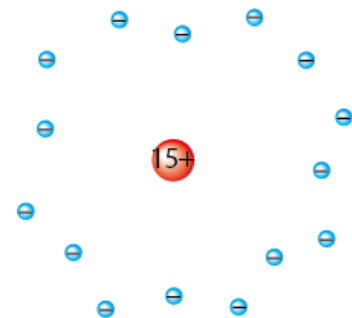
Opgave 11

- a Een H-atoom heeft 1 elektron.
- b Een H-atoom heeft 1 proton.

Opgave 12

Rutherford zei dat de elektronen in banen rond de kern zaten.

Het fosforatoom heeft een atoomnummer van 15. Dus 15 protonen en de kern en 15 elektronen er omheen. Bohr zou deze 15 elektronen verdelen over de schillen K, L en M. Rutherford eerste idee was zover nog niet.



Opgave 13

- a Chloor heeft atoomnummer 17. Dus 17 protonen in de kern: **17+**.
- b Zuurstof heeft atoomnummer 8. Dus ook 8 elektronen in een neutraal ion. In het 2^- ion dan twee elektronen extra dus de totale elektronenlading in O^{2-} is: $16 - + (2 -) = 18 -$.
- c De totale lading van het hele ion is dan natuurlijk: $18 - + (16 +) = 2 -$.

Opgave 14

Kwikatoom, $\lambda = 436 \text{ nm}$

$E_{\text{foton}}?$

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow E_{\text{foton}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8}{4,36 \cdot 10^{-7}} = \mathbf{4,56 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

Delen door $1,602 \cdot 10^{-19} = 2,84 \text{ eV}$

Opgave 15

Gegeven: E gaat van $-1,51 \text{ eV}$ naar $-3,40 \text{ eV}$.

Gevraagd: Fotongolflengte

Oplossing:

De energieverandering: $-1,51 \text{ eV} - (-3,40 \text{ eV}) = 1,89 \text{ eV}$.

Dit is: $1,89 \text{ eV} \times 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = \mathbf{3,03 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow \lambda = h \cdot c / E \rightarrow$$

$$\lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / \mathbf{3,03 \cdot 10^{-19}} = \mathbf{6,56 \cdot 10^{-7} \text{ m}} \quad (656 \text{ nm})$$

Opgave 16

Gegeven: H-atoom. Elektron gaat van 2^{e} naar 4^{e} aangeslagen toestand.

Gevraagd: Fotongolflengte

Oplossing:

We gebruiken de gegevens uit de afbeelding *energieschema waterstofatoom*.

2^{e} niveau: $-1,51 \text{ eV}$

4^{e} niveau: $-0,54 \text{ eV}$

Energie-opname: $-0,54 - (-1,51) = 0,97 \text{ eV}$.

Dat is dan ook de fotonenergie. In joule: $0,97 \text{ eV} \times 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = \mathbf{1,55 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow \lambda = h \cdot c / E \rightarrow \lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / \mathbf{1,55 \cdot 10^{-19}} = \mathbf{1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

Opgave 17

Gegeven: H-atoom. Elektron gaat van 4^{e} naar 3^{e} aangeslagen toestand.

Gevraagd: Fotogolflengte

Oplossing:

We gebruiken de gegevens uit de afbeelding *energieschema waterstofatoom*.

3^e niveau: -0,85 eV

4^e niveau: -0,54 eV

Energieverlies: $-0,85 - (-0,54) = -0,31$ eV.

Dat is dan ook de fotonenergie. In joule: $0,31 \text{ eV} \times 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 4,97 \cdot 10^{-20} \text{ J}$

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow \lambda = h \cdot c / E \rightarrow \lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 4,97 \cdot 10^{-20} = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Opgave 18

Gegeven: Zichtbaar licht van 400 nm tot 800 nm.

Gevraagd: Energiegrenzen

Oplossing:

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 4,00 \cdot 10^{-7} = 4,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

→ Delen door $1,602 \cdot 10^{-19} = 3,10 \text{ eV}$

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 8,00 \cdot 10^{-7} = 2,48 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

→ Delen door $1,602 \cdot 10^{-19} = 1,55 \text{ eV}$

De energieën verhouden zich omgekeerd evenredig aan de golflengten:

400 : 800 en: 3,10 : 1,55

Opgave 19

Gegeven: Energieschema He⁺

Gevraagd: a) E nodig om elektron los te maken. b) λ 's mogelijk in zichtbaar gebied.

Oplossing:

a Overgebleven elektron (He heeft er maar twee) zit in de grondtoestand. Er is dan volgens het schema **54,4 eV** nodig om een He²⁺-ion te maken.

b In vraag 18 hebben we berekend welke energiegrenzen gelden voor zichtbaar licht: 1,55 eV - 3,10 eV.

Energieovergangen die hierbinnen vallen, zijn:

$$3 \rightarrow 2 \quad -3,4 - (-6,1) = 2,7 \text{ eV} \quad \text{dit is: } 2,7 \times 1,602 \cdot 10^{-19} = 4,33 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$5 \rightarrow 3 \quad -1,5 - (-3,4) = 1,9 \text{ eV} \quad \text{dit is: } 1,9 \times 1,602 \cdot 10^{-19} = 3,04 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Bijbehorende golflengten:

$$\lambda = h \cdot c / E \rightarrow \lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 4,33 \cdot 10^{-19} = \mathbf{4,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

$$\lambda = h \cdot c / E \rightarrow \lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 3,04 \cdot 10^{-19} = \mathbf{5,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

Opgave 20

Gegeven: Energieschema H_g-atoom, lijnen: 405, nm, 436 nm, 546 nm, 579 nm.

Gevraagd: a) fotonenergieën (eV) b) welke overgangen?

Oplossing:

a $E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \text{ J}, \quad 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Dus bijvoorbeeld: 405 nm $\rightarrow 4,05 \cdot 10^{-7} \text{ m} \rightarrow$

$$E_{\text{foton}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 4,05 \cdot 10^{-7} = 4,90 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Omrekenen naar eV: $4,905 \cdot 10^{-19} / 1,602 \cdot 10^{-19} = \mathbf{3,06 \text{ eV}}$

Zo vinden we:

436 nm	\rightarrow	2,84 eV
492 nm	\rightarrow	2,52 eV
546 nm	\rightarrow	2,27 eV
579 nm	\rightarrow	2,14 eV

b De overgangen in het energieschema die met deze energiewaarden corresponderen, zijn:

3,06 eV	overgang: 6 \rightarrow 1
2,84 eV	overgang: 6 \rightarrow 2
2,52 eV	overgang: 8 \rightarrow 4
2,27 eV	overgang: 6 \rightarrow 3
2,14 eV	overgang: 7 \rightarrow 4

Opgave 21

a Uittree-energie Al: **4,20 eV** (Binas)

b Ionisatie-energie Al: **5,99 eV** (Binas)

c De energieniveaus in een vrij atoom zijn niet hetzelfde als die in de vaste stof. In het vaste metaal aluminium hebben de elektronen energieniveaus die horen bij het kristal van ionen waarin de elektronen rondgaan. Blijkbaar is er dan minder energie nodig om een elektron vrij te maken dan uit een vrij atoom.

Opgave 22

Een orbitaal kan maximal twee elektronen bevatten. Één spin up en één spin down.

Opgave 23

Een d-orbitaal heeft als nevenkwantumgetal (l) de waarde 2.

Want $l = 0 \rightarrow$ s-orbitaal, $l = 1 \rightarrow$ p-orbitaal, $l = 2 \rightarrow$ d-orbitaal.

Voor het magnetisch kwantumgetal m zijn er dan de mogelijkheden: -2, -1, 0, 1, 2.

Er zijn dan dus **5** orbitalen mogelijk.

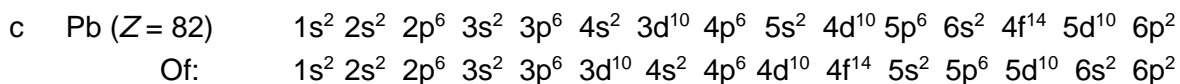
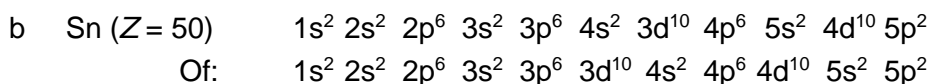
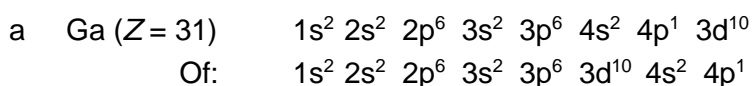
Opgave 24

Het verschil tussen een 3s-orbitaal en een 2s-orbitaal is de afstand tot de kern. En daarmee het energieniveau. De 3s-orbitaal staat verder van de kern, is groter en heeft een grotere potentiële energie ten opzichte van de kern.

Opgave 25

Elektronenconfiguratie van de atomen: Ga, Sn en Pb.

Gebruik hierbij het opvulschema en let op de aantallen per orbitaal



Opgave 26

Elektronenconfiguratie zuurstofatoom.



b De kwantumgetallen van deze 8 elektronen.

n	l	m	s
1	0	0	$-\frac{1}{2}$

1	0	0	+½
2	0	0	-½
2	0	0	+½
2	1	-1	-½
2	1	0	-½
2	1	1	-½
2	1	-1	+½

Eerst worden de niveaus opgevuld met ongepaarde elektronen.

Voor de 'spin' geldt dan: -½ of +½

Voor $m = -1$ hebben we gekozen voor een elektronenpaar met spin -½ en +½.

Voor $m = 0$ en 1 is er op elk niveau maar één elektron en hebben we gekozen voor spin -½

Opgave 27

Hoeveel elektronen maximaal?

a In de 3p-orbitaal.

Voor de p-orbitaal geldt: $l = 1$. En dus: $m = -1, 0, +1$.

Er zijn dan drie ruimtelijke vormen van de p-orbitaal. In elk geval kunnen hier 2 elektronen in: spin up en spin down. Totaal: **6** elektronen.

b In de 3d-orbitaal.

Voor de d-orbitaal geldt: $l = 2$. En dus: $m = -2, -1, 0, +1, +2$.

Er zijn dan vijf ruimtelijke vormen van de d-orbitaal. In elk geval kunnen hier 2 elektronen in: spin up en spin down. Totaal: **10** elektronen.

Opgave 28

Gegeven: Elektron met: $n = 3, l = 2, m = -1$ en $s = -½$.

Gevraagd: Orbitaal (subschil).

Oplossing:

$n = 3$ geeft de hoofdschil aan, niet de subschil.

$l = 2$ geeft wel de subschil aan en $l = 2$ hoort bij de **d-orbitaal**.

$s = -½$ geeft de elektronenspin, niet de orbitaal waar hij in zit.

Opgave 29

Gegeven: Ag atoom

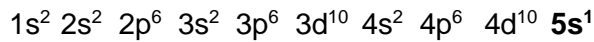
Gevraagd: Kwantumgetallen voor het valentie-elektron.

Oplossing:

Atoomnummer: 47

In het periodiek systeem zie je Ag: 18.1

Dit betekent dat er 1 elektron in de buitenste schil zit. Schrijven de elektronen configuratie uit dan vinden we:



Voor het valentie-elektron in de 5s-orbitaal kunnen we dan noteren:

$$n = 5, l = 0, m = 0, s = \pm\frac{1}{2}.$$

Opgave 30

Gegeven: Atomaire emissie Na. $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$.

Gevraagd: a) E_{foton} b) ΔE_{foton}

Oplossing:

a

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{foton},1} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8}{589,0 \cdot 10^{-9}} = 3,373 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{foton},2} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8}{589,6 \cdot 10^{-9}} = 3,369 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{foton},1} = 3,373 \cdot 10^{-19} / 1,602 \cdot 10^{-19} = \mathbf{2,105 \text{ eV}}$$

$$E_{\text{foton},2} = 3,369 \cdot 10^{-19} / 1,602 \cdot 10^{-19} = \mathbf{2,102 \text{ eV}}$$

b Het verschil is dus (afgerond): **0,003 eV**.

Opgave 31

Gegeven: Röntgenstraling, $\lambda = 23,5 \text{ pm}$.

Gevraagd: ΔU

Oplossing:

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad \text{opgenomen energie elektron: } e \cdot U_{\text{AK}}$$

$$E_{\text{foton}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8}{23,5 \cdot 10^{-12}} = 8,453 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

Deze energie wordt geleverd door het elektrisch veld: $e \cdot U_{AK} = 8,453 \cdot 10^{-15} \rightarrow$

$$1,602 \cdot 10^{-19} \times U_{AK} = 8,453 \cdot 10^{-15} \rightarrow U_{AK} = 8,453 \cdot 10^{-15} / 1,602 \cdot 10^{-19} = \mathbf{52,8 \text{ kV}}$$

Opgave 32

Gegeven: Röntgenstraling, $U_{AK} = 92,5 \text{ kV}$.

Gevraagd: λ_{grens}

Oplossing:

$$E_{\text{foton}} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{\text{grens}}} = e \cdot U_{AK} \rightarrow \lambda_{\text{grens}} = h \cdot c / e \cdot U_{AK} \rightarrow$$

$$\lambda_{\text{grens}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8 / 1,602 \cdot 10^{-19} \times 9,25 \cdot 10^4 = \mathbf{1,34 \cdot 10^{-11} \text{ m}}$$

13,4 pm

Opgave 33

- a *Hoe verandert het röntgenspectrum als, bij gelijkblijvend anodemateriaal, de spanning tussen de anode en de kathode wordt verhoogd?*

De hogere energie verhoogt de grensfrequentie en verlaagt de grensgolflengte. De linker grens van het spectrum schuift naar links.

- b *Hoe verandert het röntgenspectrum als, bij gelijkblijvende anodespanning, het materiaal van de anode wordt veranderd?*

De remstraling blijft gelijk maar de karakteristieke straling verandert, er komen nieuwe pieken in het spectrum.

Opgave 34

Gegeven: Röntgenstraling, $I = 100 \mu\text{A}$, 2,0 % van de elektronen geven een foton.

Gevraagd: Aantal fotonen per seconde.

Oplossing:

$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (één ampère is gelijk aan 1 coulomb lading per seconde).

$100 \mu\text{A}$, is dan: $0,00100 \text{ A} \times 1 = 0,00100 \text{ C}$ per seconde.

Lading van 1 elektron: $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Aantal elektronen per seconde: $0,00100 / 1,602 \cdot 10^{-19} = 6,24 \cdot 10^{14} \text{ e/s}$

2,0% hiervan geeft fotonen: $0,020 \times 6,24 \cdot 10^{14} = \mathbf{1,25 \cdot 10^{13}}$ fotonen per seconde.

Opgave 35

Gegeven: Monochromatische röntgenstraling, CaCl_2 -kristal met $d = 3,0 \cdot 10^{-10} \text{ m}$, $\alpha = 8,0^\circ$
voor $n = 1$

Gevraagd: λ

Oplissing: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\alpha) \rightarrow \lambda = 2 \times 3,0 \cdot 10^{-10} \times \sin(8,0^\circ) = 8,35 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

83,5 pm

Opgave 36

Gegeven: Röntgenstraling, $\lambda = 79 \text{ pm}$, $d = 0,21 \text{ nm}$.

Gevraagd: α_1, α_2 enz.

Oplissing: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\alpha) \quad \lambda = 7,9 \cdot 10^{-11} \text{ m} \quad d = 2,1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

$$\sin(\alpha) = n \cdot \lambda / 2 \cdot d$$

$$n = 1 \rightarrow \sin(\alpha) = 1 \times 7,9 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,1 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,188 \rightarrow \alpha = 11^\circ$$

$$n = 2 \rightarrow \sin(\alpha) = 2 \times 7,9 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,1 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,376 \rightarrow \alpha = 22^\circ$$

$$n = 3 \rightarrow \sin(\alpha) = 3 \times 7,9 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,1 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,564 \rightarrow \alpha = 34^\circ$$

$$n = 4 \rightarrow \sin(\alpha) = 4 \times 7,9 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,1 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,752 \rightarrow \alpha = 49^\circ$$

$$n = 5 \rightarrow \sin(\alpha) = 5 \times 7,9 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,1 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,940 \rightarrow \alpha = 70^\circ$$

$$n = 6 \rightarrow \sin(\alpha) = 6 \times 7,9 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,1 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = X$$

Opgave 37

Gegeven: NaCl-kristal, $d = 0,28 \text{ nm}$, voor $n = 1 \quad \alpha_1 = 8,5^\circ$

Gevraagd: α_2

Oplissing: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\alpha) \rightarrow \lambda = 2 \times 2,8 \cdot 10^{-10} \times \sin(8,5^\circ) = 8,28 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

$$n = 2 \rightarrow 2 \times 8,28 \cdot 10^{-11} = 2 \times 2,8 \cdot 10^{-10} \times \sin(\alpha) \rightarrow \sin(\alpha) = 0,296 \rightarrow \alpha_2 = 17,2^\circ$$

Opgave 38

LiF is opgebouwd als een kubus met op ieder hoekpunt een Li-ion of een F-ion. Elk hoekpunt maakt deel uit van acht verschillende kubussen die in dat punt samenkomen.

a *Hoeveel moleculen LiF zitten er in het kristal gemiddeld in één kubus?*

Elk ion is een hoekpunt en is dan $1/8^e$ deel van de kubus. 4 Li-ionen = $4/8 = 1/2$

4 F-ionen = $4/8 = 1/2$. Één kubus bevat daarom $1/2$ LiF.

b *Hoe groot is het volume van een kubus als de ribbe gelijk is aan d?*

Volume kubus = r^3 . r (ribbe) = d . Dus $V = d^3$.

c *Hoe groot is de molaire massa van LiF?*

$M_{LiF} = 6,94 + 19,00 = 25,9$ g/mol

d *Hoe groot is de massa van zo'n kubus?*

Één mol van deze kubussen bevat 0,5 mol LiF. Dus de massa van één mol kubussen heeft een massa van: $0,5 \times 25,9 = 12,95$ g.

De massa van één kubus is dan: $12,95 / 6,02 \cdot 10^{23}$ deeltjes per mol = **$2,15 \cdot 10^{-23}$ g**

e *Hoe groot is de afstand d, als de dichtheid van LiF gelijk is aan $2,635$ g/cm³?*

$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = m / \rho \rightarrow V = 2,15 \cdot 10^{-23}$ g / $2,635$ g/cm³ = $8,16 \cdot 10^{-24}$ cm³

$V = d^3 \rightarrow d^3 = 8,16 \cdot 10^{-24}$ cm³ $\rightarrow d = 2,01 \cdot 10^{-8}$ cm **$2,01 \cdot 10^{-10}$ m**

Opgave 39

Gegeven: $\lambda = 0,075$ nm, $d_1 = 0,10$ nm, $d_2 = 0,20$ nm

Gevraagd: a) d_3 b) α_1, α_2 enz. voor d_1 c) α_1, α_2 enz. voor d_1 d) α_1, α_2 enz. voor d_2

Oplossing:

a In de tekening: $\tan(i) = d_1 / d_2$

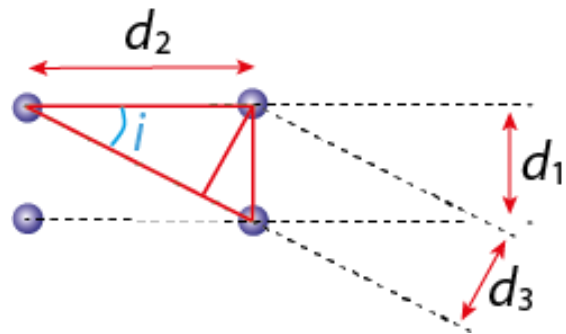
$\tan(i) = d_1 / d_2 = 0,10 / 0,20 = 0,5$

$i = 26,6^\circ$

$\sin(i) = \sin(26,6^\circ) = 0,447$

$\sin(i) = 0,447 = d_3 / d_2$

$d_3 = 0,20 \times 0,447 = \mathbf{0,089}$ nm



b $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\alpha) \rightarrow \sin(\alpha) = n \cdot \lambda / 2 \cdot d$

voor d_1 :

$n = 1 \rightarrow \sin(\alpha) = 1 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 1,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,375 \rightarrow \alpha = \mathbf{22^\circ}$

$n = 2 \rightarrow \sin(\alpha) = 2 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 1,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,75 \rightarrow \alpha = \mathbf{49^\circ}$

$n = 3 \rightarrow \sin(\alpha) = 3 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 1,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 1,125 \rightarrow \alpha = \mathbf{X}$

c voor d_2 :

$n = 1 \rightarrow \sin(\alpha) = 1 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,188 \rightarrow \alpha = \mathbf{11^\circ}$

$n = 2 \rightarrow \sin(\alpha) = 2 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,375 \rightarrow \alpha = \mathbf{22^\circ}$

$$n = 3 \rightarrow \sin(\alpha) = 3 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,563 \rightarrow \alpha = \mathbf{34^\circ}$$

$$n = 4 \rightarrow \sin(\alpha) = 4 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,75 \rightarrow \alpha = \mathbf{49^\circ}$$

$$n = 5 \rightarrow \sin(\alpha) = 5 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,938 \rightarrow \alpha = \mathbf{70^\circ}$$

$$n = 6 \rightarrow \sin(\alpha) = 6 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 2,0 \cdot 10^{-10} \rightarrow \sin(\alpha) = 1,13 \rightarrow \alpha = \mathbf{X}$$

d voor d_3 :

$$n = 1 \rightarrow \sin(\alpha) = 1 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 8,94 \cdot 10^{-11} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,419 \rightarrow \alpha = \mathbf{25^\circ}$$

$$n = 2 \rightarrow \sin(\alpha) = 2 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 8,94 \cdot 10^{-11} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,839 \rightarrow \alpha = \mathbf{57^\circ}$$

$$n = 3 \rightarrow \sin(\alpha) = 3 \times 7,5 \cdot 10^{-11} / 2 \times 8,94 \cdot 10^{-11} \rightarrow \sin(\alpha) = 1,26 \rightarrow \alpha = \mathbf{X}$$

Opgave 40

Gegeven: Informatie in de grafiek.

Gevraagd: n , α , λ en d voor iedere piek.

Oplossing:

Uit de grafiek lezen we af: n , λ en 2α .

We berekenen d met: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\alpha^\circ) \rightarrow d = n \cdot \lambda / 2 \cdot \sin(\alpha^\circ)$

Bijvoorbeeld de eerste piek:

$$n = 1$$

$$K_\beta \text{ dus: } \lambda = 0,1387 \text{ nm} \rightarrow 1,387 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

$$2\alpha = 28^\circ \rightarrow \alpha = 14^\circ$$

$$d = n \cdot \lambda / 2 \cdot \sin(\alpha^\circ) \rightarrow d = 1 \times 1,387 \cdot 10^{-10} / 2 \times \sin(14^\circ) = 2,87 \cdot 10^{-10} \text{ m} \rightarrow 0,287 \text{ nm}$$

En zo verder:

$2\alpha^\circ$	α°	n	$\lambda(\text{nm})$	$d(\text{nm})$
28	14	1	0,1387	0,287
32	16	1	0,1543	0,280
59	29	2	0,1387	0,286
67	33	2	0,1543	0,283
94	47	3	0,1387	0,284
110	55	3	0,1543	0,283

Opgave 41

Bescherming tegen straling bij röntgenopnamen is ook nodig wegens de *stroostraling*.