

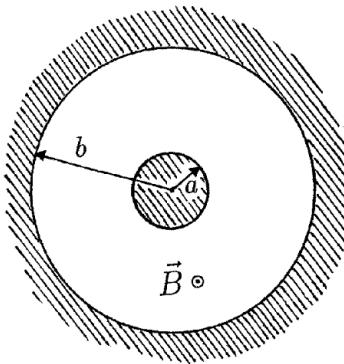
# 1D1P

## 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  $\vec{B}$  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  $v_\phi$  (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

