

3.16 $\lambda = 611 \text{ nm}$, $U = 0,31 \text{ V}$

\vec{v}_{max} \vec{E} $v=0$ Sähköisen voiman tekemä työ pysäyttää nopeimmankin elektronin, työpäättee: $W = \Delta E_k = -eU = 0 - \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2$

$(\Rightarrow) v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ $(\Rightarrow) mv_{\text{max}} = m\sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{2eUm}$

De Broglie'n aallonpituus:

$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv_{\text{max}}} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{\sqrt{2 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,31 \text{ V} \cdot 9,10938 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}}$

$\approx 2,20272 \cdot 10^{-9} \text{ m} \approx 2,2 \text{ nm}$

4.15 $\Delta E = E_2 - E_1 = 41,4 \text{ eV}$

a) Fotonin energia: $\Delta E = hf$

$(\Rightarrow) f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{41,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}$

$= 1,00105 \cdot 10^{10} \frac{1}{\text{s}} \approx 10,06 \text{ Hz}$

b) $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,00105 \cdot 10^{10} \frac{1}{\text{s}}} \approx 0,0299478 \text{ m} \approx 2,99 \text{ cm}$

4.16 E_4 E_3 E_2 E_1

$E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$

Fotonin energia: $\Delta E = hf = h \frac{c}{\lambda}$

$(\Rightarrow) \lambda = \frac{hc}{\Delta E}$

Siirtymä $4 \rightarrow 1$:

$\lambda = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{(-\frac{13,6 \text{ eV}}{4^2} - (-\frac{13,6 \text{ eV}}{1^2})) \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}} = 9,72422 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

$= 97,2 \text{ nm (UV)}$

Vastaareaktit:

$4 \rightarrow 2$: $\lambda = \dots = 4,86211 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 486 \text{ nm (näkennäköinen valo)}$

$4 \rightarrow 3$: $\lambda = \dots = 1,87538 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx 1,87 \mu\text{m (IP)}$

$3 \rightarrow 1$: $\lambda = \dots = 1,02560 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 103 \text{ nm (UV)}$

$3 \rightarrow 2$: $\lambda = \dots = 6,56385 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 656 \text{ nm (punainen)}$

$2 \rightarrow 1$: $\lambda = \dots = 1,21553 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 122 \text{ nm (UV)}$

4.18 a) Koe osoitti, että atomi ottaa vastaan energiaa vain tiettyjen suuruuksina annettuna eli kvantittain. Atomin energia on kvantittain.

b) $E_1 = -8,8 \text{ eV}$; $E_2 = -7,7 \text{ eV}$; $E_3 = -6,7 \text{ eV}$

$E_4 = -5,5 \text{ eV}$; $E_5 = -4,9 \text{ eV}$; $\lambda = 580 \text{ nm}$

Fotonin energia

$\Delta E = hf = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{580 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$

$\approx 3,42490 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,13765 \text{ eV} = E_3 - E_1$

\Rightarrow tilojen $-6,7 \text{ eV}$ ja $-8,8 \text{ eV}$ väliltä siirtymää

5.6 a) Väheä suoravaihtuvaa on ydin perussuoravaihtuvasta ja se koptatun ytimessä protonien ja neutronien rakennosesta eli kvarkkien välillä. Väheä voima ottaa kvarkit toisiinsa.

b) Kvarkkien välinen väheä voima vaikuttaa hieman nukleonin ulkopuolellekin, joten nukleonit tarttuvat toisiinsa. Tätä ydintä koossapitävää voimaa sanotaan ydinvoimaksi.

c) Positiivisesti varattujen protonien välillä on sähköinen hylkimisvoima, jota varaukseltaan neutroni ei koe. Ydinvoimaa varaukselta ei ole merkitystä.

d) Ytimen koossa kovaassa protonit ja yhä enemmän jolloin ne myös hylkivät toisiaan entistä voimakkaammin. Ydinvoima on kuitenkin lyhyen kantaman voima, joten suuressa ytimessä paineena toimivaa olevien nukleonien välillä ei ole ydinvoimaa vaikutusta. Protonien hylkimisvoiman takia kovin raskas ydin ei tällöin purjy koossa.

5.8 a) ${}^4_2\text{He}$: heliumydin jossa on 2 protonia ja 2 neutronia

b) ${}^{226}_{86}\text{Ra}$: radiumydin - 11 - 86 - 11 - 140 - 11 -

c) ${}^{12}_6\text{C}$: hiiliydin - 11 - 6 - 11 - 6 - 11 -

d) ${}^{235}_{92}\text{U}$

5.14 a) ${}^{208}_{82}\text{Pb}$

$\Delta m = 82 m_p + 126 m_n + 82 m_e - m({}^{208}\text{Pb})$

$= 82 \cdot 1,0072765 \text{ u} + 126 \cdot 1,0086650 \text{ u} + 82 \cdot 5,485799 \cdot 10^{-4} \text{ u}$

$- 207,976627 \text{ u}$

$= 1,75681955262 \text{ u} \approx 1,76 \text{ u}$

b, c) Sidospainaus pienenee \rightarrow energiaa ei vapaudu

6.7 Fotonin energia: $\Delta E = hf = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E}$

$\lambda_a = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{(20,7 - 20,3) \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 3,09959 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

$= 3,1 \mu\text{m} \Rightarrow \text{IP}$

$\lambda_c = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{(19,8 - 18,7) \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 1,12712 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

$= 1,1 \mu\text{m} \Rightarrow \text{IP}$

7.8 $d = 89 \mu\text{m}$, $\lambda = 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

$n = 1$

Ensimmäisen kertaluvun diffraktiomakini soidean kun aallot ① ja ② ovat samassa vaiheessa to. niiden väleä on ydin aallonpituus ($n=1$):

$2x = 2d \sin \theta = 1 \cdot \lambda$ (Braggin laki)

$(\Rightarrow) \sin \theta = \frac{\lambda}{2d} = \frac{1,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}}{2 \cdot 89 \cdot 10^{-6} \text{ m}} \Rightarrow \theta \approx 51,8612^\circ \approx 52^\circ$ ③

7.9 E/keV

M $-0,5$

L $-3,6$

K $-26,7$

Protonin ytimen ionisoi reäri-aineen atomeja. Viritystiloihin purkauksessa (eli tyhjiön aukon täyttyessä ylempää) siirtyvät fotoni, joiden energioista värähtelee soidean tummitaa. Luetaan spektristä pikien taajuuksia ja lasketaan vastaavien fotonien energiat $E = hf$. Sitten tutkitaan mitkä energiatasot kad-minimim energiatasolla tuottavat kysyvät fotonit pikien $f/10^{18} \text{ Hz}$ $E = hf/\text{keV}$

1	6,3	26,0547 \approx 26,2 keV = $E_M - E_K$
2	5,6	23,1597 \approx 23,1 keV = $E_L - E_K$
3	3,0	12,4070
4	2,7	11,1663
5	0,75	3,10174 \approx 3,1 keV = $E_M - E_L$
6	0,50	2,06783

\Rightarrow pikit 1, 2 ja 5 ovat peräisin kadminiumista