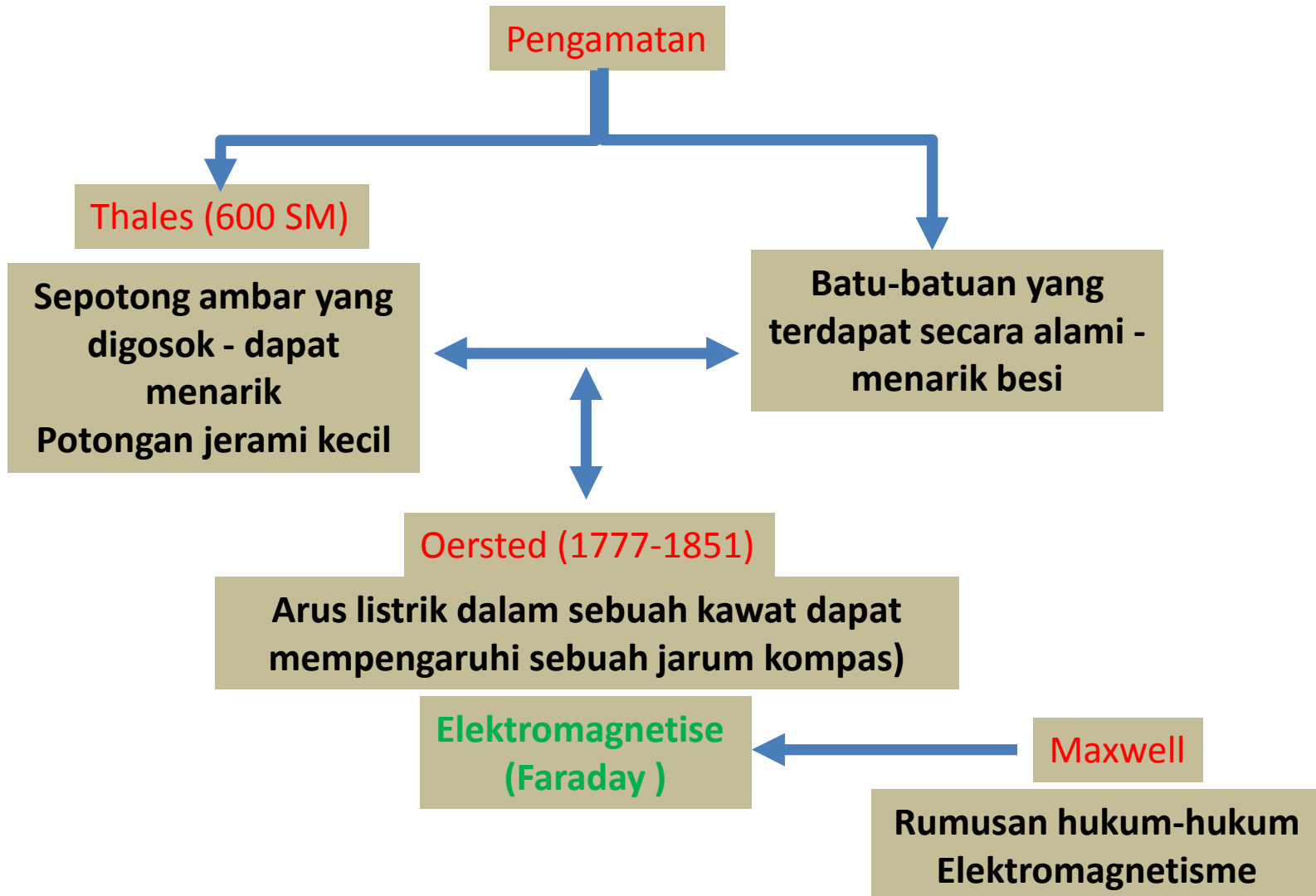


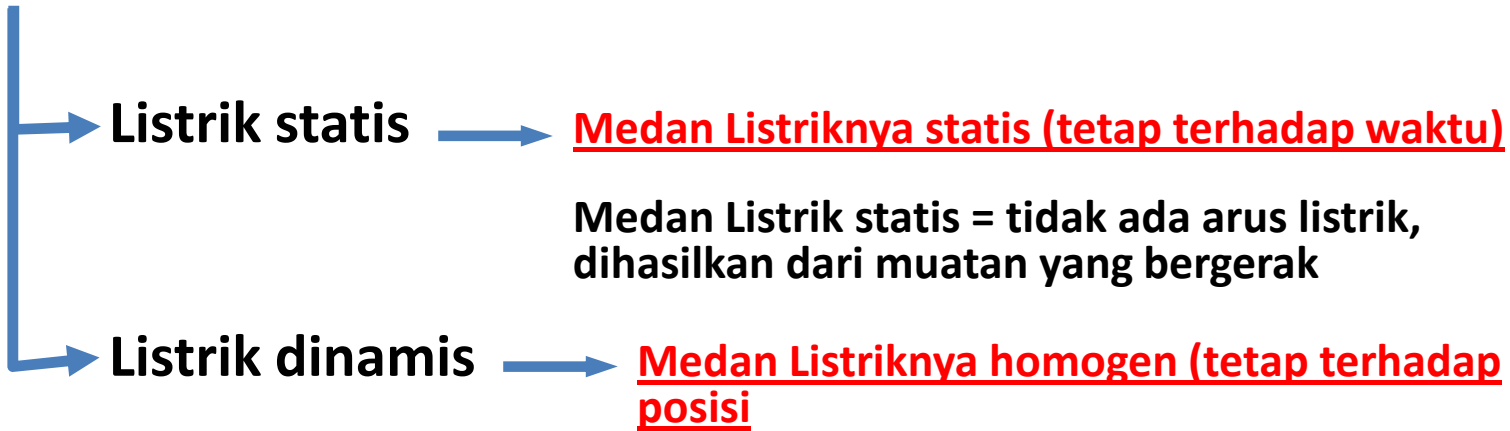
Muatan Listrik & Gaya Listrik

Minggu ke- 2

Kelistrikan



Kelistrikan



Muatan Listrik

Muatan = sifat fundamental materi → Satuan

Satuan alamiah muatan = muatan elektron

$$e = 1,6021892 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Muatan fundamental
Muatan listrik minimum

C = Coloumb (SI)

$$1\text{C} = 6,2 \times 10^{18} e$$

Setiap muatan q

$$q = Ne$$

N = bilangan bulat (+/_)

Jika sifat fisis muatan terdapat dalam bentuk paket diskrit dan bukan di dalam jumlah kontinyu

Muatan terkuantisasi

Sifat-sifat partikel atomik

Partikel	Muatan (C)	Massa (Kg)
Elektron (e)	$-1.6021917 \times 10^{-19}$	9.1095×10^{-31}
Proton (p)	$+1.6021917 \times 10^{-19}$	1.67261×10^{-27}
Netron (n)	0	1.67492×10^{-27}

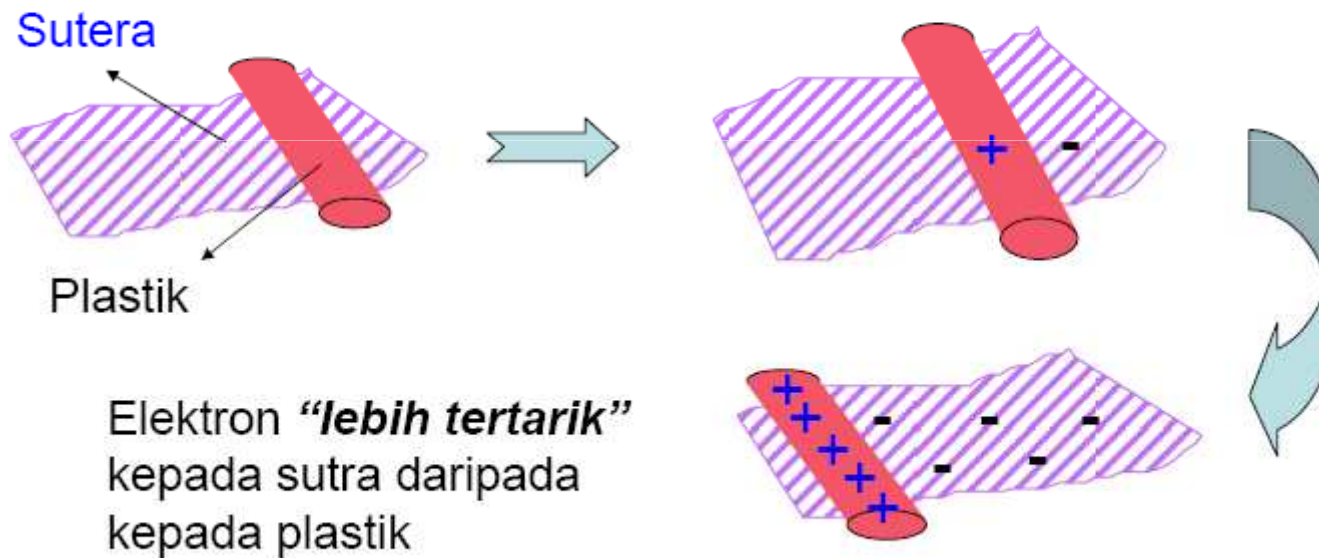
Elektrifikasi

Cara pemberian muatan listrik pada benda

- **Gesekan**
 - contoh mengesek balon dengan kain wool
- **Konduksi**
 - contoh sentuhan pada elektroskop
- **Induksi**
 - contoh balon ditempelkan pada dinding

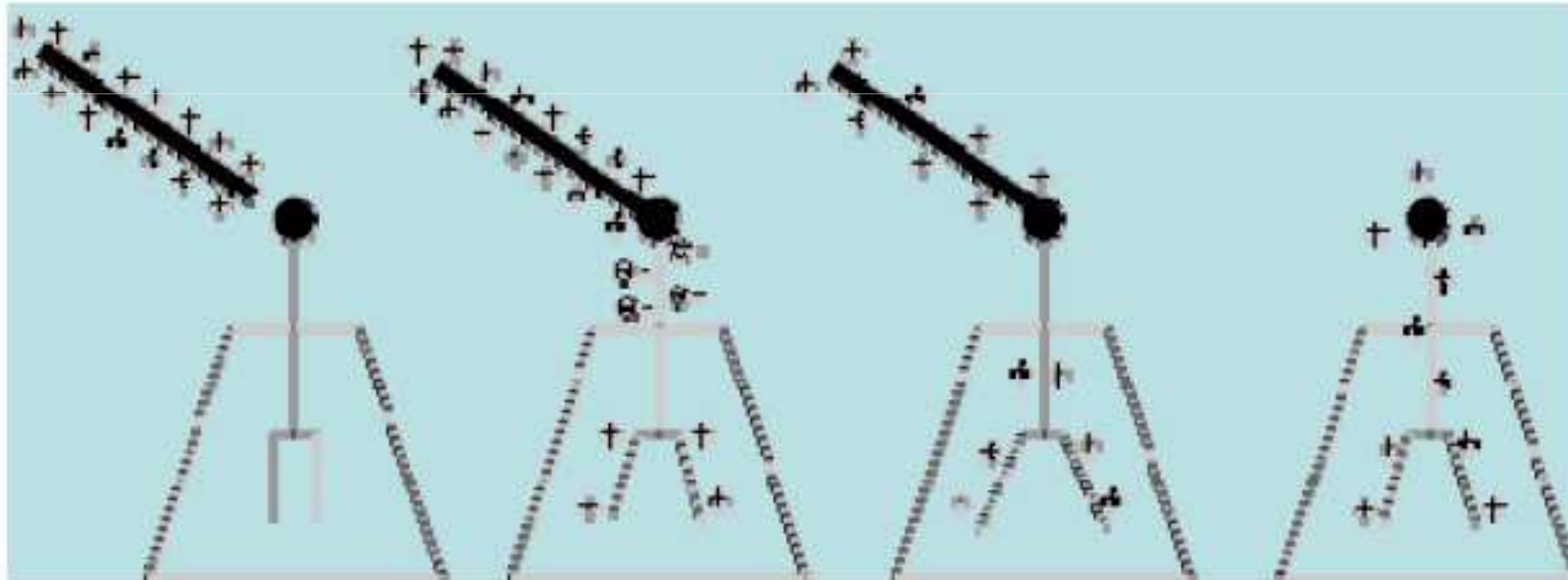
Proses Gesekan

- Untuk Bahan Isolator
- Menggosokkan 2 buah bahan isolator



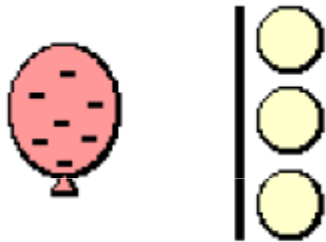
Konduksi

- Untuk bahan konduktor
- Dua buah bahan konduktor disentuhkan, dimana salah satunya memiliki muatan bebas

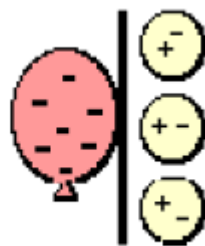


Induksi

- Balon pada dinding



Dinding adalah netral (insulator)



Mutan + bergerak
menuju depan balon

Mutan - bergerak
menjauhi balon

Dinding tetap netral
tetapi permukaan
memiliki sedikit sisa
muatan yang cukup
untuk mengikat balon

Interaksi listrik

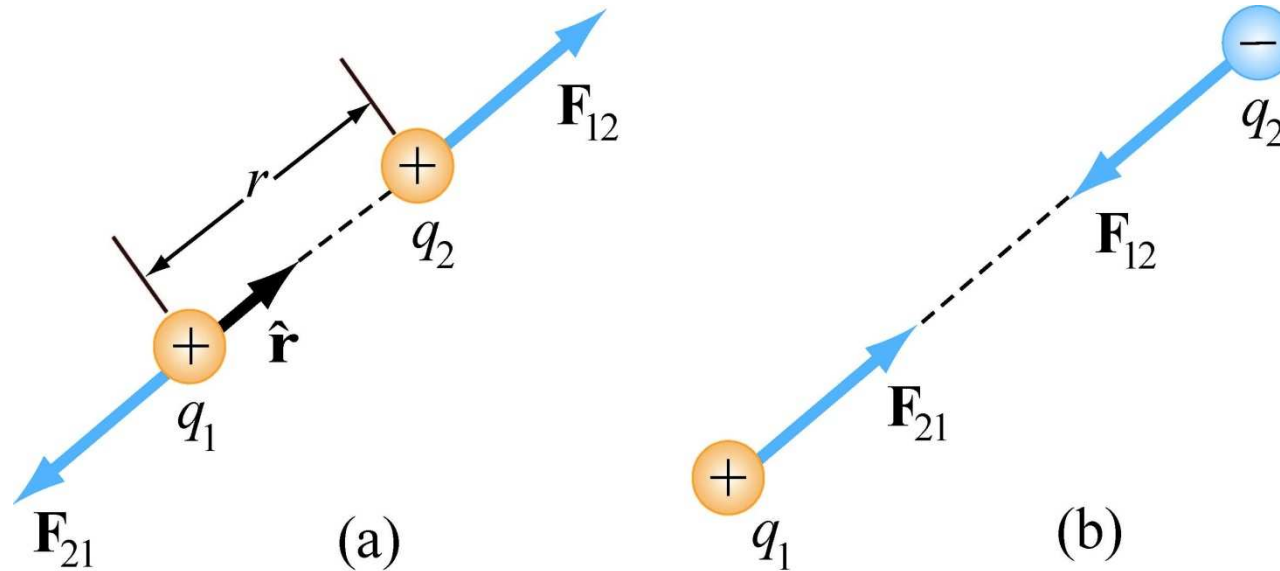
- Gaya listrik (Tarik-manerik/Tolak-menolak)
- Energi potensial listrik
- Usaha oleh medan listrik/usaha pada muatan listrik

Gaya Listrik

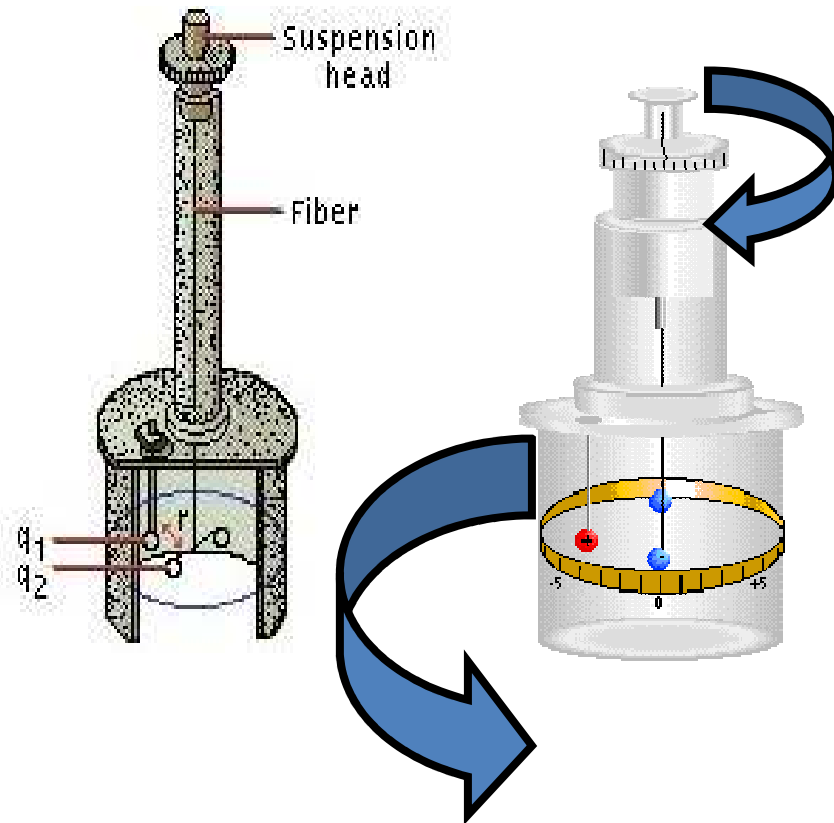
Gaya listrik antara muatan q_1 dan q_2 adalah

(a) tolak-menolak jika muatan-muatan bertanda sama

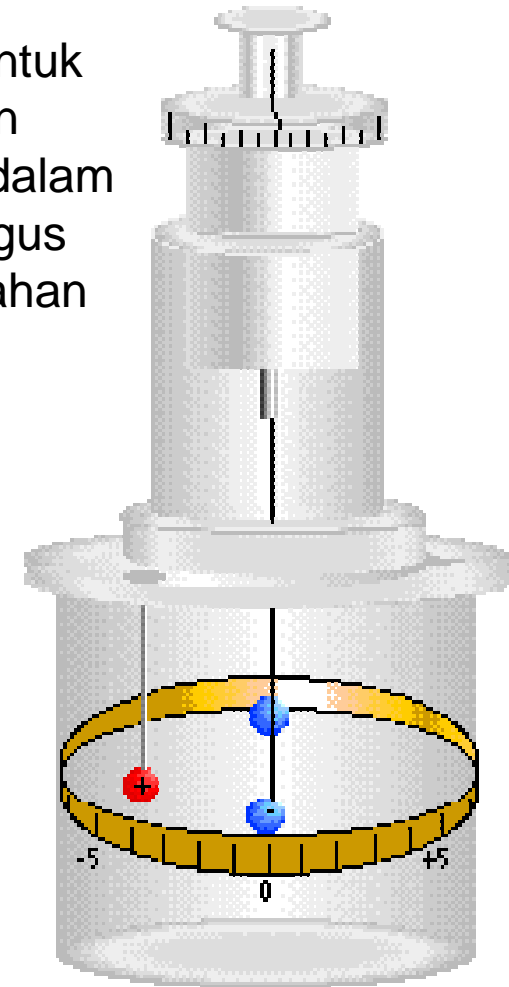
(a) tarik-menarik jika muatan-muatan berlainan tanda



Keseimbangan Torsi Coulomb

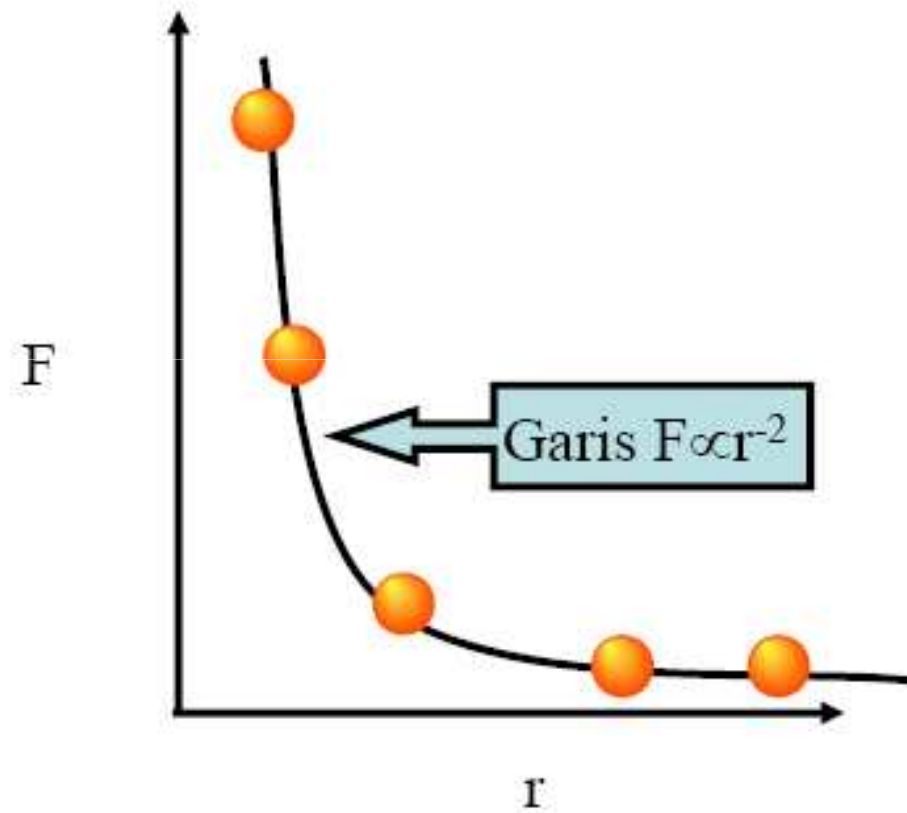


Perputaran ini untuk mencocokkan dan mengukur torsi dalam serat dan sekaligus gaya yang menahan muatan



Skala dipergunakan untuk membaca besarnya pemisahan muatan

Percobaan Coloumb



Hukum Coloumb

- Penentuan Coloumb
- Gaya tarik-manerik jika muatan berbeda tanda
- Gaya sebanding dengan perkalian muatan q_1 dan q_2 sepanjang garis lurus yang menghubungkannya
- Gaya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak

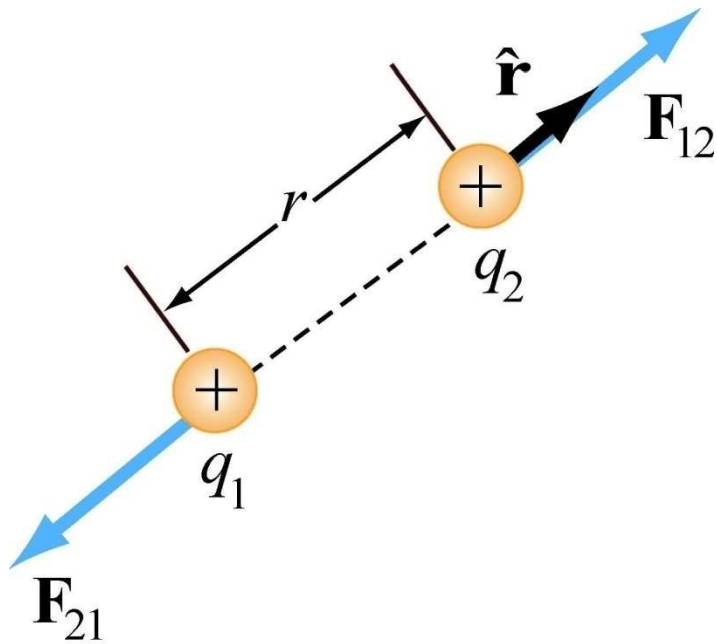
$$|F_{12}| \propto |Q_1| |Q_2| / r_{12}^2$$

atau

$$|F_{12}| = k |Q_1| |Q_2| / r_{12}^2$$

Hukum Coulomb: Gaya
oleh q_1 pada q_2

$$\vec{\mathbf{F}}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

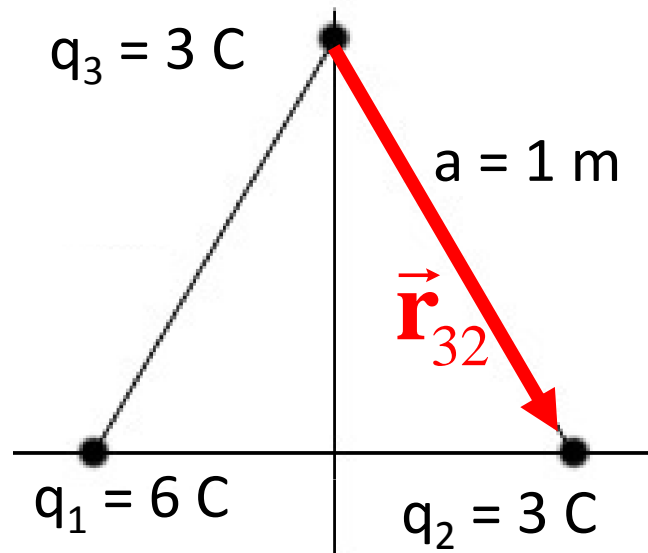


$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.9875 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$$

$\hat{\mathbf{r}}$: vektor satuan dari q_1 ke q_2

$$\hat{\mathbf{r}} = \frac{\vec{\mathbf{r}}}{r} \Rightarrow \vec{\mathbf{F}}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{\mathbf{r}}$$

Contoh



$$\vec{\mathbf{F}}_{32} = ?$$

$$\vec{\mathbf{r}}_{32} = \left(\frac{1}{2} \hat{\mathbf{i}} - \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{\mathbf{j}} \right) \text{ m}$$

$$r = 1 \text{ m}$$

$$\vec{\mathbf{F}}_{32} = k_e q_3 q_2 \frac{\vec{\mathbf{r}}}{r^3} = (9 \times 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2) (3 \text{ C}) (3 \text{ C}) \frac{\frac{1}{2} (\hat{\mathbf{i}} - \sqrt{3} \hat{\mathbf{j}}) \text{ m}}{(1 \text{ m})^3}$$

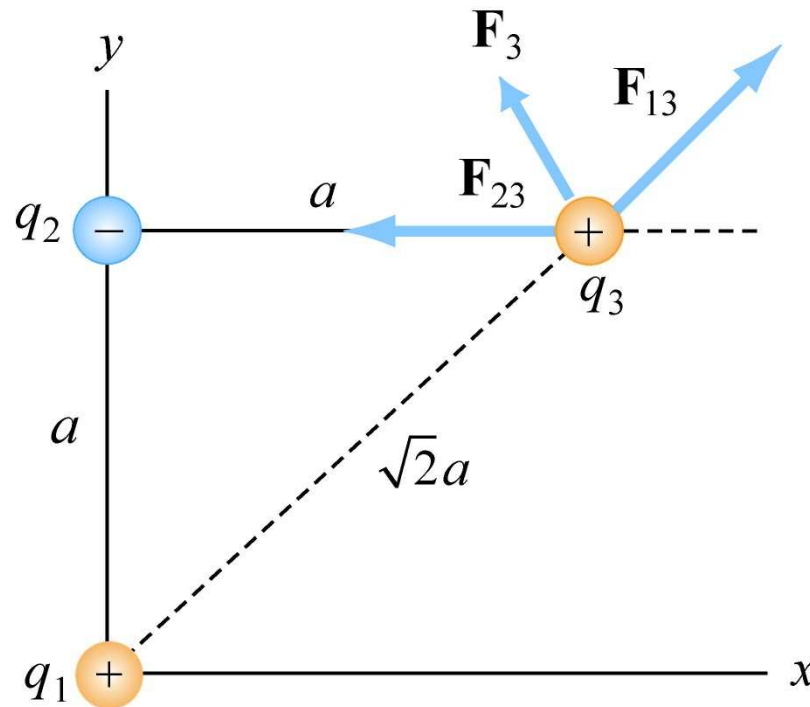
$$= \frac{81 \times 10^9}{2} (\hat{\mathbf{i}} - \sqrt{3} \hat{\mathbf{j}}) \text{ N}$$

Prinsip Superposisi

Banyak Muatan yang Muncul:

Gaya neto pada setiap muatan adalah penjumlahan vektor-vektor gaya dari muatan individu yang lain

Contoh:

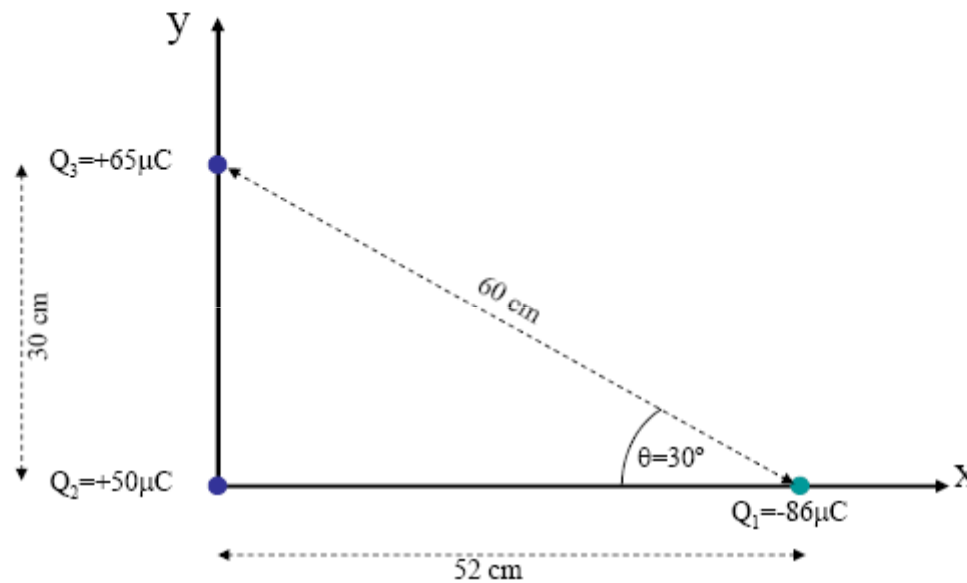


$$\vec{\mathbf{F}}_3 = \vec{\mathbf{F}}_{13} + \vec{\mathbf{F}}_{23}$$

Secara umum:

$$\vec{\mathbf{F}}_j = \sum_{i=1}^N \vec{\mathbf{F}}_{ij}$$

Menyelesaikan persoalan Hukum Coulumb dan Vektor



Hitunglah total gaya elektrostatis pada muatan Q_3 karena pengaruh muatan Q_1 dan Q_2 .

Langkah 0: Berpikir!

Ini adalah persoalan Hukum Coulomb

Kita hanya ingin tahu gaya pada muatan Q_3 . Jangan pedulikan gaya yang lain

Gaya bersifat additive, sehingga kita dapat menghitung \mathbf{F}_{32} dan \mathbf{F}_{31} dan kemudian menjumlahkan keduanya.

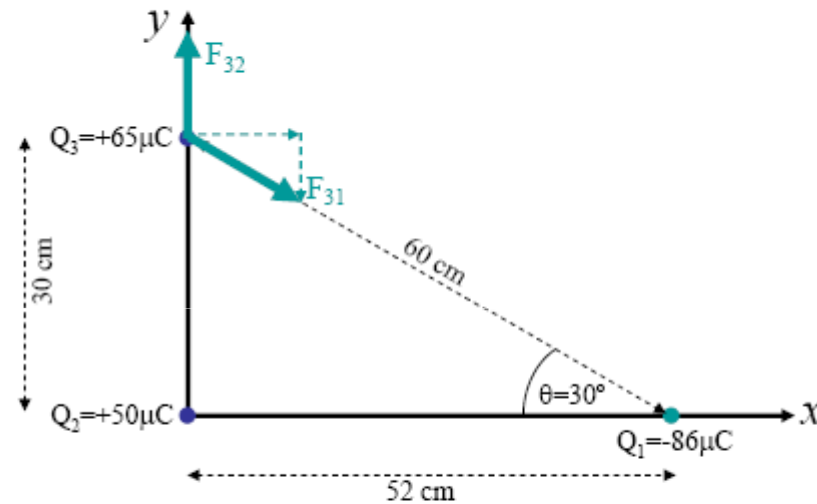
Dalam kasus ini, kita melakukan penjumlahan vektor dengan menjumlahkan masing-masing komponennya, sehingga kita harus menguraikan gaya-gayanya dalam komponen x dan y.

Langkah 1: Menggambar Sketsa persoalan

Gambar sebuah sketsa yg representatif — **done**.

Gambar dan beri label sketsa yg relevan — **done**.

Gambar sumbu-sumbu, tentukan titik awal dan arah — **done**.



Gambar dan beri label gaya (hanya pada Q_3).

Gambar komponen gaya yg tidak sepanjang sumbu2.

Langkah 2: Masukkan Rumus

$$\vec{F}_{12} = k_e \frac{|Q_1||Q_2|}{r_{12}^2}, \quad \text{tarik menarik/tolak menolak}$$

<Pertanyaan>

Apakah saya harus memasukkan tanda nilai mutlak?

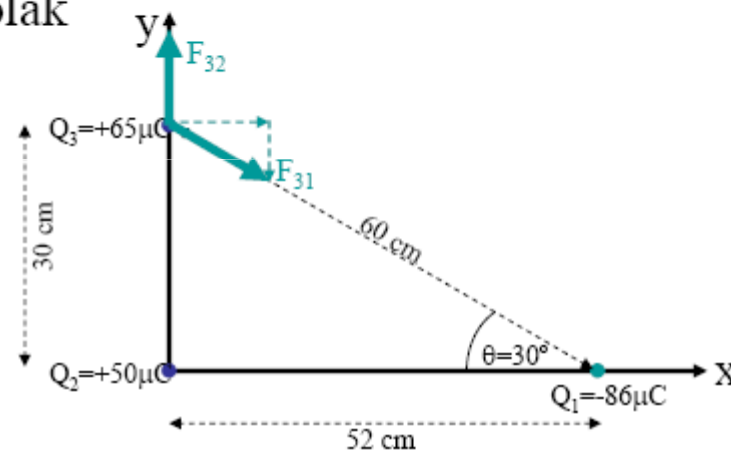
Ya, untuk sekarang.

Langkah 3: Ganti besaran generik dengan yang spesifik

$$\vec{F}_{32} = k_e \frac{|Q_3||Q_2|}{r_{32}^2}, \text{ tolak menolak}$$

$$F_{32,y} = k_e \frac{|Q_3||Q_2|}{r_{32}^2}$$

$$F_{32,x} = 0 \text{ (lihat gambar)}$$



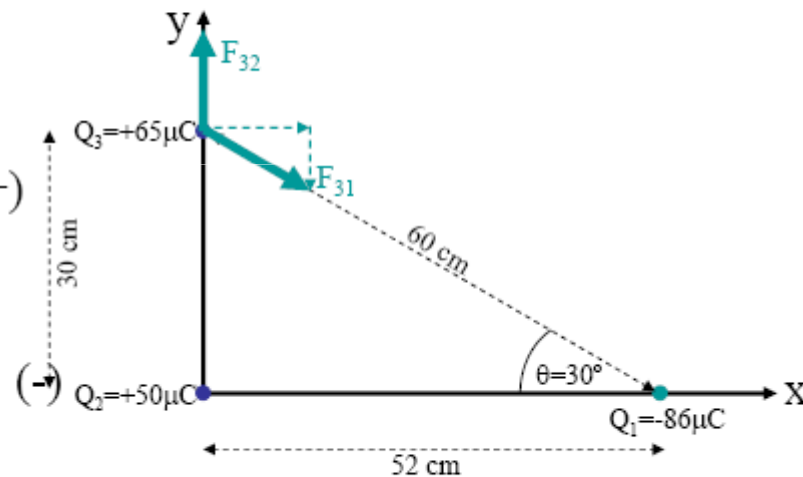
Diperoleh $F_{32,y} = 330 \text{ N}$ dan $F_{32,x} = 0 \text{ N}$.

Langkah 3 (Lanjutan)

$$\vec{F}_{31} = k_e \frac{|Q_3||Q_1|}{r_{31}^2}, \text{ tarik menarik}$$

$$F_{31,x} = +k_e \frac{|Q_3||Q_1|}{r_{31}^2} \cos \theta \quad (+)$$

$$F_{31,y} = -k_e \frac{|Q_3||Q_1|}{r_{31}^2} \sin \theta \quad (-)$$

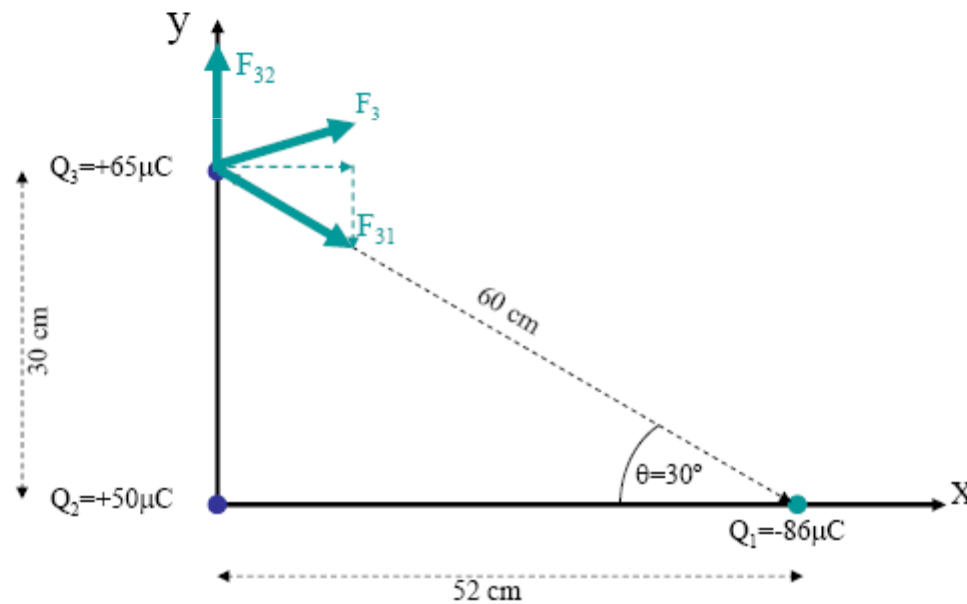


Diperoleh $F_{31,x} = +120 \text{ N}$ dan $F_{31,y} = -70 \text{ N}$.

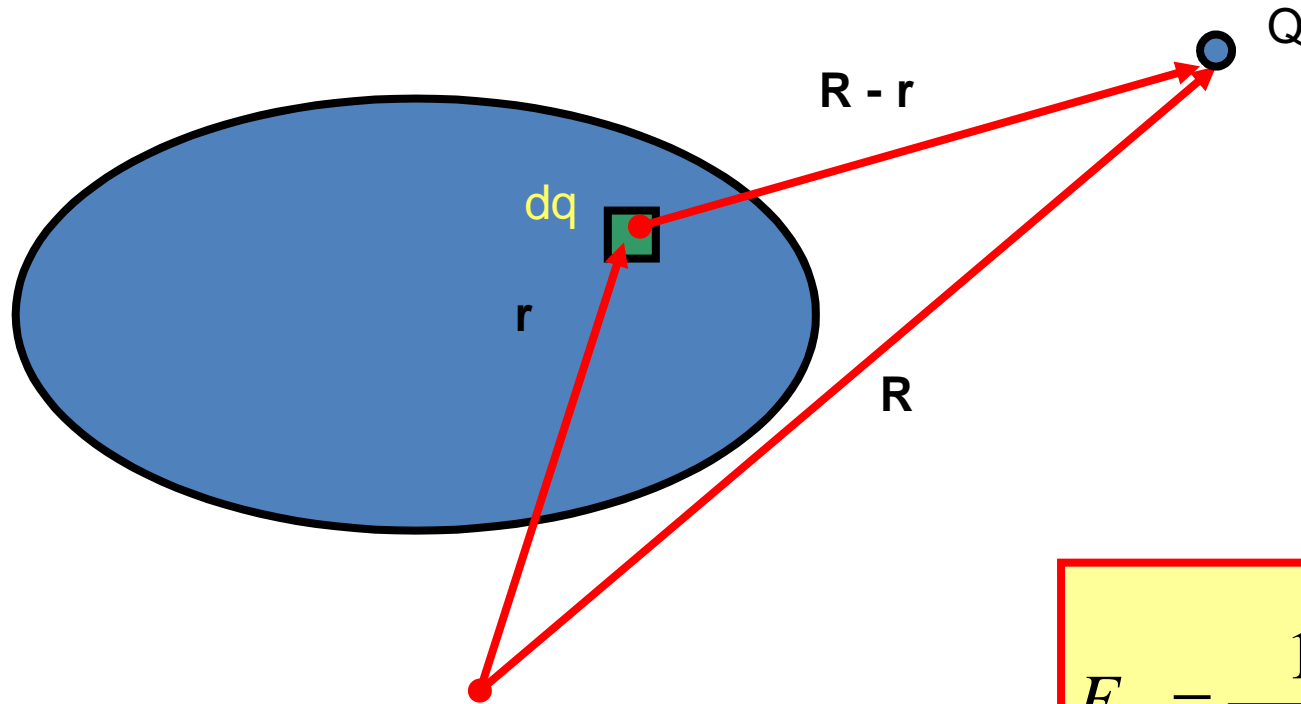
Langkah 4: Melengkapi penyelesaian matematik

$$F_{3x} = F_{31,x} + F_{32,x} = 120 \text{ N} + 0 \text{ N} = 120 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_{31,y} + F_{32,y} = -70 \text{ N} + 330 \text{ N} = 260 \text{ N}$$

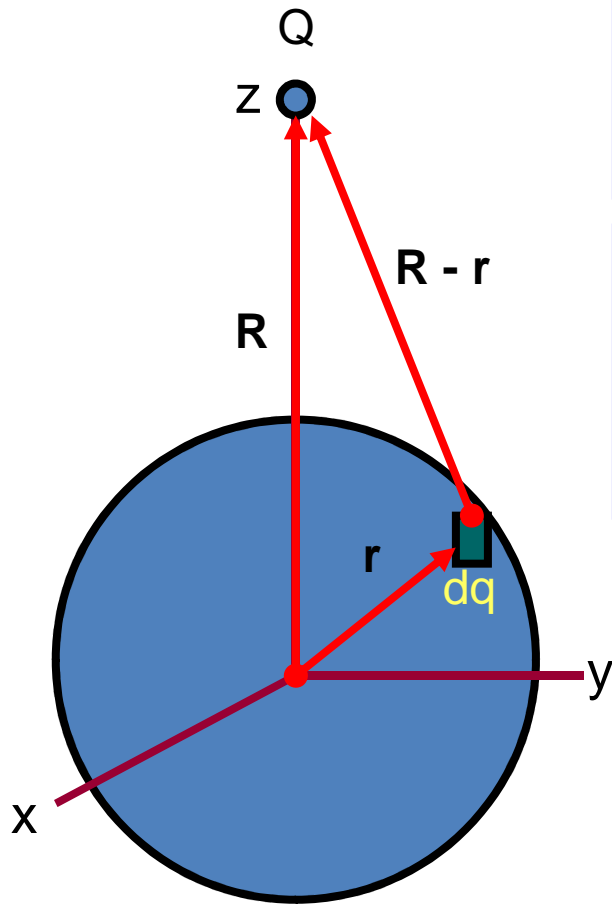


Gaya dari muatan kontinu :



$$F_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \int dq \frac{(R-r)}{|R-r|^3}$$

Gaya dari muatan kontinu : Simetri Bola



$$dq = \rho dV = \rho s^2 ds \sin \theta d\theta d\phi$$

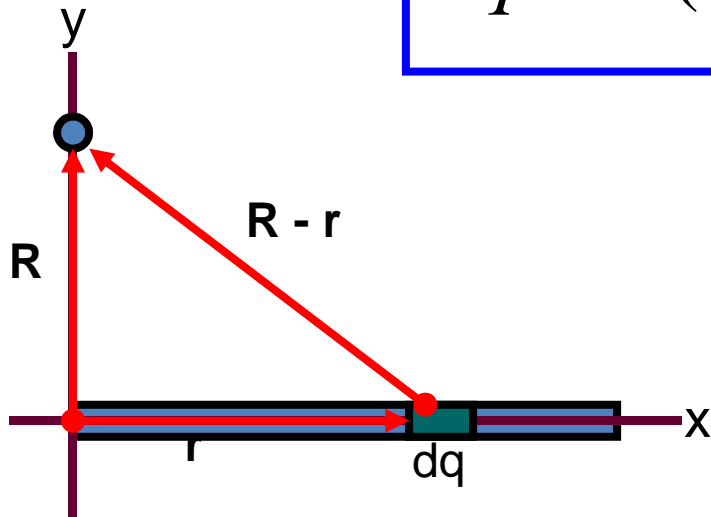
$$R = L \hat{k}$$

$$r = s \hat{r} = s(\sin \theta \cos \phi \hat{i} + \sin \theta \sin \phi \hat{j} + \cos \theta \hat{k})$$

$$F_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \int dq \frac{(R-r)}{|R-r|^3}$$

Gaya dari muatan kontinu : muatan batang (4 SKS)

$$dq = \lambda(x) dL = \lambda(x) dx$$



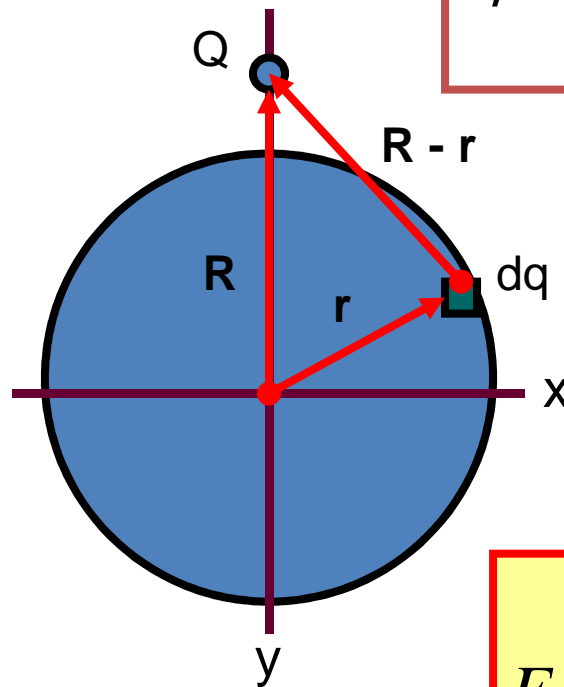
$$R = h \hat{j}$$
$$r = x \hat{i}$$

$$F_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \int dq \frac{(R-r)}{|R-r|^3}$$

Gaya dari muatan kontinu : muatan cakram (4 SKS)

$$dq = \sigma dA = \sigma(s, \theta) s ds d\theta$$

$$R = h \hat{j}$$
$$r = s \hat{r} = s(\cos \theta \hat{i} + \sin \theta \hat{j})$$



$$F_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \int dq \frac{(R-r)}{|R-r|^3}$$

Coulomb vs Newton

Hukum Coulomb vs Hukum Gravitasi Newton

$$\mathbf{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{|\mathbf{r}_{12}|^2} \hat{\mathbf{r}}_{12}$$

- Tarik menarik atau tolak menolak
- $1/r^2$
- Sangat kuat
- Skala lokal

$$\mathbf{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{|\mathbf{r}_{12}|^2} \hat{\mathbf{r}}_{12}$$

- Selalu tarik menarik
- $1/r^2$
- Sangat lemah
- Skala besar, planet, alam semesta

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \gg -Gm^2$$

Ringkasan

- Hukum Coulomb
 - Gaya elektrostatis antara muatan

- Bentuk vektor hukum Coulomb

$$\mathbf{F}_{12} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \hat{\mathbf{r}}_{12},$$

- Gaya Coulomb vs Gravitasi
 - Gaya Elektrostatis lebih kuat
- Superposisi

$$\mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_{21} + \mathbf{F}_{31} + \mathbf{F}_{41}$$