

POLITECNICO DI TORINO
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE
DI INGEGNERE INDUSTRIALE

II Sessione 2012 - Sezione A

Classi 36/S - LM-33 – Ing. Meccanica / Ing. dell'Autoveicolo / Produzione Industriale

Prova pratica del 22 gennaio 2013

Il candidato svolga uno a scelta fra i seguenti temi proposti:

Tema n. 1

Un motore a combustione interna, quattro cilindri in linea e quattro tempi, è schematizzato come un parallelepipedo (Fig. 1) ed è collegato al telaio di supporto, considerato indeformabile, tramite tre elementi elastici (tasselli) nei punti A-B-C.

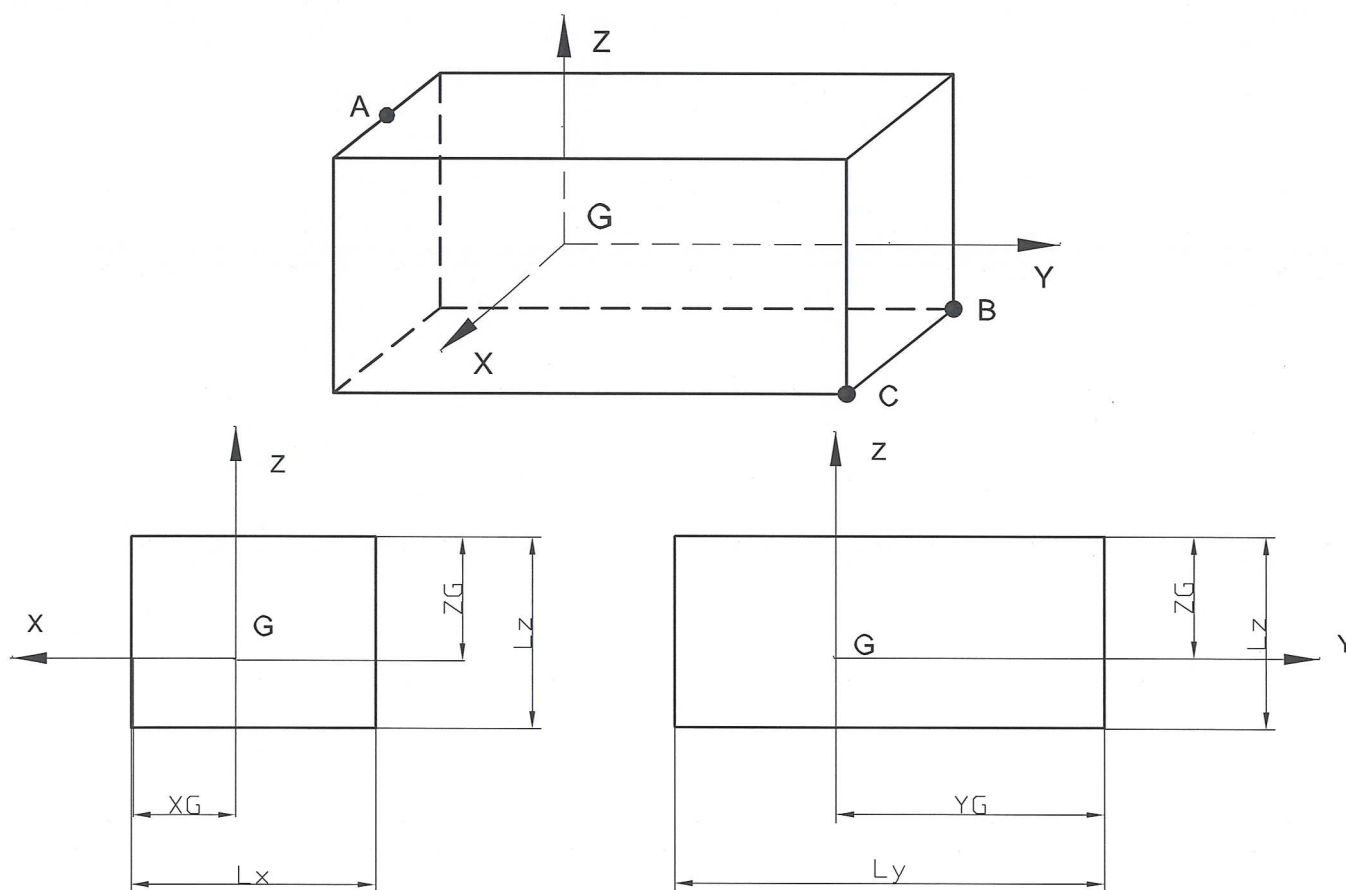


Figura 1: il modello del motore

Sono noti:

massa del motore

dimensioni del motore

posizione del baricentro G

momento centrale d'inerzia attorno all'asse x

momento centrale d'inerzia attorno all'asse y

posizione del punto A

Il verso della forza peso è $-\vec{Z}$

$M = 90 \text{ kg};$

$L_x = 300 \text{ mm} \quad L_y = 400 \text{ mm} \quad L_z = 420 \text{ mm};$

$X_G = 150 \text{ mm} \quad Y_G = 220 \text{ mm} \quad Z_G = 240 \text{ mm};$

$I_x = 2.4 \text{ kg m}^2;$

$I_y = 1.9 \text{ kg m}^2;$

$X_A = L_x/2.$

Ciascun manovellismo è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

corsa

$c = 84 \text{ mm};$

alesaggio $d = 75 \text{ mm};$
 massa di pistone e spinotto $m = 330 \text{ g};$
 lunghezza della biella $l = 130 \text{ mm};$
 massa della biella $m_B = 430 \text{ g};$
 Il baricentro della biella si considera posizionato a $1/3$ della sua lunghezza l .
 L'asse dei cilindri è parallelo a z e l'albero motore è parallelo a y .

- 1) Supponendo che ogni manovella sia equilibrata da opportuni contrappesi di bilanciamento, tali che il baricentro della mascheretta (manovella+contrappeso) giaccia sull'asse di rotazione y , si determini in funzione della velocità angolare costante del motore ω :
 - a) l'espressione della risultante delle forze d'inerzia di primo e secondo ordine in direzione x e z di ogni singolo manovellismo;
 - b) l'espressione delle risultanti complessive, sempre di primo e secondo ordine, dell'intero motore;
 - c) il valore massimo della risultante complessiva, in x e z , nelle condizioni seguenti:

regime minimo del motore	$n_{\min} = 1000 \text{ giri/min}$
regime massimo del motore	$n_{\max} = 6000 \text{ giri/min}$

Si considera trascurabile il contributo del momento risultante delle forze d'inerzia della biella.

- 2) Si determini la rigidità dei supporti in direzione z in modo tale che, in statica, si abbia:

massima traslazione verticale del baricentro	$\delta_{\max} = 2.0 \text{ mm};$
rotazione nulla attorno all'asse x	$\theta_{\max} = 0.0^\circ;$
rotazione nulla attorno all'asse y	$\phi_{\max} = 0.0^\circ.$
- 3) Supponendo che la forma dei supporti (tasselli motore) sia schematizzabile come in Fig. 2 e che il modulo elastico della gomma di cui sono costituiti sia $E = 5 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$, si dimensionino i tasselli (ovvero scegliere H e D) affinché:
 - a) siano rispettate le rigidità di cui al punto 2);
 - b) $H \leq D$;
 - c) la frequenza propria del modo di pura traslazione lungo l'asse x (considerato, in prima approssimazione, disaccoppiato da ogni altro moto) sia inferiore a quelle generate dal motore al suo regime di funzionamento minimo.

Si utilizzino, per il calcolo delle rigidità, le seguenti espressioni: $K_z = \frac{\pi ED^2}{4H}$ $K_x = \frac{3\pi ED^4}{64H^3}$

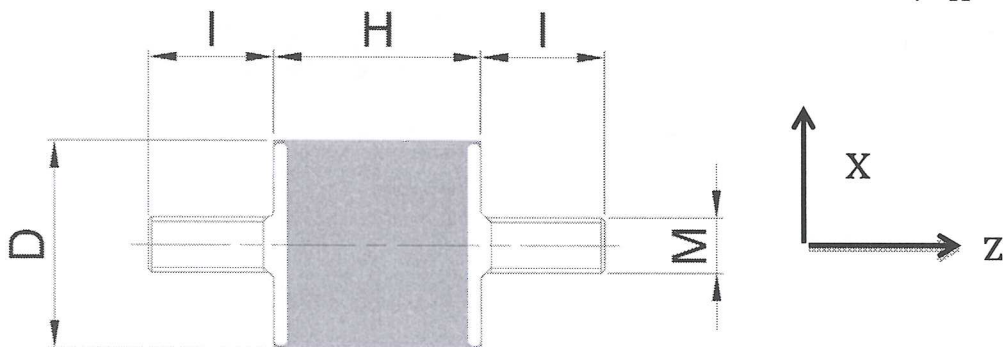


Figura 2: modello del tassello

- 4) In funzione dei parametri assegnati e delle rigidità calcolate al punto 2), si determinino le frequenze naturali e le forme modali del motore, considerato come corpo rigido. Si trascuri il contributo dato dalle accelerazioni del baricentro in direzione x e y e dalla accelerazione angolare attorno all'asse z . Si verifichi che la massima pulsazione propria sia inferiore alla minima velocità angolare del motore; se la condizione non fosse rispettata, modificare di conseguenza le rigidità di cui al punto 2).
- 5) Supponendo che il punto di applicazione della risultante delle forze d'inerzia sia il baricentro G del motore, si calcolino per i regimi di rotazione massimo e minimo:
 - a) le ampiezze di oscillazione dei supporti;
 - b) le forze trasmesse dal supporto al telaio.

Il candidato assuma ogni altro dato necessario allo svolgimento del tema, giustificando le scelte effettuate.

Tema n. 2

PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO TERMICO A TUTT'ARIA CON RICIRCOLO

Si deve condizionare nella stagione invernale una sala cinematografica da 220 posti, nella quale si vogliono mantenere le condizioni ambiente di temperatura $t_A = 20\text{ }^\circ\text{C}$ e umidità relativa percentuale $\varphi_A = 50\%$, quando le condizioni dell'aria esterna sono $t_E = -5\text{ }^\circ\text{C}$ e $\varphi_E = 80\%$.

Il carico termico totale (da fornire all'ambiente) vale $Q_t = 20000\text{ kcal/h}$; dall'ambiente si deve contemporaneamente asportare la portata di vapor d'acqua m_v corrispondente al carico termico latente introdotto in ambiente dalle persone; stimare la portata d'aria esterna di rinnovo m_e che è necessario introdurre in ambiente e la temperatura t_i dell'aria all'ingresso dell'ambiente stesso.

Schematizzare l'impianto (a tutt'aria con ricircolo) e in particolare l'UTA (unità di trattamento aria).

Tracciare sul diagramma di Mollier allegato le trasformazioni termodinamiche dell'aria.

Determinare le potenze termiche che devono scambiare la batteria di riscaldamento e la batteria di post riscaldamento, nonché la portata d'acqua m_h da evaporare nel saturatore adiabatico dell'UTA.

Progettare (determinare cioè dimensioni di ingombro, numero di ranghi, numero di tubi per rango e diametro dei tubi) una delle due batterie di scambio termico alettate utilizzando il diagramma allegato fornito dal costruttore e riguardante una batteria alettata del tipo $25 \times 19 - 12$ alette $\times 1''$ (essendo 25 la distanza in mm dei tubi di uno stesso rango, 19 la distanza in mm tra due ranghi consecutivi e 12 le alette per pollice).

La potenza termica, fornita alle due batterie, proviene da un generatore di calore ad acqua calda alimentato con un combustibile gassoso (gas naturale).

Indicare la potenza termica del focolare del generatore di calore, calcolare la portata di combustibile e stimare la portata dei prodotti della combustione.

Stimare inoltre il volume di combustibile e la massa di anidride carbonica, rispettivamente bruciato e prodotta in una stagione di riscaldamento in una città, come ad esempio Torino, nella quale il carico termico stagionale è circa il 50 % del carico termico massimo.

Stimare infine il diametro della sezione del camino supponendo che la velocità dei prodotti della combustione sia dell'ordine dei 3 – 4 m/s.

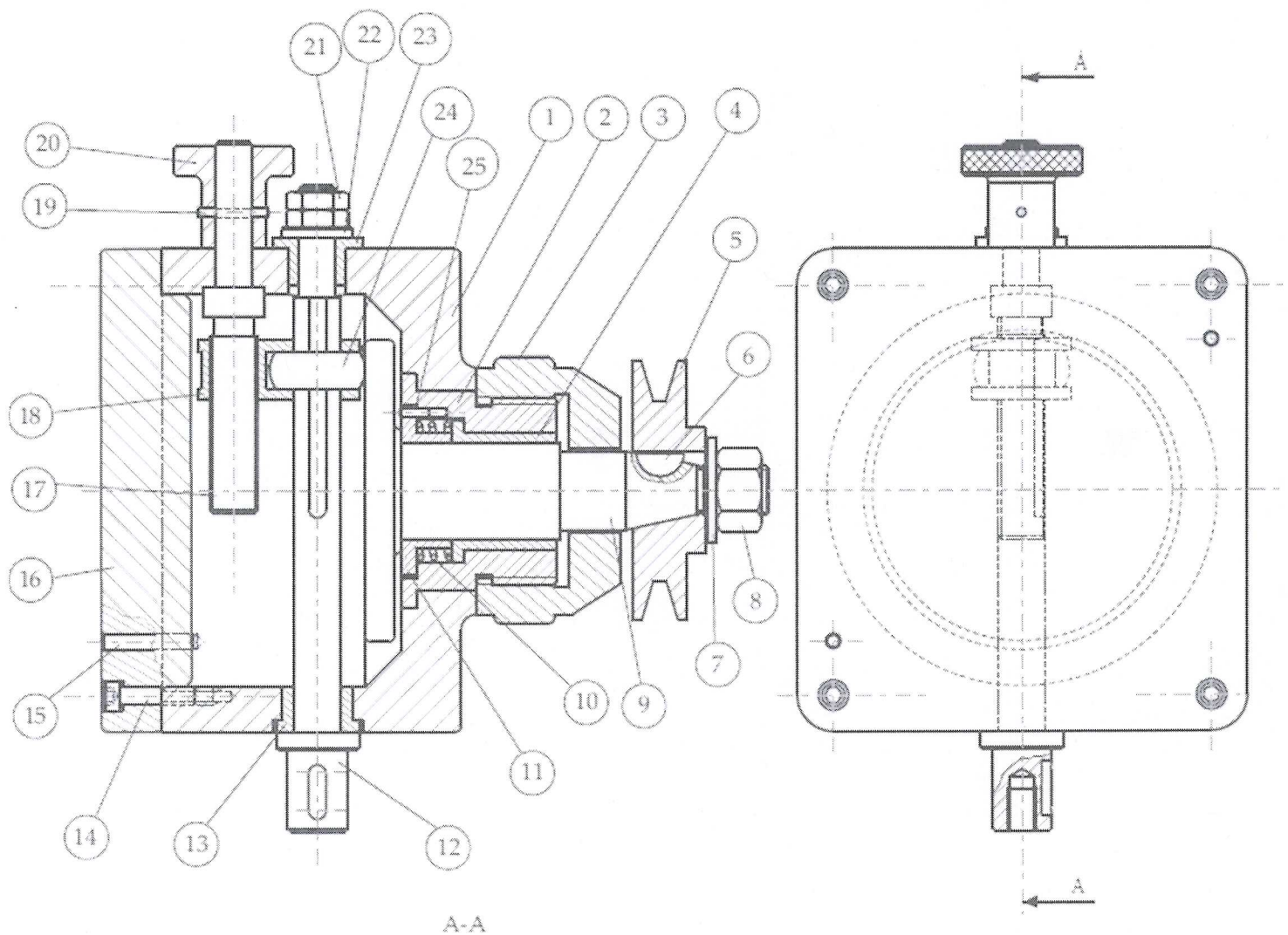
Allegati (dopo il tema n. 4):

- Diagramma di Mollier per l'aria umida.
- Diagramma della batteria di scambio termico alettata, avente in ascissa la velocità dell'acqua nei tubi espressa in m/s, in ordinata il coefficiente di scambio termico globale U espresso in $\text{kW}/(\text{NR} \times \text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$; NR sono il numero di ranghi della batteria, i m^2 sono relativi alla sua area frontale.

Tema n. 3

Dato il variatore rappresentato in figura (riprodotto in scala 1:2):

- spiegare la funzione del complessivo;
- illustrare la funzione dei singoli componenti;
- scegliere il materiale più idoneo per ciascuno di essi;
- disegnare l'albero motore (9), indicando tolleranze (si definiscano opportunamente gli accoppiamenti tra l'albero motore e gli altri elementi dell'assieme) e finiture superficiali;
- redigere il ciclo di lavorazione dello stesso componente supponendo di doverne costruire 5 esemplari, specificando per ogni fase i parametri di lavorazione.



25	1	Spina
24	1	Rullo
22	1	Boccola
23	1	Rondella
21	2	Dado
20	1	Pomello
19	1	Spina
18	1	Forcella
17	1	Vite di regolazione
16	1	Coperchio
15	2	Spina
14	4	Vite M6
13	1	Boccola
12	1	Albero uscita
11	1	Collare
10	1	Molla
9	1	Albero motore
8	1	Dado
7	1	Rondella
6	1	Linguetta
5	1	Puleggia
4	1	Bronzina
3	1	Cappellotto
2	1	Boccola portante
1	1	Corpo
N.	Qu.	Denominazione
VARIATORE		
		Data
		Scala

Tema n. 4

La possibile sensibile crescita dei costi energetici legati al combustibile per auto-trazione spinge una grande azienda di trasporti intermodali e logistica ad organizzarsi con la spedizione di merci per ferrovia.

L'azienda, lungo una direttrice tra la sede principale ed il più vicino terminal, dispone di alcune filiali, tutte adiacenti o a meno di 50 km da piccoli terminali intermodali o da binari di precedenza - che possono essere attrezzati con gru a portale. Si prevede pertanto d'attivare un servizio ferroviario a navetta tra punto e punto, giornaliero, con fermate lungo la linea ferroviaria, elettrificata ed adatta a convogli lunghi anche 700 metri.

Nel corso di una giornata, la società riceve diversi ordini per il prodotto che trasporta, caricato in casse mobili lunghe 13.60 m (peso lordo 34 t), da sette filiali (in sequenza: A, B, ..., G) secondo il seguente schema:

Azienda	A	B	C	D	E	F	G	(ultima riga della matrice impieghi/risorse)
Quantità di prodotto richiesta (casse mobili)	32	4	30	18	6	28	34	

La disponibilità a magazzino presso le medesime filiali è la seguente:

Azienda	A	B	C	D	E	F	G
Quantità di prodotto disponibile (casse mobili)	14	20	4	8	20	60	26

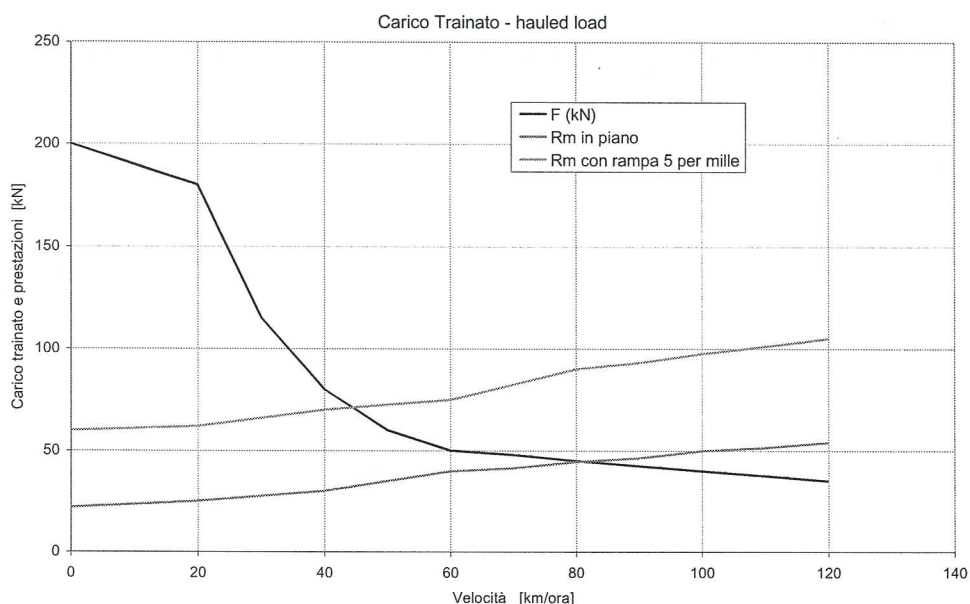
Le richieste fanno riferimento ad unità di trasporto intermodali (casse mobili). La tabella dei costi di trasporto - comprese tutte le attività accessorie - è la seguente:

	A	B	C	D	E	F	G
A	0	2	5	8	19	22	36
B	2	0	3	6	17	19	23
C	5	3	0	3	14	17	31
D	8	6	3	0	11	14	18
E	19	17	14	11	0	3	17
F	22	19	17	14	3	0	14
G	36	23	31	18	17	14	0

Quando, a fine giornata, la società deve definire come procedere alle consegne per il giorno seguente, deve verificare se dispone dei mezzi sufficienti, per il trasporto ferroviario, per soddisfare le richieste, rispettando la logica di distribuzione ottimale ed i vincoli sopra indicati. La società dispone di un convoglio ferroviario completo da 20 carri a pianale rispettivamente presso i terminali adiacenti alle filiali B ed E e di due convogli – uno da 10, l'altro da 30 carri - in F, con relativi locomotori.

Il Candidato:

1. trovi una *soluzione ottimale* per definire se la società possa o meno soddisfare la domanda con i mezzi di trasporto in dotazione ed in che modo può soddisfarla; nell'utilizzo del metodo di Vogel, a parità di scarti, utilizzare il minimo costo a prescindere da disponibilità o impieghi; scelto lo scarto massimo o quello più adatto in caso di eguaglianza, a parità di costi utilizzare prioritariamente i costi nulli e poi la minima assegnazione possibile tra impieghi e risorse.
2. indichi la *potenza necessaria* per il o i locomotori cui viene assegnato il trasporto del convoglio più lungo (diagramma delle prestazioni nel grafico), considerando che la pendenza massima sulla linea è del 5‰, con curve molto ampie, fornendo dati aggiuntivi a propria discrezione, incluso il rendimento complessivo (motore e trasmissione).



3. Fornisca un'ipotesi di massima su un *terminal intermodale* adatto ad accogliere e reinserire in linea 12 treni merci al giorno, indicando i relativi elementi essenziali, precisando come e dove gestire le code di attesa.

Il Candidato fornisca eventuali ipotesi su dati mancanti.

DIAGRAMMA PSICROMETRICO

PRESSIONE 1,013 bar

