

Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di Ingegnere
I sessione 2004

Settore: Ingegneria Chimica

Si consideri un refluo industriale composto da una miscela di solventi organici che si desidera separare e recuperare in vista di un successivo riutilizzo.

Il refluo ha una portata totale di 500 kg/h e si trova alla pressione di 1 bar ed alla temperatura di 20°C; la sua composizione (in termini di percentuali massicce) è la seguente:

- 25% acetone
- 35 % etanolo
- 25 % acetato di etile
- 15 % acqua.

L'obiettivo è di conseguire un recupero di ciascun componente organico pari almeno al 90% (in massa), con un contenuto di acqua inferiore allo 0.1 % (sempre in massa). Si intende operare la separazione mediante colonne di distillazione.

Il candidato:

- individui e giustifichi la sequenza delle separazioni volte a conseguire il recupero indicato;
- per ogni colonna di distillazione determini il numero di stadi di equilibrio teorici e reali, il rapporto di riflusso minimo e quello effettivo;
- per ogni colonna di distillazione calcoli il carico termico al condensatore ed al ribollitore, le portate di acqua e di vapore da utilizzarsi rispettivamente nei condensatori e nei ribollitori e si stimino le aree dei condensatori e dei ribollitori che sono necessari;
- valuti la fattibilità di integrazioni energetiche all'interno del processo, stimando l'entità del risparmio conseguibile;
- indichi la logica di controllo da utilizzarsi per la gestione dell'impianto.

Elenco degli Allegati

- Tensione di vapore dell'acqua in funzione della temperatura.
- Tensione di vapore dell'etanolo in funzione della temperatura.
- Tensione di vapore dell'acetone in funzione della temperatura.
- Tensione di vapore dell'acetato di etile in funzione della temperatura.

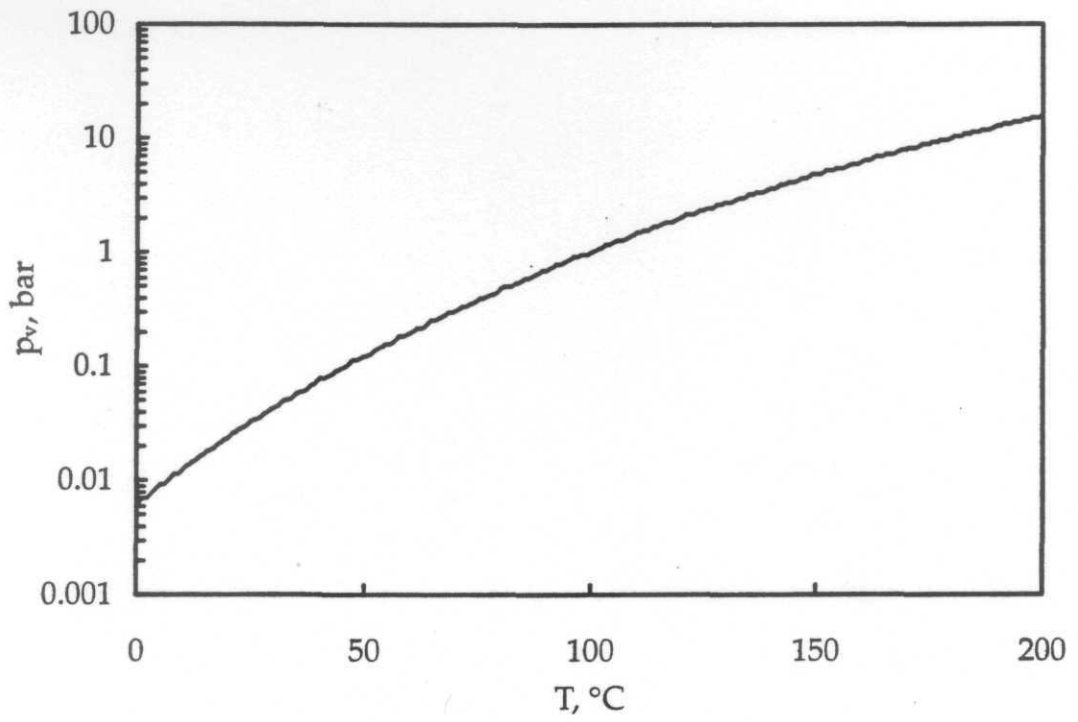
- Entalpia di vaporizzazione dell'acqua in funzione della temperatura.
- Entalpia di vaporizzazione dell'etanolo in funzione della temperatura.
- Entalpia di vaporizzazione dell'acetone in funzione della temperatura.
- Entalpia di vaporizzazione dell'acetato di etile in funzione della temperatura.

- Calore specifico a pressione costante dell'acqua in funzione della temperatura.
- Calore specifico a pressione costante dell'etanolo in funzione della temperatura.
- Calore specifico a pressione costante dell'acetone in funzione della temperatura.
- Calore specifico a pressione costante dell'acetato di etile in funzione della temperatura.

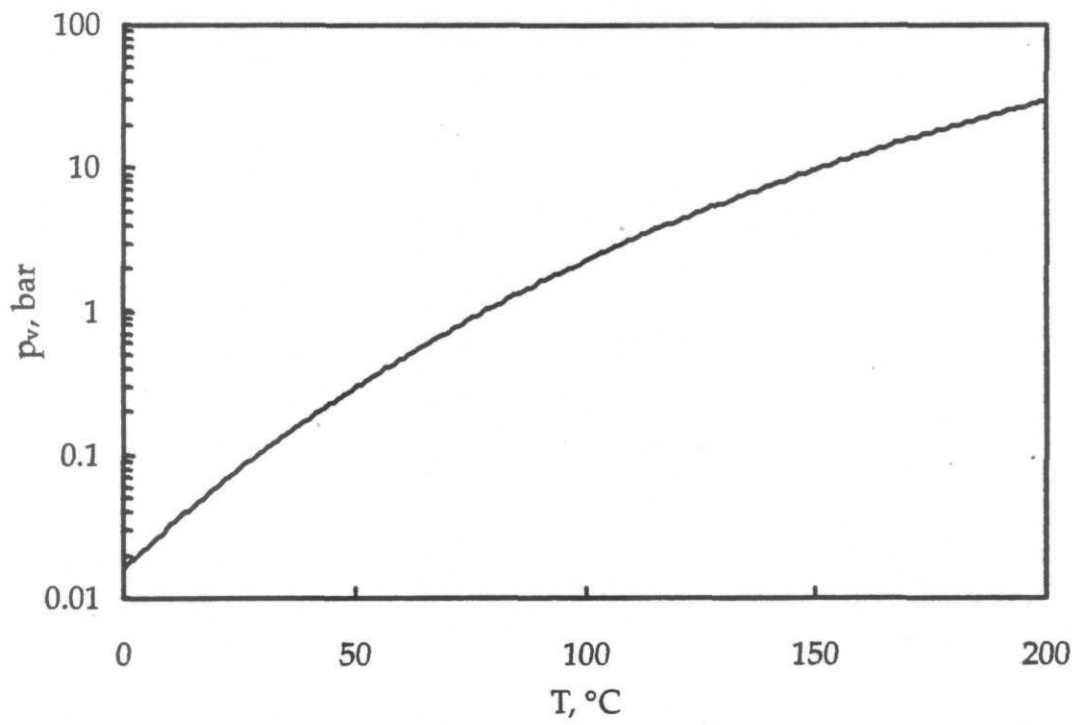
- Diagramma di stato temperatura-composizione (alla pressione di 1 bar) per il sistema acqua-etanolo.
- Diagramma di stato temperatura-composizione (alla pressione di 1 bar) per il sistema acqua-acetone.
- Diagramma di stato temperatura-composizione (alla pressione di 1 bar) per il sistema acqua-acetato di etile.
- Diagramma di stato temperatura-composizione (alla pressione di 1 bar) per il sistema acetone-etanolo.
- Diagramma di stato temperatura-composizione (alla pressione di 1 bar) per il sistema acetone-acetato di etile.
- Diagramma di stato temperatura-composizione (alla pressione di 1 bar) per il sistema etanolo-acetato di etile.
- Diagramma di stato temperatura-composizione (alla pressione di 2 bar) per il sistema etanolo-acetato di etile.
- Diagramma di stato temperatura-composizione (alla pressione di 0.1 bar) per il sistema etanolo-acetato di etile.

- Equilibri liquido-vapore, 40-800°F, tratto da Hadden, S. T_v Grayson, H. G., *Hydrocarb. Proc. and Vetrà. Refiner.* 40(1961), p.207.
- Correlazione di Gilliland, tratta da Robinson C. S., Gilliland E. R., *Elements of Fractional Distillatici*, McGraw hill, New York, 1950, p. 349.

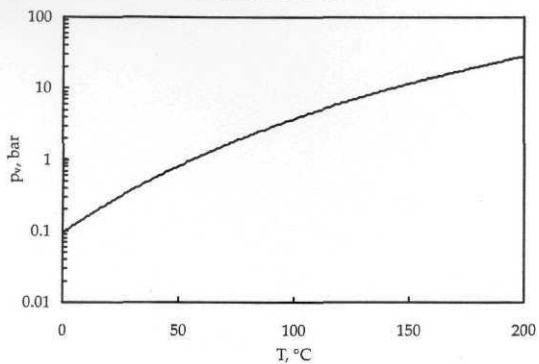
Tensione di vapore dell'acqua



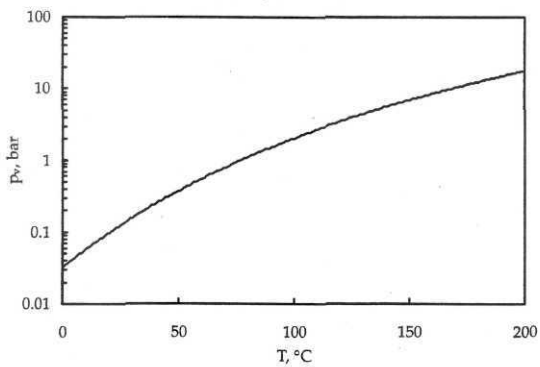
Tensione di vapore dell'etanolo



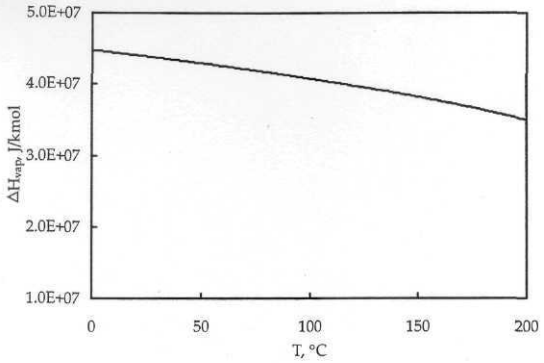
Tensione di vapore dell'acetone



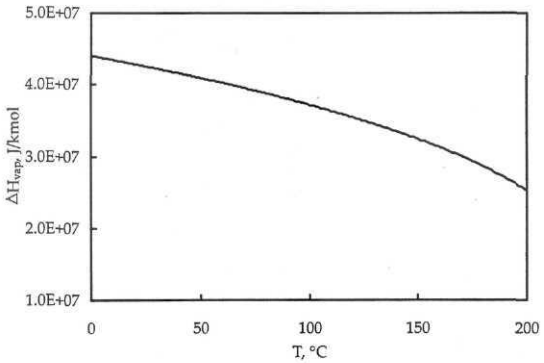
Tensione di vapore dell'acetato di etile



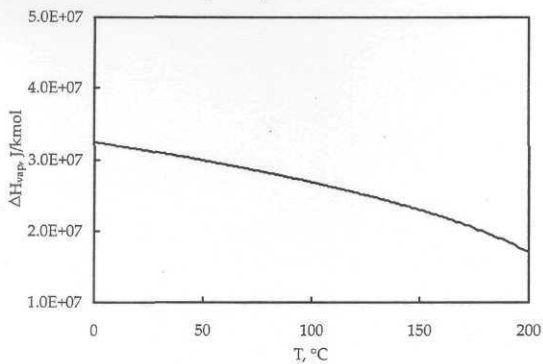
Entalpia di vaporizzazione dell'acqua



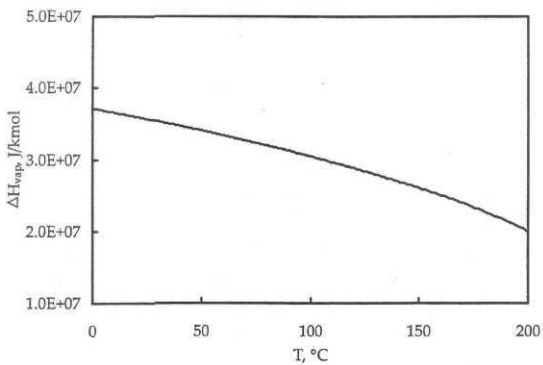
Entalpia di vaporizzazione dell'etanolo



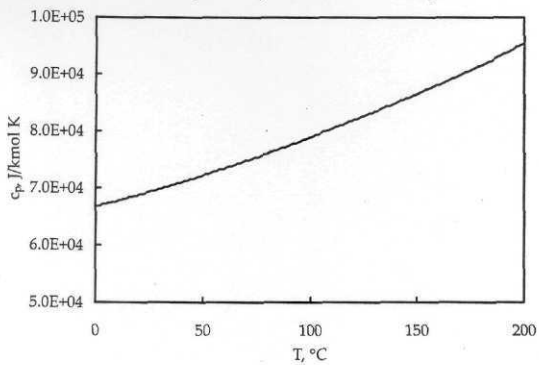
Entalpia di vaporizzazione dell'acetone



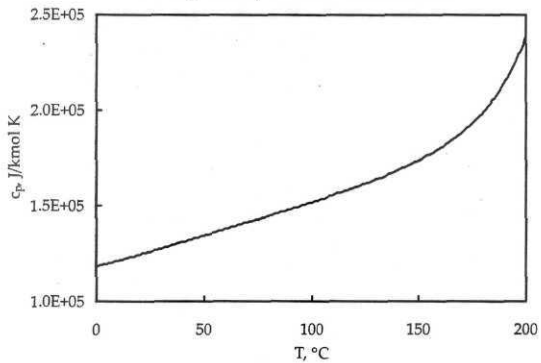
Entalpia di vaporizzazione dell'acetato di etile



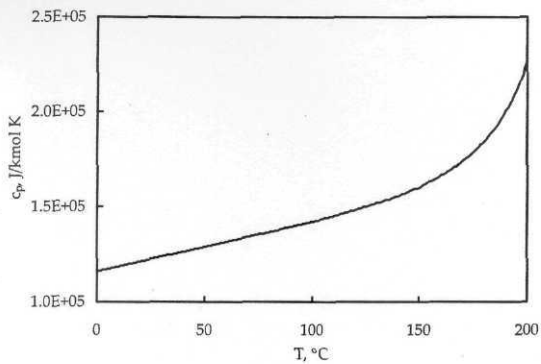
Calore specifico a pressione costante dell'acqua



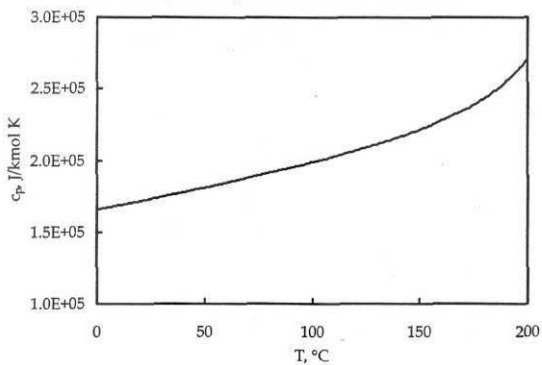
Calore specifico a pressione costante dell'etanolo

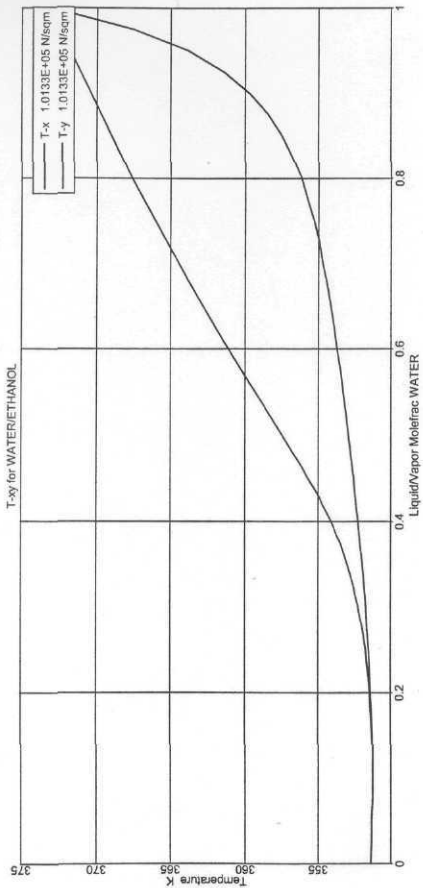


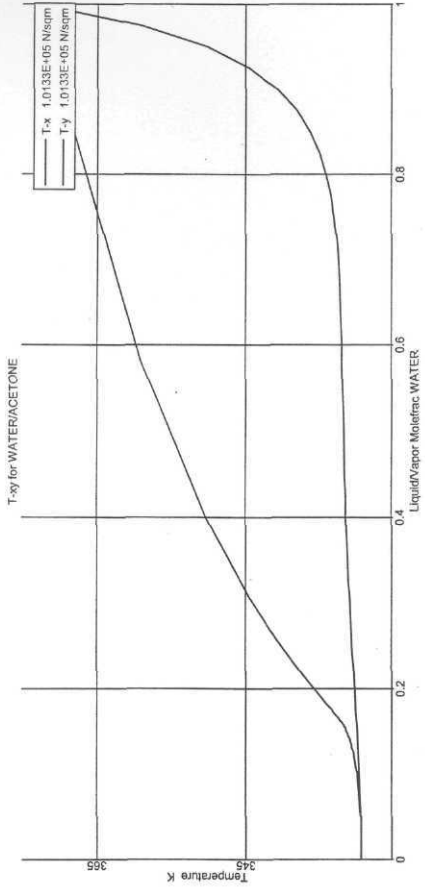
Calore specifico a pressione costante dell'acetone

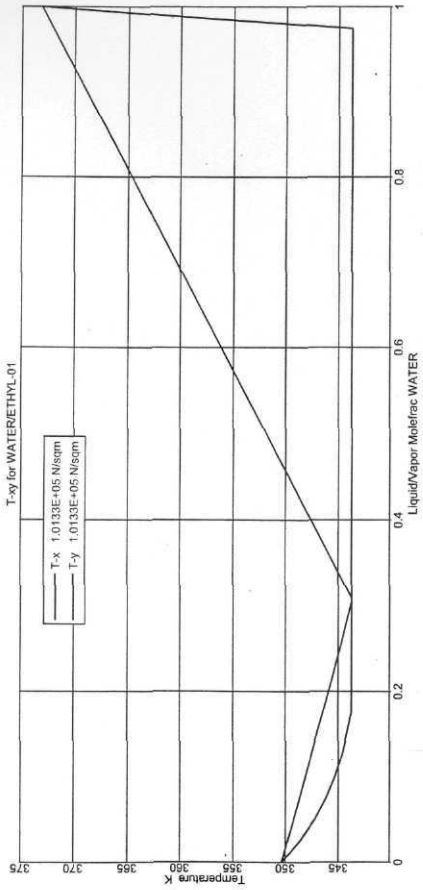


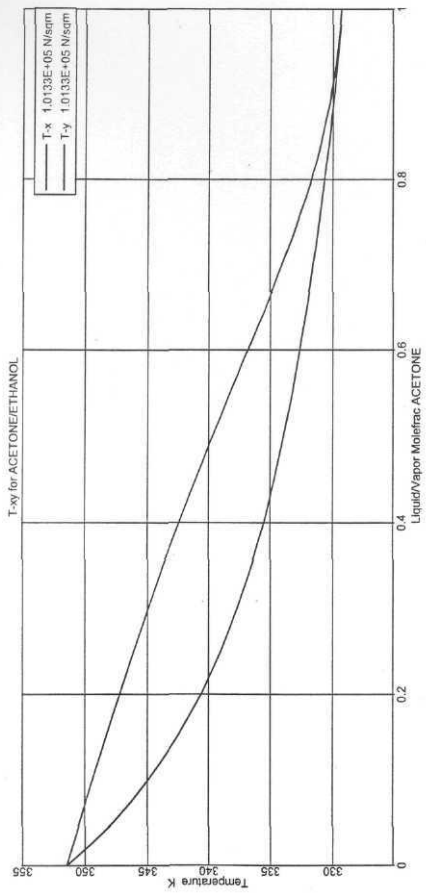
Calore specifico a pressione costante dell'acetato di etile

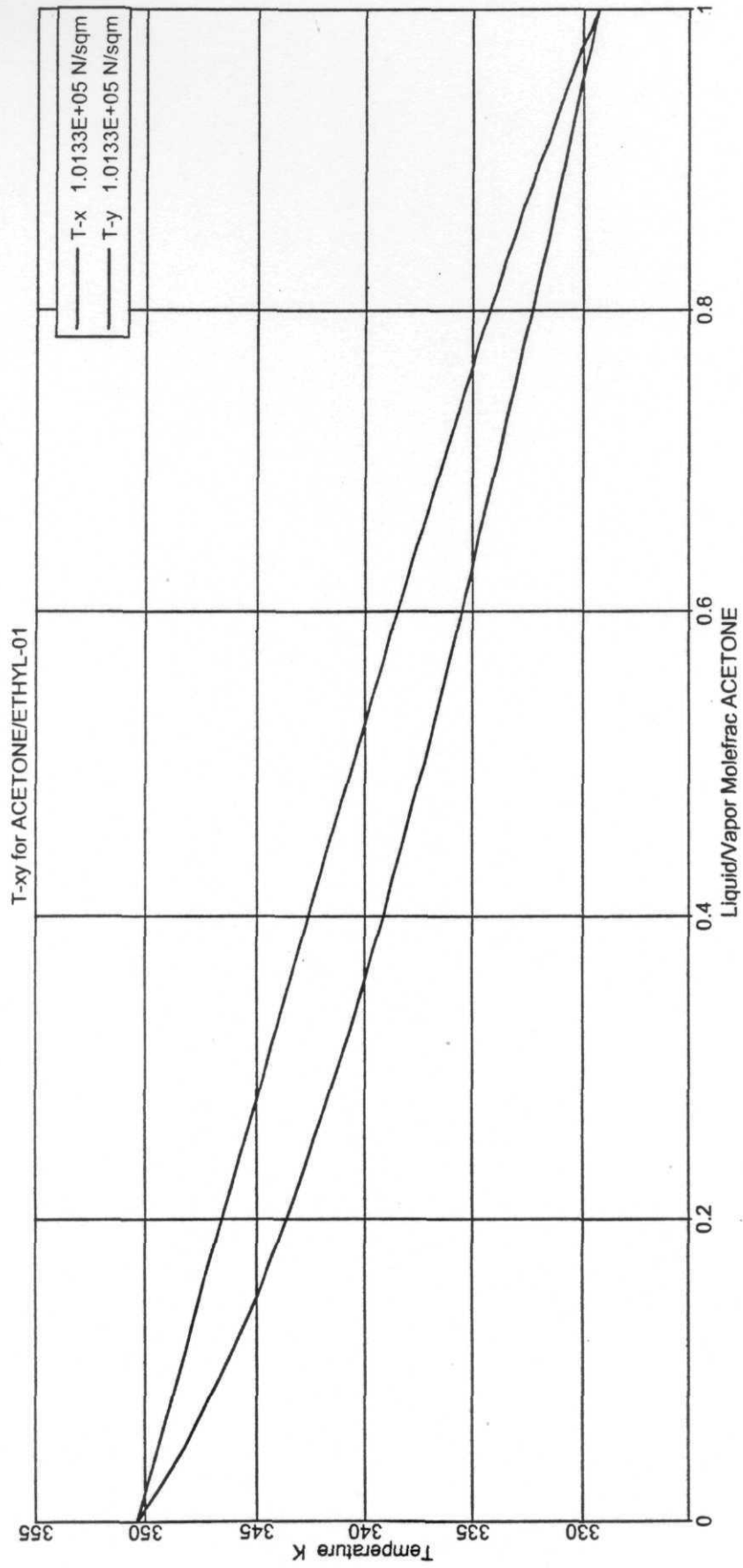


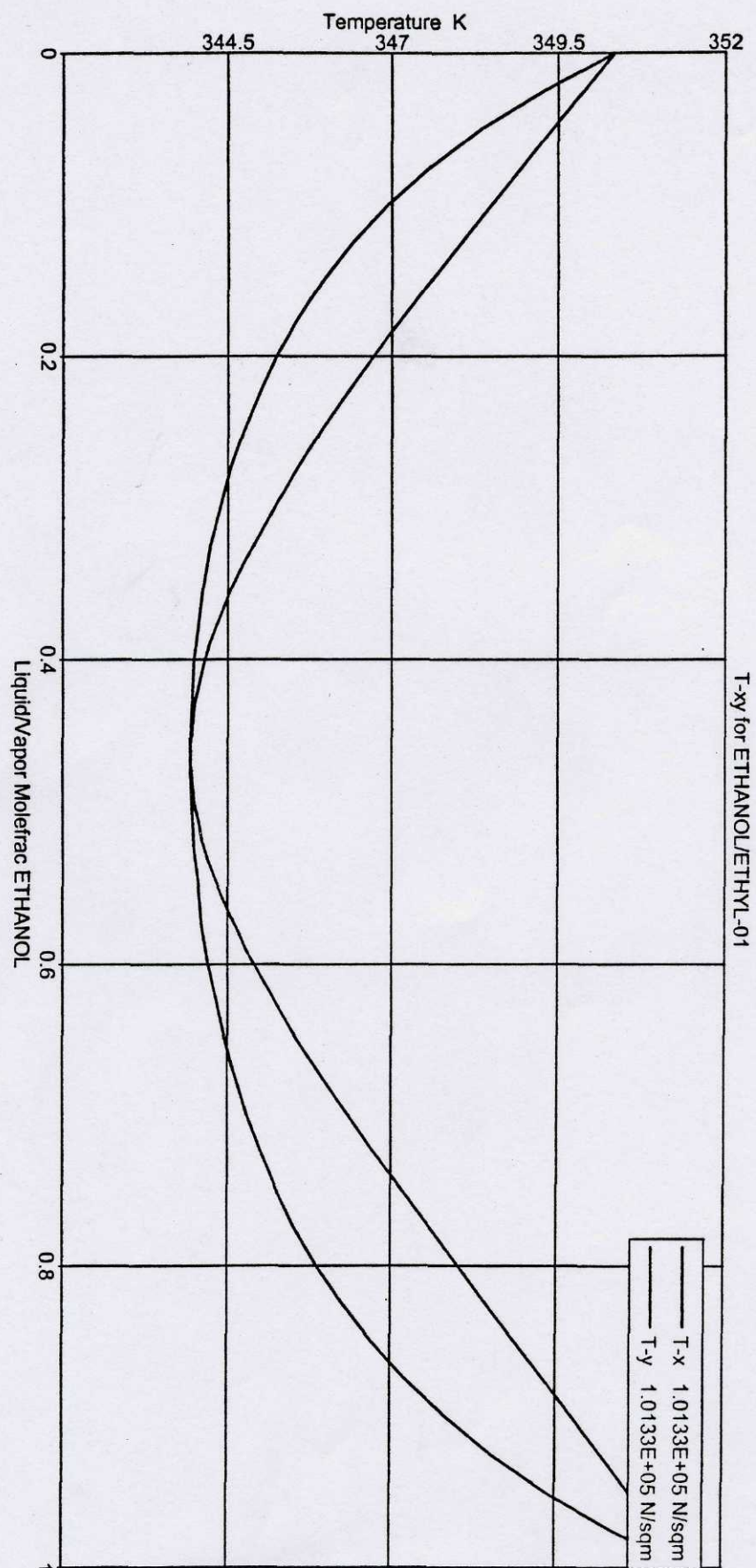


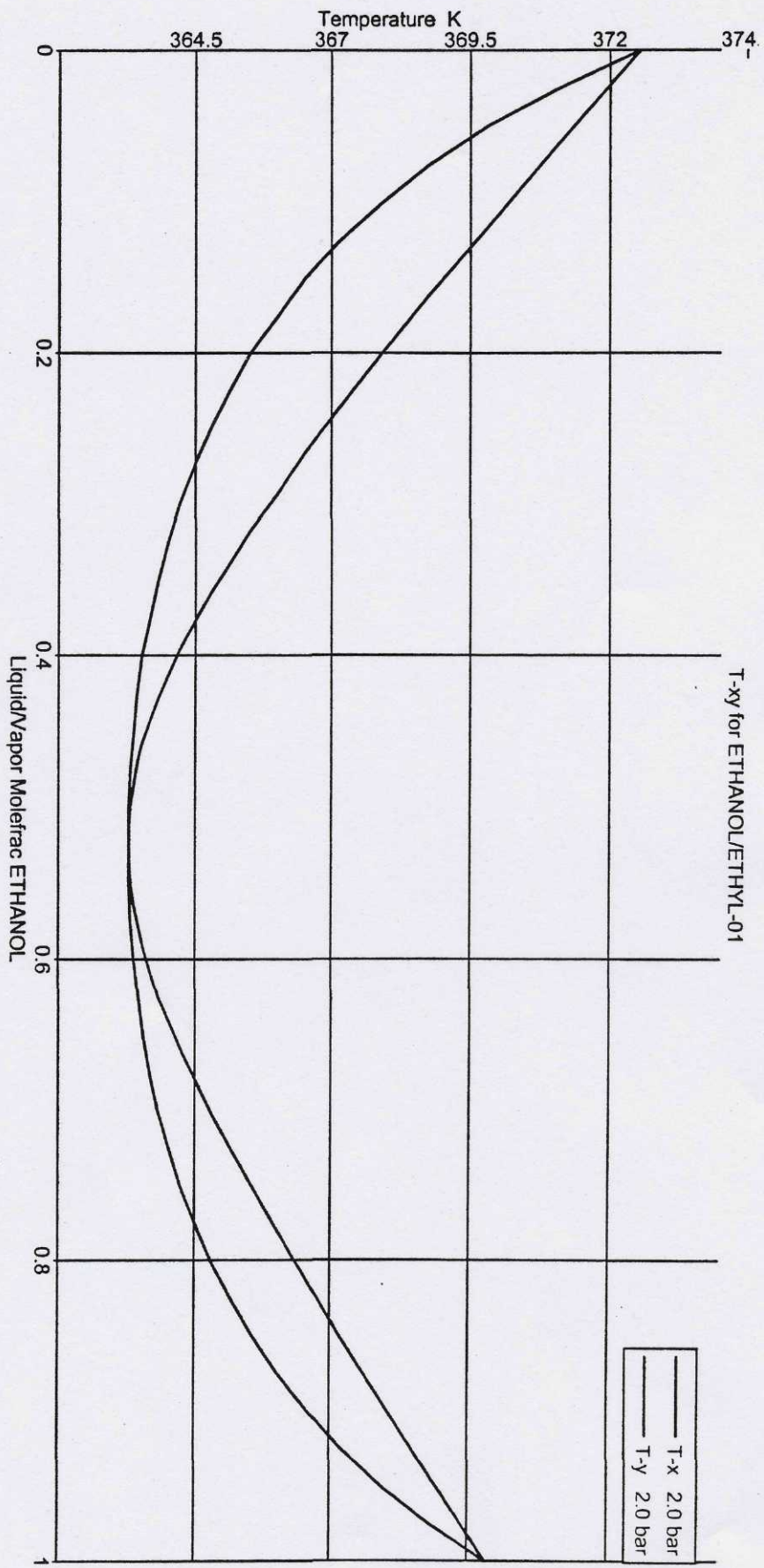


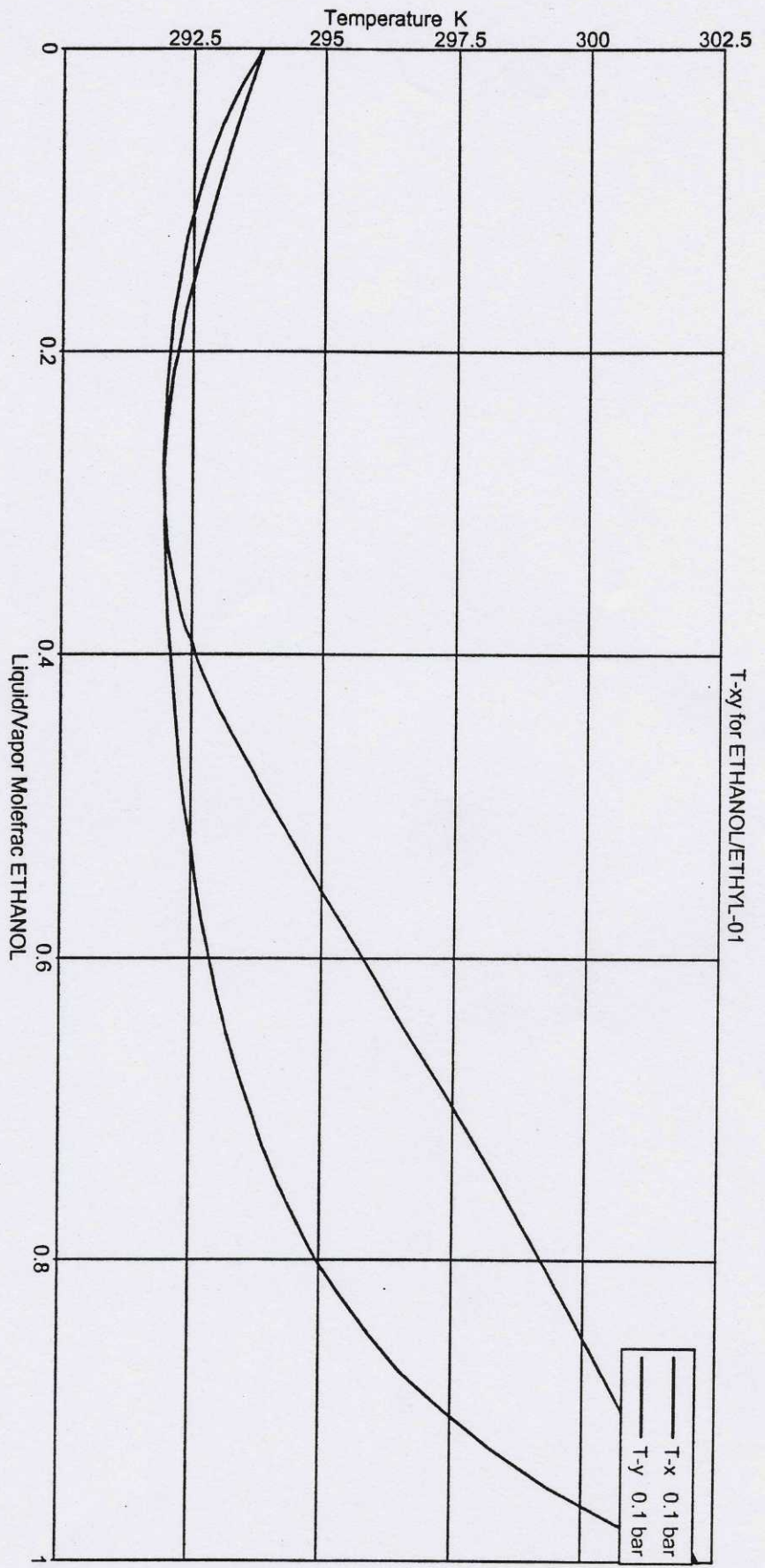












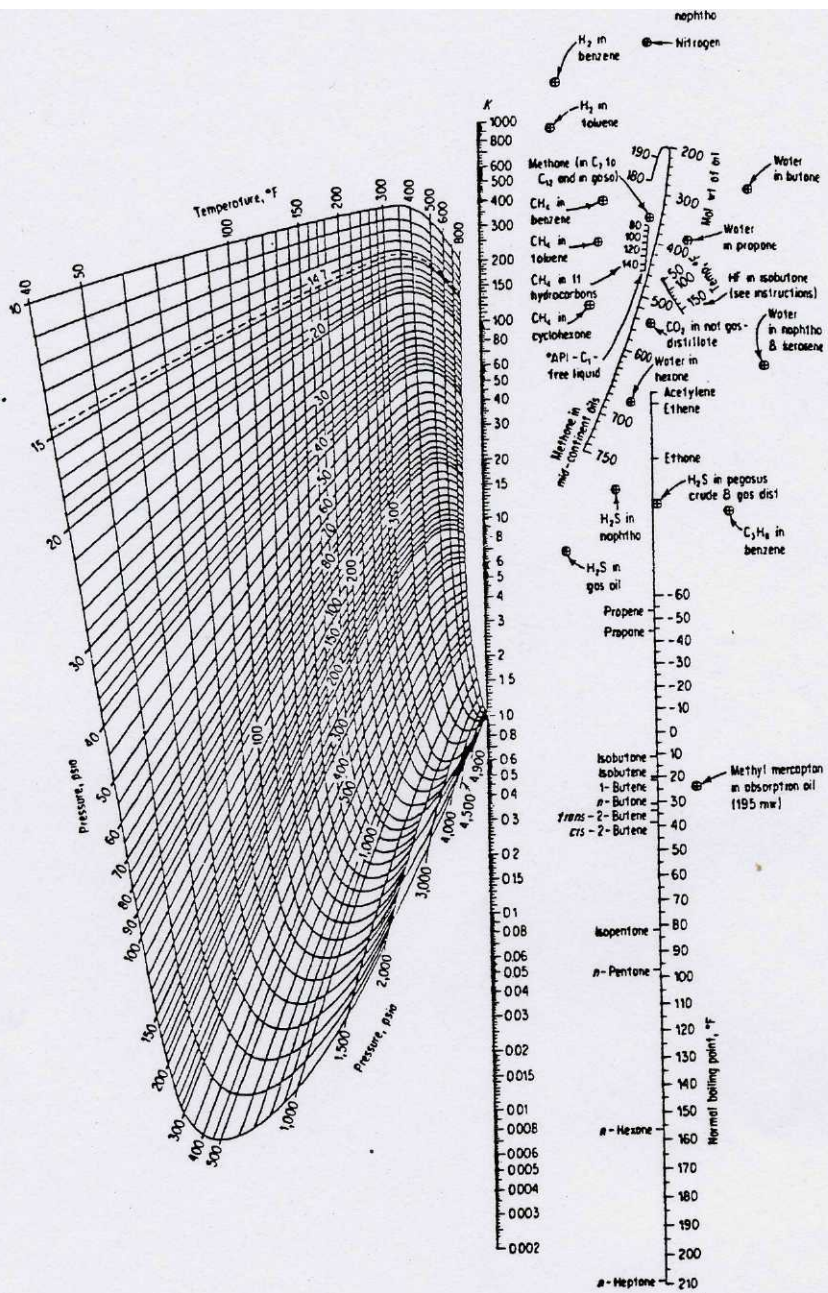


FIGURE C1-1
 Vapor-liquid equilibria, 40 to 800°F. [From S. T. Hadden and H. G. Grayson, *Hydrocarb. Proc. and Petrol. Refiner*, 40: 207 (September 1961).]

