Lichtquanten – 4g

1) $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{c}{\frac{E}{h}} = \frac{ch}{E} = \frac{ch}{qU} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 6{,}62 \cdot 10^{-34} Js}{1{,}602 \cdot 10^{-19} C \cdot 0{,}65 V} = 1{,}91 \cdot 10^{-6} m$

mit $1{,}91\ \mu m$ → nicht sichtbar

2) $E_{TOT} = \frac{P}{f_B} = n \cdot h \cdot f \Rightarrow n = \frac{P}{f_B \cdot h \cdot f} = \frac{P \cdot \lambda}{f_B\, hc} = \frac{5 \cdot 10^{-15} W \cdot 560 \cdot 10^{-9} m}{24 \frac{1}{s} \cdot 6{,}62 \cdot 10^{-34} Js \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 0{,}6$ KPh

4) $p = \frac{F}{A} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot \frac{1}{A} = \frac{2E}{c} \cdot \frac{1}{\Delta t A} = \frac{2 \cdot I \cdot A \cdot \Delta t}{c \cdot A \Delta t} = \frac{2I}{c} = \frac{2 \cdot 1000\, W/m^2}{3 \cdot 10^8\, m/s} = 6{,}7\ \mu Pa$

$\frac{W}{m^2} \cdot \frac{s}{m} = \frac{J}{s m^3} s = \frac{kg \frac{m^2}{s^2}}{m^3} = \frac{Nm}{m^3} = \frac{N}{m^2} = Pa$

5) Ionisieren → e von Niveau n auf Niveau $m \to \infty$ (vollständige Entfernung)

$\Delta E = -\frac{m e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^2} \left(\cancel{\frac{1}{m^2}}^{\,0} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{m e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^2 n^2}$

beim H-Atom ist $n = 1 \Rightarrow \lambda = \frac{ch}{\Delta E} = \frac{c \cdot h \cdot 8 \varepsilon_0^2 h^2 n^2}{m e^4} = 91{,}2$ nm

6) sichtbar → Balmerserie: $n = 2 \quad m = 3, 4, 5 \ldots 8, 9, 10$

$\lambda = \frac{ch}{\Delta E} = \frac{ch}{|E_m - E_n|} = \frac{ch}{E_1} \cdot \frac{-1}{\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}} = \frac{ch^3 \cdot 8 \varepsilon_0^2}{m e^4} \quad \frac{-1}{\frac{1}{m^2} - \frac{1}{4}}$

91,22 nm

$m = 3$	$\lambda = 656{,}8$ nm	$m = 4$	$\lambda = 486{,}5$ nm
$m = 5$	$\lambda = 434{,}4$ nm	$m = 6$	$\lambda = 410{,}5$ nm
$m = 7$	$\lambda = 397{,}3$ nm	$m = 8$	$\lambda = 389{,}2$ nm
$m = 9$	$\lambda = 383{,}8$ nm	$m = 10$	$\lambda = 380{,}1$ nm

7) $E_n = -\frac{Z^2 m e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^2 n^2} \Rightarrow E_1 = -\frac{2^2 \cdot (9{,}109382 \cdot 10^{-31} kg)(1{,}602176 \cdot 10^{-19} C)^4}{8 \cdot (8{,}854188 \cdot 10^{-12} \frac{C}{Vm})^2 \cdot (6{,}620660 \cdot 10^{-34} Js)^2}$

$= -54{,}42271$ eV

Die Ionisationsenergie des He^+ ist im Betrag fast gleich der Grundzustandsenergie nach Bohr.

$$\lambda_{max} = \frac{c}{f_{1,2}} = -\frac{ch}{E_2 - E_1} = \frac{-8\varepsilon_0^2 h^3}{Z^2 m e^4} \underbrace{\left(\frac{1}{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1}}\right)^{-1}}_{} =$$

$$\frac{ch}{7a} \cdot \frac{4}{3}$$

8) 10° angeregter Zustand $\rightarrow n = 11$

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2 n^2}{\pi e^2 m} = r_1 \cdot n^2 = 0{,}0529 \text{ nm} \cdot n^2$$

$$r_{11} = 0{,}0529 \cdot 121 \text{ nm} = 6{,}401 \text{ nm}$$

$$E_{11} = \frac{e^4 m}{8 \varepsilon_0^2 h^2 n^2} = E_1 \cdot \frac{1}{n^2} = -13{,}598 \text{ eV} \cdot \frac{1}{121} = -0{,}112 \text{ eV}$$

9) Bohrsches Modell ist gut Atomen / Ionen mit nur einem Elektron (Kernladung Ze) $\rightarrow$ H, He^+, Li^{2+}, Be^{3+} usw

$$v_{n,Z} = \frac{e^2 Z}{2 \varepsilon_0 h n} = 2{,}2 \cdot 10^6 \frac{m}{s} \cdot \frac{Z}{n}$$

Grundzust: $n = 1$.

$$E_{n,Z} = \frac{e^4 m Z^2}{8 \varepsilon_0^2 h^2 n^2} = -13{,}598 \text{ eV} \cdot \frac{Z^2}{m^2}$$

He^+: $Z = 2$, $n = 1$ $\longrightarrow$ $v_{1,2} = 4{,}4 \cdot 10^6 \, m/s$ $\quad E_{1,2} = -54{,}4 \text{ eV}$

Li^{2+}: $Z = 3$, $n = 1$ $\longrightarrow$ $v_{1,3} = 6{,}6 \cdot 10^6 \, m/s$ $\quad E_{1,3} - 122{,}4 \text{ eV}$

10) $E_2 - E_1 = hf = 6{,}62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 9192631770 \text{ Hz} =$

$$= 6{,}09110176 \cdot 10^{-24} \text{ J} = 38{,}0176694 \; \mu\text{eV}$$