

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

II SESSIONE ANNO 1997

RAMO CHIMICO TEMA N. 2

La/Il Candidata/o fornisca il diagramma di flusso quantificato per un processo che permetta il la trasformazione in ammoniaca della corrente, definita in calce, con un rendimento minimo del 94% ($100 \cdot \text{kgN}(\text{NH}_3)/\text{kgN}(\text{N}_2)$) e una dispersione termica del reattore del 5%.

Approfondisca inoltre una parte dell'analisi del processo (costi, sicurezza o regolazione). In assenza di informazioni disponibili la/il candidata/o fornisca delle ipotesi personali.

La/Il Candidata/o deve fornire i risultati in modo chiaro, schematico e leggibile nella forma di una relazione tecnica di presentazione e fattibilità del processo; lo schema di flusso deve essere riportato sulla prima facciata del primo foglio e seguito da un indice e un eventuale glossario.

In allegato sono riportati alcuni diagrammi, tabelle e correlazioni riguardanti le caratteristiche dei componenti del sistema.

In assenza;

1) del diagramma di flusso, completamente e correttamente quantificato e comprendente tutte le operazioni necessarie al funzionamento del processo;

2) dell'indice che permetta di individuare le diverse fasi di sviluppo del calcolo;

la prova **non sarà considerata sufficiente** al superamento dell'esame.

Definizione della corrente

1. Stato

Portata	12000	Nm ³ /h
Temperatura	40	°C
Pressione	20	bar

2. Composizione

Azoto	72.9%
Idrogeno	24.3%
Metano	1.4%
Argo	0.9%
Elio	0.5%

Idrogeno.

Temperatura critica: 33,4 °K
 Pressione critica: 12,8 atm

L'idrogeno si avvicina di più, come caratteristiche, ai gas di Van der Waals adottando per la sua temperatura critica il valore di 41 °K e per la sua pressione critica il valore di 21 atm [14]. Nel calcolo delle temperature e delle pressioni ridotte andranno pertanto adoperati questi ultimi valori.

Calore specifico a 1 atm, in kcal/kmol °K, da 0 °C a 2000 °C:

$$\begin{aligned} c_p &= 6,5 + 0,0009 T && [15] [16] \text{ errore normale } 3 \% \\ \text{oppure: } c_p &= 6,85 + 0,00028 T + 0,22 \cdot 10^{-6} T^2 && [16] \text{ errore normale } 1,5\% \\ \text{oppure: } c_p &= 6,62 + 0,00081 T && [17] \\ \text{oppure: } c_p &= 6,88 + 0,000066 T + 27,9 \cdot 10^{-6} T^2 && [18] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= 0 \\ \Delta S^\circ &= 0 \\ \Delta F^\circ &= 0 \end{aligned}$$

Azoto

Temperatura critica: 126 °K
 Pressione critica: 33,5 atm

Calore specifico a 1 atm, in kcal/kmol °K, da 0 °C a 2000 °C:

$$\begin{aligned} c_p &= 6,5 + 0,001 T && [16] [17] \text{ errore normale } 3 \% \\ \text{oppure: } c_p &= 6,76 + 0,000606 T + 0,13 \cdot 10^{-6} T^2 && [16] \text{ errore normale } 1,5\% \\ \text{oppure: } c_p &= 6,3 + 0,001819 T - 0,345 \cdot 10^{-6} T^2 && [18] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= 0 \\ \Delta S^\circ &= 0 \\ \Delta F^\circ &= 0 \end{aligned}$$

Ammoniaca (g).

Temperatura critica: 405,6 °K
 Pressione critica: 111,5 atm

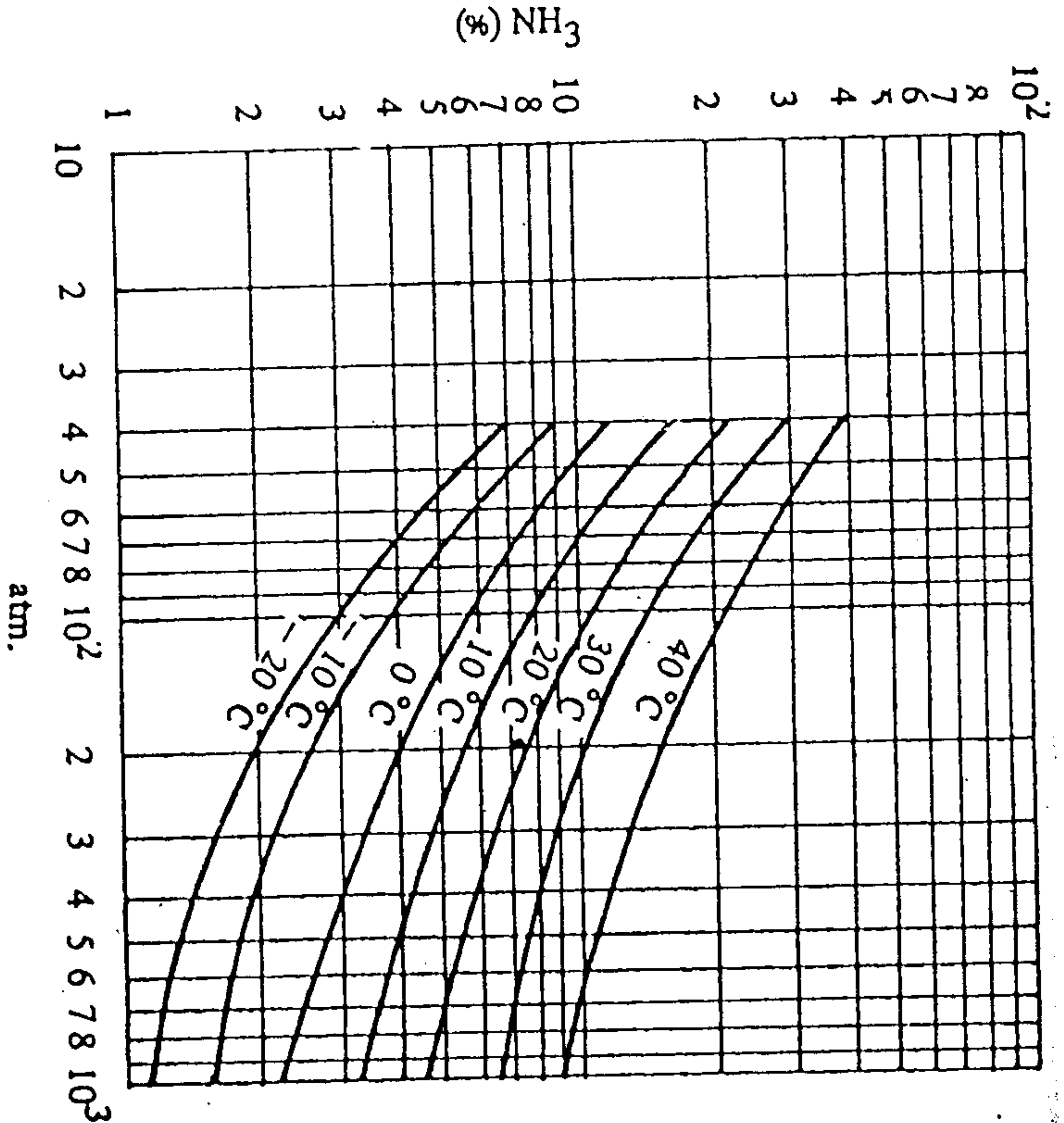
Calore specifico a 1 atm, in kcal/kmol °K:

$$\begin{aligned} c_p &= 6,7 + 0,0063 T && [16] [17] \text{ errore normale } 1,5\% \\ \text{oppure: } c_p &= 6,5846 + 0,61251 \cdot 10^{-2} T + 0,23663 \cdot 10^{-5} T^2 - 1,5981 \cdot 10^{-9} T^3 && [19] \text{ errore normale } 0,4\% \\ \text{oppure: } c_p &= 5,92 + 0,008963 T - 1,764 \cdot 10^{-6} T^2 && [18] \text{ (da } 0 \text{ °C a } 2000 \text{ °C)} \\ \text{oppure: } c_p &= 7,561 + 0,00373 T + 1,4 \cdot 10^{-6} T^2 && [20] \text{ (da } 0 \text{ °C a } \sim 500 \text{ °C)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= -11020 \pm 70 \text{ kcal/kmol } [21] \\ \Delta S^\circ &= 24,0 \pm 0,8 \text{ kcal/kmol °K } [22] \\ \Delta F^\circ &= \Delta H^\circ - 298 \Delta S^\circ = -3900 \pm 100 \text{ kcal/kmol } [23] \end{aligned}$$

percentuale di ammoniaca in fase vapore
in funzione della Pressione e della Temperatura

All 2



leung
All 3

Valori del K_p per la reazione: $\frac{1}{2} N_2 + \frac{3}{2} H_2 \rightleftharpoons NH_3$

Pressioni atm	Temperature, °C				
	325	350	400	450	500
1	0,0401	0,0266	0,0129	0,00664	0,00382
100	—	—	0,0137	0,0072	0,00403
300	—	—	—	0,0088	0,00498
600	—	—	—	0,0130	0,00651
1000	—	—	—	0,0233	0,00985

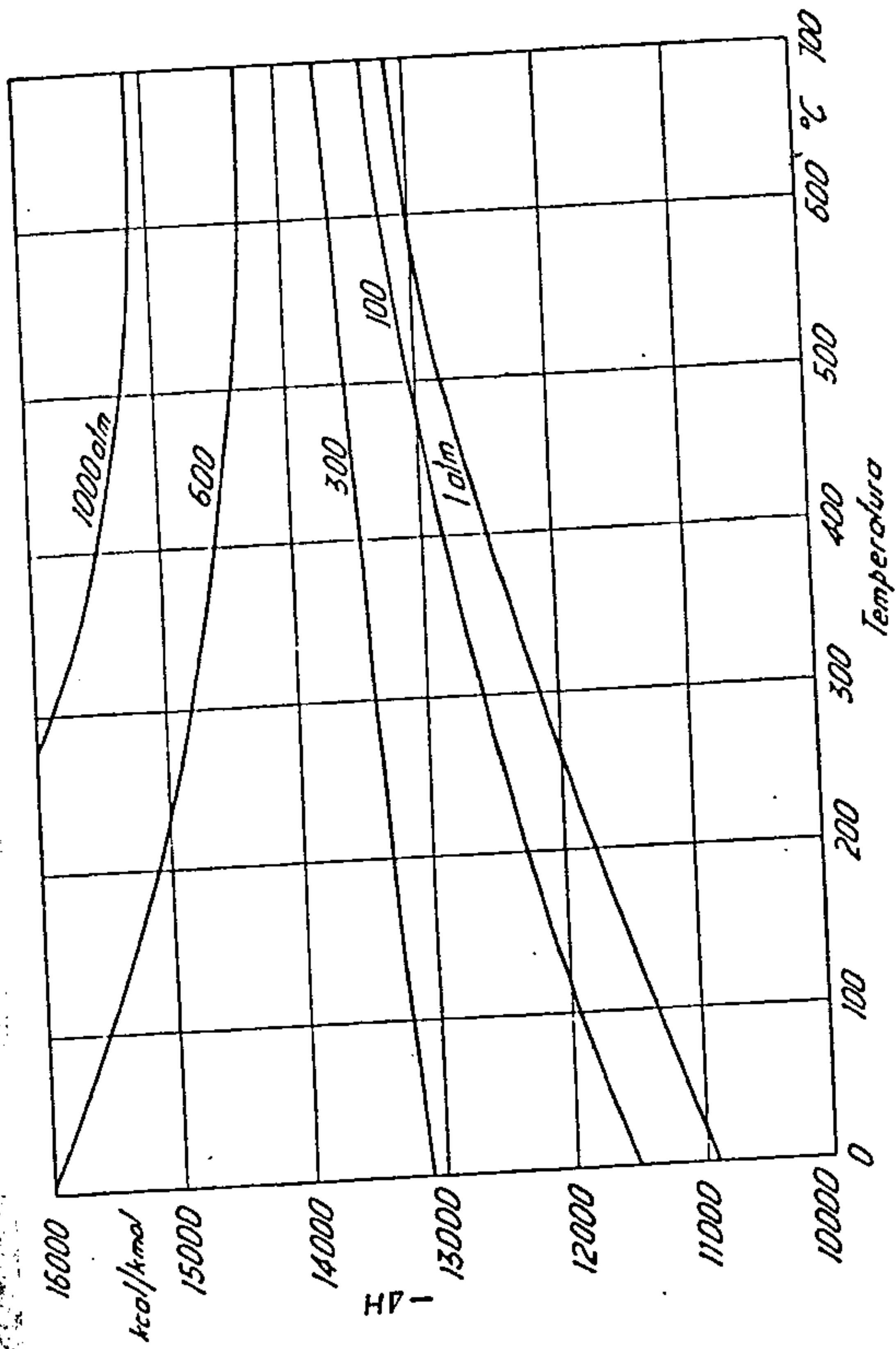


Fig. 3 - Entalpia di formazione dell' $NH_3(g)$ a varie pressioni e temperature (non tenendo conto del calore di miscelazione fra NH_3 ed $N_2 + 3H_2$).

www
A24

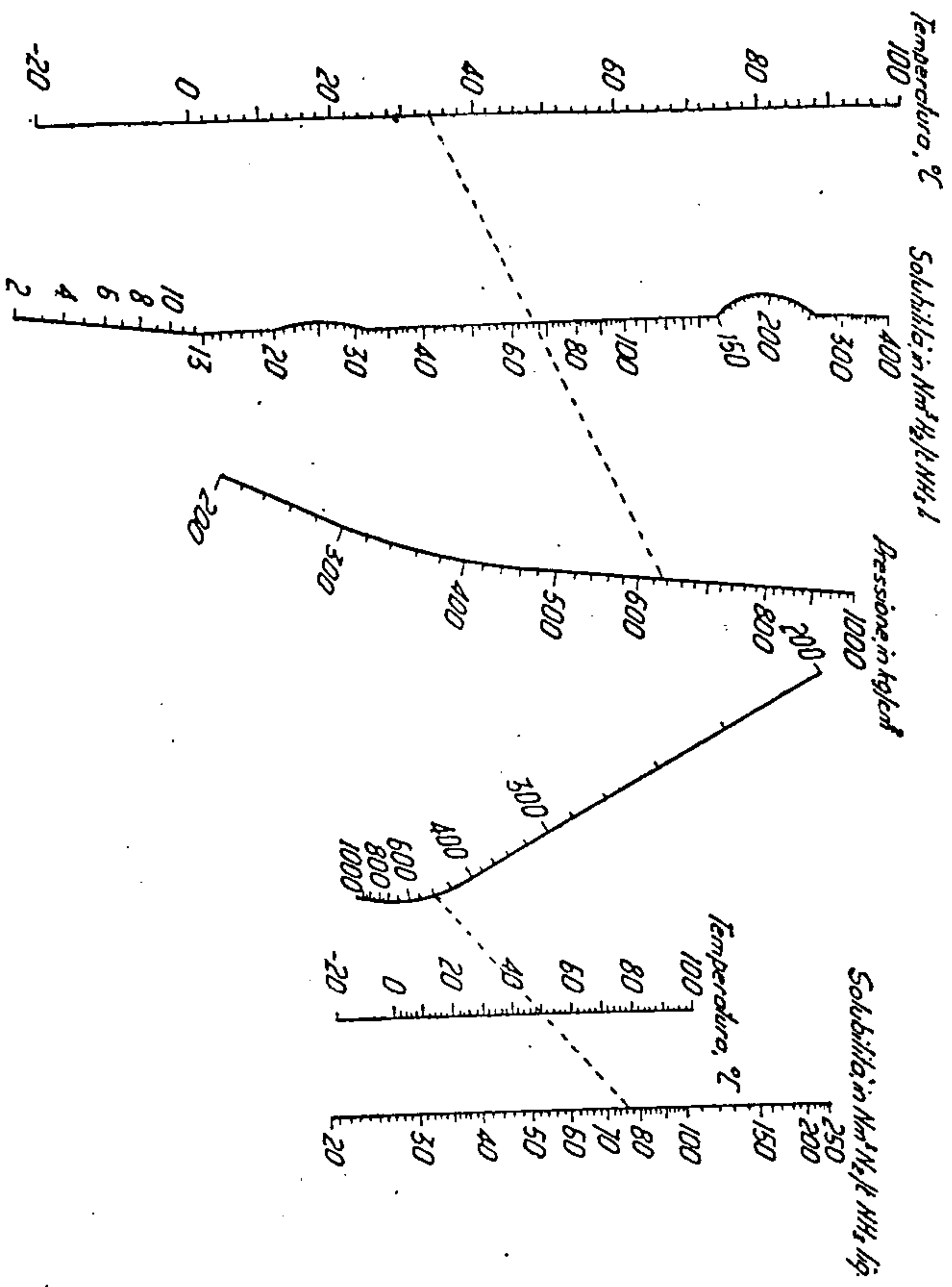


Fig. 9 - Solubilità dell' H_2 e dell' N_2 in NH_3 liquida.