

FISICA TECNICA

Federico Mainetti Gambera

15 marzo 2020

0.1 LEZIONE 1 04/03/20

link <https://web.microsoftstream.com/video/b69d7ddf-1b39-40d5-a435-597b73f156a3>

0.1.1 Slide: L01

Modalità del corso

[1-2]

[3] Il corso è diviso in due parti, termodinamica (60-70% del corso) e trasmissione del calore. La parte di termodinamica si divide anch'essa in due: termodinamica principale e termodinamica di processo.

[4] su beep ci sono due dispense (termodinamica e trasmissione del calore) e coprono l'intero corso. In certe lezioni faremo approfondimenti o chiarimenti di cultura generale che non sono presenti nelle dispense, ma non saranno richieste all'esame. Le dispense hanno argomenti in più (sono tarate per un corso da 10 crediti). Per capire cosa fa parte del programma e cosa possiamo trovare in esame bisogna seguire il filo logico delle slide. Le dispense e le slide sono molto utili per la parte teorica del corso, ma la parte più difficile è rappresentata dall'imparare come usare gli strumenti insegnati in maniera pratica negli esercizi. Bisogna fare molti esercizi. A supporto delle lezioni avremo un'attività di progetto che servirà per dare una cultura più pratica dei concetti visti a lezione.

Riguardo l'esame: la modalità di verifica è condivisa con un altro scaglione, l'esame è a libro aperto, non ci sarà teoria, c'è un documento su beep che spiega in dettaglio come si svolgerà l'esame.

Introduzione alla termodinamica

[5]

[6] Una buona prima parte del corso tratterà la tematica del trasformare il calore in energia meccanica.

[7] Informazioni sulla situazione generale della produzione di energia generale.

[8] La principale trasformazione di energia è quella da combustibile a energia elettrica. L'energia elettrica è detta energia nobile perché è facile da trasformare ed utilizzare in qualunque ambito. La maggior parte di energia viene prodotta da combustibili fossili. Se ci limitiamo a guardare il rinnovabile, notiamo che la maggior parte viene dall'idroelettrico.

[9] Informazioni sulla situazione generale dei consumi di energia.

[10-11] Informazioni sulla situazione generale delle emissioni di CO_2 .

[12] Previsioni sulla situazione energetica futura.

[13] Impatto delle tecnologie informatiche sul consumo energetico. Progetto: negli ultimi anni la parte di maggiore consumo elettrico si è spostata verso il backend, per esempio il data center che analizzeremo per il progetto.

0.1.2 Slide: P01

[1-2-3] Il tema del progetto è quello di dimensionare da un punto di vista termodinamico un data center e di darci una cultura su quali sono le soluzioni impiantistiche più tipiche.

[4] articoli da leggere autonomamente (soprattutto il secondo, il primo è un po' scritto male) (sono facoltativi)

[5] informazioni su server e rack

0.2 LEZIONE 2 05/03/2020

link <https://web.microsoftstream.com/video/2f03bda0-02f4-4ce6-ac58-77bcaaa3cc52>

0.2.1 Slide: L01

Esempi

[14] A sinistra centrale a carbone, in centro in basso una centrale termoelettrica, uno degli impianti più efficienti esistenti, a destra una centrale nucleare.

[15] Vediamo ora sistemi rinnovabili. A sinistra energia eolica che trasforma energia meccanica in energia elettrica (l'energia eolica non è affidabile, perchè non è costante). In centro in basso non sono pannelli fotovoltaici, ma tanti specchi che concentrano il calore sulla punta della torre, se ne facciamo un confronto con la centrale termoelettrica della slide precedente, ci accorgiamo che è poco efficiente. Sulla destra c'è la centrale di energia rinnovabile più tipica, è una centrale idroelettrica. Le centrali idroelettriche rappresentano il 90% dell'energia elettrica rinnovabile prodotta. Quella nell'immagine è la centrale elettrica (cinese) capace di erogare la maggiore potenza di tutte quelle nel mondo, anche più di quelle non rinnovabili.

[16] a sinistra un motore di un'automobile (circa 500 cavalli), in centro in basso un motore di aereo, a destra un motore diesel delle cosiddette applicazioni pesanti, in questo caso di una nave.

[17] a sinistra un impianto di ventilazione industriale, a destra un centro di calcolo con un sistema di raffreddamento, in centro in basso un impianto per la pastorizzazione di cibi.

[18] a sinistra un condizionatore e a destra un frigorifero (da notare che i 200W non sono usati costantemente, ma rappresenta la potenza istantanea).

Definizioni

Queste slide andavano viste autonomamente, le trattiamo velocemente.

[19-20] definizioni varie

[21] isotropo: che presenta le stesse proprietà in tutte le direzioni (es. il calore si diffonde omogeneamente all'interno dello spazio di osservazione). Non sempre considereremo sistemi semplici, alcune volte certe caratteristiche non sono ignorabili. L'ultimo punto significa che non andremo a considerare effetti locali a livello molecolari.

[22-23-24]

[25] per determinare lo stato di equilibrio di un sistema si usa la Legge di Duhem.

[26] La regola di Duhem ci dice che $C=2$ all'interno della formula di Gibbs

[27] equazione di stato ci dice che se conosciamo due grandezze, la terza è nota, ma in molti casi l'equazione di stato è ignota.

[28]

[29] nelle prime lezioni vedremo principalmente sistemi chiusi. Nell'immagine contorno fisico in grigio e contorno immaginario in rosso.

[30] una trasformazione termodinamica è l'insieme degli stati d'equilibrio intermedi quando il nostro sistema termodinamico è soggetto a variazioni, cioè tutti gli stati del sistema a partire da quello iniziale fino a quello finale a seguito di una variazione.

[31]

Equazione di stato

[32]

[33-34] L'equazione di stato è nota solo per la regione in blu dei gas ideali e vale $PV = NRT$.

[35] Se il sistema non è nella regione dei gas ideali allora la formula vista prima non vale più. Nella regione dei gas ideali per l'equazione di stato si usa il modello di van der Waals (ma ne esistono altre, va usato quello più adatto alla sostanza in oggetto).

[36] per liquidi e solidi non esiste un modello di equazione di stato, ma avendo molte misure sperimentali abbiamo calcolato due coefficienti β e K_T . Quindi anche se non conosciamo $f(P,v,T)=0$, possiamo determinare la variazione di una grandezza rispetto alle altre $v = v(P,T)$

[37] spesso si usa un modello semplificato, come si vede nell'immagine la parte solida e liquida è ripida e si usa un modello con solidi e liquidi incompressibili.

0.2.2 Slide: P02

[3] In alto: articolo da leggere. Immagine: schema di un centro di calcolo ideale. Idea di cercare di conservare il calore rilasciato dal datacenter per riscaldare le abitazioni.

[4] Un Rack del nostro datacenter può essere considerato come un sistema aperto.

[5] Ogni rack ha 16 server nel nostro progetto.

[6] Avremo 40 rack nella stanza detta IT room. Nella IT room c'è anche un'unità CRAC che possiamo vedere, pure lui, come sistema aperto. La stanza intera, invece, possiamo considerarlo come un sistema chiuso (ovviamente le pareti non saranno del tutto isolate dall'esterno, ma queste perdite sono minime, quindi ignorabili).

[7] La IT support area è la zona con tutte le strumentazioni per consentire lo svolgimento delle operazioni in modo idoneo, quindi avremo un sistema di raffreddamento che sarà poi collegato al CRAC, avremo anche UPS (batterie che in caso di interruzione dell'elettricità possono mantenere il nostro sistema attivo), sistema di distribuzione che avrà perdite etc, ma per ora possiamo trascurare quest'ultimo.

[8] La terza zona la chiameremo spazio ausiliare-

[9] Tutte le zone assieme.

[10]

0.3 LEZIONE 3 11/03/2020

link <https://web.microsoftstream.com/video/93bcc66f-72e2-4da5-8463-2b5a45e95ad1>

0.3.1 Slide: L02

In questa lezione andremo a veder il primo e il secondo principio della termodinamica, e a definire le variabili di stato quali energia interna e entropia.

Come principi di conservazione ne abbiamo tre, il primo è quello della massa. Un sistema chiuso non scambia massa e quindi la massa totale è sempre costante, per i sistemi aperti il discorso è differente, ma ne parleremo più avanti. Il secondo principio è quello della conservazione dell'energia (primo principio della termodinamica) e il terzo riguarda la conservazione dell'entropia (secondo principio della termodinamica).

Il primo principio della termodinamica per sistemi chiusi, che esprime la conservazione dell'energia, dice che (formula assiomatica): "per un sistema semplice all'equilibrio è definita una proprietà intrinseca (funzione di stato) detta energia interna U la cui variazione è il risultato di interazioni del sistema con l'ambiente esterno".

$$\Delta U = Q^{\leftarrow} - L^{\rightarrow}$$

dove \leftarrow indica uno scambio dall'esterno verso il sistema (entrante) e \rightarrow indica uno scambio dal sistema verso l'esterno (uscente).

Notiamo anche che $Q^{\leftarrow} = -Q^{\rightarrow}$. Lavoro L = energia fornita ad un sistema termodinamico semplice che sia riconducibile alla variazione di quota di un grave.

Calore Q = energia fornita ad un sistema termodinamico semplice che non è riconducibile alla variazione di quota di un grave.

Una proprietà dell'energia interna totale di un sistema (energia interna riferita alla intera massa del sistema M) è che, oltre ad essere una funzione di stato, è una grandezza estensiva e perciò additiva:

$$U = M \cdot u$$

Vediamo ora il primo principio in forma differenziale:

$$du = \delta q^{\leftarrow} - \delta l^{\rightarrow}$$

dove d è un differenziale esatto e δ indica il differenziale di una grandezza che non è una funzione di stato (dal punto di vista matematico hanno lo stesso significato, è solo una notazione usata per indicare se si sta parlando di funzioni di stato o meno).

Essendo U una grandezza estensiva e additiva, se il sistema Z è fatto da due sottosistemi A e B , l'energia interna totale è:

$$U_Z = U_A + U_B$$

In un sistema isolato (semplice o composto) il bilancio energetico diviene:

$$\Delta U_{\text{isolato}} = 0$$

[sto prendendo appunti troppo precisi, aggiungerò solo le informazioni non scritte nelle slide...]

[8]

[9] Riguardo il primo principio della termodinamica abbiamo visto la definizione assiomatica che si focalizza sul bilancio energetico, e finché questo bilancio vale, il principio rimane valido. La definizione classica del primo principio definisce l'energia interna dicendo che è tutta quell'energia che non è riconducibile allo spostamento di un oggetto o ad altre forme di energia. Questa definizione viene dall'esperimento di Joule: un recipiente riempito con acqua ferma, un elica viene azionato da un peso che fa muovere l'acqua, dopo un determinato tempo l'acqua torna a fermarsi.

[10] le pareti (in rosso) sono dette adiabatiche, nel senso che sono isolate dallo scambio con l'esterno. Però il sistema ha la capacità di scambiare lavoro con l'esterno tramite il meccanismo dell'elica. L'energia cinetica nel nostro sistema è zero, così come l'energia potenziale (l'acqua non si è mossa verticalmente). Se guardiamo il principio di conservazione meccanica (una variazione di lavoro è data da una variazione di energia cinetica e/o una variazione di energia potenziale) otteniamo: $\delta L = dE_c + dE_p$. Nell'esperimento noi abbiamo fornito lavoro al sistema, quindi un δL esiste, ma l'energia cinetica e potenziale sono nulle, di conseguenza per forza deve esistere una forma di energia che appunto chiameremo energia interna. Inoltre Joule si accorse che l'acqua aveva incrementato la sua temperatura, e quindi per forza c'era dell'energia di cui non era a conoscenza.

[11] Joule ha eseguito molti esperimenti come quello visto precedentemente e ha cercato di determinare

l'equivalenza tra il lavoro scambiato e il calore scambiato. Nell'immagine l'1 e il 2 rappresentano due stati, per esempio due temperature dell'acqua. Joule ha eseguito due cicli, in entrambi partendo dallo stato di temperatura 1 e arrivando allo stato 2. Nell'immagine il primo ciclo è "a" e "c", il secondo è "b" e "c". "c" rappresenta un raffreddamento dell'acqua (per esempio facendola raffreddare con l'esterno). "a" e "b" rappresentano due esperimenti (come quello precedente) in cui aumenta la temperatura dell'acqua con diverse quantità di lavoro. Ha visto che in entrambi i casi c'è un'equivalenza di calore scambiati fra "a" e "c" o fra "b" e "c", così con vari calcoli è giunto alla conclusione che $\Delta U_{12a} = \Delta U_{12b}$. Si ha una dimostrazione che la variazione di energia interna è una funzione di stato e cioè non dipende dalla trasformazione eseguita (non dipende dal percorso).

[12]
[13]
[14]
[15]
[16]
[17]
[18]
[19]
[20]
[21]
[22]
[23]
[24]
[25]
[26]
[27]
[28]
[29]
[30]
[31]
[32]
[33]