Física do Estado Sólido **Prática 6** **MEFT, 2° Semestre 2019/2020**

6.1 A figura mostra o resultado experimental do calor específico do Si a baixa temperatura para a composição isotópica natural e para amostras formadas quase que por um só tipo de isótopo.

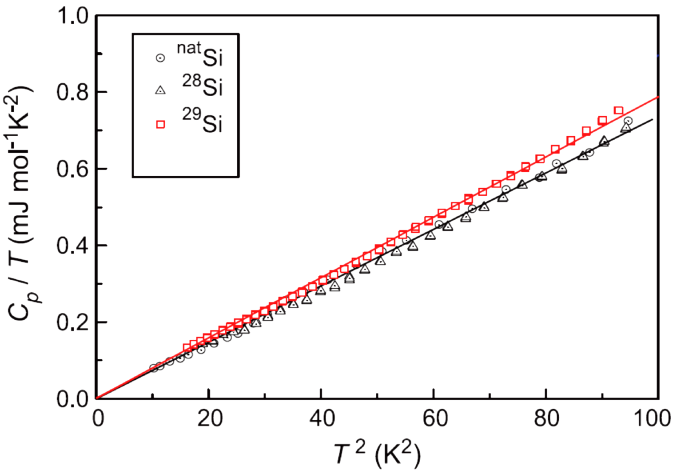

Fig. 1. Heat capacity of natural and isotopically enriched Si in the temperature range 4 K $< T <$ 10 K. We have used the standard plot of C_p/T vs. T^2.

A baixa temperatura o calor específico do Si é bem descrito pelo modelo de Debye,

$$C = Nk_\mathrm{B}\frac{12\pi^4}{5}\frac{T^3}{T^3_\mathrm{Debye}},$$

onde $T_\mathrm{Debye} = \hbar\omega_\mathrm{Debye}/k_\mathrm{B}$ é a temperatura de Debye.

a) Explique porque é que o calor específico é maior para os isótopos mais pesados.

b) Qual é a dependência de $C_v(^{29}\mathrm{Si})/C_v(^{28}\mathrm{Si})$ na massa dos isótopos. Diga se é compatível com a figura.

c) Obtenha da figura o valor da temperatura de Debye do Si.

   Temos que a baixas temperaturas $C_v \simeq 234Nk_B\left(\frac{T}{T_D}\right)^3$. Para uma mole temos que $c_v = 1945\ \mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}\left(\frac{T}{T_D}\right)^3$. Lendo no gráfico temos que para 10 K $c_p \simeq c_v \simeq 7 \times 10^{-3}\ \mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$ pelo que $\left(\frac{T_D}{10\ \mathrm{K}}\right)^3 \simeq 2.8\times 10^5$ e $T_D \simeq 650$ K. O valor normalmente usado (vulgo Wikipedia) é $T_D \simeq 645$ K.

6.2 Considere um sólido num universo a 2 dimensões. Qual seria a dependência na temperatura do calor específico a baixas temperaturas? Qual seria o calor específico a altas temperaturas?

6.3 Considere ondas acústicas num cubo de dimensões $L \times L \times L$, e com condições de barreira infinita na fronteira, ou seja $u(0, x, y) = U(L, x, y) = 0$, etc.

a) Mostre que se obtêm vectores de onda que não existem com condições de fronteira periódicas.

b) Calcule a densidade de estados no modelo de Debye para estas condições de fronteira. Qual é o calor específico previsto?