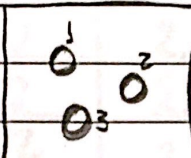


Exercício 1) S estatística

$S \propto \ln \Omega$ onde $\Omega = n^\circ$ de microestados (multiplicidade)

Sistema		$N=3$ partículas idênticas e não interagentes
const = V		$\epsilon_i = n\epsilon_0$ $n=0, 1, 2 \text{ e } 3$
$U = \sum_{i=1}^3 \epsilon_i = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3$		

estado A $U_A = 2\epsilon_0$ $\Omega = P_N^{(a,b)} = \frac{N!}{a!b!}$

estado B $U_B = 4\epsilon_0$ duplicou

estado C $U_C = 8\epsilon_0$ duplicou $U(N,T) \propto T$ também duplicou

$\Delta S = ncv \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) + nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$

estado A $2 = (0+0+2) \text{ ou } (0+1+1)$ $\Delta S \propto \ln(2)$

$\Omega_A = P_3^2 + P_3^2 = \frac{3!}{2!} + \frac{3!}{2!} = \frac{1 \times 2 \times 3}{1 \times 2} + \frac{1 \times 2 \times 3}{1 \times 2} = 6$

estado B $4 = (0+2+2) \text{ ou } (0+1+3) \text{ ou } (1+1+2)$

$\Omega_B = P_3^2 + P_3^2 + P_3^2 = \frac{3!}{2!} + \frac{3!}{2!} + \frac{3!}{2!} = 3 + 6 + 3 = 12$

estado C $8 = (2+3+3)$

$\Omega_C = P_3^2 = \frac{3!}{2!} = 3$

Estados	Ω	$\ln \Omega$
---------	----------	--------------

A 6 1.8

B 12 2.5

C 3 1.1

$\Delta S = S_B - S_A = k(\ln \Omega_B - \ln \Omega_A)$

$\Delta S = k \ln\left(\frac{\Omega_B}{\Omega_A}\right) = k \ln\left(\frac{12}{6}\right)$

$\Delta S_{AB} = k \ln(2) \Rightarrow \Delta S \propto \ln(2)$ compatível com a entropia termodinâmica

$\Delta S_{BC} \propto \ln\left(\frac{\Omega_C}{\Omega_B}\right) \propto \ln\left(\frac{3}{12}\right) = \ln\left(\frac{1}{4}\right) = -\ln(4)$
↑ negativo

Exercício da aula passada

U	$\Omega(U)$	$\ln(\Omega(U))$	* $E_i = nE_0$ $n=0, 1, 2$ e 3 $U = E_1 + E_2 + E_3$ $0 \leq U \leq 9E_0$
0	1	0,0	
1	3	1,1	
2	6	1,8	
3	10	2,3	* Outra situação
4	12	2,5	$E_i = nE_0$ $n=0, 1, 2 \dots \infty$
5	12	2,5	
6	10	2,3	Maximização de $\ln \Omega$
7	6	1,8	
8	3	1,1	Total de microestados 64
9	1	0	$\sum_i \Omega(U_i) = 64$

Situação com $n=0, 1, 2$ e 3

$$U=0=0+0+0 \quad \Omega(0) = P_3^3 = 3!/3! = 1$$

$$U=1=1+0+0 \quad \Omega(1) = P_3^2 = 3!/2! = 3$$

$$U=2=1+1+0 \text{ ou } 2+0+0 \quad \Omega(2) = P_3^2 + P_3^2 = 3+3=6$$

$$U=3=1+1+1 \text{ ou } 1+2+0 \text{ ou } 3+0+0 \quad \Omega(3) = P_3^3 + P_3 + P_3^2 = 1+6+3=10$$

$$U=4=1+1+2 \text{ ou } 0+2+2 \text{ ou } 0+1+3 \quad \Omega(4) = P_3^2 + P_3^2 + P_3 = 3+3+6=12$$

$$U=5=1+1+3 \text{ ou } 1+2+2 \text{ ou } 0+2+3 \quad \Omega(5) = P_3^2 + P_3^2 + P_3 = 3+3+6=12$$

$$U=6=1+2+3 \text{ ou } 2+2+2 \text{ ou } 0+3+3 \quad \Omega(6) = P_3 + P_3^3 + P_3^2 = 6+1+3=10$$

$$U=7=1+3+3 \text{ ou } 2+2+3 \quad \Omega(7) = P_3^2 + P_3^2 = 3+3=6$$

$$U=8=2+3+3 \quad \Omega(8) = P_3^2 = 3$$

$$U=9=3+3+3 \quad \Omega(9) = P_3^3 = 1$$

Situação com $n=0, 1, 2, 3 \dots \infty$ $\Omega(0), \Omega(1), \Omega(2), \Omega(3)$ são iguais ao anterior

$$U=4=1+1+2 \text{ ou } 0+2+2 \text{ ou } 0+1+3 \text{ ou } 0+0+4$$

$$\Omega(4) = P_3^2 + P_3^2 + P_3 + P_3^2 = 3+3+6+3=15$$

$$U=5=1+1+3 \text{ ou } 1+2+2 \text{ ou } 0+2+3 \text{ ou } 0+1+4 \text{ ou } 0+0+5$$

$$\Omega(5) = P_3^2 + P_3^2 + P_3 + P_3 + P_3^2 = 3+3+6+6+3=21$$

$$U=6=1+2+3 \text{ ou } 2+2+2 \text{ ou } 0+3+3 \text{ ou } 0+2+4 \text{ ou } 1+1+4 \text{ ou } 0+1+5 \text{ ou } 0+0+6$$

$$\Omega(6) = P_3 + P_3^3 + P_3^2 + P_3 + P_3^2 + P_3 + P_3^2 = 6+3+3+6+3+6+3=30$$

$$U=7 = 1+3+3 \text{ ou } 2+2+3 \text{ ou } 0+3+4 \text{ ou } 1+2+4 \text{ ou } 0+2+5 \text{ ou } 1+1+5 \text{ ou } 0+1+6 \text{ ou } 0+0+7$$

$$\Omega(7) = P_3^2 + P_3^2 + P_3 + P_3 + P_3 + P_3^2 + P_3 + P_3^2 = 3+3+6+6+6+3+6+3 = 36$$

$$U=8 = 2+3+3 \text{ ou } 0+4+4 \text{ ou } 1+3+4 \text{ ou } 0+3+5 \text{ ou } 1+2+5 \text{ ou } 0+2+6 \text{ ou } 1+1+6 \text{ ou } 0+1+7$$

$$\text{ou } 0+0+8$$

$$\Omega(8) = P_3^2 + P_3^2 + P_3 + P_3 + P_3 + P_3 + P_3^2 + P_3 + P_3^2 = 3+3+6+6+6+6+3+6+3$$

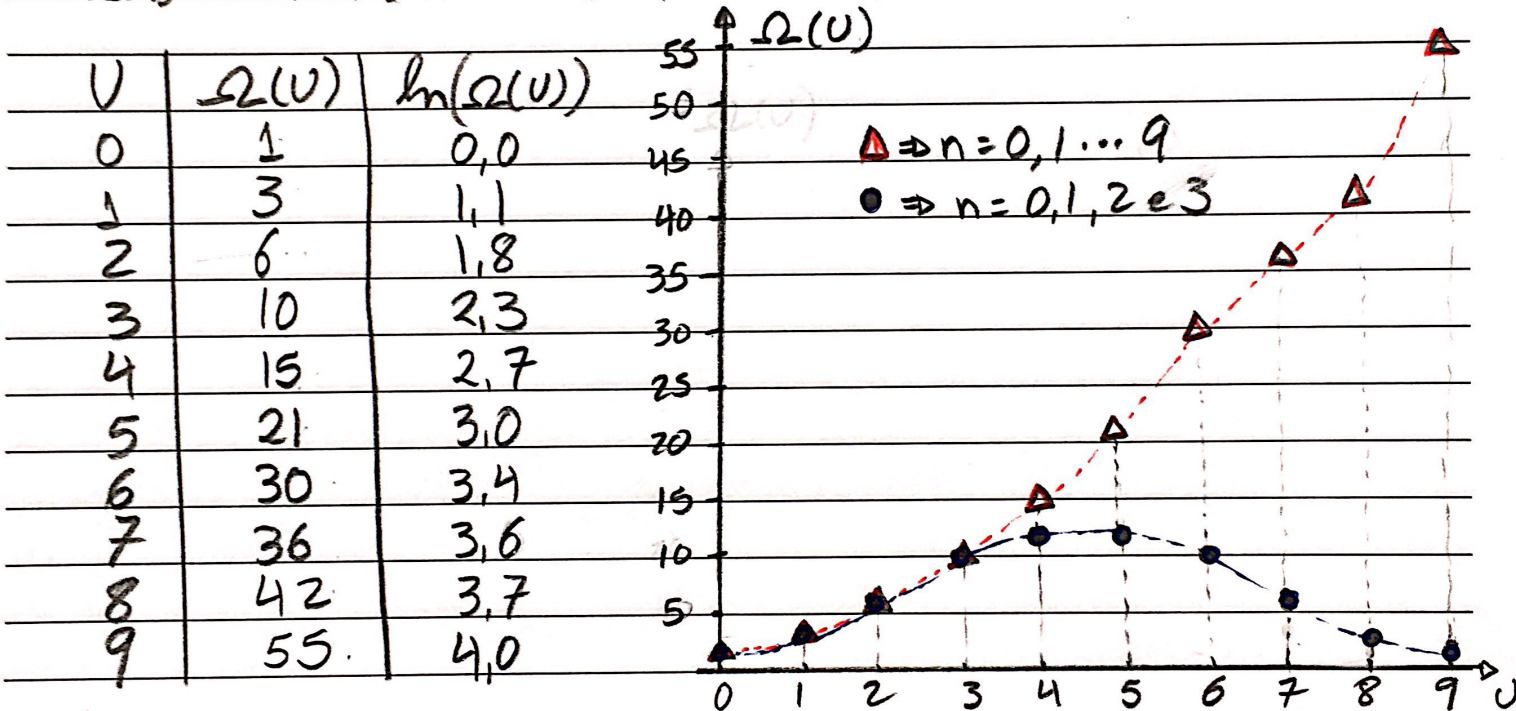
$$\Omega(8) = 42$$

$$U=9 = 3+3+3 \text{ ou } 2+3+4 \text{ ou } 1+4+4 \text{ ou } 0+4+5 \text{ ou } 1+3+5 \text{ ou } 2+2+5 \text{ ou } 0+3+6$$

$$\text{ou } 1+2+6 \text{ ou } 0+2+7 \text{ ou } 1+1+7 \text{ ou } 0+1+8 \text{ ou } 0+0+9$$

$$\Omega(9) = P_3^3 + P_3 + P_3^2 + P_3 + P_3 + P_3^2 + P_3 + P_3 + P_3 + P_3^2 + P_3 + P_3^2$$

$$\Omega(9) = 1+6+3+6+6+3+6+6+6+3+6+3 = 55$$



$$\text{Neste caso } \Delta S_{AB} = S_B - S_A = k \ln \left(\frac{\Omega_B}{\Omega_A} \right) = k \ln \left(\frac{\Omega(4)}{\Omega(2)} \right)$$

$$\Delta S_{AB} \propto \ln \left(\frac{15}{6} \right) \approx \ln(2)$$

$$\Delta S_{BC} = k \ln \left(\frac{\Omega_C}{\Omega_B} \right) = k \ln \left(\frac{\Omega(8)}{\Omega(4)} \right) \propto \ln \left(\frac{42}{15} \right) \approx \ln(2)$$

Se não houver limitações nas energias acessíveis a cada partícula, então o número de microestados aumenta com a energia, ou temperatura, do sistema.