Matakuliah : Fisika Dasar II

Topik Pembahasan : Kelistrikan & Magnetisme

* Muatan Listrik
* Distribusi Muatan Kontinyu
* Potensial Listrik
* Kapasitansi, Dielektrik, & Energi Elektrostatik
* Arus Listrik
* Rangkaian Arus Searah
* Medan Magnetik
* Sumber Medan Magnetik
* Induksi Magnetik
* Rangkaian Arus Bolak-Balik

Silabus : ” Fisika untuk Sains & Teknik” Edisi Ketiga Jilid 2 TIPLER Penerbit Erlangga.

Aturan Penilaian

Tugas : 20

Quis : 10

UTS : 35

UAS : 35

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Aturan Perkuliahan

* Absensi/kehadiran minimal 80% dari jumlah pertemuan.
* Teloransi Keterlambatan 0 menit.

**KELISTRIKAN & MAGNETISME**

1. **Muatan Listrik**

Muatan dari proton e, sedangkan muatan dari electron –e dimana e disebut satuan dasar muatan. Dalam Sistem SI, satuan muatan adalah coulomb, yang didefinisikan dalam bentuk arus listrik, Ampere. Coulomb (c) : Jumlah muatan yang mengalir melalui suatu penampang kawat dalam waktu satu detik bila besarnya arus dalam kawat adalah satu Ampere. Satuan dasar dari muatan listrik e dihubungkan dengan Coulomb melalui.

**e= 1,6 x C**

muatan sekitar 10 nC (1 nC = C) sampai 0,1 = (1 )

“Hukum Coulomb” : Gaya yang dilakukan oleh satu muatan titik pada muatan titik lainnya bekerja sepanjang garis yang menghubungkan kedua muatan tersebut.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Muatan sejenis tolak-menolak | 1. Muatan yang tak sejenis tarik-menarik   F = Gaya (N)  q = muatan (C)  r = jarak (m)  K =  q = N.e ; N = jumlah muatan |

Contoh : Dua muatan titik masing-masing sebesar 0,05 dipisahkan pada jarak 10 cm. carilah (a) besar gaya yang dilakukan oleh satu muatan pada muatan lainnya dan (b) jumlah satuan muatan dasar pada masing-masing muatan.

1. Dari hukum Coulomb, besarnya gaya adalah
2. Jumlah electron yang diperlukan untuk manghasilkan muatan sebesar 0,05 C diperoleh dari:

q = N.e ; e= 1,6 x C

Muatan dengan ukuran seperti ini tidak menunjukan muatan yang terkuantisasi (diskrit). Satu juta electron dapat ditambah/dikurangkan dari muatan ini tanpa terdeteksi oleh peralatan biasa.

Contoh : Hitung perbandingan gaya listrik terhadap gaya gravitasi yang dilakukan satu proton pada proton yang lain.

Karena setiap proton mempunyai muatan +e, gaya listriknya adalah tolak-menolak dan besarnya :

Gaya gravitasi yang diberikan oleh hukum grvitasi Newton adalah tarik-menarik dan mempunyai harga :

Dimana mp adalah massa proton. Perbandingan antara kedua gaya ini tidak bergantung pada jarak pisah r.

Dengan memasukan harga K = , e= 1,6 x C, dan mp = 1,67. Maka akan diperoleh :

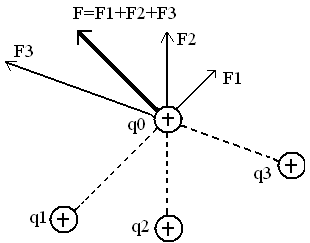
1. Tiga muatan titik terletak pada sumbu x; q1=25 nC yang terletak pada titik asal, q2=-10nC berada pada x=2m, dan q0=20nC berada pada x=3,5m. cari gaya total pada q0 akibat q1 dan q2?
2. Muatan q1=+25nC berada pada titik asal, muatan q2=-15nC pada sumbu x=2m dan muatan q0=+20nC pada x=2m, y=2m seperti tampak pada gambar dibawah ini. Carilah gaya pada q0?

**Medan Listrik**

Medan listrik merupakan suatu vektor dan madan listrik memenuhi prinsip super posisi. Menurut sistem satuan SI, satuan medan listrik adalah Newton/Coulomb (N/C).

Tabel 1. Besar beberapa medan listrik yang ada di alam

|  |  |
| --- | --- |
|  | **E (N/C)** |
| Di dalam kabel rumah  Di dalam gelombang radio  Di atmosfer  Di matahari  Di bawah suatu awan mendung  Di bawah suatu ledakan petir  Di dalam tabung sinar-X  Pada elektron di dalam atom hydrogen  Pada permukaan inti uranium |  |



Medan E pada suatu titik didefinisikan sebagai gaya total pada suatu muatan uji positif q0 dibagi dengan q0.

Gaya yang dilakukan pada muatan uji q0 pada setiap titik berhubungan dengan medan listrik dititik tersebut yaitu:

Contoh : jika suatu muatan uji dari 5 nC diletakan pada suatu titik, muatan mengalami gaya sebesar 2xN pada arah sumbu x. berapakah besar medan listrik E pada titik tersebut?

Jawab :

Latihan : Berapa gaya pada sebuah electron yang terletak pada suatu titik pada contoh soal yang ada diatas dimana medan listriknya adalah E = (4xN/C)i. (jawabannya: **(-6,4xN)i**)

Medan lstrik akibat suatu muatan titik qi yang posisinya di ri dapat dihitung dengan hokum coulomb. Jika kita letakan muatan uji q0 yang kecil dan positif pada suatu titik p yang berjarak ri0, gaya pada muatan tersebut adalah:

Dimana r^i0 adalah vektor satuan yang mempunyai arah dari qi ke q0. Medan istrik pada titik p akibat muatan qi adalah:

Dimana r^i0 adalah jarak dari muatan ke titik p yang disebut titik medan, dan r^i0 adalah vektor satuan yang mempunyai arah dari muatan ke titik p. selnjutnya kita akan mengacu pada persamaan ini, yang sesuai dengan hokum coulomb, sebagai hukum coulomb untuk medan listrik akibat satu muatan titik. Medan listrik total akibat adanya distribusi muatan-muatan titik diperoleh dengan cara menjumlahkan medan-medan akibat tiap-tiap muatan secara terpisah.

**Garis-garis Medan Listrik**

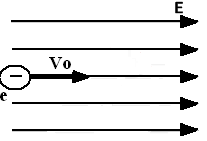
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Garis-garis medan listrik dari suatu muatan positif. Jika muatannya negatif tanda panahnya terbalik. | 1. Garis-garis medan listrik yang diakibatkan oleh dua muatan titik positif. Tanda panah akan terbalik jika kedua muatan negatif. | 1. Garis-garis medan listrik suatu dipol. |

**Gerak muatan-muatan titik di dalam medan listrik.**

Ketika suatu partikel dengan muatan q diletakan di dalam medan listrik E, muatan ini mengalami suatu gaya qE. Seperti yang pernah kita lihat, bahwa gravitasi yang bekerja pada suatu partikel biasanya diabaikan dibandingkan gaya-gaya listrik. Jika gaya-gaya listrik hanya merupakan gaya-gaya yang penting yang bekerja pada partikel, partikel akan mempunyai percepatan.

; m = massa partikel

Contoh : sebuah elektron ditembakan memasuki medan listrik homogen E = (1000 N/C)I dengan kecepatan awal Vo = (2xm/s)i pada arah medan listrik. Berapa jauh elektron akan bergerak sebelum elektron berhenti?

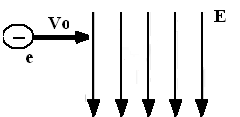


Jawab : karena muatan elektron adalah negatif, maka gaya –eE yang bekerja padanya b**e**rlawanan arah dengan medan. Dengan demikian kita mempunyai percepatan konstan yang arahnya berlawanan arah dengan arah kecepatan awal dan kita akan mencari jarak yang ditempuh partikel terhadap arah semula. Kita dapat menggunakan persamaan percepatan tetap yang menghubungkan jarak dengan kecepatan.

Dengan menggunakan Xo=0, V=o, Vo=2xm/s, dan a=-eE/m maka diperoleh

X = = =

Contoh : sebuah elektron ditembakan ke dalam medan listrik homogen E = (-2000 N/C)j dengan kecepatan awal Vo = (m/s)I tegak lurus medan seperti yang ditunjukan pada gambar dibawah ini. (a) bandingkan gaya gravitasi yang bekerja pada elektron dengan gaya listrik yang bekerja padanya. (b) seberapa jauh elektron dibelokan setelah menempuh jarak 1 cm pada arah sumbu X?



Jawab : (a) gaya listrik pada elektron adalah –eE dan gaya gravitasi yang bekerja padanya adalah mg. karena medan listrik mengarah ke bawah, gaya listrik pada elektron yang negatif mengarah ke atas, gaya gravitasi tentunya ke bawah. Perbandigan besarna kedua gaya adalah.

Seperti biasanya terjadi, gaya listrik jauh lebih besar dibandingkan gaya gravitasi. Jadi gaya gravitasi secara keseluruhan diabaikan.

1. Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak 1 cm pada arah sumbu X.

Dalam waktu ini, elektron dibelokan keatas berlawanan arah dari medan dengan jarak sebesar yang diberikan dengan:

Dengan memasukan harga-harga yang telah diketahui dari e, m, E, dan t diperoleh: y = 1,76x

**Dipol Listrik di dalam Medan Listrik**

Momen dipol suatu atom atau molekul nonpolar di dalam medan listrik luar disebut momen dipol induksi.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Molekul nonpolar di dalam medan listrik tidak homogen dari satu muatan titik positif. Momen dipol listrik induksi p sejajar dengan medan dari muatan titik tersebut. Karena muatan titik letaknya lebih dekat terhadap pusat muatan negatif dibandingkan pusat muatan positifnya, akan ada gaya total tarik-menarik antara dipol dan muatan titik. |
| Gambar di atas memperlihatkan suatu molekul nonpolar yang berada di dalam medan listrik dari suatu muatan titik positif q. momen dipol induksi sejajar dengan E pada arah radial dari muatan titik tersebut. Medan pada muatan negatif lebih kuat sebab letaknya lebih dekat kepada muatan titik, jadi gaya total pada dipol ditarik menuju muatan titik. Jika titik muatan tersebut adalah negatif, dipol induksi akan mempunyai arah yang berlawanan dari arah semula, dan dipol sekali lagi akan ditarik oleh muatan titik tersebut. | |
|  | Suatu dipol berada di dalam medan listrik homogen mengalami gaya sama dan berlawanan arah yang cenderung akan memutar dipol sedemikian rupa sehingga momen dipolnya searah dengan medan listriknya.  Gambar disamping memperlihatkan gaya-gaya yang dilakukan pada dipol yang mempunyai momen **P=q.L** di dalam medan listrik homogen E. kita peroleh torka (momen) yang dihasilkan oleh dua buah gaya yang |
| berlawanan arah yang disebut **kopel,** adalah sama disetiap titik di dalam ruang. Dari gambar, kita lihat bahwa torka pada muatan negatif mempunyai harga :  **F1.L. sinӨ = q.E.L sinӨ = p.E. sinӨ.**  Arah dari torka menuju keatas sedemikian rupa sehingga torka ini memutar momen dipol ke arah medan listrik E. torka ini dapat ditulis dengan lebih baik sebagai perkalian silang dari momen dipol **p** dengan medan listrik **E**: | |

**; P=q.L**

Jika dipol berputar melalui sudut **dӨ**, medan listrik akan melakukan kerja:

**d= - dӨ = -pE sinӨ dӨ**

tanda minus muncul akibat torka yang cenderung menurunkan q, dengan membuat kerja ini sama dengan penurunan energi potensial, akan kita peroleh :

**du= -d= +pE sinӨ dӨ**

dengan integrasi (mengintegrasikan), kita peroleh :

**U = -pE cosӨ + Uo**

Biasanya kita pilih energi potensial menjadi nol pada saat dipol tegak lurus dengan medan listrik, yaitu ketika **Ө=90** kemudian Uo=0 dan energi potensial menjadi :

**U = -pE cosӨ = -pE**

Contoh : Suatu dipol dengan momen sebesar 0,02 e.nm berada dalam medan listrik homogen yang besarnya 3xN/C serta membentuk sudut 20 terhadap arah medan listrik. Carilah :

1. Besarnya torka pada dipol
2. Energi potensial dari sistem

26 Maret 2014

Jawab :

1. Ө = (0,02)(m)( 3xN/C)(sin 20)

= 3,28 N.m

1. U = -pE = -pE cosӨ = -(0,02)(m)( 3xN/C)(cos 20)

= -9,02xJ

1. **Distribusi Muatan Kontinyu**

**Perhitungan Medan Listrik Berdasarkan hukum Coulomb.**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Sebuah elemen muatan dq yang menghasilkan medan dE di titik p. medan di p akibat muatan total ini dapat diperoleh dengan melakukan integrasi terhadap seluruh distribusi muatan.  Sebuah elemen muatan dq=p.dv yang sedemikian kecil sehingga dapat dianggap sebagai muatan titik. Medan listrik dE di titik medan p yang diakibatkan oleh elemen muatan ini dinyatakan oleh hukum coulomb : |



Dengan r merupakan jarak dari elemen muatan tersebut dengan titik medan p, dan r^ sebagai vektor satuan yang menunjukan arah dari elemen ke titik medan. Medan total di p dapat diperoleh dengan mengintegralkan pernyataan ini terhadap distribusi muatan keseluruhan, yang kita anggap menempati sebagian volume V:

Dimana dq =p.dv. jika muatan ini terdistribusi pada suatu permukaaan, maka kita gunakan dq = kemudian integralkan terhadap permukaannya. Jika muatannya terdistribusi pada garis, maka kita gunakan dq=.dL kemudian integralkan terhadap garisnya.

**Hukum Gauss**

Jumlah total dari garis yang meninggalkan sembarang permukaan yang melingkupi muatan tersebut akan berbanding lurus dengan muatan total yang dilingkupi oleh permukaan itu.

Kuantitas matematis yang menunjukkan jumlah garis gaya medan yang melewati permukaan ini disebut **fluks listrik.**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Garis-garis gaya medan listrik dari sebuah medan yang melintasi luas A yang letaknya tegak lurus medan disebut **fluks listrik.**  **Fluks listrik (ф)** yang melewati permukaan luas A yang tegak lurus medan ini didefinisikan sebagai perkalian medan E dan luasan A  **Ф= EA ; satuan ф=(N./C)** |
|  | Garis medan listrik dari suatu medan listrik yang seragam yang tegak lurus terhadap luasan **A1** tapi membentuk sudut **Ө** dengan vektor satuanyang merupakan normal dari luasan **A2**. Apabila **E** tidak tegak lurus terhadap luasan tersebut maka fluksnya adalah En, A, dimana **En = E.cosӨ** adalah komponen E yang tegak lurus terhadap luasan tersebut. Fluks yang melewati A2 ini sama dengan fluks yang melewati A1. |

Permukaan luasan A2 tidak tegak lurus terhadap medan listrik E. jumlah garis menyeberang luasan A2 sama dengan jumlah yang menyeberangi luasan A1. Luasan-luasan ini memiliki hubungan:

**A2 cos Ө = A1**

Dengan Ө sudut antara E dengan vektor satuan yang tegak lurus permukaan A2, seperti yang diperlihatkan gambar tersebut. Fluks Yang melintasi permukaan yang tidak tegak lurus terhadap E adalah

**Ф= E..A = E.A.cos Ө = En.A ;** dengan **En = E.** adalah komponen dari vektor medan listrik yang tidak tegak lurus, atau normal, terhadap permukaan tersebut.

**Persamaan Hukum Gauss**

**Фnet =**

Dalam keabsahannya bergantung pada kenyataan bahwa medan listrik akibat suatu muatan titik tunggal berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari muatan itu. Besaran medan listrik inilah yang memungkinkan kita memperolah jumlah garis medan listrik yang pasti dari suatu muatan dan membuat densitas garisnya sebanding dengan kekuatan medannya.

Biasanya kita menulis konstanta coulomb K dalam bentuk konstanta lain , yang disebut **permitivitas ruang bebas.**

Dengan menggunakan notasi ini, hukum coulomb dituliskan sebagai

Dan dalam hukum gauss

**Фnet =**

Nilai dalam satuan SI adalah

1. **Potensial Listrik**

Beda potensial Vb-Va didefinisikan sebagai negatif dari kerja persatuan muatan yang dilakukan oleh medan listrik ketika muatan uji bergerak dari titik a ke b.

Untuk perpindahan tak hingga ditulis menjadi

Karena hanya beda potensial listrik sajalah yang dipandang penting, kita dapat menganggap potensial nol di semua titik yang kita inginkan. Potensial pada suatu titik adalah energi potensial muatan dibagi dengan muatan:

**V= potensial U= energi potensial = muatan**

Satuan potensial dan beda potensial adalah volt (V) : 1 V = 1 J/V. dalam hubungan satuan ini, satuan untuk medan listrik dapat dinyatakan 1 N/C = 1 V/m.

**1eV=**

Potensial pada jarak r dari muatan q dipusat diberikan oleh :

Dimana **Vo** adalah potensial pada jarak tak hingga dari muatan. Ketika potensial dipilih menjadi nol pada jarak tak hinngga, potensial akibat muatan titik adalah

Untuk sistem muatan titik, potensial diberikan oleh

Dimana jumlah diambil untuk semua muatan dariadalah jarak dari muatan i ke titik p dimana potensial dicari.

Energi potensial elektrostatik sistem muatan titik adalah kerja yang dibutuhkan untuk membawa muatan-muatan dari jarak tak hingga ke posisi terakhir.

Untuk distribusi muatan kontinyu, potensial didapatkan dengan integrasi pada distribusi muatan:

Pernyataan ini digunakan hanya jika distribusi muatan kontinyu dalam volume berhingga sehingga potensial dapat dipilih nol pada jarak tak hingga.

Medan listrik mengarah ke arah pengurangan terbesar dari potensial. Komponen **E** dalam arah perpindahan dl dihubungkan terhadap potensial akibat.

Vektor yang menunjuk dalam arah perubahan fungsi potensial terbesar dan mempunyai jumlah sama dengan turunan fungsi terhadap jarak dalam arah tersebut adalah gradien fungsi. Medan listrik **E** adalah negatif gradien potensial **V**. dalam notasi vektor, gradien ditulis sehingga

Untuk distribusi muatan simetri bola, potensial hanya berubah terhadap **r**, dan medan listrik dihubungkan dengan potensial akibat.

Dalam kordinat rektangular , medan listrik dihubungkan dengan potensial akibat

Contoh : (a) berapakah potensial listrik pada jarak r= dari proton? (ini adalah jarak rata-rata proton dan elektron dalam atom hidrogen). (b) berapakah energi potensial elektron dan proton pada pemisahan ini?

Jawab :

1. Muatan proton adalah q =
2. Muatan elektron adalah –e = -. dalam elektron volt, energi potensial elektron dan proton yang terpisah dengan jarak r= adalah

U = qV = -e (27,2V) = -27,2 eV

Dalam satuan SI, energi potensialnya adalah

U = qV = (-) (27,2V) = -4,35x j

02 April 2014