

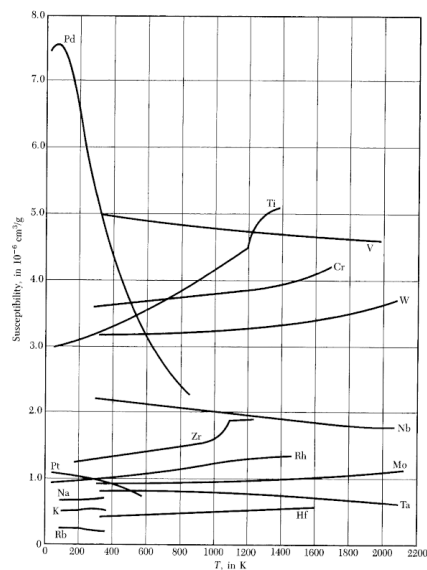
12.1 O neon tem 8 electrões de valência e tem uma densidade (temperatura padrão e pressão atmosférica) de $\rho = 0.90 \text{ kg m}^{-3}$. Obtenha uma estimativa para a sua susceptibilidade magnética usando um valor razoável para $\langle r^2 \rangle$ e a expressão derivada na aula,

$$\chi = -\frac{\mu_0 n Z |e|^2}{6m_e} \langle r^2 \rangle.$$

12.2 Estime a susceptibilidade magnética para um gás de electrões livres. A expressão derivada na aula é

$$\chi = \frac{3}{2} \mu_0 \mu_B^2 \frac{n}{k_B T_F}.$$

- a) Com os parâmetros do alumínio. Temperatura de Fermi $T_F \simeq 1.35 \times 10^5 \text{ K}$ e densidade de electrões $n \simeq 18.1 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$.
- b) Com os parâmetros do sódio. Temperatura de Fermi $T_F \simeq 3.75 \times 10^4 \text{ K}$ e densidade de electrões $n \simeq 4.7 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$. Compare com a figura com unidades estranhas sabendo que a densidade do sódio é $\rho = 0.971 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.



12.3 Considere um gás de electrões que para além da energia cinética tem também uma energia de troca proporcional a $-W < 0$ entre electrões com o mesmo spin, enquanto que electrões de spin anti-paralelo não interagem.

- a) Mostre que a (densidade de) energia total da banda de electrões com spin alinhado (down) é

$$E^+ = \frac{3}{10} N E_F (1 + \xi)^{\frac{5}{3}} - \frac{1}{4} W \frac{N^2}{V} (1 + \xi)^2 - \frac{1}{2} N \mu_B B (1 + \xi).$$

- b) Minimize a energia total $E^+ + E^-$ em função de ξ , resolvendo para o caso $\xi \ll 1$ e mostre que a magnetização é

$$M = n \mu_B \xi = \frac{N}{V} \mu_B \frac{3 \mu_B}{2 E_F - 3 n W} B,$$

pele que a interacção de troca aumenta a susceptibilidade.

- c) Mostre que para $B = 0$ a energia total é instável para $\xi = 0$ quando $W n > \frac{2}{3} E_F$.