



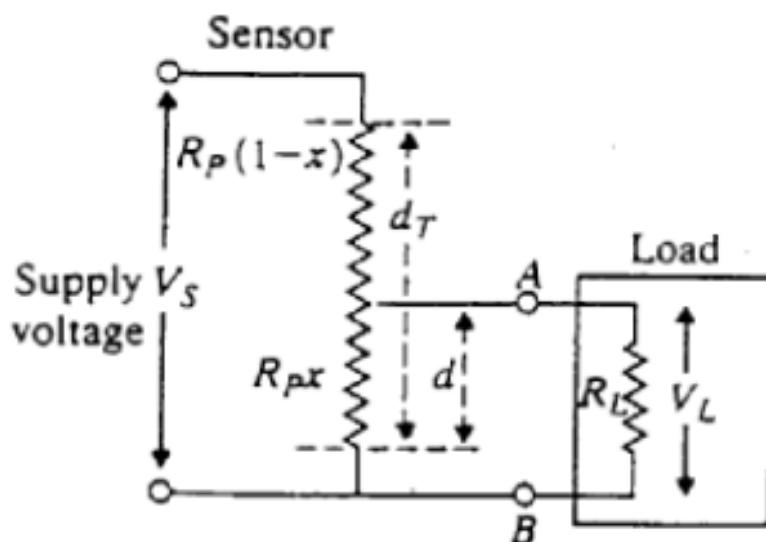
תרגיל כיתה מס' 3.

מה בתרגול?

- העמסה חשמלית
- מדי עיבור
- *RTD and NTC*
- *Anemometer*



שאלה מס. 1



נתון חיישן למדידת תזוזה המבוסס על פוטנציומטר כמתואר בציור.

נסמן את התזוזה היחסית כ-  $x = \frac{d}{d_T}$  ואת ההתנגדות הכוללת של מלוא האורך של

הפוטנציומטר  $R_p$ .

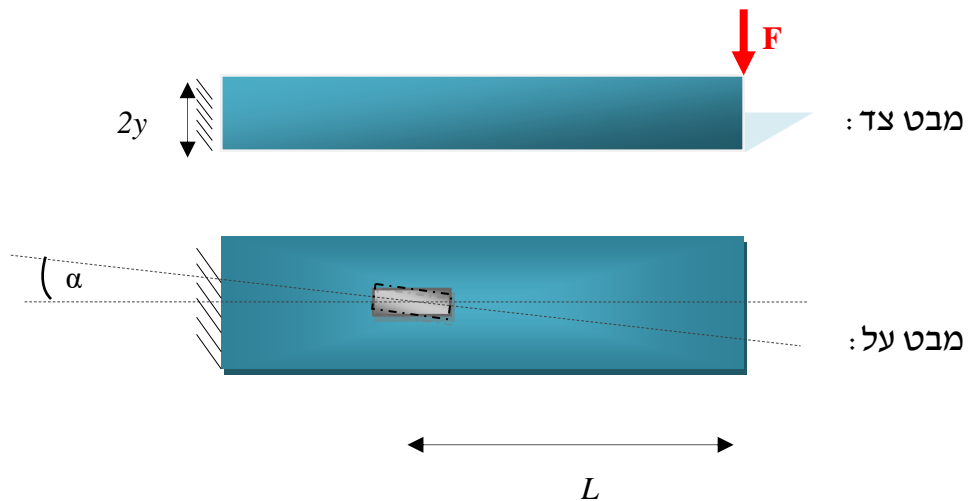
מודדים את מפל המתחים על מוצא החיישן (מפל המתחים בין טרמינל A ל B) בעזרת מד מתח עם התנגדות כניסה  $R_L$

- א. מצא/י את  $V_L$  כפונקציה של  $x, R_p, R_L, V_S$ . האם הקשר בין  $V_L$  ל  $x$  הוא ליניארי או לא?
- ב. נסמן את השגיאה כ  $e_N = V_{AB} - V_L$  (זוהי השגיאה האבסולוטית של המתח כאשר המעגל פתוח פחות המתח אחרי חיבור מד המתח). בטאגי שגיאה זו כפונק' של הפרמטרים  $x, R_p, R_L, V_S$
- ג. נרצה לוודא שהנק' בה מתקבלת שגיאה מקסימלית תתרחש עבור ערך גדול ככל האפשר של  $x$ , ובנוסף שהשגיאה המקסימלית תהיה קטנה ככל האפשר. נוכל לשלוט בפרמטר אחד בלבד - ההתנגדות  $R_L$ . האם ניתן למלא את שתי הדרישות בו-זמנית, או שמדובר ב-tradeoff?



**שאלה מס.2**

על קורה הנתונה לכפיפה (הקורה רתומה משמאל) הורכב מד עיבור למדידת הדפורמציה בכיוון הצירי.



א. עבור סטייה מקסימלית אפשרית של זווית  $\alpha$  בהרכבת מד העיבור, מצא את השגיאה המקסימלית בקריאת העיבור.

נתון :  
 $E, I, F, L, y, \nu$

ב. מצא את ערך השגיאה היחסית בקריאת העיבור, עבור ערכי  $\alpha = 1, 2^\circ$

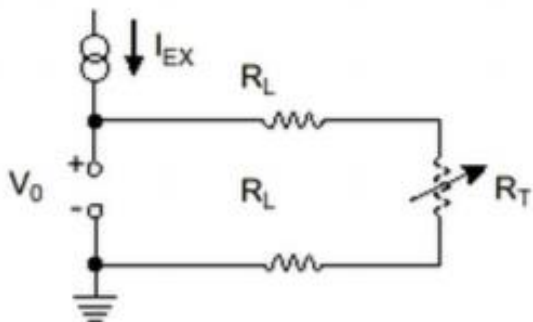
נתון :  $\nu = 0.285$

ג. מה תהיה השגיאה היחסית במדידת הכוח בהינתן סטייה במיקום מד העיבור?



**מדידת טמפרטורה באמצעות חיישנים התנגדותיים**

**שיטת 2 החוטים:**

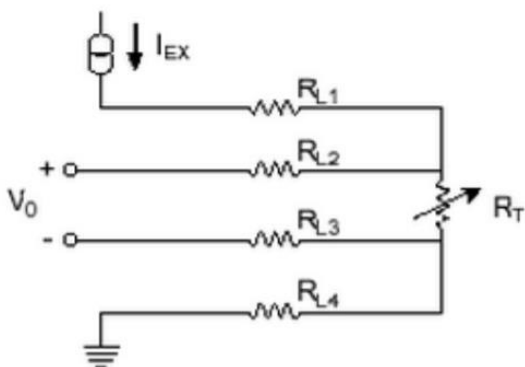


$$V_{RTD} = I_{ex} R_{tot} = I_{ex} (R_{RTD} + 2R_L)$$

בשיטה זו, מחברים את אותו קצה של חוט ה-RTD ליציאת הזרם הקבוע וגם לכניסת מודד המתח. בשיטה זו קיים אי דיוק עקב התנגדות בחוטים המובילים לחיישן ה-RTD וכתוצאה מכך המתח הנמדד  $V_0$  גדול משמעותית מהמתח הנופל על חיישן ה-RTD בעצמו. למדידה מדויקת יותר יש להשתמש בשיטת ה-4 חוטים.

**שיטת 4 החוטים:**

בשיטה זו משתמשים בחוטים נפרדים עבור זרם ההפעלה ועבור מדידת המתח. בשיטה זו התנגדות החוט המוביל את הזרם ל-RTD אינה משפיעה על דיוק המדידה, מכיוון שלא עובר זרם דרך מד המתח (מד המתח מייצר העמסה חשמלית מזערית).





## טרמיסטור

לרוב המוליכים למחצה. הקשר בין ההתנגדות לטמפרטורה הוא לא ליניארי (בקירוב מתנהג כקשר אקספוננציאלי). הקשר בין התנגדות הטרמיסטור לטמפרטורה עבור טרמיסטור NTC:

$$R(T) = R_0 \exp\left(B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right)$$

כאשר:

$R(T)$  - התנגדות בטמפרטורה הקיימת בחדר

$B$  - קבוע התלוי בחומר ממנו עשוי הטרמיסטור (בדרי"כ יינתן ביחידות של קלווין אבל יש לשים לב להציב את  $T$  בהתאם).

$T_0$  - טמפרטורת הייחוס של הטרמיסטור.

$R_0$  - התנגדות הטרמיסטור בטמפ' הייחוס

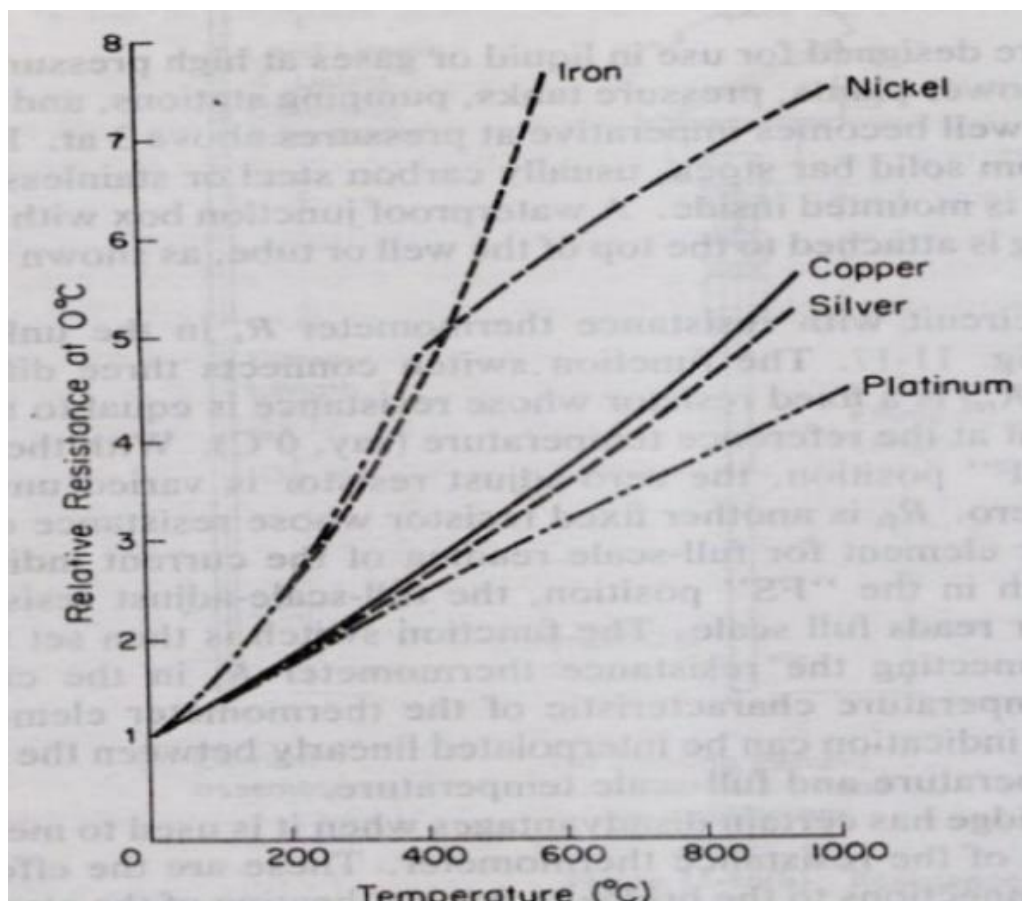


### שאלה מס.3

עבור מדידת חיישן RTD נדרש להשתמש במודד ייעודי המסוגל לספק מקור זרם קבוע. קיימות מספר שיטות למדידת ההתנגדות של חיישנים התנגדתיים מסוג RTD.

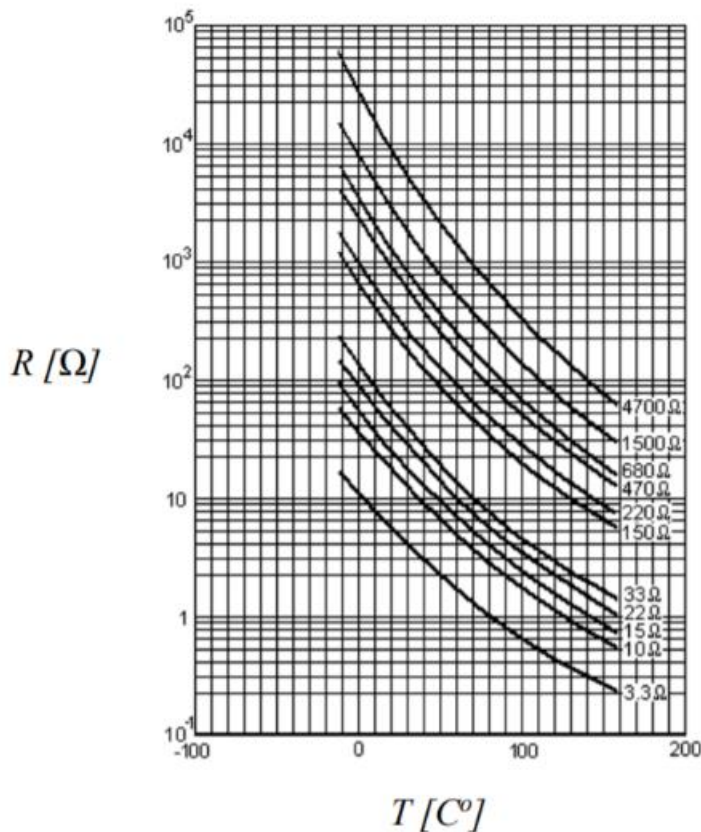
נדרש למצוא חיישן למדידת טמפרטורה בתחום  $0-350^{\circ}\text{C}$ . נתונים מספר חיישנים הבנויים מחומרים שונים, ניתן לראות בגרפים הבאים את אופיין שינוי ההתנגדות כתלות בטמפרטורה לכל חיישן.

חיישני RTD :





תרמיסטור: NTC



- (א) איזה חיישן נבחר? בהתחשב בשיקולי טווח, ליניאריות ורגישות.  
 (ב) הוחלט לבחור את החיישן העדיף משיקולי ליניאריות וטווח. עבור חיישן זה נתון כי ההתנגדות  $R_T$  לטמפרטורה  $T$  נתונה ע"י:

$$R_T = R_0 (1 + \alpha T + \beta T^2)$$

$$R_0 = 100[\Omega]$$

$$R_{100} = 138.5[\Omega]$$

$$R_{200} = 175.8[\Omega]$$

חשבו את הערכים של  $\alpha, \beta$

- (ג) מצאו את תחום העבודה של מד המתח בו נמדוד את המתח על החיישן. הניחו זרם עירור של  $1mA$   
 (ד) התקבלה קריאה של  $200mV$ . במד המתח. מה הטמפרטורה שמוודד החיישן?  
 (ה) מצאו ביטוי לשגיאת ההעמסה כ  $FS\%$ . בשיטת ה-2 חוטים ובשיטת ה-4 חוטים. הניחו מד מתח אידאלי.



#### שאלה מס.4

לצורך מדידת מהירות זרימת אוויר הוחלט להשתמש בחיישן Hot-wire anemometer. לצורך כל נלקח חוט פלטינום באורך של 1 ס"מ וקוטר של 0.1 מ"מ.

מקדם התנגדות של החוט עבור טמפרטורת הסביבה שהיא  $T_a = 20^\circ C$  הוא :  
 $\rho = 0.11 \mu\Omega m$

א) יש לחשב את הזרם אספקה הדרוש כדי לשמור על טמפרטורה של  $T_w = 50^\circ C$

עבור מקדם מעבר חום של  $h = 300 \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$ .  
מה הספק החום הנפלט לסביבה?

ב) לצורך מדידה של של מהירות זרימה הוחלט להשתמש במקור זרם קבוע של  $0.3 [A]$ .

מה יהיה מקדם מעבר חום אם ההתנגדות הנמדדת היא  $R_w = 0.145 [\Omega]$  ?