Практическое занятие №17

Задача №1. $1s^2 2p 3d$; $\max(M_s)$-? Спектральный символ терму?

$M_s = \hbar\sqrt{J(J+1)}$.

$2p: \; l_1 = 1$
$3d: \; l_2 = 2$
$\Rightarrow L = 3, 2, 1 \Rightarrow L_{max} = 3.$

spdf
0 1 2 3

$2p: \; s_1 = \frac{1}{2}$
$3d: \; s_2 = \frac{1}{2}$
$\Rightarrow S = 1, 0 \Rightarrow S_{max} = 1.$

$\nu = 2S+1$

$\nu \; L_J$

$J = 4, 3, 2 \Rightarrow J_{max} = 4.$

$M_s = \hbar\sqrt{4 \cdot 5} = \hbar\sqrt{20}$;

$^3F_4$

Задача №2. $\nu = 2S+1 = 5$; $2J+1 = 7$; $L \to L_{max}$ Спектральный символ терму?

$\nu = 2S+1 = 5 \Rightarrow S = 2$;

$2J+1 = 7 \Rightarrow J = 3$;

$L = 1 \Rightarrow J = 3, 2, 1$
$L = 2 \Rightarrow J = 4, 3, 2, 1, 0$
$L = 3 \Rightarrow J = 5, 4, 3, 2, 1$
$L = 4 \Rightarrow J = 6, 5, 4, 3, 2$
$L = 5 \Rightarrow J = 7, 6, 5, 4, 3$
$L = 6 \Rightarrow J = 8, 7, 6, 5, 4$

$\Rightarrow$ $^5H_3$

Задача №3. $2J+1=7$; $L=3S$; Спектральний символ терму?

$2J+1=7 \Rightarrow J=3$; $L=3S$.

$S=0 \Rightarrow L=0 \Rightarrow J=0$ – не підходить

$S=1 \Rightarrow L=3 \Rightarrow J=4,3,2 \Rightarrow {}^3F_3$

$S=2 \Rightarrow L=6 \Rightarrow J=8,7,6,5,4$ – не підходить

Задача №4. ${}^4P$, ${}^5D$; $M_J-?$

$M_J = \pm\hbar\sqrt{J(J+1)}$; $)=2S+1$;

${}^4P$: $L=1$, $S=3/2 \Rightarrow J=\frac{5}{2},\frac{3}{2},\frac{1}{2}$.

$J=\frac{1}{2}$: $M_J=\pm\hbar\sqrt{\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}}=\frac{\sqrt{3}}{2}\pm\hbar$; ${}^4P_{1/2}$

$J=\frac{3}{2}$: $M_J=\pm\hbar\sqrt{\frac{3}{2}\cdot\frac{5}{2}}=\frac{\sqrt{15}}{2}\pm\hbar$; ${}^4P_{3/2}$

$J=\frac{5}{2}$: $M_J=\pm\hbar\sqrt{\frac{5}{2}\cdot\frac{7}{2}}=\frac{\sqrt{35}}{2}\pm\hbar$; ${}^4P_{5/2}$

${}^5D$: $L=2$, $S=2 \Rightarrow J=4,3,2,1,0$

$M_J=\pm\hbar\sqrt{20}$; $\pm\hbar\sqrt{12}$; $\pm\hbar\sqrt{6}$; $\pm\hbar\sqrt{2}$; 0.

Задача №5. $1s^2\,2p\,3d$; Спектральні символи термів!

$l_1=1$, $l_2=2 \Rightarrow L=3,2,1$;

$s_1=\frac{1}{2}$, $s_2=\frac{1}{2} \Rightarrow S=1,0$.

$S=0$, $L=1 \Rightarrow J=1 \Rightarrow {}^1P_1$

$S=0$, $L=2 \Rightarrow J=2 \Rightarrow {}^1D_2$

$S=0$, $L=3 \Rightarrow J=3 \Rightarrow {}^1F_3$

$S=1,\ L=1 \Rightarrow J=2,1,0 \Rightarrow {}^3P_2, {}^3P_1, {}^3P_0$

$S=1,\ L=2 \Rightarrow J=3,2,1 \Rightarrow {}^3D_3, {}^3D_2, {}^3D_1$

$S=1,\ L=3 \Rightarrow J=4,3,2 \Rightarrow {}^3F_4, {}^3F_3, {}^3F_2$

Задача №6. Які переходи заборонені?

$\Delta L = 0, \pm 1$; $\Delta S = 0$; $\Delta J = 0, \pm 1$; $J=0 \not\to J=0$

${}^2D_{3/2} \to {}^2P_{1/2}$ – можливий

${}^3P_1 \to {}^2S_{1/2}$ – не можливий ($\Delta S = \frac{1}{2}$)

${}^3F_3 \to {}^3P_2$ – не можливий ($\Delta L = 2$)

${}^4F_{7/2} \to {}^4D_{5/2}$ – можливий

Задача №7. $J=3$, $M_J = \hbar\sqrt{20}$; L – ?

$L+S=J$; $S=1$; $J(J+1)=20 \Rightarrow J=4$.

$L=3,\ S=1 \Rightarrow J=4,3,2$

$L=4,\ S=1 \Rightarrow J=5,4,3$

$L=5,\ S=1 \Rightarrow J=6,5,4$

$\Rightarrow L=3,4,5$

Практичне заняття №15

Задача №1. Li; $E(2S) = -5.39$ еВ; $E(2P) = -3.54$ еВ;

σ_0, σ_1 – ? (рідбергівські поправки)

$$E_{n,\ell} = -\frac{\hbar R}{(n+\sigma_\ell)^2};$$

Для водню: $E_n = -\frac{\hbar R}{n^2}$; $E_{зв} = 13.6$ еВ

$\hbar R = 13.6$ еВ;

2S: $n = 2$; $\ell = 0$: $E(2S) = -\frac{\hbar R}{(2+\sigma_0)^2}$;

$$-5.39 \text{ еВ} = -\frac{13.6 \text{ еВ}}{(2+\sigma_0)^2}; \quad (2+\sigma_0)^2 = \frac{13.6}{5.39};$$

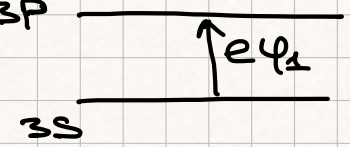
$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{13.6}{5.39}} - 2 = -0.41;$$

2P: $n = 2$; $\ell = 1$: $E(2P) = -\frac{\hbar R}{(2+\sigma_1)^2}$;

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{13.6}{3.54}} - 2 = -0.04;$$

Задача №2. Na; $\varphi_1 = 2.10$ В; $E(3S) = -5.14$ еВ; 3P; σ_1?

^{11}Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$



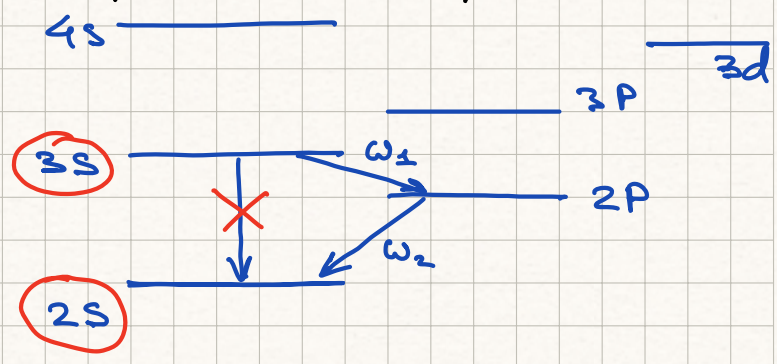
Енергія рівня 3S: E_0

Енергія рівня 3P: $E_0 + e\varphi_1$

$$E_0 - e\varphi_1 = \frac{\hbar R}{(3+\sigma_1)^2}; \quad \sigma_1 = \sqrt{\frac{\hbar R}{E_0 - e\varphi_1}} - 3;$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{13.6 \text{ еВ}}{5.14 \text{еВ} - 2.1 \text{ еВ}}} - 3 = \sqrt{\frac{13.6}{3.04}} - 3 = -0.89;$$

Задача №3. ^3Li; $\delta_0 = -0.41$; $\delta_1 = -0.04$; λ_1, λ_2 – ?



$3S \to 2P$; $2P \to 2S$;

$$E(3S) = -\frac{13.6\,eB}{(3-0.41)^2};$$

$$E(2P) = -\frac{13.6\,eB}{(2-0.04)^2};$$

$$E(2S) = -\frac{13.6\,eB}{(2-0.41)^2};$$

$E(3S) = -2.03\,eB$; $E(2P) = -3.54\,eB$; $E(2S) = -5.38\,eB$;

$3S \to 2P$: $\lambda_1 = \frac{2\pi\hbar c}{E(3S)-E(2P)} = 0.816$ мкм; перевірити

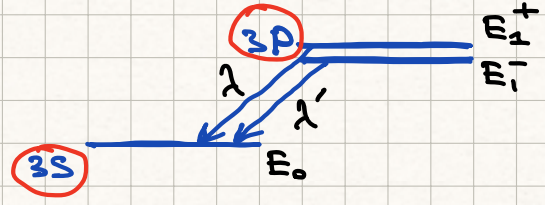
$2P \to 2S$: $\lambda_2 = \frac{2\pi\hbar c}{E(2P)-E(2S)} = 0.674$ мкм;

Задача №4. Na; $3P \to 3S$; ΔE – ?

$\lambda = 589.00$ нм; $\lambda' = 589.56$ нм;

$\hbar\omega = E_1^+ - E_0$;

$\hbar\omega' = E_1^- - E_0$;



$\Rightarrow \hbar\omega - \hbar\omega' = [E_1^+ - E_1^-] = \Delta E$;

$$\Delta E = \hbar(\omega-\omega') = \hbar\left[\frac{2\pi c}{\lambda} - \frac{2\pi c}{\lambda'}\right] = 2\pi\hbar c\,\frac{\lambda-\lambda'}{\lambda\lambda'} = \frac{2\pi\hbar c\,\Delta\lambda}{\lambda\lambda'};$$

$\Delta E = 2.0$ меВ;

Задача №5. ^3Li; $\lambda_1 = 813$ нм; $\lambda_2 = 350$ нм; $E_{зв}$ – ?

Різка серія: $nS \to 2P$, $n = 3, 4, 5, \ldots$

Головна лінія: $3S \to 2P$.

$$\begin{cases} \dfrac{2\pi\hbar c}{\lambda_1} = -\dfrac{\hbar R}{(3+\delta_0)^2} + \dfrac{\hbar R}{(2+\delta_1)^2}\,; \\ \dfrac{2\pi\hbar c}{\lambda_2} = \dfrac{\hbar R}{(2+\delta_1)^2}\,; \end{cases} \Rightarrow$$

$$3+\delta_0 = \sqrt{\frac{\hbar R}{\frac{2\pi\hbar c(\lambda_1-\lambda_2)}{\lambda_1\lambda_2}}} = \sqrt{\frac{R\lambda_1\lambda_2}{2\pi c\Delta\lambda}}\,, \quad \Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2\,;$$

$$E_0 = -\frac{\hbar R}{(2+\delta_0)^2}\,;$$

$$E_0 = -\frac{\hbar R}{\left(\sqrt{\frac{R\lambda_1\lambda_2}{2\pi c\Delta\lambda}} - 1\right)^2} = -5.32\ \text{eB}\,;$$