



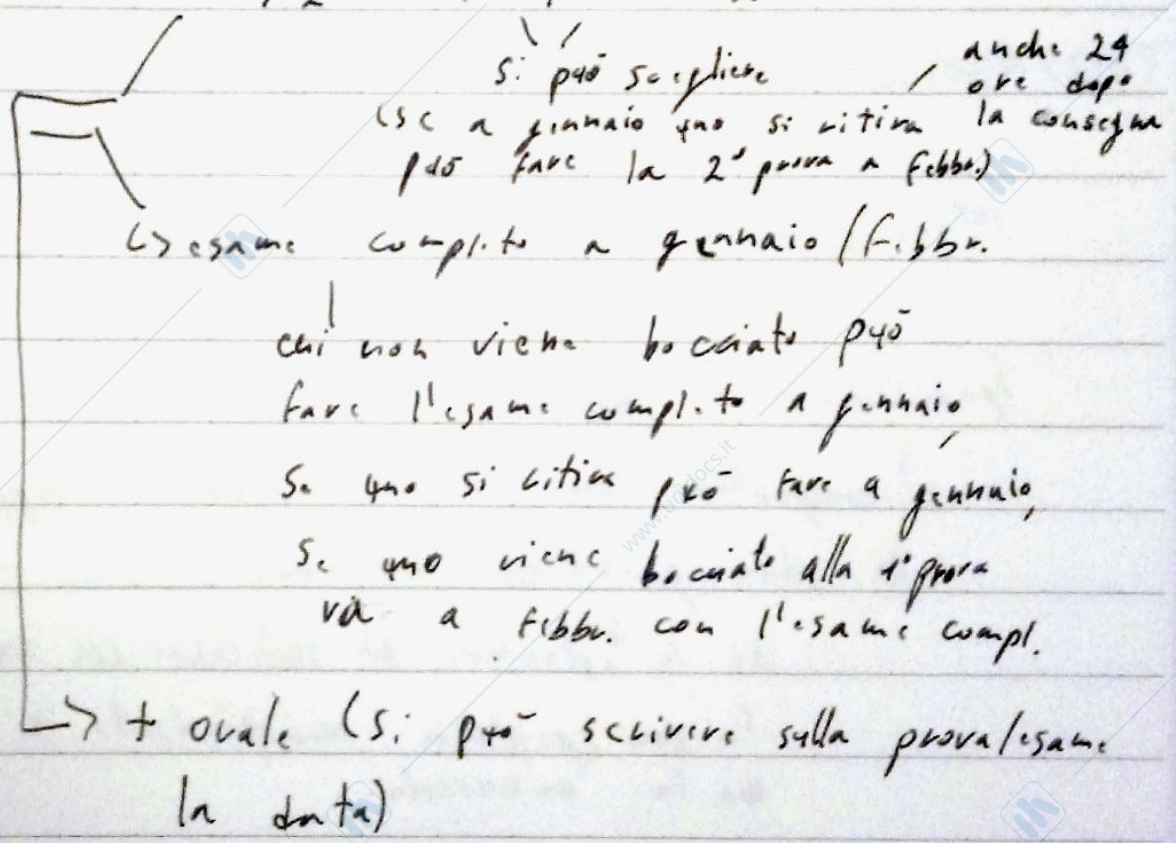
Mo	<del>Tu</del>	We	Th	Fr	Sa	Su
----	---------------	----	----	----	----	----

### Presentazione Corso

- Escrittore: Ingegnere Gabriele d'Ippolito
- Sito per materiale: [www.araneo.biz](http://www.araneo.biz)
- Libro di testo: Moran Shapiro Benson D. Witt, Elementi di fisica tecnica per l'ingegneria, McGraw-Hill 2011
- Esame: scritto e orale

↳ 1° itinere 4-7 Novembre 2019 (>18)

↳ 2° itinere Gen/Febbraio 2020



- Calendario: 54 file online
- Cosa puoi portare all'esame:
  - Tabelle con proprietà della materia sul suo sito
  - Les. densità sabbia
  - calcolatrice
  - formulario (scritto al computer)
  - unità pratiche e dimostrazioni

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari



Mo	X	We	Th	Fr	Sa	Su
----	---	----	----	----	----	----

Date 17.09.19

Argomenti: → Termodinamica  
 Andare a → Trasmissione del calore  
 vedere se (metodi analitici) → C.F.D.  
 cose essenziale → Cicli Termodinamici e macchine  
 della tavola  
 periodica

## INIZIO LEZIONI

### Unità di misura

Extensive → la massa, lunghezza, area, volume, energia,  
 tempo, capacità termica, mole, ampere...  
 (m) (L) (A) (V) (J)

Intensive → la temperatura, pressione  
 (T) (P)

Specifiche → densità

si comportano come intensive essendo il rapporto  
 di due grandezze estensive

Se le estensive si indicano con una maiuscola  
 la sua specifica corrispondente si indica  
 con la minuscola

↳ es.  $V = \text{volume} = \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

$C = \text{Cap. term.} = \text{calore spec.} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

↳ Temperatura: kelvin (K), gradi centigradi (°C)

K	°C
273,15	0
0	-273,15

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$$



Mo	<del>We</del>	Th	Fr	Sa	Su
----	---------------	----	----	----	----

↳ Pressione (P): Pascal ( $Pa = 1 \frac{N}{m^2}$ ), Bar =  $10^5 Pa$ , Atmosfera  $1 Atm = 101325 Pa$

Atmosfera tecnica 1 A.T. =  $1 \frac{kg}{m^2} \approx 98000 Pa$

→ Pressioni Assolute ( $P_{abs}$ ): riferite al vuoto

→ Pressioni Relative ( $P_{rel}$ ): riferite alla pressione atm.

↳ Volume (V):  $m^3$ , liquid gallon  
solid gallon

↳ Energia: Joule (J) =  $N \cdot m = 1 \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$ , Calorie (cal) =  $4,184 J$

↳ Potenza: Watt (W) =  $\frac{J}{s}$

Tipi di sistemi:

- CHIUSO / APERTO : (non) scambia massa
- ADIABATICA / NON AD. : (non) scambia calore
- Isolato : non scambia né massa né calore

Ripasso : 1° Principio della Termodinamica:

$$Q_{IN} - L_{OUT} = \Delta U$$

$$\sum Q_{IN} + \sum L_{IN} = \sum Q_{OUT} + \sum L_{OUT} + \Delta U$$


convenzioni/  
diverse —  $\left( \begin{array}{l} m \\ - \text{massa} \end{array} \right) \rightarrow \text{viene alla sinistra}$   
 $q_{IN} + l_{IN} = \Delta U \rightarrow \text{viene all'uscita}$   
 di massa

$$\begin{array}{c} \dot{Q} + \dot{L} = dU/dt \\ \downarrow \quad \downarrow \\ \frac{dQ}{dt} \quad \frac{dL}{dt} \end{array}$$

$$\dot{q} + \dot{l} = du/dt$$

non posso scriverlo  
in un sistema aperto  
che può perdere massa,  
dunque q & l sta non si  
conserva

Sistema in correlazione al tempo:

- STATICO: non scambia nulla e non si muove  
 $w(\text{velocità}) = 0$
- STAZIONARIO: a velocità costante nel tempo  
 $w = \text{cost.}$
- VARIABILE: cambia non a velocità costante  
 $w(t)$
- TRANSITORIO: passaggio da uno stato all'altro
- PERIODICO: cambia con un determinato periodo 

Gas

Eq. stato dei gas perfetti:

$PV = N R_u T$   $R_u = \text{cost}$   
 (numero di moli)  
 $PV = m R T$   
 (massa)  $R$  specifica

$N = \frac{m}{M_m}$   $m = N M_m$  (massa molare)  $\rightarrow PV = \frac{m}{M_m} R_u T$

$\rightarrow M_m$  da ricordare:

$H_2$	2
$He$	4
$N_2$	28
$O_2$	32
$CO_2$	44
$CH_4$	16
$H_2O$	18

$in \text{ g/mol}$

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

Unità di misura

P [Pa]

$$R_u = 8,314 \frac{J}{g \cdot K}$$

V [m<sup>3</sup>]

m [kg]

T [K]

$$R_{N_2} = \frac{8314}{28} \frac{J}{K \cdot kg}$$

$$R_{O_2} = \frac{8314}{32} \frac{J}{K \cdot kg}$$

$$R_{ARIA} = \frac{8314}{29} \frac{J}{K \cdot kg}$$

La Mm dell'aria  
è una media  
tra quella di N<sub>2</sub> · O<sub>2</sub>  
essendo una miscela  
di questa

e l'aria si comporta  
come un gas perfetto (a certe  
temperature)

→ noi usere mo : specifica del gas

$$pV = mRT$$

volume specifico ↓ dividendo per la massa

$$pv = RT \quad oppure \quad p = \rho RT$$

	$C_v$	$C_p$
monoat.	$\frac{3}{2}R$	$\frac{5}{2}R$
biatom.	$\frac{5}{2}R$	$\frac{7}{2}R$
(+) triatom.	$\frac{6}{2}R$	$\frac{8}{2}R$

Regola gradi di libertà:

$$\frac{1}{2}R \times \# \text{ gradi di lib.}$$

es.  $\leftarrow \begin{matrix} \uparrow \\ \circ \\ \downarrow \end{matrix} \begin{matrix} \rightarrow \\ \circ \\ \rightarrow \end{matrix}$

$\begin{matrix} -1 \\ \circ \\ 3 \end{matrix} \begin{matrix} \rightarrow \\ \circ \\ \rightarrow \end{matrix}$

dal vincolo  
del legame (-1)

$\begin{matrix} 3 \\ \circ \\ -1 \\ \circ \\ 3 \end{matrix}$

Solidi e Liquidi  $\rho = \text{cost} \rightarrow C_p = C_v = C$

più specifica  $\rho = \rho(T) \quad v = v(T)$   
 $v = v_0 (1 + \beta \Delta T)$   
↑  
coeff.

$\beta = 3\alpha$   
 Solo per i solidi  $\rightarrow L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$

Se prendiamo un cubo di lato  $L$  e lo scaldiamo diventerà:



$L(1 + \alpha \Delta T) \rightarrow V = L_0^3 (1 + \alpha \Delta T)^3$

$\downarrow$   
 $(1 + 3\alpha \Delta T + 3\alpha^2 \Delta T^2 + \alpha^3 \Delta T^3)$   
←  
trascurabili per dilatazioni piccole

TRASMISSIONE DEL CALORE

3 Modalità:

- CONDUZIONE  $\rightarrow T_1 \mid \overset{\dot{Q}}{\rightarrow} \mid T_2 \quad T_1 > T_2$
- CONVEZIONE  $\rightarrow T_1 \mid \text{cubo} \mid T_2$  — sostanza — il calore si porta con la sostanza
- IRRAGGIAMENTO  $\rightarrow$  onde



# Condizione

Supponiamo di avere un corpo per cui la temperatura

$T$  è la funzione di  $x, y, z$  e  $t$

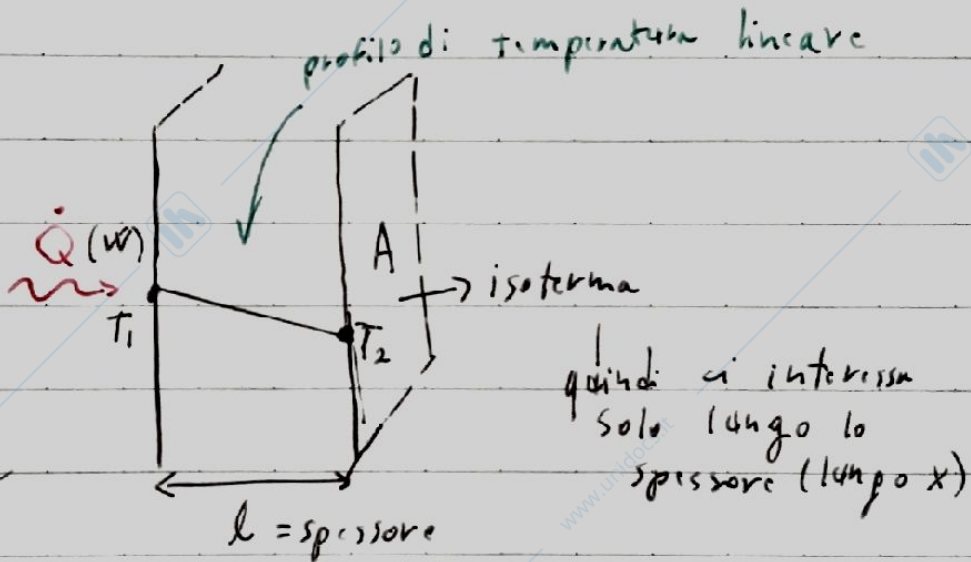
3 dimensioni

$$T(x, y, z, t)$$

noi vediamo:  $T(x), T(t), T(x, t)$

$(T(x, y), T(x, y, t))$

•  $T(x)$



quindi ci interessa solo lungo lo spessore (lungo x)

Situazione stazionaria:

$$\sum Q_{in} + \sum L_{in} = \Delta U$$

$$Q_{in} = Q_{out}$$

$$Q = -\lambda \frac{A \cdot \Delta T}{L}$$

Conducibilità termica del materiale

[λ] ?

$$W = \lambda \frac{m^2 K}{m}$$

$$\lambda = \frac{W}{m \cdot K}$$

(ps)

	$\lambda$
Ram.	400
Allum.	200
Fe	60
Inox	16

	$\lambda$
Vetri	1,5-2
Ceram.	2-4
Mattoni	1
Plastiche	0,2-2

	$\lambda$
Isolanti	0,2-0,05
GAS	0,02

→ Si può anche vedere come:

$$\dot{Q} = \frac{\lambda A |\Delta T|}{L}$$

o la gestiamo noi per avere  $\dot{Q}$  positivo e prendiamo questa convenzione

$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt} \rightarrow Q = \int_{t_0}^{t_f} \dot{Q} dt = \dot{Q} \cdot \Delta t$$

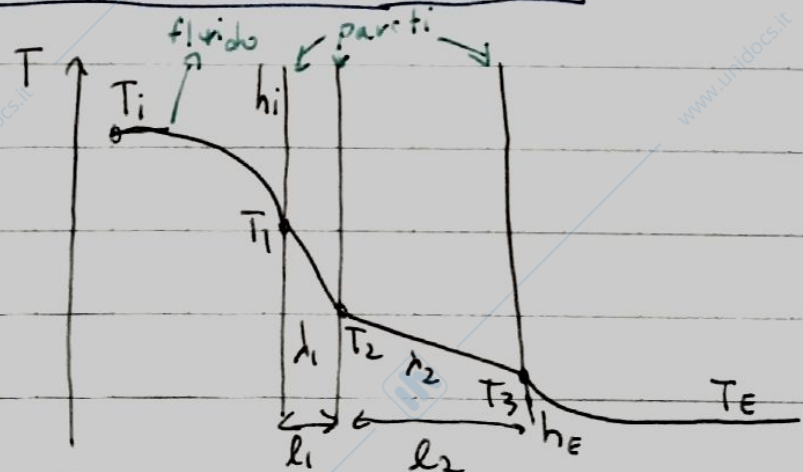
↑  
costante

Se non abbiamo l'area  $A$  calcoliamo il flusso

$$\phi = \frac{\dot{Q}}{A} = -\lambda \frac{\Delta T}{L}$$

ma perché  $A$  è costante

### Resistenze termiche (in serie)



coeff. convettivo

$$\dot{Q} = h A \Delta T_{conv}$$

convettivo → positivo (in modulo)

$$[W] = h [m^2 K]$$

$$h \rightarrow \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$$



7

No. **FISICA TECNICA**

Mo	Tu	<del>W</del>	Th	Fr	Sa	Su
----	----	--------------	----	----	----	----

Date 18 . 09 . 19

$$\dot{Q}_{\text{CONV}_j} = h_i A (T_i - T_1)$$

$$\dot{Q}_{\text{COND}_1} = \lambda_1 \frac{A}{l_1} (T_1 - T_2)$$

conduttivo

$$\dot{Q}_{\text{COND}_2} = \lambda_2 \frac{A}{l_2} (T_2 - T_3)$$

$$\dot{Q}_{\text{CONVE}} = h_E A (T_3 - T_E)$$

$$\rightarrow \left[ \begin{array}{l} \Delta T_{1i} = \dot{Q} \cdot \frac{1}{h_i A} \\ \Delta T_{12} = \dot{Q} \cdot \frac{l_1}{\lambda_1 A} \\ \Delta T_{23} = \dot{Q} \cdot \frac{l_2}{\lambda_2 A} \\ \Delta T_E = \dot{Q} \cdot \frac{1}{h_E A} \end{array} \right.$$

tutti  
considerati  
in modulo

$$\Delta T_{23} = \dot{Q} \cdot \frac{l_2}{\lambda_2 A}$$

$$\Delta T_E = \dot{Q} \cdot \frac{1}{h_E A}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{\text{TOT}} = \dot{Q} \left( \underbrace{\frac{1}{h_i A}}_R + \underbrace{\frac{l_1}{\lambda_1 A}}_R + \frac{l_2}{\lambda_2 A} + \frac{1}{h_E A} \right)$$

$R_{\text{CONV}} \quad R_{\text{COND}}$

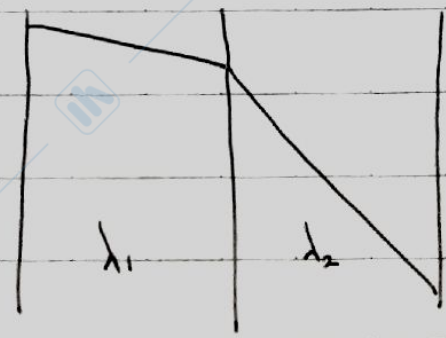


$$\Delta T_{\text{TOT}} = \dot{Q} R_{\text{TOT}}$$

☀ ☞ ☞ 8

Mo	Tu	☒	Th	Fr	Sa	Su
----	----	---	----	----	----	----

Biconosciamo:  $\dot{Q} = -\lambda A \frac{\Delta T}{l}$



il materiale 1 trasmette bene calore poiché c'è poca resistenza termica

Possiamo vederlo in forma differenziale

$$\dot{Q} = -dA \frac{dT}{dx}$$

