

1D1P

One Day One Problem

Persiapan OSN Fisika Tingkat Nasional 2024

Day 5 – Pemfokusan Magnetik

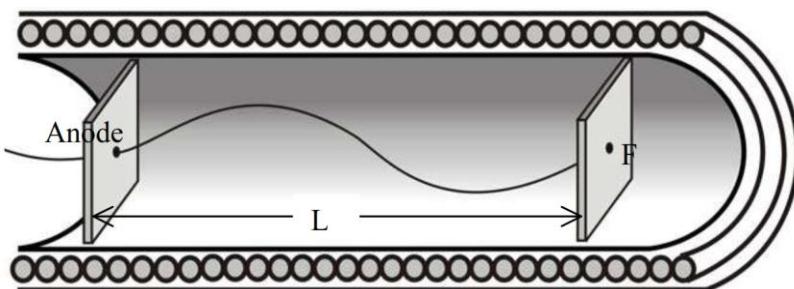
Ada banyak perangkat yang memanfaatkan berkas halus partikel bermuatan. Tabung sinar katoda yang digunakan dalam osiloskop, penerima televisi, atau mikroskop elektron. Dalam perangkat ini berkas partikel difokuskan dan dibelokkan dengan cara yang hampir sama seperti berkas cahaya pada instrumen optik.

Berkas partikel dapat difokuskan oleh medan listrik atau medan magnet. Dalam soal bagian A dan B, kita akan melihat bagaimana berkas partikel bermuatan dapat difokuskan oleh medan magnet.

Bagian A. Pemfokusan Magnetik dengan Solenoida

Gambar 1 menunjukkan penembak elektron yang terletak di dalam (dekat tengah) solenoid panjang. Elektron yang keluar dari lubang di anoda mempunyai komponen kecepatan transversal yang kecil. Elektron akan memiliki lintasan heliks. Setelah satu putaran penuh, elektron akan kembali ke sumbu yang menghubungkan lubang dan titik F. Dengan mengatur medan magnet B di dalam solenoid dengan tepat, semua elektron akan berkumpul di titik F yang sama setelah satu putaran penuh. Gunakan data berikut:

- Beda tegangan yang mempercepat elektron $V = 10 \text{ kV}$
- Jarak anoda dengan titik fokus F, $L = 0.50 \text{ m}$
- Muatan elektron $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Massa elektron $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- Permeabilitas vakum $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$
- Perlakukan soal ini secara non-relativistik



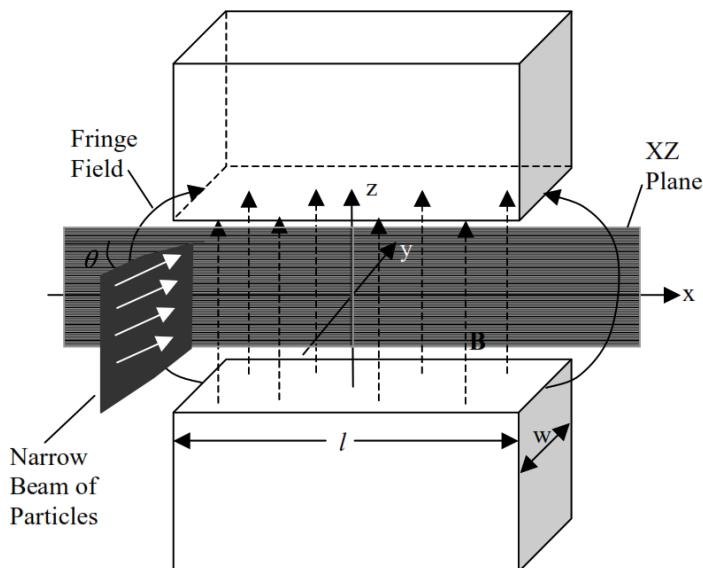
Gambar 1. Ilustrasi solenoida.

- (a) Hitung B agar elektron kembali ke sumbu di titik F setelah satu putaran penuh.
- (b) Tentukan arus pada solenoid jika solenoid mempunyai 500 putaran per meter.

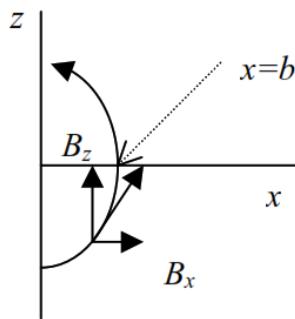
Bagian B. Pemfokusan Magnetik dengan Medan Tepi (*Fringing Field*)

Dua buah kutub magnet diletakkan pada bidang horizontal dan dipisahkan dengan jarak tertentu sehingga medan magnet di antara keduanya menjadi B dalam arah vertikal (lihat Gambar 2). Bagian muka kutub berbentuk persegi panjang dengan panjang l dan lebar w . Pertimbangkan kondisi bahwa terdapat medan tepi di dekat tepi kutub (medan tepi adalah medan yang berkaitan dengan efek tepi). Misalkan lebar medan tepinya adalah b (lihat Gambar 3). Medan tepi ini memiliki dua komponen yaitu $B_x \hat{i}$ dan $B_z \hat{k}$. Untuk mempermudah asumsikan bahwa $|B_x| = B|z|/b$ di mana $z = 0$ adalah bidang tengah celah di antara kedua kutub magnet, secara eksplisit:

- Ketika partikel memasuki medan tepi, $B_x = B \frac{z}{b}$.
- Ketika partikel memasuki medan tapi kembali setelah melalui wilayah dengan medan magnet konstan, $B_x = -B \frac{z}{b}$.

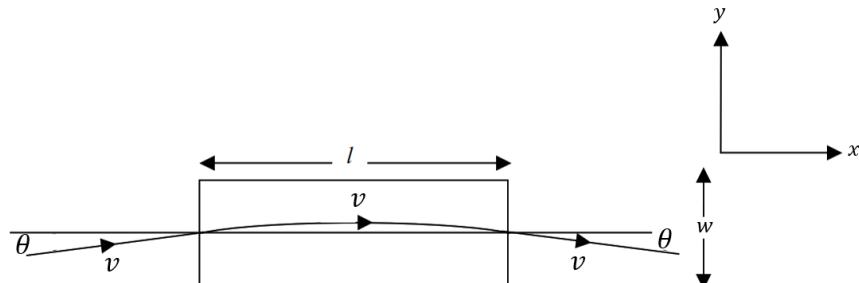


Gambar 2. Ilustrasi sistem keseluruhan (asumsikan θ sangat kecil).



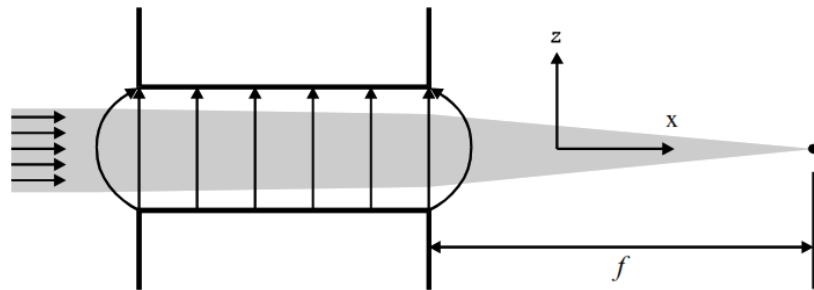
Gambar 3. Medan tepi.

Sebuah berkas partikel yang sempit saling sejajar satu sama lain, yang terdiri dari kumpulan partikel dengan masing-masing bermassa m dan bermuatan positif q , memasuki magnet (dekat pusat) dengan kecepatan tinggi v sejajar bidang horizontal (bidang xy). Ukuran vertikal (sepanjang arah z) berkas sebanding dengan jarak antar kutub magnet. Berkas partikel ini memasuki wilayah bermedan magnet dengan sudut θ terhadap garis tengah di ruang antara kutub magnet (terhadap sumbu x pada bidang xy) dan meninggalkan wilayah bermedan magnet dengan sudut $-\theta$ (lihat Gambar 4, Asumsikan θ sangat kecil). Asumsikan bahwa sudut masuknya partikel ke dalam wilayah dengan medan magnet tepi sama dengan sudut θ ketika memasuki wilayah dengan medan magnet seragam.



Gambar 4. Tampak atas (bidang xy).

- (c) Berkas muatan akan terfokuskan karena adanya bidang pinggiran (gerakan ini terjadi pada bidang xz). Hitung perkiraan panjang fokus f (posisi x ketika berkas muatan memotong bidang $z = 0$) jika kita mendefinisikan panjang fokus seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5 (asumsikan $b \ll l$ dan asumsikan bahwa komponen z dari defleksi pada medan magnet seragam B sangat kecil).



Gambar 5. Tampak samping.

Referensi: Asian Physics Olympiad (APhO) 2005 Indonesia, Question No.2 Magnetic Focussing

Ad Astra Abyssosque...

