$\boxed{6.105}$

2S

$n_1 = 2$

$l_1 = 0$

$E_{20} = 5.39 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}$

2P

$n_2 = 2$

$l_2 = 1$

$E_{21} = 3.54 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}$

$\alpha_S \quad \alpha_P$

$$T_{nl} = \frac{|E_{nl}|}{\xi} \qquad \xi = \frac{h}{2 \cdot \pi} \qquad |E_{nl}| = \xi \cdot T_{nl} = \xi \cdot \frac{R}{(n + \alpha_l)^2}$$

$$|E_{nl}| = \xi \cdot \frac{R}{(n + \alpha_l)^2} \qquad \alpha_l = -n + \sqrt{\xi \cdot \frac{R}{|E_{nl}|}}$$

$$R = 2.07 \cdot 10^{16} \qquad \xi = 1.0546 \cdot 10^{-34}$$

$$\alpha_S = -n_1 + \sqrt{\xi \cdot \frac{R}{|E_{20}|}} \qquad \alpha_S = -2 + \sqrt{1.0546 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2.07 \cdot 10^{16}}{5.39 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}} = -0.409$$

$$\alpha_P = -n_2 + \sqrt{\xi \cdot \frac{R}{|E_{21}|}} \qquad \alpha_P = -2 + \sqrt{1.0546 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2.07 \cdot 10^{16}}{3.54 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}} = -0.037$$

$\boxed{6.108}$

3S => 2S

$\alpha_S = -0.41$

$\alpha_P = -0.04$

λ

$$\Delta E = \xi \cdot \omega \qquad \omega = \frac{\Delta E}{\xi} \qquad \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{\xi \cdot R}{(n_2 + \alpha_2)^2} - \frac{\xi \cdot R}{(n_1 + \alpha_l)^2} \quad (n_2 > n_1)$$

$$\omega = \frac{R}{(n_2 + \alpha_2)^2} - \frac{R}{(n_1 + \alpha_l)^2} \qquad \lambda = \frac{2\pi \cdot c}{\omega} \qquad \lambda = \frac{2\pi \cdot c}{\frac{R}{(n_2 + \alpha_2)^2} - \frac{R}{(n_1 + \alpha_l)^2}}$$

Согласно проавилу перхода

3S => 2P => 2S (орбитальное число меняется на 1)

$n_1 = 3 \quad l_1 = 0 \Rightarrow n_2 = 2 \quad l_2 = 1 \Rightarrow n_3 = 2 \quad l_3 = 0$

(1) $n_1 = 3 \quad l_1 = 0 \Rightarrow n_2 = 2 \quad l_2 = 1$

3S => 2P

$$\lambda_1 = \frac{2\pi \cdot c}{\frac{R}{(n_2 + \alpha_2)^2} - \frac{R}{(n_1 + \alpha_l)^2}} \qquad \alpha_1 = \alpha_S \quad \alpha_2 = \alpha_P$$

$$\lambda_1 = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^8}{\frac{2.07 \cdot 10^{16}}{(2 + -0.04)^2} - \frac{2.07 \cdot 10^{16}}{(3 + -0.41)^2}} = 8.186 \times 10^{-7}$$

(1) $n_2 = 2 \quad l_2 = 1 \Rightarrow n_3 = 2 \quad l_3 = 0$

2P => 2S

$$\lambda_2 = \frac{2\pi \cdot c}{\frac{R}{(n_3 + \alpha_3)^2} - \frac{R}{(n_2 + \alpha_2)^2}} \qquad \alpha_2 = \alpha_P \quad \alpha_3 = \alpha_S$$

$$\lambda_2 = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^8}{\frac{2.07 \cdot 10^{16}}{(2 + -0.41)^2} - \frac{2.07 \cdot 10^{16}}{(2 + -0.04)^2}} = 6.733 \times 10^{-7}$$

$\boxed{6.114}$

1 Na $n = 4$

2 $1s^2 \cdot 2p \cdot 3d$

1. $L = l$ для единственного валентного электрона $l = 3$ т. к. $n = 4 \Rightarrow L = 3$

$S = s \qquad S = \frac{1}{2} \qquad J = L + S \quad J = \frac{1}{2} + 3 \rightarrow J = \frac{7}{2} \qquad M = \sqrt{J \cdot (J + 1)} \cdot \frac{h}{2\pi}$

$$M = \sqrt{\frac{7}{2} \cdot \left(\frac{7}{2} + 1\right)} \cdot \frac{h}{2\pi} \rightarrow M = \frac{3}{4} \cdot \sqrt{7} \cdot \frac{h}{\pi}$$

терм вида: $\kappa \cdot (L)_J \qquad \kappa = 2S + 1$

M $\quad \kappa = 2\cdot\frac{1}{2} + 1 \rightarrow \kappa = 2$ терм: $2\cdot F_{\frac{7}{2}}$

2. два валентных электрона один на 2p, другой - на 3d

$l_1 = 1 \quad l_2 = 2 \quad L = l_1 + l_2 \quad L = 3$

$s_1 = \frac{1}{2} \quad s_2 = \frac{1}{2} \quad S = s_1 + s_2 \quad S = 1$

$J = L + S \quad J = 4 \quad \kappa = 2S + 1 \quad \kappa = 3$ терм: $\kappa\cdot(L)_J = 3\cdot F_4$

$M = \sqrt{J\cdot(J+1)}\cdot\frac{h}{2\pi} \quad M = \sqrt{4\cdot(4+1)}\cdot\frac{h}{2\pi} \rightarrow M = \sqrt{5}\cdot\frac{h}{\pi}$

$\boxed{6.122}$

1 $\quad 2D_{\frac{3}{2}} = 2P_{\frac{1}{2}}$

2 $\quad 3P_1 = 2S_{\frac{1}{2}}$

3 $\quad 3F_3 = 3P_2$

3 $\quad 4F_{\frac{7}{2}} = 4D_{\frac{5}{2}}$

1 $\quad \kappa_1 = \kappa_2 \quad S_1 = S_2 \quad L_2 = L_1 - 1$ Переход возможен

$(P) = (D) - 1$

2 $\quad \kappa_2 = \kappa_1 + 1 \quad L_2 = L_1 - 1$

$2S_1 + 1 = 2S_2 + 1 + 1 \quad (S) = (P) - 1$

$S_1 = S_2 + \frac{1}{2} \quad J_2 = J_1 - \frac{1}{2}$ Переход не возможен (J изменяется не на 1 и S меняется)

3 $\quad \kappa_1 = \kappa_2 \quad S_1 = S_2 \quad L_2 = L_1 - 2$ Переход не возможен (изменение квантового числа L на 2)

$(P) = (F) - 2$

4 $\quad \kappa_1 = \kappa_2 \quad S_1 = S_2 \quad L_2 = L_1 - 1$ Переход возможен

$(D) = (F) - 1$

$\boxed{6.130}$

1. $\eta = \frac{1}{3} \quad S = 1$

2. $\eta = \frac{7}{10} \quad S = \frac{3}{2}$

Спектральный символ

1. $\eta < \frac{1}{2} \quad J = |L - S|$

т. к. $\eta = \frac{1}{3}$, то незаполнена оболочка p (для нее $\frac{1}{3}$ от количества электронов - целое)

т. к. $S = 1$, на незаполненной оболочке два неспаренных электрона

$S = s_1 + s_2 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1 \quad L = l = 1$ по максимальному $m_l = n - 1 = 1$ на p

$J = |L - S| \quad J = |1 - 1| \rightarrow J = 0$

$\kappa = 2S + 1 = 3$

Спектральный символ: $\kappa\cdot(L)_J = 3\cdot P_0$

2. $\eta > \frac{1}{2} \quad J = L + S$

т. к. $\eta = \frac{7}{10}$, то незаполнена оболочка d (для нее $\frac{7}{10}$ от количества электронов - целое)

перед заполнением 3d должна быть заполнена 2s => $n = 4 \quad L = n - 1 \quad L = 3$

$J = L + S \quad J = 3 + \frac{3}{2} \rightarrow J = \frac{9}{2}$

$\kappa = 2S + 1 \quad \kappa = 2\cdot\frac{3}{2} + 1 \rightarrow \kappa = 4$

Спектральный символ: $\kappa\cdot(L)_J = 4\cdot F_{\frac{9}{2}}$

$\boxed{6.141}$

$\lambda_{Fe} = 193\cdot10^{-12}$ $\quad Z_{Fe} = 26$ $\quad \omega_{K\alpha} = \frac{3}{4}\cdot R\cdot(Z-\sigma)^2$ $\quad \omega = \frac{2\cdot\pi}{T}$ $\quad T = \frac{\lambda}{c}$ $\quad \omega = \frac{2\cdot\pi c}{\lambda}$ $\quad \lambda = \frac{2\cdot\pi\cdot c}{\omega}$

$Z_{Cu} = 29$

$\omega_{Fe} = \frac{3}{4}\cdot R\cdot\left(Z_{Fe}-\sigma\right)^2$ $\quad \sigma = \frac{1}{6\cdot R}\cdot\left(6\cdot R\cdot Z_{Fe} - 4\cdot\sqrt{3R\cdot\omega_{Fe}}\right)$ $\quad \omega_{Fe} = \frac{2\cdot\pi c}{\lambda_{Fe}}$

λ_{Cu}

$$\sigma = \frac{1}{6\cdot R}\cdot\left(6\cdot R\cdot Z_{Fe} - 4\cdot\sqrt{3R\cdot\frac{2\cdot\pi c}{\lambda_{Fe}}}\right)$$

$\omega_{Cu} = \frac{3}{4}\cdot R\cdot\left(Z_{Cu}-\sigma\right)^2$ $\quad \lambda_{Cu} = \frac{2\cdot\pi\cdot c}{\frac{3}{4}\cdot R\cdot\left(Z_{Cu}-\sigma\right)^2}$ $\quad \lambda_{Cu} = \frac{2\cdot\pi\cdot c}{\frac{3}{4}\cdot R\cdot\left[Z_{Cu}-\frac{1}{6\cdot R}\cdot\left(6\cdot R\cdot Z_{Fe} - 4\cdot\sqrt{3R\cdot\frac{2\cdot\pi c}{\lambda_{Fe}}}\right)\right]^2}$

$$\lambda_{Cu} = \frac{2\cdot\pi\cdot\left(3\cdot10^8\right)}{\frac{3}{4}\cdot\left(2.07\cdot10^{16}\right)\cdot\left[29 - \frac{1}{6\cdot\left(2.07\cdot10^{16}\right)}\cdot\left(6\cdot2.07\cdot10^{16}\cdot26 - 4\cdot\sqrt{3}\cdot\sqrt{2.07\cdot10^{16}\cdot\frac{2\cdot\pi3\cdot10^8}{193\cdot10^{-12}}}\right)\right]^2} = 1.54\times10$$

$\boxed{6.153}$

1. $6\,F_{\frac{1}{2}}$
2. $4\,D_{\frac{1}{2}}$
3. $5\,F_2$
4. $5\,P_1$
5. $3\,P_0$

$g = \frac{3}{2} + \frac{S\cdot(S+1) - L\cdot(L+1)}{2J\cdot(J+1)}$ $\quad \kappa = 2S+1$ $\quad S = \frac{\kappa-1}{2}$

1. $L = 3$ $\quad S = \frac{6-1}{2} \to S = \frac{5}{2}$ $\quad g = \frac{3}{2} + \frac{\frac{5}{2}\cdot\left(\frac{5}{2}+1\right) - 3\cdot(3+1)}{2\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}+1\right)} \to g = \frac{-2}{3}$

2. $L = 2$ $\quad S = \frac{4-1}{2} \to S = \frac{3}{2}$ $\quad g = \frac{3}{2} + \frac{\frac{3}{2}\cdot\left(\frac{3}{2}+1\right) - 2\cdot(2+1)}{2\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}+1\right)} \to g = 0$

3. $L = 3$ $\quad S = \frac{5-1}{2} \to S = 2$ $\quad g = \frac{3}{2} + \frac{2\cdot(2+1) - 3\cdot(3+1)}{2\times2\cdot(2+1)} \to g = 1$

4. $L = 1$ $\quad S = \frac{5-1}{2} \to S = 2$ $\quad g = \frac{3}{2} + \frac{2\cdot(2+1) - 1\cdot(1+1)}{2\times1\cdot(1+1)} \to g = \frac{5}{2}$

5. $L = 1$ $\quad S = \frac{3-1}{2} \to S = 1$ $\quad g = \frac{3}{2} + \frac{1\cdot(1+1) - 1\cdot(1+1)}{2\times0\cdot(0+1)} = \frac{0}{0}$

$\boxed{6.154}$

$\mu = g\cdot\sqrt{J\cdot(J+1)}$ $\quad \mu = \left[\frac{3}{2} + \frac{S\cdot(S+1) - L\cdot(L+1)}{2J\cdot(J+1)}\right]\cdot\sqrt{J\cdot(J+1)}\cdot\mu_Б$ $\quad S = \frac{\kappa-1}{2}$

$1F$

$2\,D_{\frac{3}{2}}$

1. $L = 3$ $\quad S = \frac{1-1}{2} \to S = 0$ $\quad J = L + S$ $\quad J = 3$

$S = 1$ $\quad L = 2$ $\quad g = \frac{4}{3}$

$$\mu = \left[\frac{3}{2} + \frac{-3\cdot(3+1)}{2\times3\cdot(3+1)}\right]\cdot\sqrt{3\cdot(3+1)}\cdot\mu_Б \to \mu = 2\cdot\sqrt{3}\cdot\mu_Б$$

$\mu\cdot[\mu_Б]$

2. $L = 2 \qquad S = \frac{2-1}{2} \rightarrow S = \frac{1}{2} \qquad J = \frac{3}{2}$

$$\mu = \left[\frac{3}{2} + \frac{\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}+1\right) - 2\cdot(2+1)}{2\frac{3}{2}\cdot\left(\frac{3}{2}+1\right)}\right]\cdot\sqrt{\frac{3}{2}\cdot\left(\frac{3}{2}+1\right)}\cdot\mu_Б \rightarrow \mu = \frac{2}{5}\cdot\sqrt{15}\cdot\mu_Б$$

3. $L = 2 \qquad S = 1 \qquad J = L + S \qquad J = 3 \qquad g = \frac{4}{3}$

$$\mu = \frac{4}{3}\cdot\sqrt{3\cdot(3+1)}\cdot\mu_Б \rightarrow \mu = \frac{8}{3}\cdot\sqrt{3}\cdot\mu_Б$$

$\boxed{6.165}$

1. $3P_0$
2. $2F_{\frac{5}{2}}$
3. $4D_{\frac{1}{2}}$

$\Delta E = -\mu_Б\cdot g\cdot m_J \qquad m_J = (-J, -J+1, \ldots, J)$ (всего $2J+1$ значений)

=> терм расщепляется на $2J+1$ подуровней, если $g \neq 0$

$$g = \frac{3}{2} + \frac{S\cdot(S+1) - L\cdot(L+1)}{2J\cdot(J+1)} \neq 0$$

1. $J = 0$ => не расщепляется

2. $S = \frac{\kappa-1}{2} \qquad S = \frac{2-1}{2} \rightarrow S = \frac{1}{2} \qquad L = 3 \qquad J = \frac{5}{2}$

$$g = \frac{3}{2} + \frac{\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}+1\right) - 3\cdot(3+1)}{2\frac{5}{2}\cdot\left(\frac{5}{2}+1\right)} \rightarrow g = \frac{6}{7}$$ => расщепляется на $2J+1 = \frac{5}{2}\cdot 2 + 1 = 6$ подуровней

3. $S = \frac{\kappa-1}{2} \qquad S = \frac{4-1}{2} \rightarrow S = \frac{3}{2} \qquad L = 2 \qquad J = \frac{1}{2}$

$$g = \frac{3}{2} + \frac{\frac{3}{2}\cdot\left(\frac{3}{2}+1\right) - 2\cdot(2+1)}{2\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}+1\right)} \rightarrow g = 0$$ => не расщепляется

$\boxed{6.116}$

$\kappa = 3$

$M = \xi\cdot\sqrt{20}$

$M = \sqrt{J\cdot(J+1)}\cdot\xi \qquad J = \frac{-\xi + \sqrt{\xi^2 + 4\cdot M^2}}{2\xi} \qquad \kappa = 2S + 1 \qquad S = \frac{\kappa - 1}{2}$

$$J = \frac{-1 + \sqrt{1^2 + 4\cdot\left(1\cdot\sqrt{20}\right)^2}}{2\cdot 1} \rightarrow J = 4 \qquad S = \frac{3-1}{2} \rightarrow S = 1$$

L

$J = L+S, L+S-1, \ldots, |L-S|$ => $L = J-S, J-S+1, \ldots, J+S$

$L = 4-1, 4-1+1, 4-1+2 \qquad L = 3, 4, 5$