Lezioni di **Fisica Tecnica Ambientale** *(Università di Pisa – Ingegneria EDILE)*

TERMODINAMICA – Glossario

SISTEMA (Σ) – Si dice sistema il corpo o l'insieme di corpi sui quali si vuole operare per raggiungere scopi determinati.

ESTERNO DEL SISTEMA – L'esterno del sistema è costituito dai corpi che non appartengono al sistema.

ESTERNO SIGNIFICATIVO (ES) – Si dice esterno significativo di un sistema, quella parte dell'esterno che è in condizioni di interagire in qualche modo con il sistema.

VOLUME DI CONTROLLO – Si dice volume di controllo lo spazio occupato dal sistema.

CONTORNO DEL SISTEMA – Si dice contorno del sistema la superficie che delimita il volume di controllo.

SISTEMA CHIUSO – Si dice chiuso un sistema il cui contorno è impermeabile alla materia.

SISTEMA APERTO – Si dice aperto un sistema il cui contorno permette il passaggio di materia.

BOCCHE – Si dicono bocche quelle parti del contorno che permettono il passaggio di materia.

SCAMBI – Se il sistema è CHIUSO l'interazione con l'esterno si attua attraverso **scambi energetici**. Sono scambi energetici gli scambi di lavoro (L) e gli scambi di calore (Q).
Se il sistema è APERTO l'interazione con l'esterno può attuarsi sia per scambi energetici sia per scambi di massa.

SISTEMA ISOLATO – Un sistema si dice isolato quando non può scambiare né calore né lavoro né massa con l'esterno. Un sistema è **isolato termicamente (adiabatico)** quando non è in condizioni di scambiare calore con l'esterno. Un sistema è **isolato dinamicamente** quando non è in condizioni di scambiare lavoro con l'esterno.

SORGENTE TERMICA – Si dice sorgente termica un sistema in grado di assorbire o cedere una qualsiasi quantità di calore senza che la sua temperatura vari apprezzabilmente.

GRANDEZZA ESTENSIVA – Si dice estensiva una grandezza dipendente dalle dimensioni del sistema (es. massa, volume, ...).

GRANDEZZA INTENSIVA – Si dice intensiva una grandezza indipendente dalle dimensioni del sistema (es. pressione, temperatura, ...).

STATO DI EQUILIBRIO – Si dice stato di equilibrio di un sistema uno stato in cui tutte le grandezze intensive risultano uniformi in tutto il sistema. Lo stato di equilibrio di un sistema viene definito precisando il valore di alcune grandezze, dette **coordinate o variabili del sistema**.

FUNZIONE DI STATO – Si dice funzione di stato ogni grandezza che può essere espressa in funzione delle coordinate del sistema e che quindi risulta funzione univoca dello stato del sistema.

TRASFORMAZIONE – Si dice trasformazione il passaggio di un sistema da uno stato di equilibrio ad un altro. Una trasformazione si dice **ciclica** se al termine della trasformazione il sistema ritorna nello stato iniziale.

Spesso si considerano trasformazioni nelle quali una coordinata del sistema viene mantenuta costante: trasformazioni **isobare** (p=cost.), **isocore** (V=cost.), **isoterme** (T=cost.), etc.

MASTER COPY
PISA

Universita' di Pisa – Ingegneria – Corso di Laurea interclasse in Ingegneria Civile Ambientale e Edile
Percorso INGEGNERIA EDILE (Classe L-23)

FISICA TECNICA AMBIENTALE

(SSD ING-IND/11 – CFU 9)
Docente: Francesco Leccese

Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire nozioni di base sui seguenti argomenti: termodinamica, trasmissione del calore, isolamento termico e risparmio energetico negli edifici, aria umida, benessere termoigrometrico degli ambienti, climatizzazione degli ambienti, dimensionamento igrometrico dei componenti edilizi, illuminazione naturale e artificiale degli ambienti, illuminazione urbana e inquinamento luminoso, acustica delle sale, isolamento acustico degli edifici, rumore ambientale e inquinamento acustico. Normativa tecnica. Sono previste attività di esercitazione per circa 30 ore in cui i vari argomenti trattati nel Corso vengono approfonditi con esercizi ed applicazioni pratiche.

(English version)

BUILDING PYHSICS

The aim of the course is providing the students with basic elements on the following matters: thermodynamics, heat transfer, thermal insulation and energy consumption in buildings, humid air, indoor hygrothermal comfort, cooling of buildings, moisture behaviour of building components, daylighting and artificial lighting, urban lighting and light pollution, room acoustics, sound insulation in buildings, environmental noise. Technical standards. The basic elements are integrated with exercises and applications.

Programma di massima delle lezioni

TERMOFISICA DELL'EDIFICIO. Richiami sui principi della termodinamica. Equazioni di bilancio per un sistema aperto a più bocche. Diagrammi di stato per fluidi bifase. Moto dei fluidi per differenze di temperatura. Macchina frigorifera a compressione di vapore, pompa di calore. Trasmissione del calore. La conduzione: postulato di Fourier ed equazione di Fourier. Semplici problemi in simmetria piana e cilindrica. Fondamenti di convezione. Scambiatori di calore. L'irraggiamento termico. L'irraggiamento solare: trasmissione del calore attraverso pareti opache e trasparenti. La miscela aria-vapore. Diagrammi psicrometrici. Principali trasformazioni della miscela aria-vapore. Trasmissione del vapore attraverso le pareti. Le condizioni ambientali per il benessere termoigrometrico. La climatizzazione degli ambienti.

ILLUMINAZIONE DEGLI AMBIENTI. Grandezze fotometriche. Unità fotometriche. Caratteristiche delle sorgenti luminose. Principali tipi di lampade e di apparecchi. Calcolo degli illuminamenti: sorgenti puntiformi e sorgenti estese. Illuminazione artificiale di interni. Illuminazione dovuta alla luce diurna e dimensionamento del finestrato. Illuminazione di esterni. Illuminazione urbana e inquinamento luminoso.

ACUSTICA DEGLI AMBIENTI. Onde elastiche in un fluido. Livelli in decibel. Acustica geometrica e limiti di validità. Psicoacustica: caratteristiche della sensazione uditiva, scala dei fon e audiogramma normale. Potere fonoisolante delle pareti e legge di massa. Acustica architettonica. Requisiti acustici delle sale: condizioni per una buona acustica, correzione acustica. Isolamento acustico degli edifici. Rumore ambientale.

Attività di esercitazione

Unità di misura. Semplici problemi di termodinamica. Dimensionamento di una macchina frigorifera. I fluidi refrigeranti. Riscaldamento di un ambiente con pompa di calore. Moti per differenza di temperatura in sistemi aperti. Le facciate e coperture ventilate, prestazioni energetiche. La ventilazione naturale degli ambienti. Caratteristiche termiche dei materiali edili. I materiali isolanti. La trasmissione del calore attraverso le strutture edilizie opache e vetrate. L'isolamento termico e il risparmio energetico negli edifici, la normativa. Misura in opera della resistenza termica delle pareti. Il diagramma di Mollier. Misura dell'umidità relativa. Fenomeni di condensa superficiale ed interstiziale nelle pareti, la normativa. Il condizionamento di una sala: caso estivo e caso invernale. Progetto dell'illuminazione artificiale e naturale di un ambiente, la normativa. Il luxmetro. Calcolo del potere fonoisolante di strutture edilizie, la normativa. Comfort acustico negli ambienti. Il fonometro. Problemi sull'irraggiamento termico. Sistemi solari termici e fotovoltaici. Sistemi solari passivi. Comportamento termico dinamico delle pareti opache. Il quadro normativo fisico-tecnico.

Testi di riferimento

- Cengel Y.A., *Termodinamica e trasmissione del calore*, McGraw-Hill (Milano).
- Cavallini A., Mattarolo L., *Termodinamica applicata*, CLEUP (Padova).
- Kreith F., *Principi di trasmissione del calore*, Liguori (Napoli).
- Bellia L., Mazzei P., Minichiello F., Palma D., *Aria umida – Climatizzazione ed involucro edilizio*. Liguori (Napoli).
- Forcolini G., *Lighting*, Hoepli (Milano).
- Cirillo E., *Acustica Applicata*. McGraw-Hill (Milano).
- Appunti vari messi a disposizione dal docente.

Modalità di svolgimento degli esami

Prova orale. Iscrizione tramite lista, presso il Dip.to di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni.

MASTER COPY
PISA

TERMODINAMICA 04/03/2014

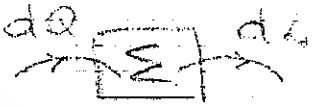
I° PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA PER I SISTEMI CHIUSI

Rappresenta l'espressione quantitativa del principio di conservazione dell'energia.

$\forall \Sigma$ esiste una grandezza E (funzione di stato) detta <u>energia totale</u>

(1) $dE = dQ - dL$ in un certo tempo $d\tau$

dQ = scambio energetico termico
dL = scambio energetico dinamico



$dQ > 0$ entrante
$dL > 0$ uscente

Ne Dalla (1) $\Rightarrow \frac{dE}{d\tau} = \dot{Q} - \dot{L}$

$\dot{Q} = \frac{dQ}{d\tau}$ = potenza termica scambiata dal sistema con l'esterno

$\dot{L} = \frac{dL}{d\tau}$ = potenza dinamica scambiata dal sistema con l'esterno

Per un sistema isolato: $dQ = dL = 0$

$dE = 0$: l'energia totale si CONSERVA

(2) $E = E_c + E_p + U$

E_c = energia cinetica del sistema $= \frac{1}{2} m v^2$

E_p = energia potenziale del sistema $= mgz$

U = <u>funzione di stato</u> = parte di E che dipende SOLTANTO dalla particolare struttura interna del sistema

Se $U = f$(variabili termodinamiche)

$\Rightarrow U$ = energia interna del sistema

Dalla (1) e (2) $\Rightarrow$

(3) $dU + dE_c + dE_p = dQ - dL$

Se $dE_c \cong dE_p \cong 0$ (cioè se le variazioni di energia cinetica e potenziali sono trascurabili) allora $\Rightarrow$ (4) $dU = dQ - dL$

Per un SISTEMA ISOLATO E IN QUIETE

$dU = 0$

in quiete $\rightarrow$ $dE_c \cong dE_p \cong 0$

- Se il sistema descrive una <u>trasformazione ciclica</u>

$$\oint dE = \oint dQ - \oint dL$$

$$\oint dE = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{Q = L} \quad (5)$$

↳ Quindi in un sistema chiuso in cui avviene una trasformazione ciclica il calore ammontato scambiato con l'esterno è uguale al lavoro scambiato con l'esterno

=

PRINCIPIO DI EQUIVALENZA TRA CALORE E LAVORO

05/03/2014

Esercitazioni di **Fisica Tecnica Ambientale** *(Università di Pisa – Ingegneria EDILE)*

ESERCITAZIONE 1

UNITÁ DI MISURA

Il Sistema Internazionale (SI) è stato approvato nel 1971 alla XV Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure di Parigi ed adottato legalmente in Italia nel 1982.
Nel seguito verranno brevemente ricordate alcune unità del sistema SI e i fattori di ragguaglio tra queste unità e quelle del sistema tecnico.
Per le tre grandezze fondamentali della Meccanica: lunghezza, massa e tempo, le corrispondenti unità di misura nel sistema SI sono: il metro (m), il chilogrammo (kg) ed il secondo (s).

TEMPERATURA

La scala delle temperature è quella termodinamica, coincidente con quella del termometro a gas perfetto (v. Nota 1), nell'intervallo di temperature per il quale è possibile usare un gas come sostanza termometrica. L'unità di misura per la temperatura è il **kelvin** (K).

Nella scala termodinamica la temperatura del punto triplo dell'acqua è posta arbitrariamente uguale a 273,16 K. Il punto triplo rappresenta lo stato in cui le tre fasi liquida, solida e aeriforme coesistono in equilibrio.

Molto spesso si utilizza la **scala Celsius**; l'unità grado Celsius (°C) è uguale all'unità kelvin. La temperatura t nella scala Celsius è legata a quella T della scala termodinamica dalla relazione:

$$t = T - 273.15$$

Per il punto triplo dell'acqua risulta: $T_3 = 273.16$ K e quindi: $t_3 = 273.16 - 273.15 = 0.01$ °C
Per il punto di fusione del ghiaccio si ha: $T_0 = 273.15$ K e quindi: $t_0 = 273.15 - 273.15 = 0.00$ °C

PRESSIONE

L'unità è il **Pascal** (Pa) definito come un Newton (N) per metro quadrato: $Pa = N/m^2$.

Come multipli sono usati il **bar**: $1\ bar = 10^5\ Pa = 10\ N/cm^2$
e il **megapascal**: $1\ Mpa = 10^6\ Pa = 10\ bar$
Talvolta si usa il **millibar** (mbar): $1\ mbar = 10^{-3}\ bar = 10^2\ Pa$

Molto spesso sono ancora usate l'**atmosfera tecnica** (at), definita come un chilogrammo peso per centimetro quadrato:
$1\ at = 1\ kgp/cm^2 = 0.98067\ bar$

e l'**atmosfera metrica o barometrica** (atm) definita da (v. Nota 2):
$1\ atm = 760\ mmHg$

Si ha che: $1\ atm = 1.0332\ at = 1.0132\ bar = 101320\ Pa$
per cui: **1 atm ≅ 1 at ≅ 1 bar ≅ 0.1 Mpa**

Si noti che nella tecnica sono anche usate: l'ata (at assolute) e l'ate (at relative alla pressione di 1 atm).

MASTER COPY
Tel. 0512126
Cell. 388 9837745

ENERGIA

L'unità è il **Joule** (J) definito come un newton per un metro: $J = N \times m$

Come multipli sono usati il **chilojoule** (kJ) e il **megajoule** (MJ): $1\ kJ = 10^3\ J$, $1\ MJ = 10^6\ J$