

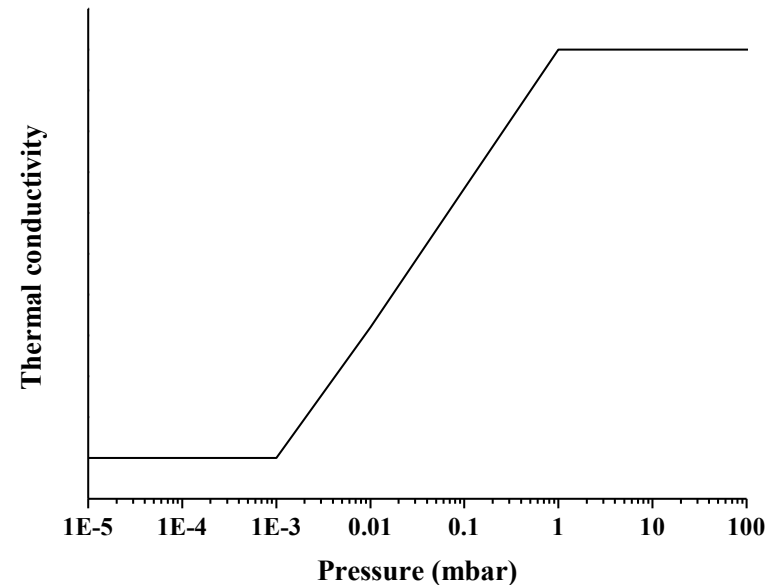
## Αισθητήρες κενού

Με τον όρο κενό αναφερόμαστε σε ένα χώρο όπου η πίεση είναι αρκετά μικρότερη από την ατμοσφαιρική, κατάσταση η οποία επιτυγχάνεται (τουλάχιστον για τα γήινα δεδομένα καθώς στο διάστημα, η κατάσταση κενού είναι μάλλον η φυσιολογική) με την αφαίρεση μορίων αέρα από το χώρο αυτό με χρήση αντλιών. Ανάλογα με την περιεκτικότητα του χώρου σε μόρια, υπάρχουν διάφορα επίπεδα κενού από μερικά δέκατα του bar έως και  $10^{-12}$  mbar. Για τη μέτρηση της πίεσης σε κατάσταση κενού, δεν υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης ενός μόνο αισθητήρα ο οποίος θα καλύπτει όλη αυτή την περιοχή πιέσεων. Θα εξετάσουμε παρακάτω δύο αισθητήρες κενού από τους πλέον συνηθισμένους: το pirani που καλύπτει την περιοχή 1 έως  $10^{-3}$  mbar και το penning που καλύπτει από  $10^{-3}$  έως  $10^{-7}$  mbar.

**A) Pirani.** Η λειτουργία του βασίζεται στην εξάρτηση που παρουσιάζει η **θερμική αγωγιμότητα των αερίων** από την πίεση. Για πιέσεις μεγαλύτερες από 1 mbar, η θερμική αγωγιμότητα είναι περίπου σταθερή, ενώ για πιέσεις μικρότερες από  $10^{-3}$  mbar γίνεται μηδέν.

Στην περιοχή 1 έως  $10^{-3}$  mbar, η θερμική αγωγιμότητα μεταβάλλεται περίπου γραμμικά με την πίεση, εξάρτηση που οδηγεί στην ανάπτυξη ενός αισθητήρα.

Σε ένα pirani, η μέτρηση της πίεσης επιτυγχάνεται με την μέτρηση της ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ ενός θερμαινόμενου νήματος και του περιβάλλοντος χώρου, ανταλλαγή η οποία εξαρτάται από την πίεση.



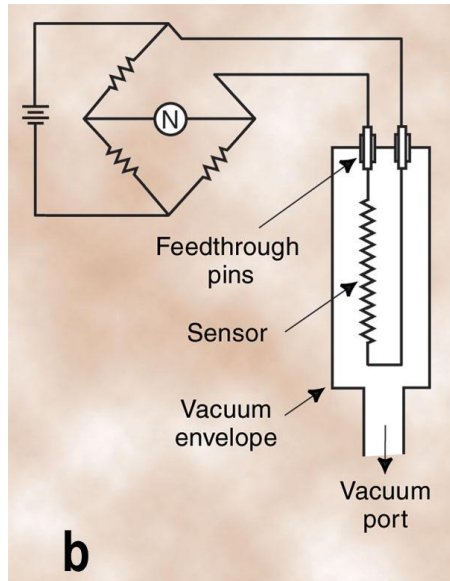
Έστω ένα θερμαινόμενο νήμα που βρίσκεται σε ένα χώρο όπου μπορούμε να δημιουργήσουμε κενό. Το νήμα χρησιμοποιείται ταυτόχρονα σαν μία από τις αντιστάσεις σε μία γέφυρα Wheatstone, που ισορροπεί σε πίεση  $10^{-3}$  mbar (όταν η θερμική αγωγιμότητα είναι μηδέν).

Όταν η πίεση γίνει μεγαλύτερη από  $10^{-3}$  mbar, η αύξησης της αγωγιμότητας προκαλεί ελάττωση της θερμοκρασίας του νήματος, άρα και της αντίστασης του. Έτσι, η γέφυρα οδηγείται εκτός ισορροπίας.

Αν όμως αυξηθεί η ισχύς που καταναλώνει το νήμα (με αύξηση της τάσης), τότε αυξάνεται η θερμοκρασία του και η αντίσταση του και έτσι, η γέφυρα έρχεται πάλι σε ισορροπία.

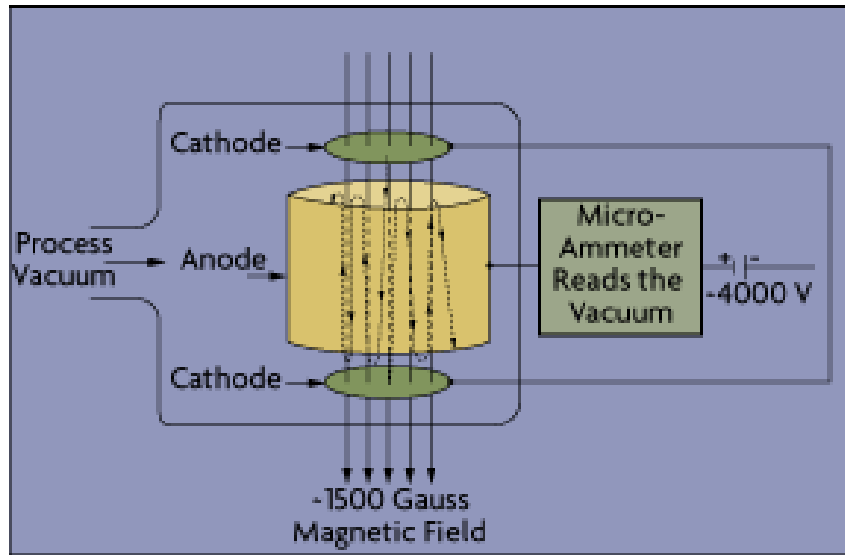
Η αύξησης της ισχύος είναι ανάλογη της ελάττωσης της αντίστασης λόγω αύξησης της θερμικής αγωγιμότητας, άρα και ανάλογο της πίεσης του χώρου που περιβάλλει το νήμα.

Επομένως, η τάση που απαιτείται σε κάθε πίεση για να υπάρχει ισορροπία στη γέφυρα, μας οδηγεί στη γνώση της πίεσης του κενού.



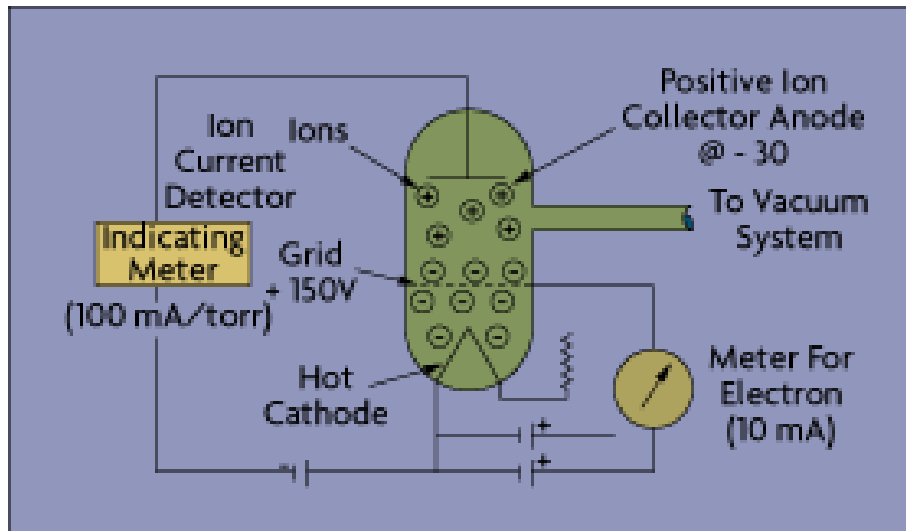
Αντίστοιχη είναι η λειτουργία και των αισθητήρων κενού τύπου θερμοζεύγους. Σε αυτούς τους αισθητήρες, η μεταβολή της θερμικής αγωγιμότητας με την πίεση προκαλεί μεταβολή της θερμοκρασίας ενός θερμαινόμενου νήματος, μεταβολή που ανιχνεύεται από ένα θερμοζεύγος.

**B) Penning.** Ανήκει στην κατηγορία των αισθητήρων κενού τύπου ιονισμού, όπου η πίεση αναγνωρίζεται από τον αριθμό των ιόντων που δημιουργούνται στο χώρο του κενού από «περιφερόμενα» ηλεκτρόνια. Έτσι, μεγαλύτερη πίεση σημαίνει περισσότερα μόρια αέρα στο χώρο, άρα δημιουργία περισσότερων ιόντων και μεγαλύτερο ρεύμα.



Το penning αποτελείται από δύο ψυχρές καθόδους, από τις οποίες **εκπέμπονται ηλεκτρόνια μέσω της εφαρμογής ισχυρού δυναμικού (2-10 kV)**. Τα ηλεκτρόνια αυτά δεν έχουν μεγάλη κινητική ενέργεια (απουσία θερμού νήματος) και για το λόγο αυτό, μετά την εκπομπή τους **κινούνται μέσα σε μαγνητικό πεδίο 0.1-0.2 Tesla**. Το πεδίο αυτό αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να εκτελέσουν **σπειροειδείς τροχιές**, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα να συναντηθούν με **μόρια αέρα** και να τα **ιονίσουν**. Τα ιόντα που δημιουργούνται συλλέγονται από την άνοδο που αποτελείται από ένα κυκλικό πλαίσιο και δημιουργούν **ρεύμα ανάλογο της πίεσης** στο χώρο.

Το ρεύμα είναι ιδιαίτερα ισχυρό (10-50 mA ανά  $10^{-2}$  mbar), οπότε δεν χρειάζεται ενίσχυση. Λειτουργεί πολύ ικανοποιητικά για περιοχή κενού  $10^{-3}$ - $10^{-7}$  mbar.



Αντίστοιχη είναι η λειτουργία του αισθητήρα κενού τύπου ιονισμού με **θερμή κάθοδο**. Σε αυτόν, τα ηλεκτρόνια εκπέμπονται λόγω **θέρμανσης** της καθόδου, ενώ τα **υπόλοιπα είναι ίδια με του Penning**. Ο αισθητήρας αυτός

λειτουργεί πολύ ικανοποιητικά για περιοχή κενού  $10^{-3}$ - $10^{-9}$  mbar, χρειάζεται όμως ενίσχυση.