

# 6<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

## ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΟΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Τμ. Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

Εργ. Ηλεκτρικών Μετρήσεων

Βανδίκας Ν. Ιωάννης, Ε.Δι.Π.

# Στόχοι εργασίας

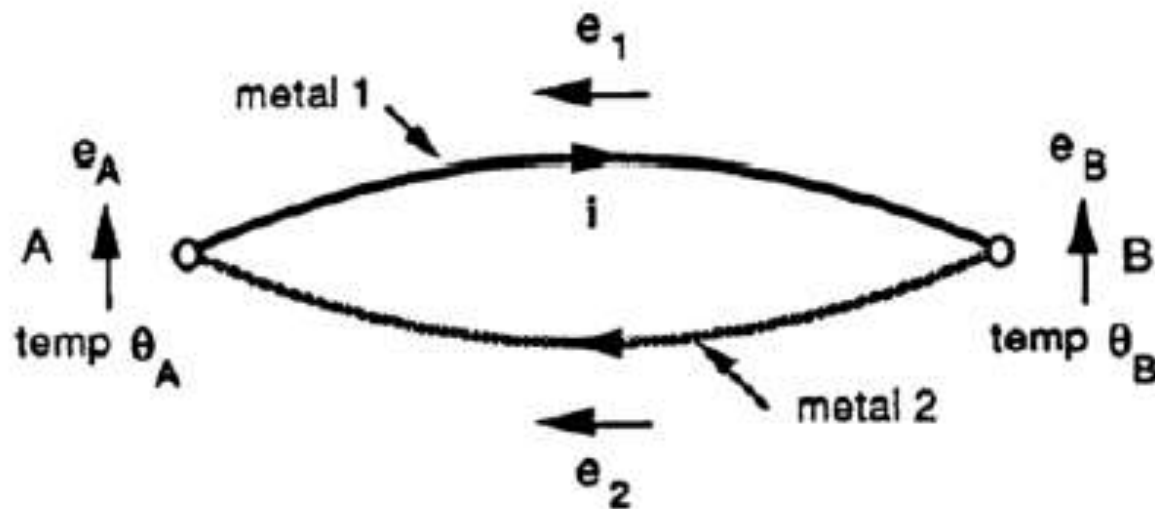
- Να αναγνωρίζετε τους όρους φαινόμενο Thomson, Peltier.
- Να κατανοήσουμε την αρχή λειτουργίας ενός θερμοζεύγος.
- Να καταλάβουμε την ανάγκη να χρησιμοποιούνται αγωγοί αντίσταθμισης θερμοκρασίας με τα θερμοζεύγη.

# Αισθητήρες Μέτρησης Θερμοκρασίας

- Θερμοζεύγος
- Θερμίστορ
- Αισθητήρας Πλατίνας (PT100)
- Διμεταλλικό στοιχείο
- Ηλεκτρονικοί αισθητήρες (LM35, DS1820...)

# Εισαγωγή

Αν ενώσουμε δυο σύρματα από διαφορετικά μέταλλα (metal 1 και metal 2) σε βρόχο, όπως στην εικόνα και οι δυο επαφές κρατηθούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες (temperatures)  $\theta_A$  και  $\theta_B$ , αντίστοιχα, τότε γύρω στο βρόχο θα κυλάει ένα ρεύμα.



# Φαινόμενο Peltier

Σε κάθε μια επαφή αναπτύσσετε μια ΗΕΔ, που συμβολίζονται με  $e_A$  &  $e_B$ . Οι ΗΕΔ εξαρτώνται από τις απόλυτες θερμοκρασίες των επαφών. Αν η επαφή Α είναι θερμότερη από την Β, τότε θα υπάρχει μια συνολική ΗΕΔ λόγω του φαινομένου Peltier

$$e_A - e_B = P(\theta_A - \theta_B)$$

P ο συντελεστής Peltier

# Φαινόμενο Thomson

Κάθε σύρμα του βρόχου δημιουργεί μια μικρή ΗΕΔ σαν αποτέλεσμα της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των ακρών του, η ΗΕΔ είναι διαφορετική για διαφορετικά μέταλλα.

Αν  $T_1$  είναι ο συντελεστής Thomson (Thomson coefficient) για το μέταλλο 1

και  $T_2$  είναι ο συντελεστής Thomson για το μέταλλο 2, τότε

$$e_1 = T_1(\theta_A - \theta_B)$$

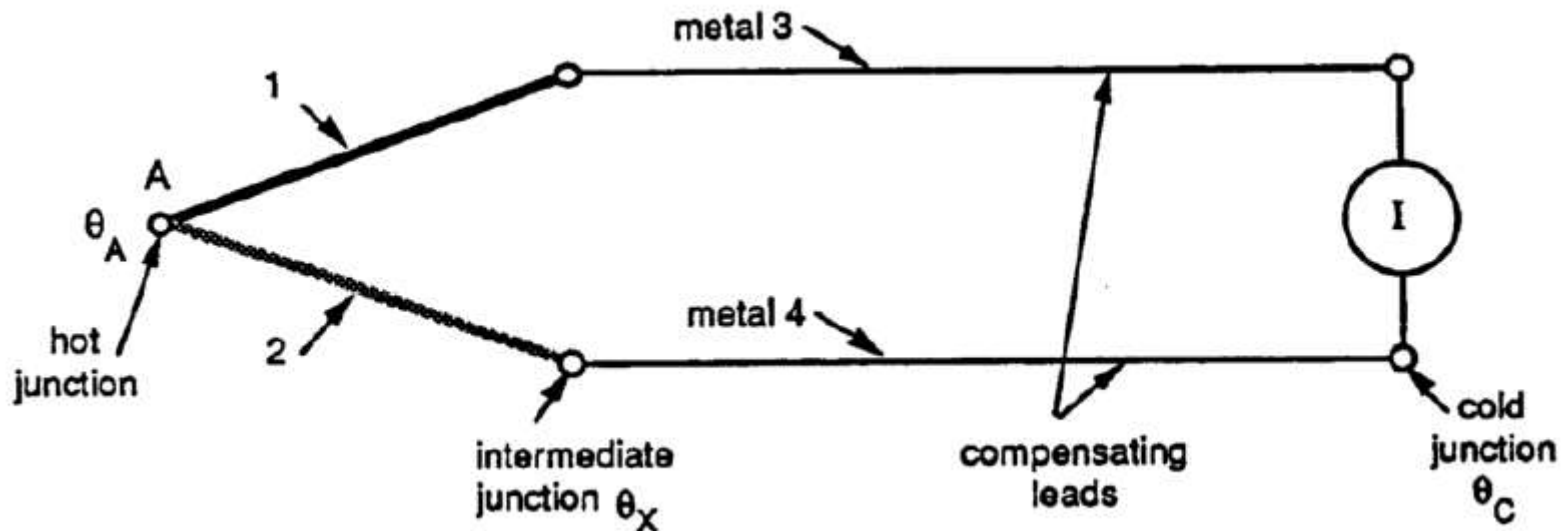
$$e_2 = T_2(\theta_A - \theta_B)$$

Έτσι, η συνολική ΗΕΔ, λόγω φαινομένου Thomson, είναι:

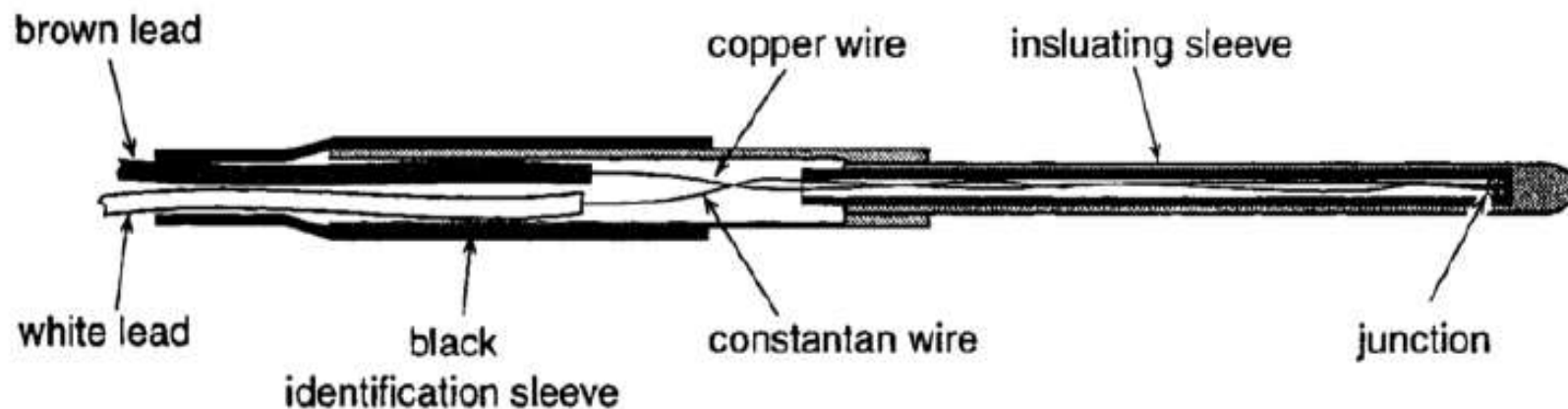
$$e_2 - e_1 = (T_2 - T_1)(\theta_A - \theta_B)$$

# Αγωγοί Αντιστάθμισης

Τα μέταλλα του ζεύγος δεν συνηθίζετε να χρησιμοποιούνται για την σύνδεση τους είτε ότι μπορεί να είναι εύθραυστα, είτε να έχουν υψηλή αντίσταση, είτε και υψηλού κόστους όπως η πλατίνα ή το ράδιο.



# Θερμοζεύγος



Το λευκό καλώδιο (white lead) και το καφέ καλώδιο (brown lead), που βγαίνουν, έχουν χρώματα σύμφωνα με τους Πρότυπους Βρετανικούς Χρωματικούς Κώδικες (British Standard Colour Codes, BS4937/1993) και δείχνουν ότι είναι, αντίστοιχα:

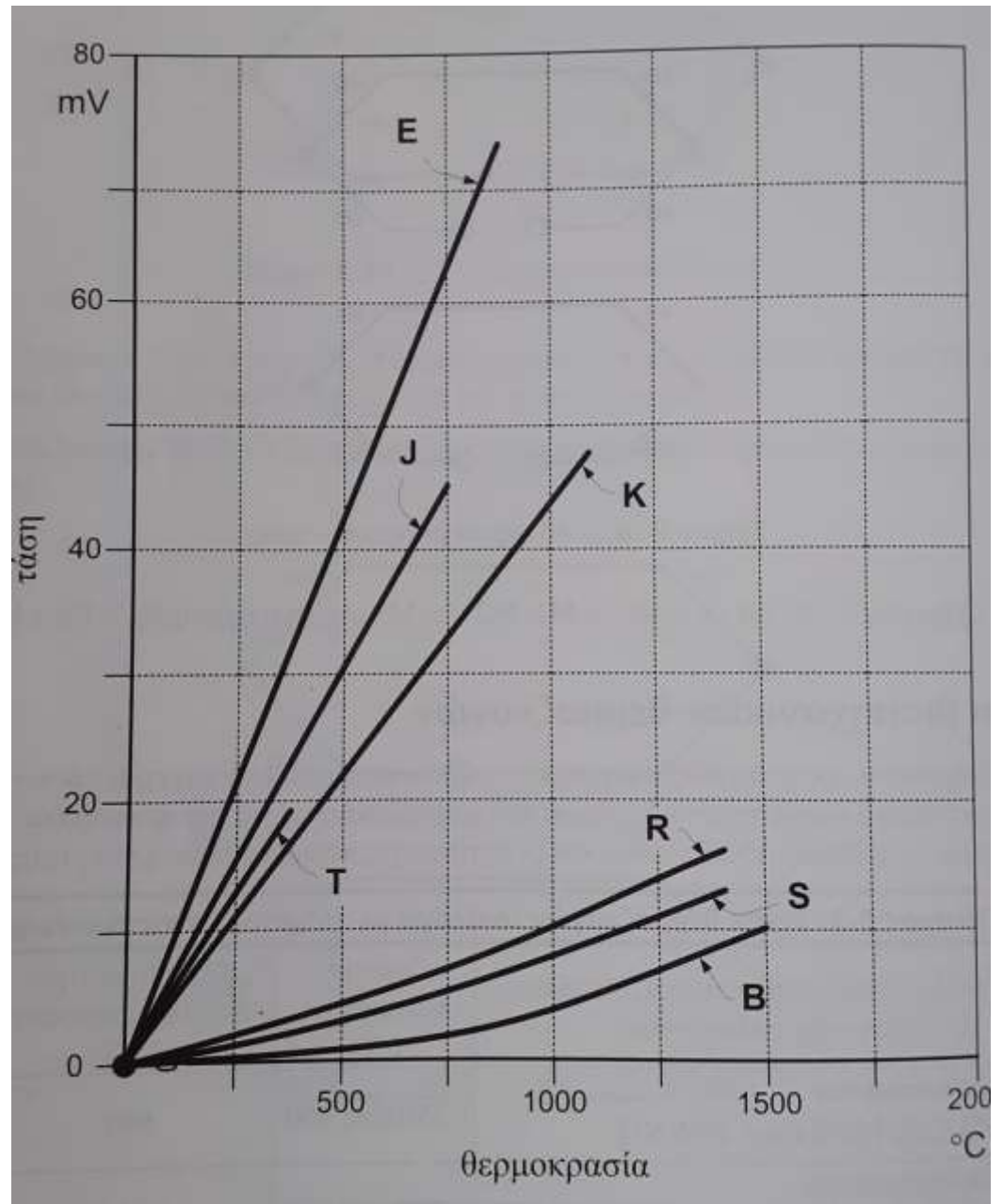
+Ve: Καφέ (Brown): Χαλκός (Copper)

-Ve: Λευκό (White): Κονσταντάνη (Constantan<sup>1</sup>)

Με άλλα λόγια, αυτοί οι δύο αγωγοί σύνδεσης δεν είναι πραγματικά αγωγοί αντιστάθμισης αλλά, απλά, επεκτάσεις των ίδιων μεταλλικών αγωγών του ζεύγους αλλά φτιαγμένοι σε μια πιο βολική φυσική μορφή.



# Χαρακτηριστική θερμοζεύγους



# Πλεονεκτήματα

- Γραμμικά
- Υψηλή ακρίβεια
- Δεν απαιτεί τάση τροφοδοσίας
- Καλή επαναληψιμότητα
- Μεγάλη περιοχή λειτουργίας

# Μειονεκτήματα

- Χαμηλή τάση εξόδου
- Απαιτεί βοηθητικά κυκλώματα

# Τύποι Θερμοζεύγων



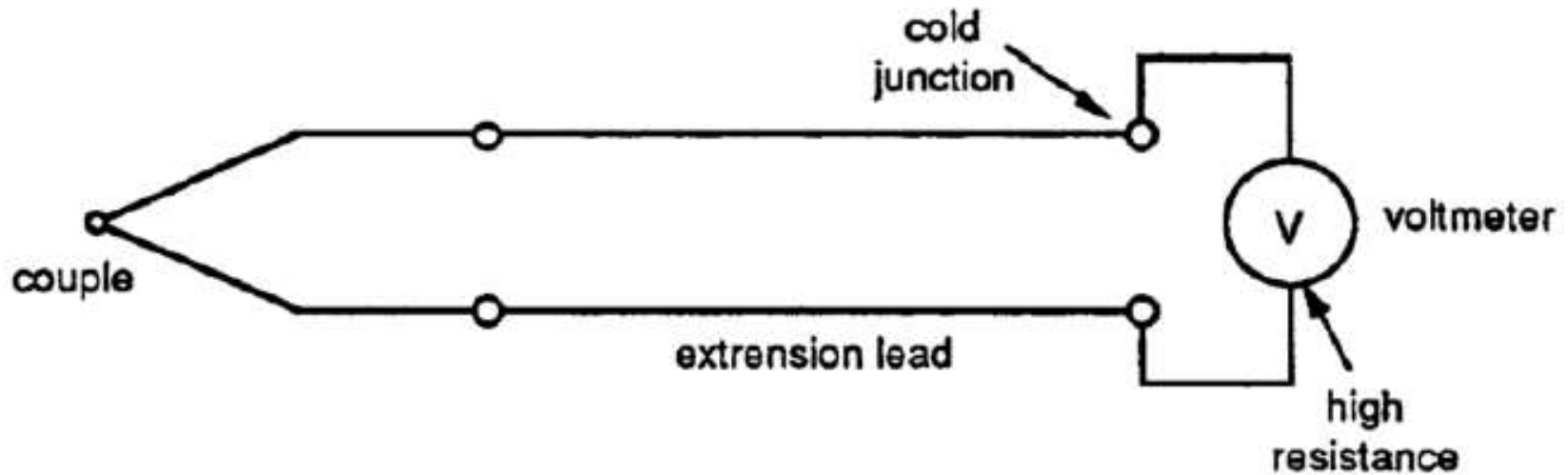
# Τύποι Θερμοζεύγων

Τύπος	Κλίμακα °C
Χαλκός-Κονσταντάνη (Copper-Constantan)	-190 ως 400
Σίδηρος-Κονσταντάνη (Iron-Constantan)	-190 ως 850
Πλατίνα-Ρόδιο/Πλατίνα (Platinum-Rhodium/Platinum)	-1000 ως 1600
Νικέλιο/Χρώμιο-Νικέλιο/Αλουμίνιο (Nickel/Chromium-Nickel/Aluminum)	-200 ως 1100

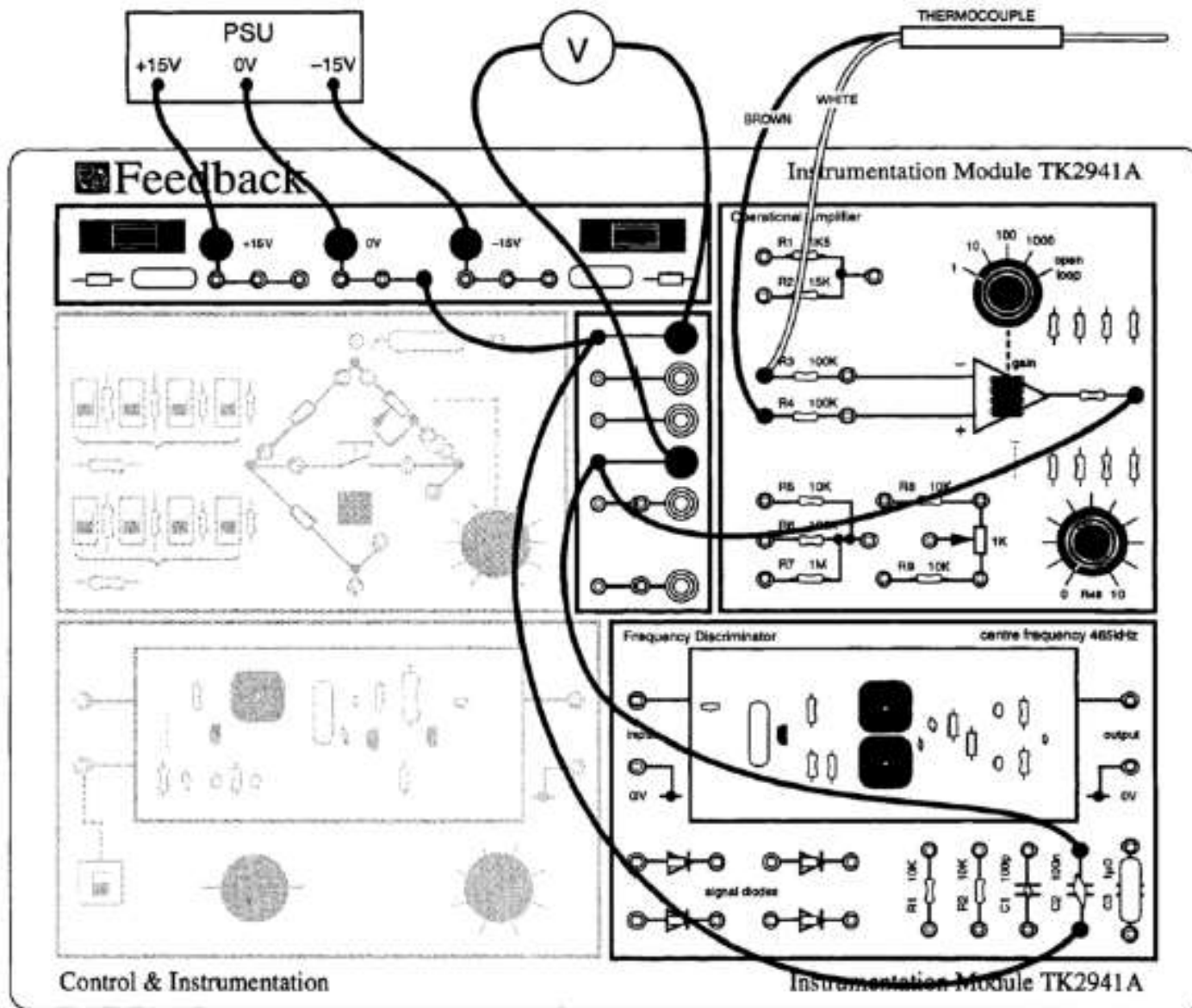
# Τύποι Θερμοζεύγων

Σύμβολο	Μέταλλο θετικής πολικότητας/Μέταλλο αρνητικής πολικότητας	Περιοχή λειτουργίας [°C]	Μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία [°C]	Μέγιστο σχετικό σφάλμα [%]
<b>T</b>	χαλκός/constantan [99.9% Cu] / [55% Cu + 45% Ni]	-250 έως 400	500	±0.4
<b>E</b>	chromel/constantan [~ 90% Ni + 10% Cr] / [55% Cu + 45% Ni]	-200 έως 850	1100	±0.5
<b>J</b>	σίδηρος/constantan [99% Fe] / [55% Cu + 45% Ni]	-200 έως 850	1100	±0.4
<b>K</b>	chromel/alumel [90% Ni + 10% Cr] / [95% Ni + 2% Al + 2% Mn + 1% Si]	-200 έως 1100	1300	±0.75
<b>R</b>	λευκόχρυσος/λευκόχρυσος, ρόδιο (13%) [100% Pt] / [87% Pt + 13% Rh]	0-1400	1650	±0.5
<b>S</b>	λευκόχρυσος/λευκόχρυσος, ρόδιο (10%) [100% Pt] / [90% Pt + 10% Rh]	0-1400	1650	±0.5
<b>B</b>	λευκόχρυσος, ρόδιο/λευκόχρυσος, ρόδιο [94% Pt + 6% Rh] / [70% Pt + 30% Rh]	0-1500	1700	±0.5

# Πειραματικό μέρος - Θερμοζεύγη



# Διάταξη Μέτρησης Θερμοζεύγος





# Πίνακας Μετρήσεων - Θερμοζεύγος

Σχισμή No	Θερμ. Δοχείου (°C)	Θερμ. Αέρα (°C)	Διαφορά Θερμ. (°C)	Ένδειξη Οργάνου (V)	ΗΕΔ Θερμοζεύγους (mV)
20					
18					
16					
14					
12					
10					
8					
6					
4					
2					

# Τρόποι μέτρησης αντίστασης- Θερμίστορ

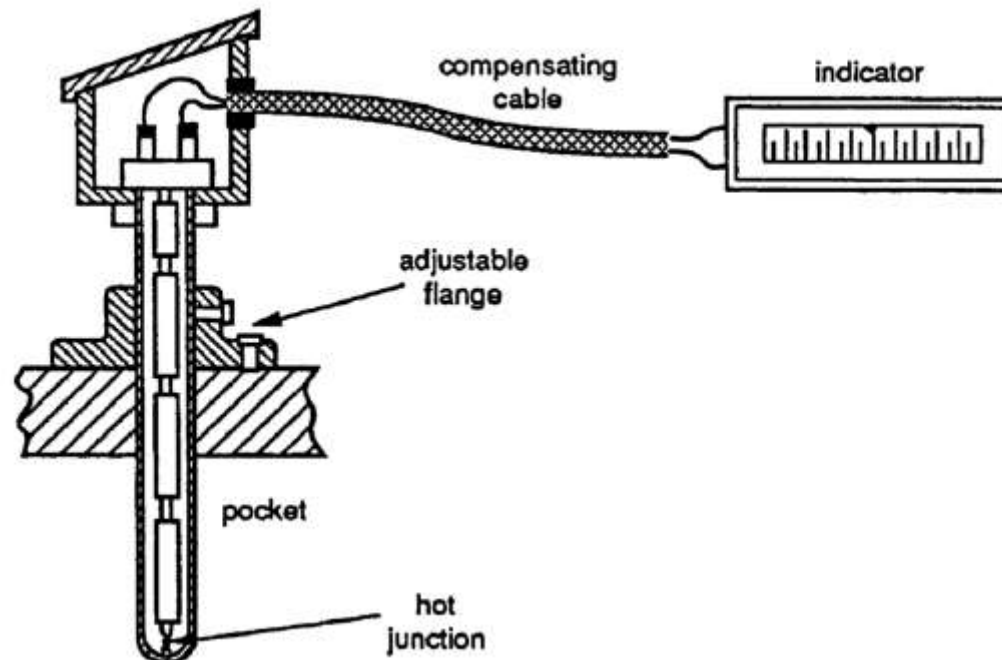


# Παρατηρήσεις

Από την πρακτική άσκηση επιβεβαιώνουμε – αν και για πολύ μικρή θερμοκρασιακή περιοχή – την γραμμική συμπεριφορά. Επίσης την εξαιρετικά χαμηλή στάθμη ΗΕΔ που χωρίς την χρήση τελεστικού ενισχυτή θα ήταν αδύνατη.

# Χρήσεις

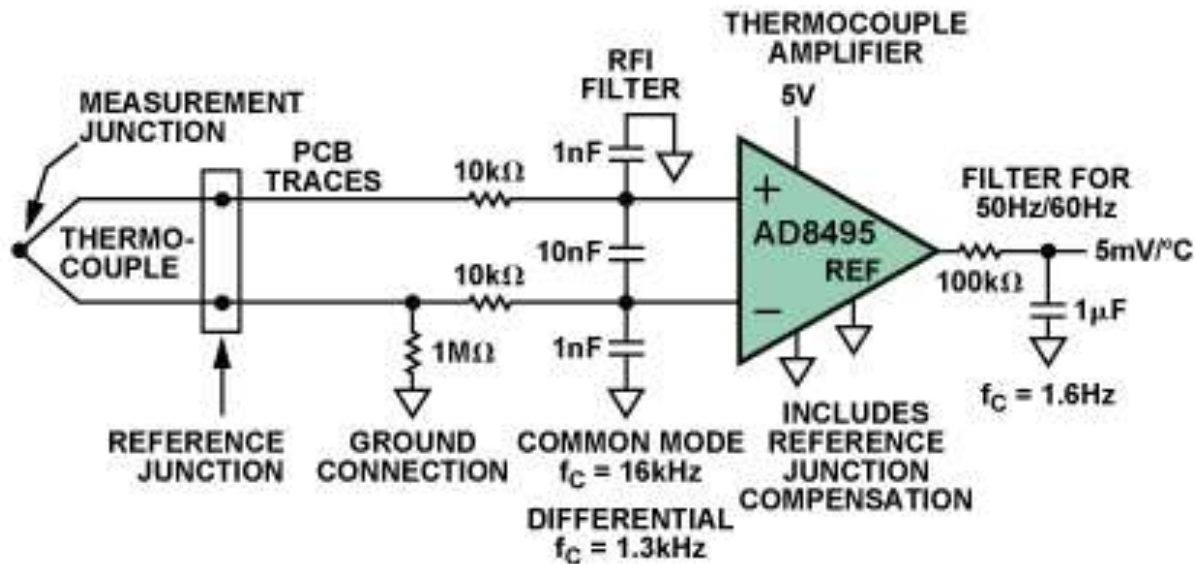
- Αποκλειστικά στην βιομηχανία
- Κατεργασία Μέταλλων
- Υψηλές θερμοκρασίες



# Ολοκληρωμένα κυκλώματα με θερμοζεύγη

Με την χρήση τελεστικών ενισχυτών απλοποιούνται κυκλώματα και μετρήσεις.

<https://www.analog.com/media/en/analog-dialogue/volume-44/number-4/articles/measuring-temp-using-thermocouples.pdf>



# Βαθμονόμηση σε θερμοζεύγη FLUKE 9100S

<https://www.fluke.com/en-us/product/calibration-tools/temperature-calibrators/fluke-calibration-9100s/ds>



- Smallest dry-wells in the world
- Ranges from 35 °C to 375 °C
- Accuracy to  $\pm 0.25$  °C, stability of  $\pm 0.25$  °C at 50 °C
- RS-232 interface

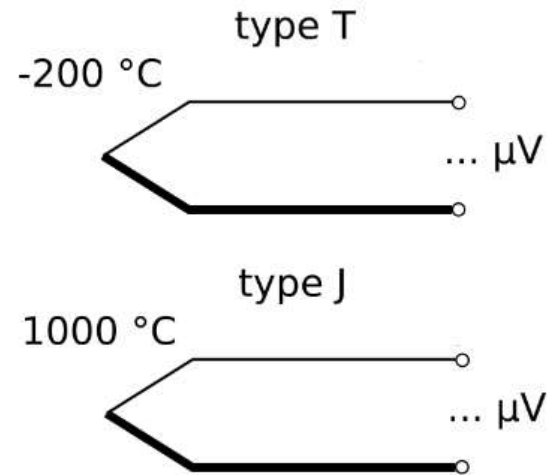
# Συμπεράσματα

Το θερμοζεύγος αποτελεί μια από τις καλύτερες επιλογές για την βιομηχανία και όπου υπάρχει απαίτηση μεγάλης θερμοκρασιακής περιοχής. Η σταθερότητα και η αντοχή στο χρόνο και σε υψηλές θερμοκρασίες καλύπτουν τις ανάγκες της βιομηχανίας.

# Ερωτήσεις

Συνολικά 4 ερωτήσεις όπως παρουσιάζονται στην εργαστηριακή άσκηση και ένα πρόβλημα και τα παρακάτω:

1<sup>η</sup> Υπολογίστε την τάση εξόδου στα παρακάτω θερμοζεύγη



2<sup>η</sup> Τι είναι τα RFI Filter του κυκλώματος στη διαφάνεια 21.



Ερωτήσεις ?

Ευχαριστούμε!

