



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - II Sessione 2017

**Sezione B**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 1 – Chimica**

Una miscela di butano, pentano ed esano, di portata pari a 150 kmol/h, viene sottoposta a distillazione. Le specifiche di separazione sono: frazione molare del pentano nel distillato  $\leq 0.005$ ; frazione molare del butano nel residuo  $\leq 0.005$  in moli. L'alimentazione entra in colonna come liquido saturo.

Si richiede di:

- effettuare il bilancio di materia, determinando portate e composizioni del distillato e del residuo;
- stabilire la pressione operativa in testa alla colonna;
- stabilire il numero di piatti effettivi della colonna, con un rapporto di riflusso  $E = 1.4 \cdot E_{\min}$

Si assumano le perdite di carico in colonna pari a 0.3 atm; la viscosità del liquido è pari a 0.18 mPa·s.

	Butano	Pentano	Esano
Composizione alimentazione (% moli)	15	30	55
Tensione di vapore (atm)	$\ln p_s = 9.0449 - \frac{2154.90}{T(^{\circ}\text{C}) + 238.75}$	$\ln p_s = 9.2212 - \frac{2454.03}{T(^{\circ}\text{C}) + 230}$	$\ln p_s = 9.4863 - \frac{2849.06}{T(^{\circ}\text{C}) + 230}$

Numero di stadi minimo: metodo di Fenske:

$$N_{\min} + 1 = \frac{\log \frac{d_{lk} \cdot r_{hk}}{d_{hk} \cdot r_{lk}}}{\log \alpha_{lk}}$$

$d_{lk}$  = portata del componente chiave leggero nel distillato (kmol/h);

$d_{hk}$  = portata del componente chiave pesante nel distillato (kmol/h);

$r_{lk}$  = portata del componente chiave leggero nel residuo (kmol/h);

$r_{hk}$  = portata del componente chiave pesante nel residuo (kmol/h);

$$\alpha_i = \sqrt{\alpha_i(T_D) \cdot \alpha_i(T_R)} \quad \alpha_i(T) = \frac{K_i(T)}{K_{hk}(T)} \quad y_i = K_i \cdot x_i \quad \text{per un sistema ideale: } K_i = \frac{p_s(T)}{P}$$

$K_{hk}$  = costante di equilibrio del componente chiave pesante;

*Eroglu*  
*55er*  
*Zurip*



$T_D$  = temperatura di condensazione di una miscela vapore con la stessa composizione del distillato;  
 $T_R$  = temperatura di ebollizione di una miscela liquida con la stessa composizione del residuo.

### Rapporto di riflusso minimo: metodo di Underwood

$$\sum \frac{\alpha_i \cdot x_{Di}}{\alpha_i - \theta} = E_{\min} + 1 \quad \theta \text{ si ricava da} \quad \sum \frac{\alpha_i \cdot x_{Fi}}{\alpha_i - \theta} = f$$

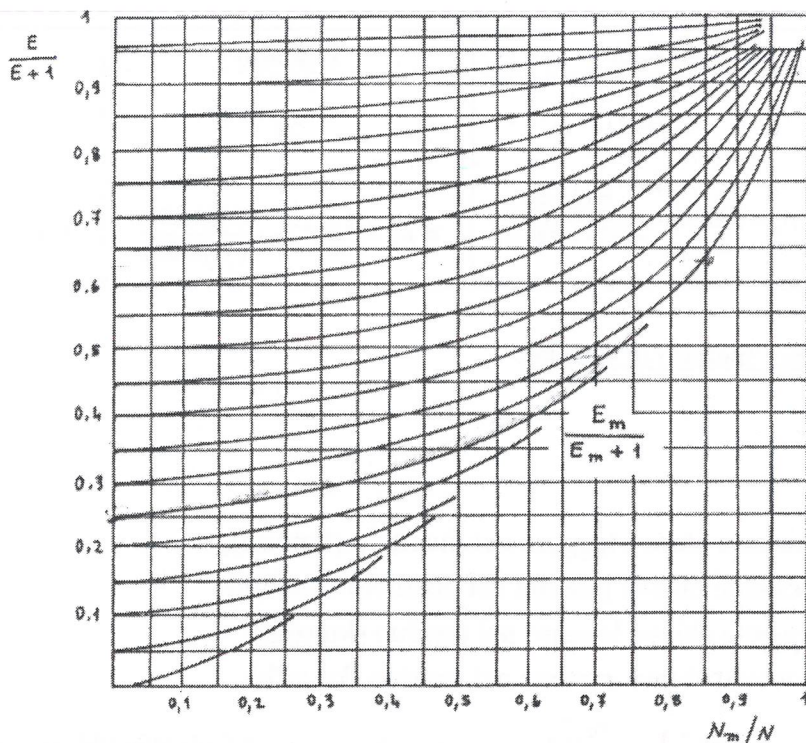
$f$  = frazione di vapore nell'alimentazione;

$\theta$  = parametro, il cui valore deve essere compreso tra  $\alpha_{lk}$  e 1;

$x_{Di}$  = frazione molare del componente i-esimo nel distillato;

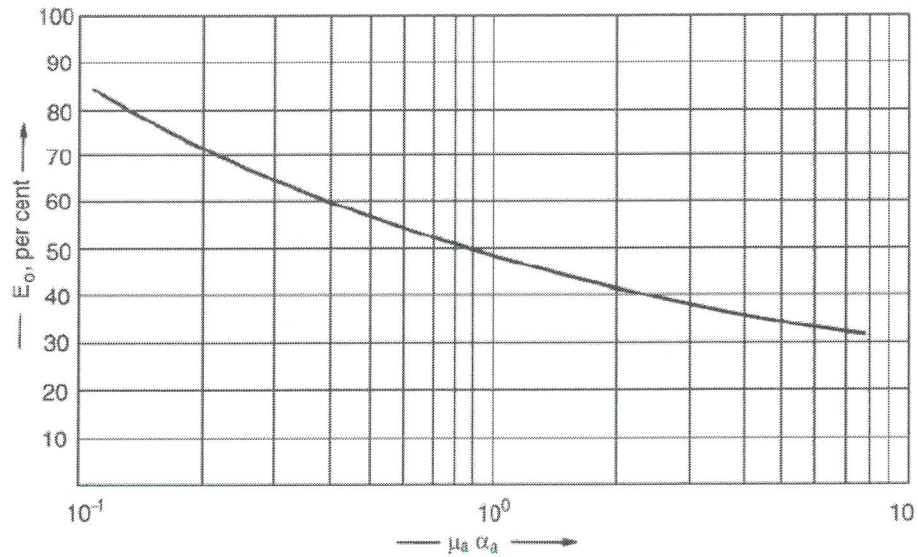
$x_{Fi}$  = frazione molare del componente i-esimo nell'alimentazione.

### Calcolo del numero di stadi e del rapporto di riflusso: diagramma di Erbar-Maddox





Efficienza dei piatti: diagramma di O'Connell



$$E_o = \frac{N_{teorici}}{N_{effettivi}}$$

$\mu_L$  = viscosità media del liquido, espressa in mPa·s.





SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - II Sessione 2017

**Sezione B**  
**PROVA PRATICA**  
**16 Febbraio 2018**

**Tema n° 2 – Meccanica**

**Dimensionare**

a) una pompa a stantuffo a due cilindri a doppio effetto con i seguenti dati:

portata totale  $Q_{\text{tot}} = 14 \text{ dm}^3/\text{s}$

rendimento volumetrico  $\eta_v = 0.95$

velocità media dello stantuffo  $v_m = 1 \text{ m/s}$ .

Scegliendo un opportuno rapporto corsa/alesaggio, determinare:

1. Corsa C e Alesaggio D
2. Cilindrata V e cilindrata totale  $V_{\text{tot}}$
3. Velocità di rotazione n
4. Potenza richiesta
5. Eseguire un disegno di massima della macchina

b) Una turbopompa operante con i seguenti dati:

velocità di rotazione  $\omega = 183 \text{ rad/s}$

portata totale  $Q_{\text{tot}} = 14 \text{ dm}^3/\text{s}$

prevalenza  $H = 13.5 \text{ m}$

potenza = 477 kW

si chiede, mediante calcolo del rendimento:

1. Il diametro massimo

Infine confrontare l'ingombro massimo delle due macchine.

*Handwritten signatures and notes:*  
Zurip  
E. P. ...  
T. S.  
D. P. ...  
S. P. ...







SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – Sezione Industriale - II Sessione 2017

**Sezione B**  
**PROVA PRATICA**  
**16 febbraio 2018**

### **Tema n° 3 – Energetica/Nucleare**

Una tubazione in acciaio ( $\lambda_s = 50 \text{ W/mK}$ ) lunga 100 metri è percorsa da acqua calda entrante alla temperatura di  $95^\circ\text{C}$ , ed è lambito esternamente da aria a  $10^\circ\text{C}$ . Il coefficiente di scambio con l'aria esterna sia pari a  $h_e = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . La velocità dell'acqua all'interno del tubo è pari a  $0,25 \text{ m/s}$ . Determinare la temperatura di uscita dell'acqua e la potenza dispersa.

Nell'ipotesi che siano disponibili delle coppelle di lana di roccia per l'isolamento della tubazione ( $\lambda_i = 0.06 \text{ W/mK}$ ), determinare lo spessore di isolamento necessario affinché l'acqua esca ad una temperatura non inferiore a  $93^\circ\text{C}$ .

Tracciare graficamente il profilo di temperatura nei due casi.

Altri dati:

densità dell'acqua:  $\rho_a = 962 \text{ kg/m}^3$

calore specifico dell'acqua:  $c_p = 4205 \text{ J/kgK}$

viscosità dinamica dell'acqua:  $\mu_a = 3.7 \cdot 10^{-4} \text{ kg/ms}$

conducibilità termica dell'acqua:  $\lambda_a = 0.67 \text{ W/mK}$

Diametro interno del tubo:  $38.1 \text{ mm}$

Diametro esterno del tubo:  $48.3 \text{ mm}$

Il coefficiente di scambio interno (acqua-parete del tubo) può essere calcolato con la formula:

$$\text{Nu} = h D / \lambda_a = 0.023 \text{ Re}^{0.8} \text{Pr}^{0.4}$$

verificando preventivamente che il moto sia turbolento.

