

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

## Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

### 2a prova in itinere dell' 8 luglio 2013

#### DOMANDE

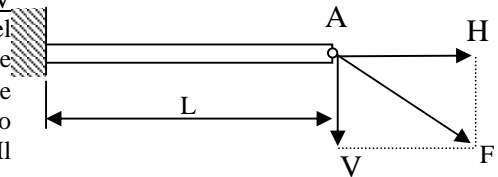
**NB Ci si attendono risposte complete ed approfondite ad ogni singola domanda**

1. La misura della pressione: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Le misure di pressione.
3. Le termocoppie.

#### PROBLEMA A

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

Un ponte di Wheatstone è dedicato alla misura della componente verticale V della forza F che agisce nel punto A sulla trave in figura. La posizione del punto A è fissa sull'estremità. Gli estensimetri a disposizione hanno le seguenti caratteristiche:  $R_0=120 \Omega$ , gauge factor  $G_f=1.98\pm 0.5\%$ , coefficiente di temperatura per effetto interferente  $k_t=0.2 \% \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . La trave è in acciaio ( $E=206 \text{ GPa}$ ), con  $L=200 \text{ mm}$ , sezione rettangolare ( $b=30 \text{ mm}$ ,  $h=7 \text{ mm}$ ). Il ponte è alimentato a  $2.5 \text{ V}$  ed il guadagno dell'amplificatore unitario. *Note: deformazione dovuta a carico assiale N:  $\epsilon=N/EA$ ; deformazione dovuta a momento flettente  $M_f$ :  $\epsilon=M_f/EW$ , dove  $W=1/6*b*h^2$  (sezione rettangolare di larghezza b e altezza h).*



4. Dopo aver analizzato la struttura in esame, decidere la disposizione ottimale degli estensimetri (il loro numero, collocazione, orientamento, collegamento sul ponte/i) al fine di massimizzare la sensibilità del ponte. Giustificare la scelta.
5. Calcolare la sensibilità del ponte realizzato.
6. Dopo aver azzerato il ponte a  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ , la struttura viene portata a  $120 \text{ } ^\circ\text{C}$  e viene applicata una forza. Si misura uno sbilanciamento di  $1.2 \text{ mV}$ , misurato con un voltmetro avente risoluzione  $0.1 \text{ mV}$ . Indicare la misura della forza verticale e quale sia la componente principale che contribuisce all'incertezza della misura.

#### PROBLEMA B

7. Si vuole conoscere il livello di pressione sonora prodotto da una lavatrice e si esegue una misura in un laboratorio, ottenendo  $74 \text{ dB}$ . Poco dopo la misura si spegne la lavatrice e si misura che in laboratorio è presente un rumore di fondo pari a  $68 \text{ dB}$ . Indicare il livello di pressione sonora prodotto dalla sola lavatrice.

*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 dell' 8 luglio 2013

#### DOMANDE

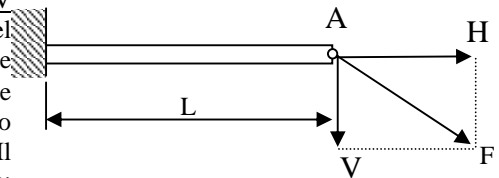
**NB Ci si attendono risposte complete ed approfondite ad ogni singola domanda**

1. La misura della pressione: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Le misure di forza.
3. Le misure di pressione.
4. Le termocoppie.

#### PROBLEMA A

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

Un ponte di Wheatstone è dedicato alla misura della componente verticale V della forza F che agisce nel punto A sulla trave in figura. La posizione del punto A è fissa sull'estremità. Gli estensimetri a disposizione hanno le seguenti caratteristiche:  $R_0=120 \Omega$ , gauge factor  $G_f=1.98\pm 0.5\%$ , coefficiente di temperatura per effetto interferente  $k_t=0.2 \% \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . La trave è in acciaio ( $E=206 \text{ GPa}$ ), con  $L=200 \text{ mm}$ , sezione rettangolare ( $b=30 \text{ mm}$ ,  $h=7 \text{ mm}$ ). Il ponte è alimentato a  $2.5 \text{ V}$  ed il guadagno dell'amplificatore unitario. *Note: deformazione dovuta a carico assiale N:  $\epsilon=N/EA$ ; deformazione dovuta a momento flettente  $M_f$ :  $\epsilon=M_f/EW$ , dove  $W=1/6*b*h^2$  (sezione rettangolare di larghezza b e altezza h).*



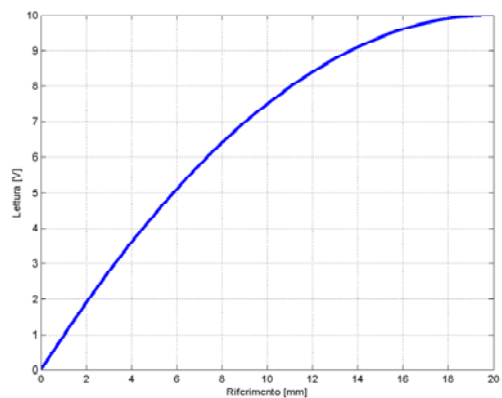
5. Dopo aver analizzato la struttura in esame, decidere la disposizione ottimale degli estensimetri (il loro numero, collocazione, orientamento, collegamento sul ponte/i) al fine di massimizzare la sensibilità del ponte. Giustificare la scelta.
6. Calcolare la sensibilità del ponte realizzato.
7. Dopo aver azzerato il ponte a  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ , la struttura viene portata a  $120 \text{ } ^\circ\text{C}$  e viene applicata una forza. Si misura uno sbilanciamento di  $1.2 \text{ mV}$ , misurato con un voltmetro avente risoluzione  $0.1 \text{ mV}$ . Indicare la misura della forza verticale e quale sia la componente principale che contribuisce all'incertezza della misura.

#### PROBLEMA B

8. Si vuole conoscere il livello di pressione sonora prodotto da una lavatrice e si esegue una misura in un laboratorio, ottenendo  $74 \text{ dB}$ . Poco dopo la misura si spegne la lavatrice e si misura che in laboratorio è presente un rumore di fondo pari a  $68 \text{ dB}$ . Indicare il livello di pressione sonora prodotto dalla sola lavatrice.

#### PROBLEMA C

9. Si ha a disposizione un trasduttore di spostamento a correnti parassite la cui curva di taratura è riportata in figura. Si vogliono misurare piccoli spostamenti nell'intorno della posizione  $10 \text{ mm}$ . Indicare quanto vale la sensibilità in questo intorno.
10. La taratura dello strumento è stata effettuata usando come riferimento un trasduttore di spostamento LVDT con linearità di  $3 \mu\text{m}$  e i residui dell'interpolazione sono risultati avere un errore medio di  $0.1 \text{ V}$ . Calcolare l'incertezza di taratura sempre nell'intorno della posizione sopra indicata. Ed inoltre indicare se lo strumento di riferimento utilizzato è adeguato allo scopo.



*NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (4,5 punti), 3 (4,5 punti), 4 (4,5 punti), problema A (4,5 punti), problema B (4,5 punti), problema C (4,5 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,4,A,B,C richieda al massimo 20 min.*

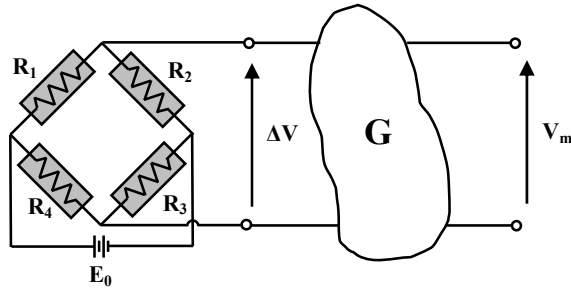
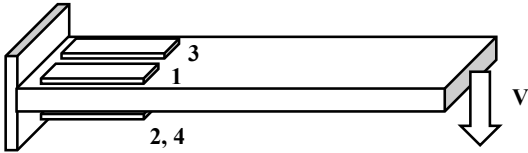
SOLUZIONE

I numeri delle domande sono riferite all'appello completo.

PROBLEMA A

5.

- Posizionamento degli estensimetri:



La forza verticale  $V$  viene ottenuta dalla misura del momento flettente  $M_f$ ; la sensibilità del ponte viene massimizzata scegliendo una configurazione a ponte intero e posizionando gli estensimetri in prossimità dell'incastro, a una distanza tale da minimizzarne gli effetti di bordo (es. 50 mm).

Qualora ci si voglia rendere indipendenti dalla posizione del carico, si poteva adottare una configurazione a taglio; in questo modo però la sensibilità sarebbe stata inferiore.

6.

Sensibilità del ponte estensimetrico:

$$V_m = G \cdot \frac{E_0}{4} \cdot \left( \frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) = G \cdot \frac{E_0}{4} \cdot 4 G_f \varepsilon$$

$$V_m = G \cdot E_0 \cdot G_f \frac{6 M_f}{E b h^2} = \frac{6 \cdot G \cdot E_0 \cdot G_f}{E b h^2} \cdot d \cdot V$$

( $d = 150$  mm, distanza dall'estremo libero)

$$S = \frac{V_m}{V} = \frac{6 G E_0 G_f d}{E b h^2} = 1.47117099 \cdot 10^{-5} \frac{V}{N}$$

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

$$I_S = 4.24690484 \cdot 10^{-8} \text{ V/N}$$

$$S = (1.4712 \pm 0.0042) \cdot 10^{-5} \text{ V/N} \quad (\text{l.c. } 68\%)$$

7.

La configurazione a ponte intero permette di compensare gli effetti interferenti.

$$V = \frac{V_m}{S} = 81.567677 \text{ N}$$

$$I_{V_m} = \frac{r}{2\sqrt{3}} = \frac{10^{-4}}{2\sqrt{3}} = 2.88675135 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

$$I_{V_m,rel} = \frac{I_{V_m}}{V_m} = 2.41\%$$

$$I_{V,rel} = \sqrt{I_{V_m,rel}^2 + I_{S,rel}^2} = 2.42\%$$

Il maggiore contributo all'incertezza di misura è dovuto alla risoluzione del voltmetro.

$$I_N = 1.97629078 \text{ N}$$

$$V = (81.6 \pm 2.0) \text{ N} \quad (\text{l.c. } 68\%)$$

PROBLEMA B

8.

Livello totale di pressione sonora:  $L_{p,tot} = 74 \text{ dB}$  ,  $p_{tot} = \sqrt{p_0^2 \cdot 10^{(L_{p,tot}/10)}} = 0.10023745 \text{ Pa}$

Livello di pressione sonora del rumore di fondo:  $L_{p,n} = 68 \text{ dB}$  ,  $p_n = \sqrt{p_0^2 \cdot 10^{(L_{p,tot}/10)}} = 0.05023773 \text{ Pa}$

Livello di pressione sonora della sorgente:  $L_{p,s} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{p_{tot}^2}{p_0^2} - \frac{p_n^2}{p_0^2} \right) = 72.74372423 \text{ dB} \approx 72.7 \text{ dB}$

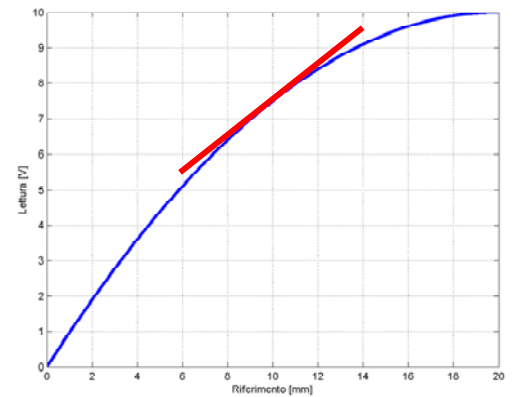
PROBLEMA C

9. La sensibilità del trasduttore è la derivata della curva di taratura, che per piccoli intervalli può essere linearizzata utilizzando la pendenza della retta tangente alla curva nel punto voluto:

$$S = \frac{\partial y}{\partial x} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{9.5 - 5.5}{14 - 6} = \frac{4}{8} = 0.5 \frac{\text{V}}{\text{mm}}$$

10. Incertezza di taratura:

$$i_{tar} = \sqrt{\left(\frac{lim}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{Em}{S}\right)^2} = \sqrt{(0.0017)^2 + (0.2000)^2} = 0.2 \text{ mm}$$



Lo strumento di riferimento risulta adeguato poiché il suo contributo all'incertezza di taratura è molto minore di quello associato alla curva di interpolazione.