

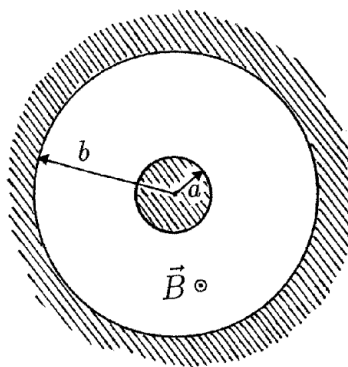
1D1P

One Day One Problem

Persiapan OSN Fisika Tingkat Nasional 2024

Day 8 – Dinamika Elektron dan Silinder

Ruang antara sepasang konduktor silinder koaksial dikosongkan. Jari-jari silinder dalam adalah a , dan jari-jari silinder luar adalah b , seperti terlihat pada gambar di bawah. Silinder bagian luar, yang disebut anoda, diberi potensial positif V relatif terhadap silinder bagian dalam. Terdapat juga medan magnet homogen statis B yang sejajar dengan sumbu silinder, yang diarahkan keluar dari bidang gambar. Muatan induksi pada konduktor diabaikan. Kita akan mempelajari dinamika elektron dengan massa diam m dan muatan $-e$. Elektron dilepaskan pada permukaan silinder bagian dalam.



- (a) Pertama-tama potensial V dihidupkan, tetapi $B = 0$. Sebuah elektron dilepaskan dengan kecepatan yang dapat diabaikan pada permukaan silinder bagian dalam. Tentukan kecepatan v elektron ketika menyentuh anoda. Berikan jawabannya untuk kondisi non-relativistik dan relativistik. **Petunjuk:** Perbedaan kondisi relativistik dan non relativistik disini terletak pada bentuk energi kinetik elektron. Untuk kondisi relativistik, energi kinetiknya adalah $K = mc^2(\gamma - 1)$ dengan $\gamma^{-1} = \sqrt{1 - v^2/c^2}$ dan c adalah kecepatan cahaya, kemudian untuk kondisi non relativistik, bentuknya seperti biasa $K = mv^2/2$. Pada kecepatan rendah ($v \ll c$), bentuk relativistik akan menjadi bentuk non relativistik

Untuk soal-soal selanjutnya, cukup tinjau kasus non relativistik saja.

- (b) Sekarang $V = 0$, tetapi terdapat medan magnet homogen B . Sebuah elektron mula-mula keluar dengan kecepatan awal dalam arah radial. Untuk medan magnet yang lebih besar dari nilai kritis B_c , elektron tidak akan mencapai anoda. Buatlah sketsa lintasan elektron ketika B sedikit lebih besar dari B_c . Tentukan juga nilai B_c .

Mulai sekarang, potensial V dan medan magnet homogen B keduanya dinyalakan.

- (c) Medan magnet akan memberikan elektron momentum sudut tidak nol L terhadap sumbu silinder. Tuliskan persamaan laju perubahan momentum sudut dL/dt . Tunjukkan bahwa persamaan ini menghasilkan kondisi bawah besaran $C = L - keBr^2$ yang konstan selama gerakan elektron, dimana k adalah bilangan murni tertentu. Di sini r adalah jarak elektron dari sumbu silinder. Tentukan nilai k .

- (d) Misalkan sebuah elektron dilepaskan dari silinder bagian dalam dengan kecepatan yang dapat diabaikan, yang tidak mencapai anoda, namun mempunyai jarak maksimal dari sumbu silinder sebesar r_m . Tentukan kecepatan v pada titik dimana jarak radial maksimum, nyatakan dalam r_m dan parameter lainnya. **Petunjuk:** Terdapat dua cara menyatakan v disini, yaitu melalui konservasi C pada bagian (c), atau meninjau konservasi energi elektron via interaksinya dengan medan listrik. Kedua menyatakan nilai v ini nantinya memungkinkan kita mencari nilai r_m , namun sayangnya tidak bisa diselesaikan secara analitik karena bentuk fungsinya yang cukup rumit.
- (e) Kita tertarik untuk menggunakan medan magnet untuk mengatur arus elektron ke anoda. Untuk B yang lebih besar dari medan magnet kritis B_c , sebuah elektron, yang dilepaskan dengan kecepatan yang dapat diabaikan pada permukaan silinder bagian dalam, tidak akan mencapai anoda. Tentukan B_c .
- (f) Jika elektron dibebaskan dengan memanaskan silinder bagian dalam, maka elektron secara umum akan mempunyai kecepatan awal bukan nol pada permukaan silinder bagian dalam. Komponen kecepatan awal yang sejajar dengan B adalah v_B , komponennya yang ortogonal terhadap B adalah v_r (dalam arah radial) dan v_ϕ (dalam arah azimut, yaitu ortogonal terhadap arah radial). Tentukan untuk kondisi ini, nilai medan magnet kritis B_c untuk elektron bisa mencapai anoda.

Referensi: International Physics Olympiad (IPhO) 1996 Norway, Question No. 2

