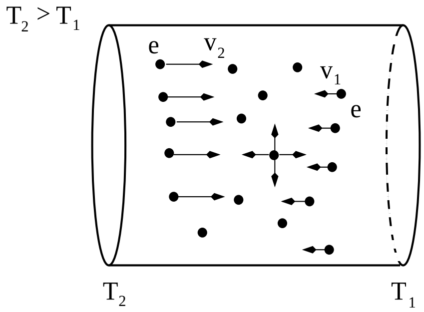
2.1 Θεωρία Μεταφοράς

Στο εσωτερικό των αγωγών υπάρχουν ελεύθεροι φορείς (στους μεταλλικούς αγωγούς ηλεκτρόνια, στους ημιαγωγούς ηλεκτρόνια ή οπές κ.λπ.). Οι φορείς αυτοί συμπεριφέρονται σαν ένα αέριο και γι αυτό και αναφέρονται στη βιβλιογραφία σαν ¨αέριο ηλεκτρονίων' η ¨αέριο οπών¨. Επομένως για τις ταχύτητες τους θα ισχύει η κατανομή Maxwell-Boltzmann.

Στο διπλανό σχήμα αναπαριστουμε τους φορείς στο εσωτερικό ενός μεταλικού αγωγού που τα δύο άκρα του βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Οι ταχύτητες των φορέων στο ζεστό άκρο του αγωγού v_2 θα είναι μεγαλύτερες από τις ταχύτητες των φορέων στο κρύο άκρο v_1 του αγωγού (από τη σχέση 1.70 του Δεύτερου Τόμου). Η κίνηση των φορέων είναι τυχαία (και οι ταχύτητες μπορούν να έχουν οποιαδήποτε κατεύθυνση όπως στο κεντρικό φορέα.



Επειδή όμως εμάς μας ενδιαφέρει η ροή των φορέων από το ένα άκρο του αγωγού στο άλλο σχεδιάζουμε για ευκολία μόνο τους φορείς με ταχύτητες τις παράλληλες στον άξονα. Στους υπόλοιπους φορείς θα πρέπει να πάρουμε τη συνιστώσα της ταχύτητας τους που είναι παράλληλη στον άξονα του αγωγού, διαδικασία που δεν αλλάζει στο ελάχιστο τα συμπεράσματα μας. Βλέπουμε λοιπόν ότι οι φορείς στο ζεστό άκρο έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα επόμενως θα διαζέονται γρηγορότερα προς το κρύο άκρο με αποτέλεσμα την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Επομένως και η βαθμίδα θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι γενικές εξισώσεις που συνδέουν τα αποτελέσματα $\vec{J}$ (ηλεκτρικό ρεύμα) και $\vec{Q}$ (θερμικό ρεύμα) με τα αίτια $\vec{E}$ (ηλεκτρικό πεδίο) και $\vec{\nabla}$ (βαθμίδα θερμοκρασίας) είναι:

$$\begin{aligned} \vec{J} &= \sigma\vec{E} + L(-\vec{\nabla}T) \\ \vec{Q} &= M\vec{E} + N(-\vec{\nabla}T), \end{aligned} \tag{2.1}$$

όπου σ είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα και Λ, Μ, Ν είναι οι τρείς υπόλοιποι συντελεστές μεταφοράς.

Για πειραματική ευκολία μετασχηματίζουμε τις εξισώσεις αυτές στις:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \rho \vec{J} + S(-\vec{\nabla} T) \\ \vec{Q} &= \pi \vec{J} + \kappa(-\vec{\nabla} T), \end{aligned} \tag{2.2}$$

όπου ρ η ειδική αντίσταση, S η θερμοϊσχύς, π ο συντελεστής Peltier και κ η θερμική αγωγιμότητα.

Είναι προφανές ότι όταν δεν υπάρχει βαθμίδα θερμοκρασίας καταλήγουμε στο νόμο του Ohm

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \tag{2.3}$$