

Cognome	Nome	Matricola
---------------	------------	-----------------

Ing. Navale, Ing. Civile e Ambientale
Prova scritta di Fisica Tecnica – Termodinamica – 26.6.2026

Esercizio

Una portata di aria umida ($\dot{m}_{as} = 0.15 \frac{\text{kg}_{\text{as}}}{\text{s}}$) a temperatura $T_1 = 20^\circ\text{C}$ ed umidità relativa ϕ_1 viene raffreddata a pressione costante $p = 10^5 \text{ Pa}$ fino a raggiungere un'umidità relativa $\phi_2 = 95\%$.

1. Diagrammare schematicamente la trasformazione 1-2 in un diagramma psicrometrico.
2. Calcolare la temperatura finale T_2 .
3. Calcolare la potenza termica estratta $\dot{Q}_{12}$.

Le relazioni tra pressione di saturazione p_{sat} [Pa] e temperatura T [°C] sono:

$$p_{\text{sat}}(T) = 611 \cdot e^{\frac{17.3 \cdot T}{237 + T}} \quad T = \frac{237}{\frac{17.3}{\ln\left(\frac{p_{\text{sat}}}{611}\right)} - 1}$$

Per la valutazione dell'entalpia di miscela dell'aria umida:

- calori specifici a pressione costante: $c_{p,as} = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $c_{p,vap} = 1.9 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- calore latente di vaporizzazione $h_{lv} = 2500 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

Tema	ϕ_1
A	0.5
B	0.6

Importante: riportare chiaramente tutti i passaggi svolti, sia simbolici che numerici e con le relative unità di misura (non basta riportare il semplice risultato numerico finale ad ogni passaggio)

Teoria

Entropia: dimostrare che $\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$ (uguaglianza di Clausius) per un qualsiasi ciclo reversibile suddividendolo in n cicli di Carnot per i quali è nota la relazione tra i calori scambiati con le due sorgenti e le corrispondenti temperature.

Soluzione

Nota la temperatura e l'umidità relativa del punto 1, si ricavano in sequenza la corrispondente pressione di saturazione e quella di vapore:

$$p_{sat,1} = p_{sat}(T_1) = 611 \cdot e^{\frac{17,3 \cdot T_1}{237 + T_1}} = 2348 \text{ Pa}$$

$$p_{vap,1} = \phi_1 \cdot p_{sat,1}$$

Non essendoci altre portate d'acqua in gioco, $p_{vap,2} = p_{vap,1}$ ed è quindi possibile ricavare $p_{sat,2}$:

$$p_{sat,2} = \frac{p_{vap,2}}{\phi_2}$$

e quindi la relativa temperatura del punto 2:

$$T_2 = \frac{237}{\frac{17,3}{\ln\left(\frac{p_{sat,2}}{611}\right)} - 1}$$

La potenza estratta si ottiene quindi dal bilancio entalpico per sistema aperto, dove i flussi entalpici dell'aria umida si calcolano attraverso le relative entalpie di miscela $J = c_{p,as} \cdot T + \omega \cdot (c_{p,vap} \cdot T + h_{lv})$:

$$\dot{Q}_{12} = \dot{m}_{as}(J_2 - J_1)$$

avendo calcolato l'umidità assoluta come $\omega = 0.622 \frac{p_{vap,1}}{p - p_{vap,1}}$.

Tema	ϕ_1	$p_{vap,1}$ [Pa]	$p_{sat,2}$ [Pa]	T_2 [°C]	$\omega \left[\frac{\text{kg}_{vap}}{\text{kg}_{as}} \right]$	$J_1 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{as}} \right]$	$J_2 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{as}} \right]$	$\dot{Q}_{12}$ [kW]
A	0.5	1174	1236	10.1	$7.39 \cdot 10^{-3}$	38.8	28.7	1.51
B	0.6	1409	1483	12.8	$8.89 \cdot 10^{-3}$	42.6	35.2	1.10