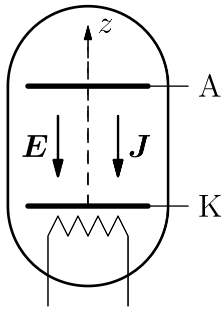
11 Tutorium für 21.06.2019 (Version 1.1)

11.1 Röhrendiode

Ein Modell einer Vakuumdiode hat zwei parallele, große Elektroden gleicher Querschnittsfläche A im Abstand d. Nur die Kathode K ist beheizt daher können Elektronen nur aus der Kathode austreten und zur Anode beschleunigt werden, wenn diese ein positives Potential V_0 gegen die geerdete Kathode aufweist. Wir studieren den stationären Fall mit konstantem Strom I und suchen das Potential $V(z)$ zwischen den Elektroden sowie den Zusammenhang zwischen V_0 und I.



(a) Bestimme die Geschwindigkeit der beschleunigten Elektronen $v_z(z)$ in Abängigkeit von $V(z)$ und zeige, dass für die Elektronendichte $\rho(z) \propto V(z)^{-1/2}$ gilt.

(b) Löse das Gleichungssystem aus obigem Zusammenhang und der Poisson Gleichung um $V(z)$ zu finden und zeige, dass der Diodenstrom I für ein positives Anodenpotential V_0 durch das Child–Langmuir Gesetz gegeben ist:

$$I = -\left(\frac{2e}{m}\right)^{1/2} \frac{4\epsilon_0 A}{9d^2} V_0^{3/2}.$$

11.2 Helmholtz Spulen

Zwei kreisförmige dünne Spulen mit Radius R liegen parallel zur xy-Ebene mit den Mittelpunkten $(0, 0, \pm d/2)^T$. Beide Spulen werden vom gleichen Strom I im gleichen Umlaufsinn durchflossen. Finde den Spulenabstand d, sodass das Magnetfeld im Zentrum möglichst homogen wird, also $\partial^n B_z/\partial z^n$ für möglichst viele Ordnungen n an $z = 0$ verschwindet.

11.3 Koaxialkabel

Ein Koaxialkabel besteht aus einem zylindrischen Draht mit Radius a und einem umgebenden Hohlzylinder mit Innen- und Außenradius b und c. Durch den Draht fließt ein konstanter Strom I und durch den Hohlzylinder fließt der Rückstrom I in die Gegenrichtung, jeweils gleichmäßig auf den ganzen Querschnitt verteilt.

(a) Berechne und skizziere die magnetische Flußdichte $\boldsymbol{B}(r)$ für alle r.

(b) Bestimme die im Magnetfeld enthaltene Energie pro Länge aus $U = \frac{1}{2\mu_0}\int \boldsymbol{B}^2(\boldsymbol{r})\mathrm{d}^3r = \frac{1}{2}LI^2$ und zeige, dass die Induktivität pro Länge L/l für dünne Hohlzylinder $c-b \ll b$ gegeben ist durch:

$$\frac{L}{l} = \frac{\mu_0}{24\pi}\left(3 + 12\log(b/a) + 4\,\frac{c-b}{b}\right).$$

---

ankreuzbar: 11.1(a), 11.1(b), 11.2, 11.3(a) 11.3(b)