

Cognome.....Nome.....Matricola.....Firma.....

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

2a prova in itinere del 30 giugno 2014

DOMANDE

NB Ci si attendono risposte complete ed approfondite ad ogni singola domanda

1. La misura del lavoro: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Misure di pressione: si analizzi compiutamente, costruttivamente e metrologicamente, uno strumento di misura.
3. Le termocoppie: caratteristiche, leggi costitutive, circuiti di misura.

PROBLEMA A

NB Ci si aspetta che vengano raggiunti tutti i risultati numerici richiesti

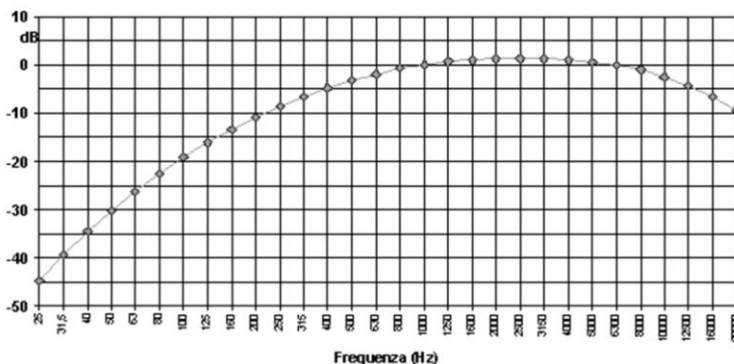
Si vuole misurare il momento flettente agente su una trave a sezione rettangolare di lato 30 mm e spessore 6 mm. Si richiede di utilizzare 2 estensimetri e si richiede di compensare le azioni dovute a eventuali carichi assiali. La tensione di alimentazione del ponte è di 2,5 V, il fattore di taratura degli estensimetri $G_f=2,02\pm 0,5\%$, $R_0=120\ \Omega$, il modulo elastico del materiale $E=110\text{ GPa}$, coefficiente di temperatura per effetto interferente $k_f=3\cdot 10^{-6}\ \text{C}^{-1}$, coefficiente di temperatura per effetto modificante $\beta_k=4\cdot 10^{-4}\ \text{C}^{-1}$. Si ricorda che la deformazione superficiale ε prodotta da un momento flettente M_f si calcola con $\varepsilon=M_f/(E W)$, dove $W=1/6 b h^2$ è il momento di resistenza alla flessione della sezione della trave.

4. Indicare la disposizione degli estensimetri sulla trave e sul ponte.
5. Determinare la sensibilità del dispositivo. Inoltre indicare, giustificando, se la si ritiene adeguata per misurare carichi dell'ordine di 1 N m. Indicare che cosa si può fare per migliorare la sensibilità.
6. Dopo aver effettuato gli eventuali miglioramenti al sistema, si effettua la taratura del condizionatore di segnale utilizzato per il ponte inserendo in parallelo ad un lato del ponte una resistenza da 150 k Ω ottenendo un segnale in uscita di 6,5 V. Determinare il carico corrispondente ad lettura di 0,25 V.
7. Determinare lo stesso carico nel caso in cui la taratura fosse stata effettuata a 20 °C e la misura a 70 °C.

PROBLEMA B

8. In un capannone industriale, nella postazione utente di un centro di lavoro, si misura un livello di pressione sonora di 83 dB. Quando tale centro di lavoro è spento, nella stessa posizione si misura un livello di pressione sonora di 76 dB. Si richiede di calcolare quale sia il livello di pressione sonora che il centro di lavoro produrrebbe se fosse in un ambiente silenzioso.
9. In un'altra condizione di lavoro il rumore viene prodotto principalmente in due frequenze, a 100 Hz e a 500 Hz, alle quali si misurano pressioni sonore rispettivamente di 1,5 Pa e 0,5 Pa. Considerando la curva di ponderazione A in figura, indicare quale dei due suoni risulta più udibile per l'orecchio umano.

Curva di ponderazione A



NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (7 punti), 3 (7 punti), problema A (7 punti), problema B (7 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,A,B richieda al massimo 20 min.

Cognome.....Nome.....Matricola.....Firma.....

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello del 30 giugno 2014

DOMANDE

NB Ci si attendono risposte complete ed approfondite ad ogni singola domanda

1. La misura della potenza: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. La risposta dinamica di un accelerometro.
3. Misure di pressione: si analizzi compiutamente, costruttivamente e metrologicamente, uno strumento di misura
4. Le termocoppie: caratteristiche, leggi costitutive, circuiti di misura

PROBLEMA A

NB Ci si aspetta che vengano raggiunti tutti i risultati numerici richiesti

Si vuole misurare il momento flettente agente su una trave a sezione rettangolare di lato 30 mm e spessore 6 mm. Si richiede di utilizzare 2 estensimetri e si richiede di compensare le azioni dovute a eventuali carichi assiali. La tensione di alimentazione del ponte è di 2,5 V, il fattore di taratura degli estensimetri $G_f=2,02\pm 0,5\%$, $R_0=120\ \Omega$, il modulo elastico del materiale $E=110\ \text{GPa}$, coefficiente di temperatura per effetto interferente $k_t=3\cdot 10^{-6}\ \text{C}^{-1}$, coefficiente di temperatura per effetto modificante $\beta_k=4\cdot 10^{-4}\ \text{C}^{-1}$. Si ricorda che la deformazione superficiale ε prodotta da un momento flettente M_f si calcola con $\varepsilon=M_f/(E W)$, dove $W=1/6 b h^2$ è il momento di resistenza alla flessione della sezione della trave.

5. Indicarne la disposizione sulla trave e sul ponte.
6. Determinare la sensibilità del dispositivo. Inoltre indicare, giustificando, se la si ritiene adeguata per misurare carichi dell'ordine di 1 N m. Eventualmente indicare che cosa si può fare per migliorare la sensibilità

PROBLEMA B

7. In un capannone industriale, nella postazione utente di un centro di lavoro, si misura un livello di pressione sonora di 83 dB. Quando tale centro di lavoro è spento, nella stessa posizione si misura un livello di pressione sonora di 76 dB. Si richiede di calcolare quale sia il livello di pressione sonora che il centro di lavoro produrrebbe se fosse in un ambiente silenzioso.

PROBLEMA C

8. Si vuole misurare l'energia cinetica posseduta da un corpo. La massa è stata misurata 5 volte mediante una bilancia di risoluzione 0,1 kg: le misure sono risultate tutte uguali e pari 15,4 kg. La velocità è stata misurata 8 volte e le misure sono caratterizzate da una media pari a 4,375 m/s e da una deviazione standard pari a 0,23 m/s. Si esprima la misura dell'energia cinetica con un livello di confidenza del 99,7%.

PROBLEMA D

9. Si disegni lo spettro (modulo e fase) del seguente segnale di accelerazione:

$$y(t)[m/s^2] = -1 + \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{4}\right) - 5\sin\left(50\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

10. Per acquisire tale segnale, dovuto alle oscillazioni di una trave di alluminio di 200x20x2 mm, si hanno a disposizione i seguenti strumenti. La scheda di acquisizione a disposizione ha un fondo scala massimo di +/- 2 V. Indicare quale si sceglie, motivando.

#	Tipo	Banda passante [Hz]	Massa acc [g]	Sensibilità [mV/(m/s ²)]
1	Piezoelettrico 1	0,3 - 8000	5	100
2	Piezoelettrico 2	1 - 2000	10	300
3	Servoaccelerometro	0 - 100	500	2000
4	Capacitivo	0 - 50	20	200

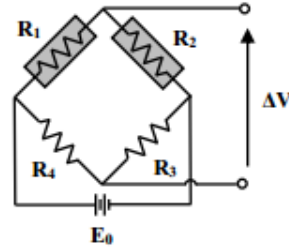
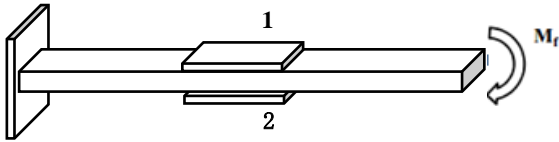
NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (4 punti), 3 (4 punti), 4 (4 punti), problema A (4 punti), problema B (4 punti), problema C (4 punti), problema D (4 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,4,A,B,C,D richieda al massimo 17 min.

SOLUZIONE II PROVA IN ITINERE

PROBLEMA A

4.

- Posizionamento degli estensimetri:



5.

Sensibilità del ponte estensimetrico:

$$\Delta V = \frac{E_0}{4} \cdot \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} \right) = \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f \varepsilon = \frac{E_0}{2} \cdot G_f \frac{M_f}{EW}$$

$$S_1 = \frac{\Delta V}{M_f} = \frac{E_0 G_f}{2EW} = 1.275253 \cdot 10^{-4} \text{ V}/(\text{N m})$$

$$i_{S_1,rel} = i_{G_f,rel} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

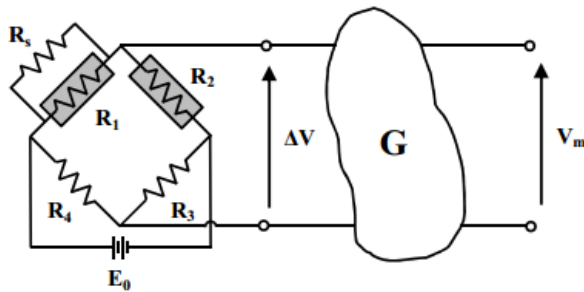
$$i_{S_1} = 3.7 \cdot 10^{-7} \text{ V}/(\text{N m})$$

$$S_1 = (1.2753 + 0.0037) \cdot 10^{-4} \text{ V}/(\text{N m}) \text{ (l.c. 68\%)}$$

$$V_m(1 \text{ N m}) = 1 \text{ N m} \cdot 1.2753 \cdot 10^{-4} \text{ V}/(\text{N m}) = 1.2753 \cdot 10^{-4} \text{ V}$$

La sensibilità non è adeguata: le tensioni necessarie per caratterizzare carichi dell'ordine di 1 N m non verrebbero misurate dalla comune strumentazione di laboratorio. Occorre incrementare la sensibilità tramite un opportuno amplificatore, in modo che la tensione misurata possa essere almeno dell'ordine del millivolt, meglio se maggiore. Ad esempio, si può impostare un guadagno di 10000 di modo che la tensione misurata risulti dell'ordine del volt.

6.



Inserimento della resistenza di Shunt (indifferentemente su R_1 o R_2):

$$V_m = G \Delta V = G \frac{E_0}{4} \frac{\Delta R_1}{R_1} = 6.5 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = - \frac{R_0}{R_0 + R_s} = -7.993605 \cdot 10^{-4}$$

$$G = V_m \cdot \left(\frac{E_0}{4} \cdot \frac{\Delta R_1}{R_1} \right)^{-1} = -13010.4$$

Calcolo della nuova sensibilità considerando il guadagno in modulo:

$$S_2 = G \cdot S_1 = 1.6592 \text{ V}/(\text{N m})$$

$$i_{S_2,rel} = i_{S_1,rel} = 0.29\%$$

$$i_{S_2} = 4.8256 \cdot 10^{-3} \text{ V}/(\text{N m})$$

$$S_2 = (1.6592 + 0.0048) \text{ V}/(\text{N m}) \text{ (l.c. 68\%)}$$

Carico applicato:

$$M_f = \frac{V_m}{S_2} = 0.150675 \text{ N m}$$

$$i_{M_f,rel} = i_{S_2,rel} = 0.29\%$$

$$i_{M_f} = 0.0004369 \text{ N m}$$

$$M_f = (0.15068 \pm 0.00044) \text{ N m (l.c.68\%)}$$

7. L'effetto interferente è compensato grazie all'uso di due estensimetri su lati contigui del ponte. L'effetto modificante invece va considerato come segue.

$$S_{70^\circ\text{C}} = S_{20^\circ\text{C}} (1 + \beta_k \Delta T) = 1.6592 \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-4} \cdot 50) = 1.692384 \text{ V/(N m)}$$

$$i_{S_{70^\circ\text{C},rel}} = i_{S_2,rel} = 0.29\%$$

$$i_{S_{70^\circ\text{C}}} = 4.907913 \cdot 10^{-3} \text{ V/(N m)}$$

$$S_{70^\circ\text{C}} = (1.6924 \pm 0.0049) \text{ V/(N m)}$$

$$M_f = \frac{V_m}{S_{70^\circ\text{C}}} = 0.147721 \text{ N m}$$

$$i_{M_f} = i_{M_f,rel} \cdot M_f = 0.0029 \cdot 0.147721 = 4.283909 \cdot 10^{-4} \text{ N m}$$

$$M_f = (0.14772 + 0.00043) \text{ N m}$$

8. Livello totale di pressione sonora: $L_{p,tot} = 83 \text{ dB}$, $p_{toc} = \sqrt{p_0^2 \cdot 10^{\left(\frac{L_{p,tot}}{10}\right)}} = 0.28250751 \text{ Pa}$

Livello di pressione sonora, quando tale centro di lavoro è spento:

$$L_{p,n} = 76 \text{ dB}, p_n = \sqrt{p_0^2 \cdot 10^{\left(\frac{L_{p,n}}{10}\right)}} = 0.12619147 \text{ Pa}$$

Livello di pressione sonora, se fosse in un ambiente silenzioso, il livello di pressione sonora del centro di lavoro in un ambiente silenzioso si può calcolare sottraendo dall'intensità sonora totale l'intensità sonora:

$$L_{p,s} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{p_{tot}^2}{p_0^2} - \frac{p_n^2}{p_0^2} \right) = 82.03347107 \approx 82 \text{ dB}$$

9.

$$L_{f_1} = 20 \cdot \log_{10} \frac{p_{f_1}}{p_0} = 20 \cdot \log_{10} \frac{1.5}{2 \cdot 10^{-5}} = 97.50 \text{ dB}$$

$$L_{f_2} = 20 \cdot \log_{10} \frac{p_{f_2}}{p_0} = 20 \cdot \log_{10} \frac{0.5}{2 \cdot 10^{-5}} = 87.96 \text{ dB}$$

$$L_{CA}(p_{f_1}) = -19 \text{ dB}$$

$$L_{CA}(p_{f_2}) = -3 \text{ dB}$$

$$L_{f_1,A} = L_{f_1} + L_{CA}(p_{f_1}) = 97.50 + (-19) = 78.50 \text{ dB}$$

$$L_{f_2,A} = L_{f_2} + L_{CA}(p_{f_2}) = 87.96 + (-3) = 84.96 \text{ dB}$$

Poichè $L_{f_2,A} > L_{f_1,A}$, A il suono a 500Hz risulta più udibile per l'orecchio umano.

SOLUZIONE APPELLO

PROBLEMA A

5. Uguale a Es.4 della 2a prova in itinere
6. Uguale a Es.5 della 2a prova in itinere
7. Uguale a Es.8 della 2a prova in itinere
- 8.

L'energia cinetica è $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 15.4 \cdot 4.375^2 = 147.3828125 \text{ J}$

$$i_m = \frac{0.1 \text{ kg}}{2\sqrt{3}} = 2.886751 \cdot 10^{-2}$$

$$i_v = \frac{\sigma}{\sqrt{\mu}} = \frac{0.23 \text{ m/s}}{\sqrt{8}} = 8.131728 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$i_{m,rel} = \frac{i_m}{m} = \frac{0.02886751}{15.4} = 1.874514 \cdot 10^{-3}$$

$$i_{v,rel} = \frac{i_v}{v} = \frac{0.08131728}{4.375} = 1.858681 \cdot 10^{-2}$$

$$i_{E,rel} = \sqrt{(i_{m,rel})^2 + (2 \cdot i_{v,rel})^2} = \sqrt{(1.874514 \cdot 10^{-3})^2 + (2 \cdot 1.858681 \cdot 10^{-2})^2} = 3.722085 \cdot 10^{-2}$$

$$i_E = i_{E,rel} \cdot E = 3.722085 \cdot 10^{-2} \cdot 147.3828125 = 5.485714 \text{ J}$$

$$E = (147.4 \pm 5.5) \text{ J}$$

Se si desidera un livello di confidenza del 99.7%, considerando che la distribuzione statistica dell'incertezza combinata ottenuta è gaussiana, bisogna applicare un fattore di copertura 3.

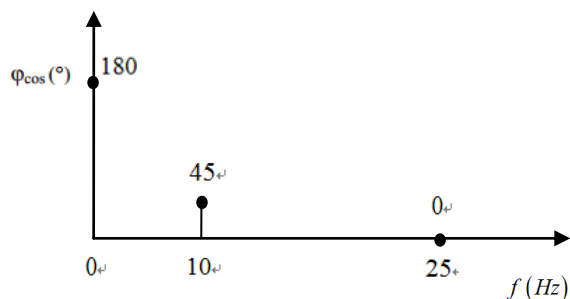
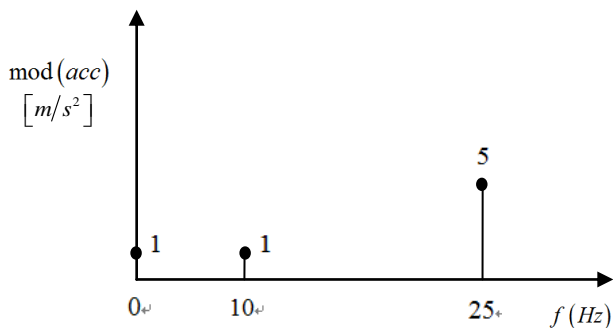
$$i_{E,est99.7\%} = k \cdot i_E = 3 \cdot 5.5 = 16.5 \text{ J}$$

$$E = (147 \pm 17) \text{ J} \quad (l.c.99.7\%)$$

9.

Tre armoniche:

- $f_1 = 0 \text{ Hz}$, $A_1 = 1 \text{ m/s}^2$, $\varphi_1 = 180^\circ$;
- $f_2 = 10 \text{ Hz}$, $A_2 = 1 \text{ m/s}^2$, $\varphi_2 = 45^\circ$;
- $f_3 = 25 \text{ Hz}$, $A_3 = 5 \text{ m/s}^2$, $\varphi_3 = 0^\circ$;



10.

Per la banda passante. Perchè vi è -1, quindi la banda passante deve contenere 0 Hz. Ed inoltre contiene 10 Hz e 25 Hz. così il tipo **Piezolettrico 1** e **Piezolettrico 2** sono esclusi.

La massa della trave di alluminio vale: $m_{trave} = \rho \cdot V = 2700 \cdot 0.2 \cdot 0.02 \cdot 0.002 = 0.0216 \text{ kg} = 21.6 \text{ g}$

Siccome la massa del servoaccelerometro è molto maggiore di quella della trave, e quindi produrrebbe effetto di carico, il tipo **Servoaccelerometro** va escluso.

Per la Sensibilità L'accelerazione massima è di 7 m/s^2 .

Quindi per acquisire correttamente il segnale con la scheda da +/- 2 V, dovrò avere una sensibilità massima pari

$$a: S_m = \frac{2 \cdot 1000}{7} = 286 \text{ mV}/(\text{m/s}^2)$$

Così il tipo **Piezolettrico 2** e **Servoaccelerometro** sono esclusi. Perchè hanno sensibilità maggiore.

Quindi, si sceglie il **Capacitivo**.