

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Departamento de Química
Processos de Separação I
2º Teste – 25 de Maio de 2016

I

Pretende-se extrair o ácido acético de uma solução aquosa de composição 50% massa em ácido, usando para o efeito éter isopropílico (contendo um teor em água de 1%). Os dados de equilíbrio são apresentados na figura em anexo. A extracção será realizada em dois andares de equilíbrio. Considerando que se processa 100kg de alimentação aquosa e que no 1º andar o solvente é adicionado à alimentação na proporção de 1:1 determine:

- a) As composições e os caudais das correntes de extracto e de refinado à saída do 1º andar;
- b) A quantidade mínima de solvente possível de usar no 1º andar. Justifique a sua resposta;
- c) Pretendendo-se obter um teor de 5% de ácido acético no refinado à saída do 2º andar de equilíbrio, calcule o rendimento de extracção nesse andar.
- d) Comente a seguinte frase: “um solvente de extracção deve apresentar uma elevada afinidade pelo soluto mas ao mesmo tempo pouca ou nenhuma afinidade pelo diluente (solvente presente na alimentação)”

Nota: todas as percentagens indicadas são percentagens mássicas.

II

Utiliza-se ar a 50°C e com uma temperatura de saturação adiabática de 25°C para secar um sólido num secador de tabuleiros que funciona adiabaticamente. Sabendo que o caudal de ar seco a usar será de 5 kg/s e que o ar sairá do secador a 32°C determine:

- a) As características do ar à saída do secador (temperaturas de termómetro seco e húmido, humidades absoluta e relativa; entalpia);
- b) A quantidade de água removida do sólido pelo ar;
- c) A temperatura do sólido à sua superfície no período de velocidade de secagem constante. Justifique correctamente a sua resposta;
- d) O tempo total de secagem do sólido.

Dados:

Humidades iniciais e finais do sólido: 0.6 e 0.2 kg_{água}/kg_{sólido seco};

Secador: 10 tabuleiros, cada um de dimensão 60x60 cm. O sólido é colocado sobre cada tabuleiro formando um bolo de espessura de 3 cm (densidade do sólido = 0.9 g/cm³). A secagem dá-se a partir da superfície superior do leito.

Curva de secagem experimental:

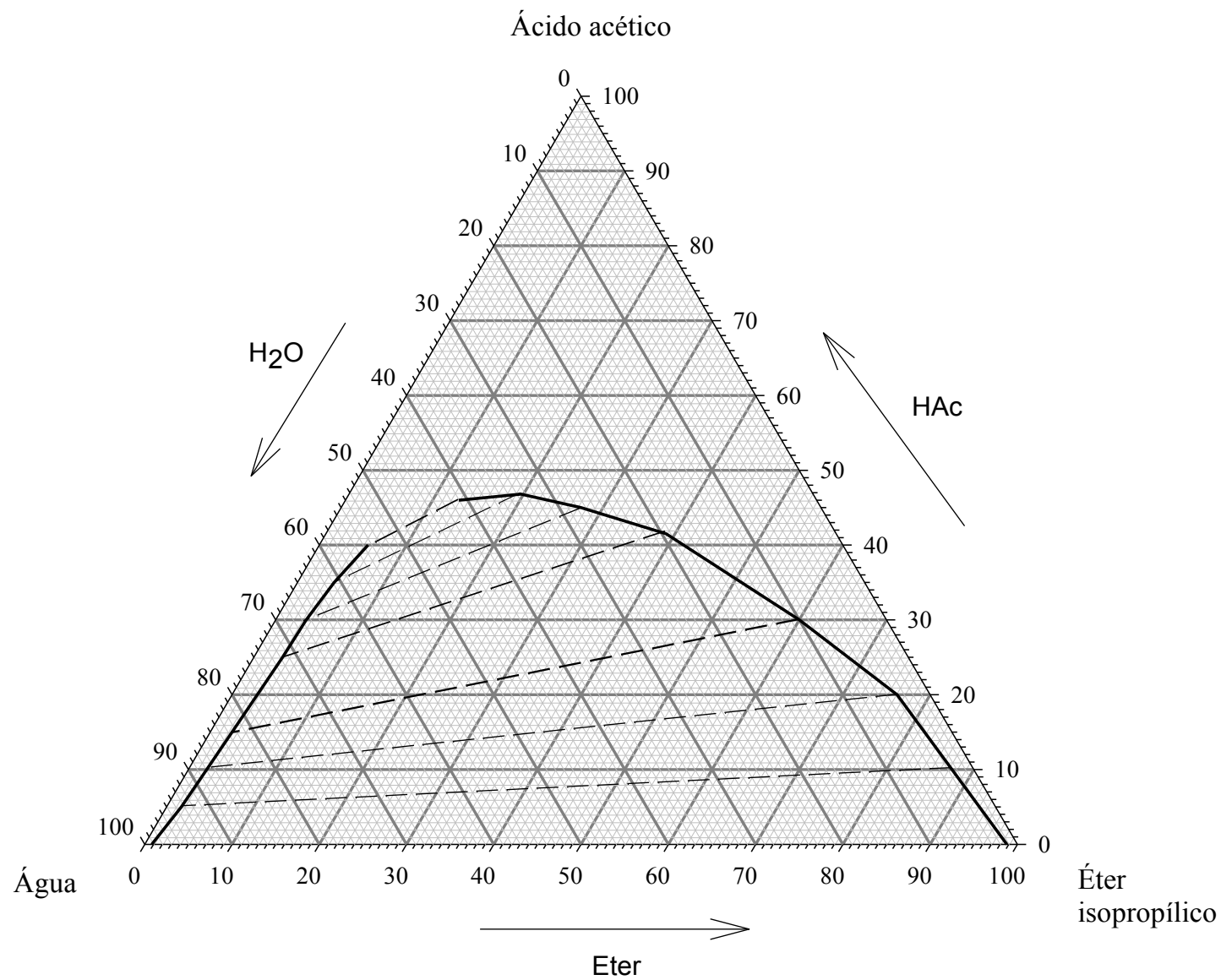
1) Período de velocidade de secagem constante: fluxo de calor fornecido ao sólido é constante e igual a 450 J/(s.m²);

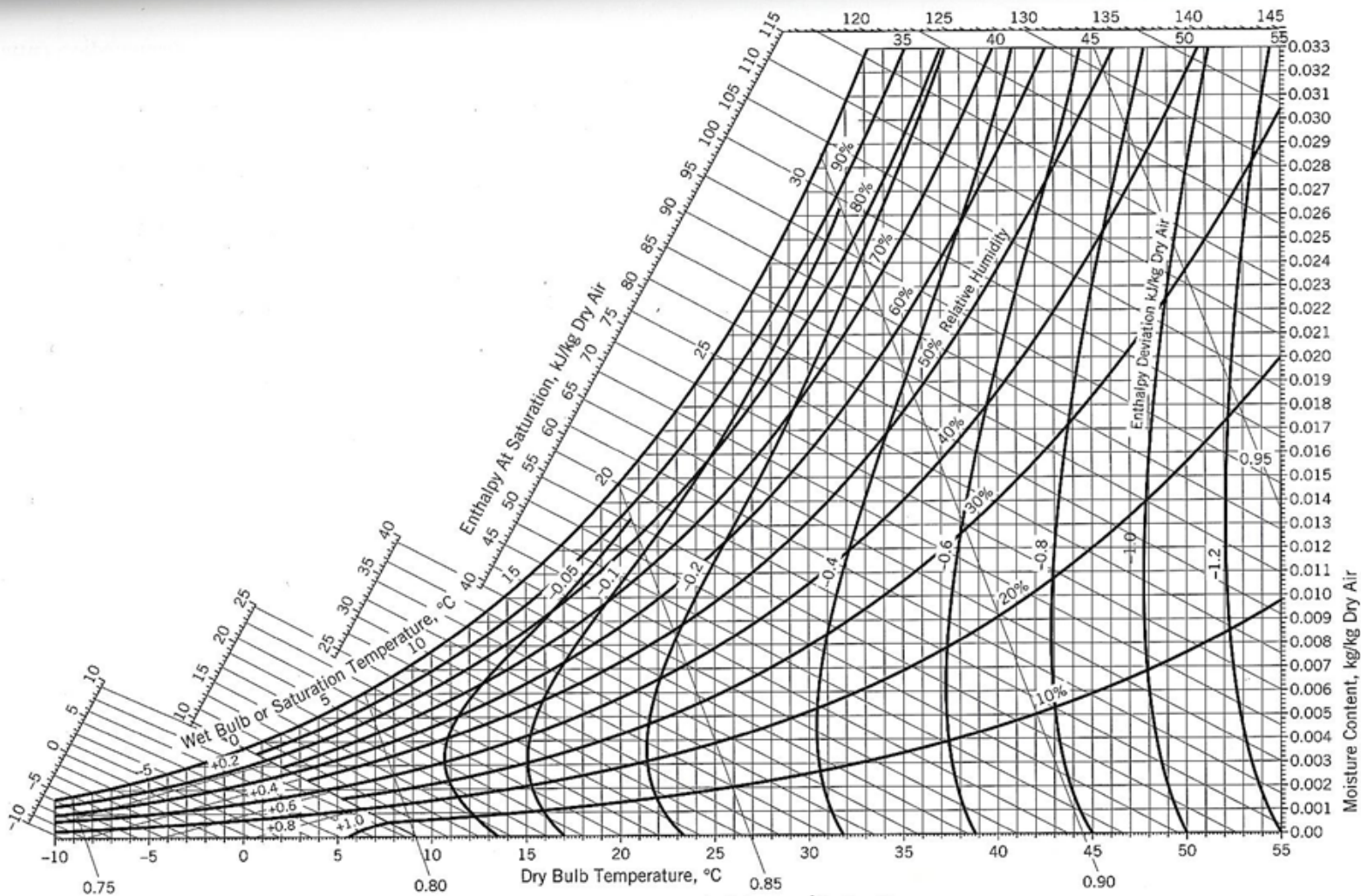
2) Período de velocidade de secagem decrescente: a velocidade de secagem é proporcional à humidade do sólido;

Humidade crítica: 0.4kg_{água}/kg_{sólido seco}; Humidade de equilíbrio: 0.06kg_{água}/kg_{sólido seco}.

$c_p \text{ H}_2\text{O} = 4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$; $\lambda \text{ H}_2\text{O} = 2.383 \times 10^6 \text{ J/kg}$

$$N = - \frac{M_S}{A} \left(\frac{dH_S}{dt} \right)$$

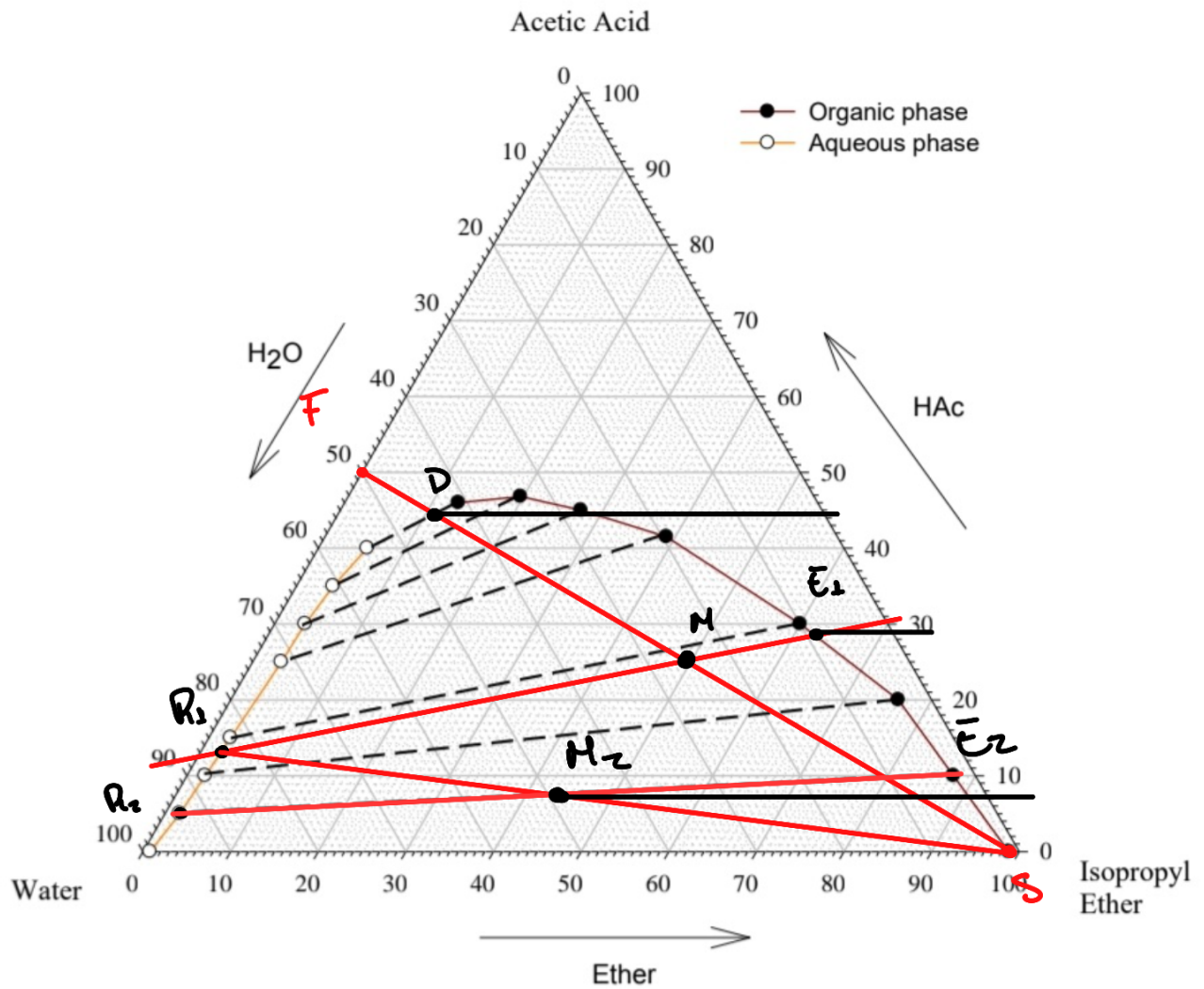




Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

Humid Volume, m³/kg Dry Air

Ternary System - 20°C



6/1

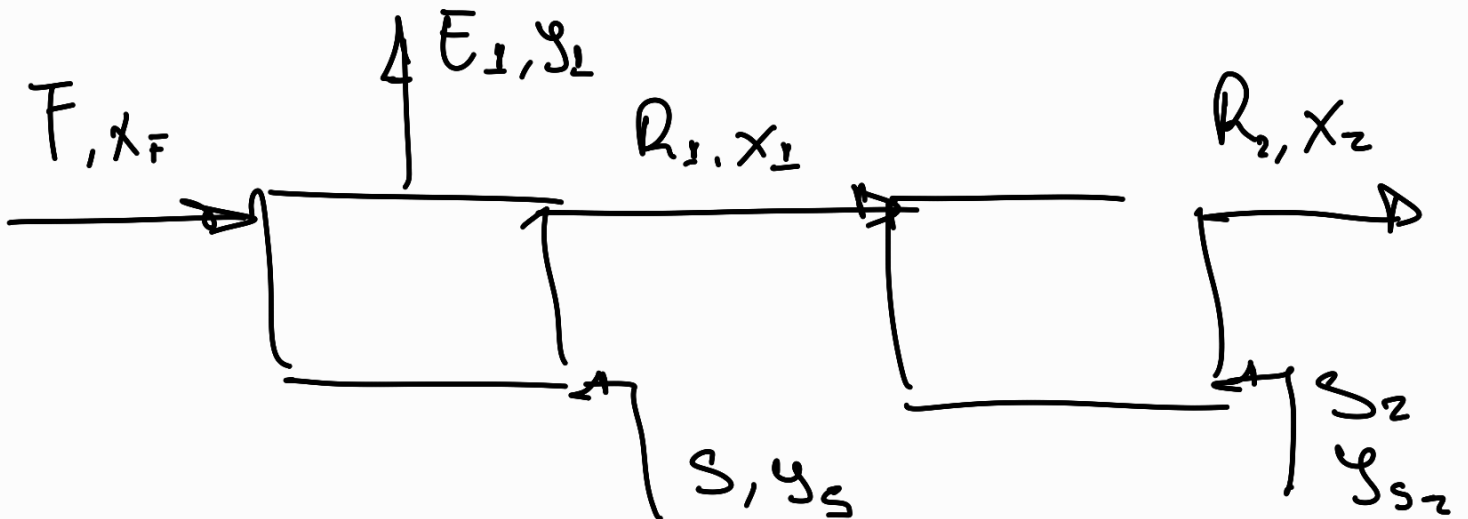
$$F = 100 \text{ Kg}$$

$$X_F = 0,5$$

$$S = 100 \text{ Kg}$$

$$y_S = 0$$

$$y_{S, H_2O} = 0,01$$



$$M = F + S = 200 \text{ Kg}$$

Assumiendo $S \approx y_{S,Et} = 1$

$$\frac{S}{F} = \frac{X_M - X_F}{y_{S^0} - X_M}$$

$$-X_M = X_M - X_F$$

$$X_M = \frac{0,5}{2} = 0,25$$

R₁:

$$X_{1,HA_c} = 0,13$$

$$X_{1,H_2O} = 0,85$$

$$X_{1,Et} = 0,04$$

E₁:

$$y_{1,HA_c} = 0,29$$

$$y_{1,Et} = 0,63$$

$$y_{1,H_2O} = 0,08$$

$$R_1 = M \frac{y_1 - X_M}{y_1 - X_1}$$

$$R_1 = 200 \left(\frac{0,29 - 0,25}{0,29 - 0,13} \right)$$

$$= 50 \text{ Kg} \quad \downarrow \quad T_1 = 150 \text{ Kg}$$

$$b) \quad X_D = 0,45$$

$$\frac{S_{\min}}{F} = \frac{X_D - X_F}{\cancel{y_S^0} - X_D}$$

$$S_{\min} = 100 \left(\frac{0,45 - 0,5}{-0,45} \right)$$

$= 11,1 \text{ Kg} \quad \downarrow$ é quantidade min de solvente para haverem 2 fases.

$$c) \quad X_2 = 0,05$$

$$\frac{S_2}{R_1} =$$

$$S_2 = 50 \left(\frac{X_{M2} - X_1}{\cancel{y_{S2}^0} - X_{M2}} \right)$$

$$= 50 \left(\frac{0,07 - 0,13}{-0,07} \right)$$

$$= 42,86 \text{ Kg}$$

$$M_2 = 50 + 42,86 = 92,86 \text{ Kg} \downarrow$$

$$R_2 = M_2 \cdot \left(\frac{y_2 \cdot x_{u2}}{y_2 - x_2} \right)$$

$$= 92,86 \left(\frac{0,1 - 0,07}{0,1 - 0,05} \right)$$

$$= 55,72 \text{ Kg} \downarrow$$

$$\% \text{ Extra } c_2 = \frac{(50)(0,13) - (55,72)(0,05)}{(50)(0,13)}$$

$$= 57,1 \% \downarrow$$

III ..

$$T_{g1} = 50^{\circ}\text{C}$$

$$T_g = 32^{\circ}$$



$$H_{rel} = 5\%$$

$$H_{rel} = 30\%$$

$$T_{h1} = T_{h2} =$$

a)

$$H'_1 = 0,0025$$
$$\text{Kg/Kg}_{Ar}$$

$$G = 5 \frac{\text{Kg}_{Ar}}{\text{s}}$$

$$H'_2 = 0,0099 \text{ Kg/Kg}_{Ar}$$

$$E_{G1} = E_{G2} = 57,5 \text{ KJ/Kg}_{Ar \text{ seco}}$$

b)

$$H'_2 - H'_1 = 0,0099 - 0,0025$$
$$= 0,0074 \text{ Kg/Kg}_{Ar \text{ seco}}$$

$$\dot{m}_{H_2O} = (0,0074)(5) = 0,037 \frac{\text{Kg}_{H_2O}}{\text{s}}$$

c) $T_s = T_h = 25^\circ\text{C}$ porque
o processo é adiabático e
a temperatura de secagem
constante

d) $t_{\text{total}} = t_{\text{cst}} + t_{\text{dec.}}$

$$t_{\text{cst}} = - \frac{M_s}{A} \cdot \frac{H_c - H_{s1}}{N_c}$$

$$H_{s1} = 0,6 \quad H_{s2} = 0,2 \frac{\text{Kg water}}{\text{Kg s}}$$

$$\begin{aligned} A &= 3600 \text{ cm}^2 \cdot \text{N}^\circ \\ \delta &= 3 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{aligned} 10800 \text{ cm}^3 &= V \end{aligned} \right.$$

$$\rho = 0,9 \text{ g cm}^{-3}$$

$$M_s = 9720 \text{ g}$$

$$Q = 450 \text{ J.s}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$N_c \lambda_{\text{vap}} = Q \Rightarrow N_c = \frac{450}{2383 \times 10^6}$$

$$H_c = 0,4 \quad = 1,88 \times 10^{-4} \text{ Kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

$$h^*_g = 0,06$$

$$t_{c+h_c} = - \frac{9,720}{0,36} \cdot \frac{0,4 - 0,6}{1,88 \times 10^{-4}} \\ = 28723 \text{ s} \downarrow$$

$$t_{\text{dec}} = \frac{-9,72(0,4 - 0,06)}{(1,88 \times 10^{-4})(0,36)} \ln \left(\frac{0,2 - 0,06}{0,4 - 0,06} \right) \\ = 43326 \text{ s} \downarrow$$

$$t_{\text{total}} = \frac{28723 + 43326}{3600}$$

$$= 20 \text{ h} \downarrow$$