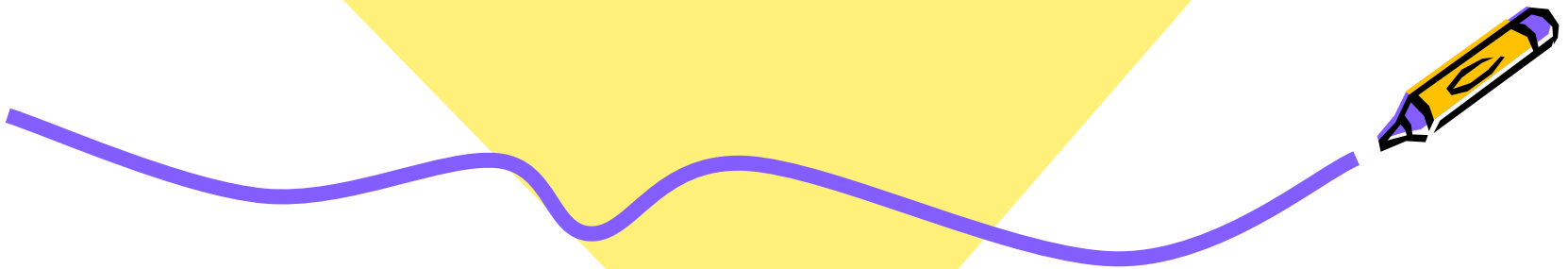




BAB 2.

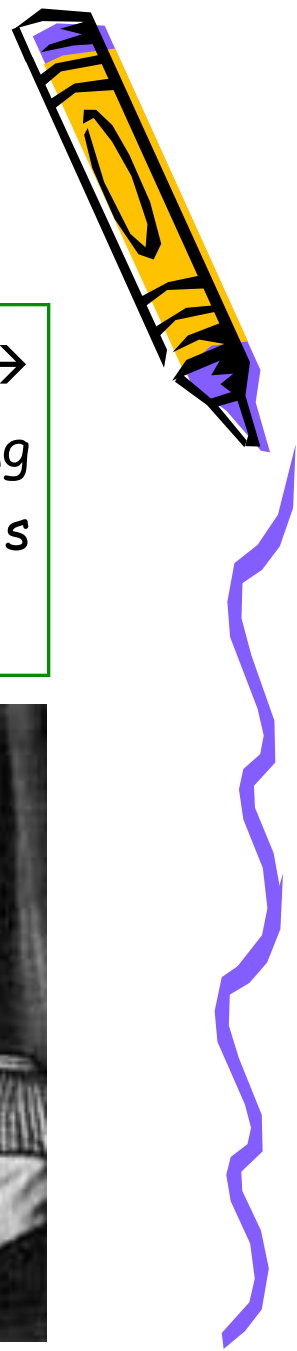
Medan Listrik Statik



Sejarah

Fisikawan Perancis → Priestley yang → torsi balance → asumsi → muatan listrik → Gaya (F) → berbanding terbalik kuadrat → Pengukuran secara matematis berdasarkan eksperimen → Coulomb

Charles Augustin de Coulomb
(1736-1806)



Hukum Coulomb

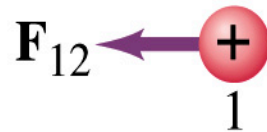


Elektrostatika	Gaya Gravitasi
Terdapat 2 tipe muatan : positif dan negatif	Satu tipe massa yaitu positif
Tarik menarik pada muatan yang berlawanan dan tolak menolak pada muatan yang sejenis	Tarik menarik (Semua massa)
$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \vec{F}_{2on1} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}_{21}$ $k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$
Gaya merupakan besaran vektor baik arah dan besar	Gaya merupakan besaran vektor baik arah dan besar



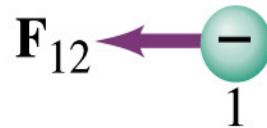
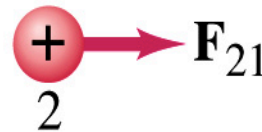
Gaya tarik / gaya tolak antar muatan yang dipisahkan pada jarak tertentu ditunjukkan dengan gambar sebagai berikut :

F_{12} = force on 1
due to 2

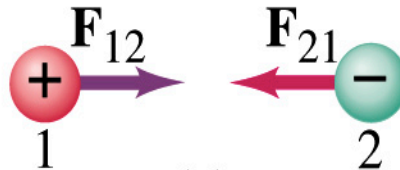
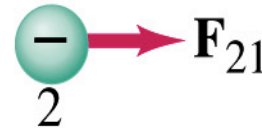


(a)

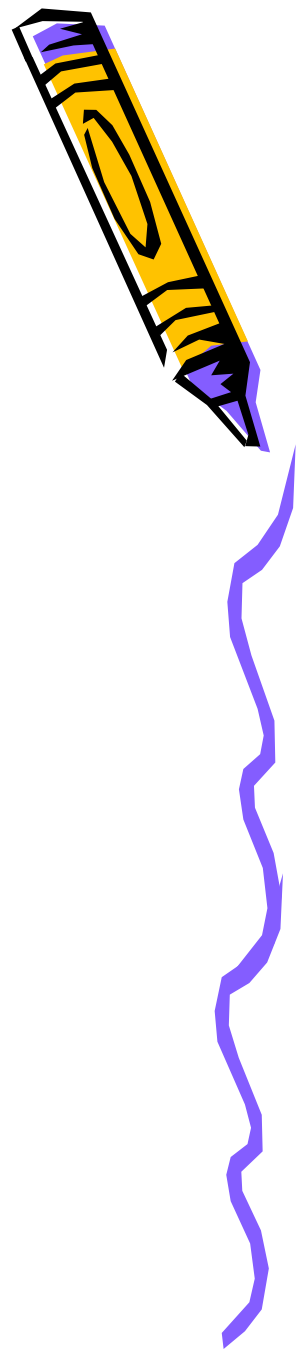
F_{21} = force on 2
due to 1

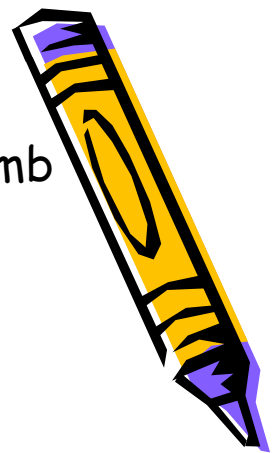


(b)



(c)





Untuk mengakomodasi informasi arah gaya ini maka hukum Coulomb dapat ditulis kembali sebagai

$$\vec{F}_{12} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \vec{r}_{12}$$

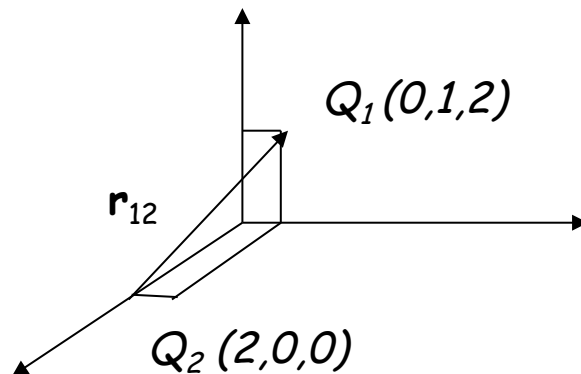
$$k = 8.99 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Atau

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

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

di mana \vec{F}_1 adalah gaya pada muatan Q_1 yang disebabkan oleh muatan Q_2 , \vec{r}_{12} adalah vektor satuan posisi Q_1 terhadap Q_2 yang berarah dari Q_2 ke Q_1 .



$$\vec{r}_{12} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|}$$

Gambar 2.2
Menghitung gaya yang bekerja pada Q_1 .



Contoh Soal 1

Carilah gaya pada muatan Q_1 , $20 \mu\text{C}$, yang diakibatkan oleh muatan Q_2 , $-300 \mu\text{C}$, di mana Q_1 berada pada $(0, 1, 2)$ m sementara Q_2 pada $(2, 0, 0)$ m!

Penyelesaian:

Dengan mengacu pada Gambar 2.2, vektor posisi adalah

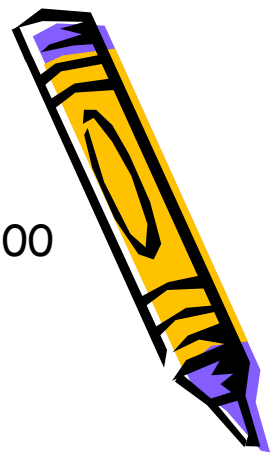
$$\begin{aligned}\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 &= (x_2 - x_1)\mathbf{a}_x + (y_2 - y_1)\mathbf{a}_y + (z_2 - z_1)\mathbf{a}_z \\ &= (2 - 0)\mathbf{a}_x + (0 - 1)\mathbf{a}_y + (0 - 2)\mathbf{a}_z = 2\mathbf{a}_x - \mathbf{a}_y - 2\mathbf{a}_z\end{aligned}$$

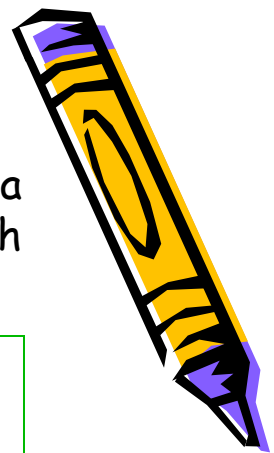
$$|\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1| = \sqrt{(2)^2 + (-1)^2 + (-2)^2} = 3$$

Dengan menggunakan persamaan (1), gaya yang bekerja adalah

$$\mathbf{F}_1 = \frac{(20 \times 10^{-6})(-300 \times 10^{-6})}{4\pi(10^{-9} / 36\pi)(3)^2} \frac{(2\mathbf{a}_x - \mathbf{a}_y - 2\mathbf{a}_z)}{(3)}$$

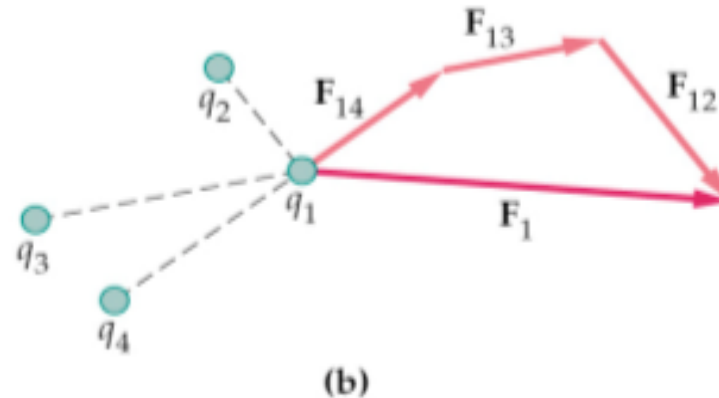
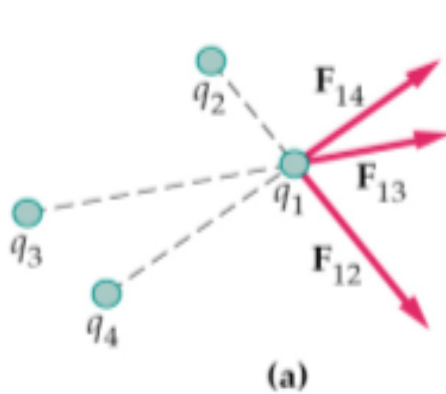
Besarnya gaya total adalah sebesar 6 N dengan arah sedemikian hingga Q_1 ditarik oleh Q_2 .





Relasi gaya pada muatan adalah bersifat bilinear. Konsekuensinya berlaku sifat superposisi dan gaya pada muatan Q_1 yang disebabkan oleh $n-1$ muatan lain Q_2, \dots, Q_i adalah penjumlahan vektor

$$\mathbf{F}_1 = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \mathbf{r}_{12} + \frac{Q_1 Q_3}{4\pi\epsilon_0 r_{13}^2} \mathbf{r}_{13} + \dots = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{k=2}^n \frac{Q_k}{r_{1k}^2} \mathbf{r}_{1k}$$

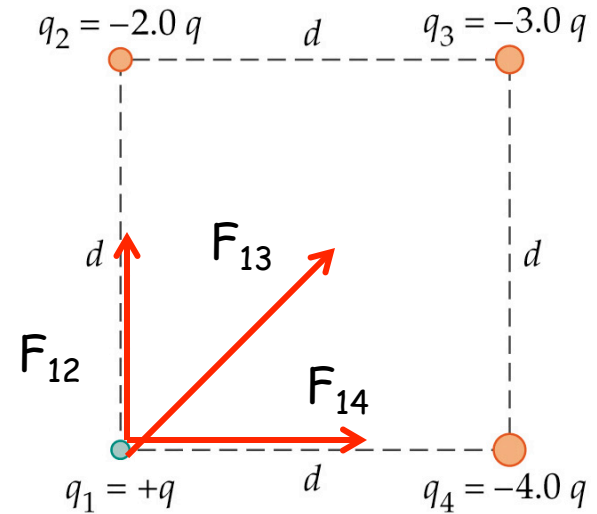
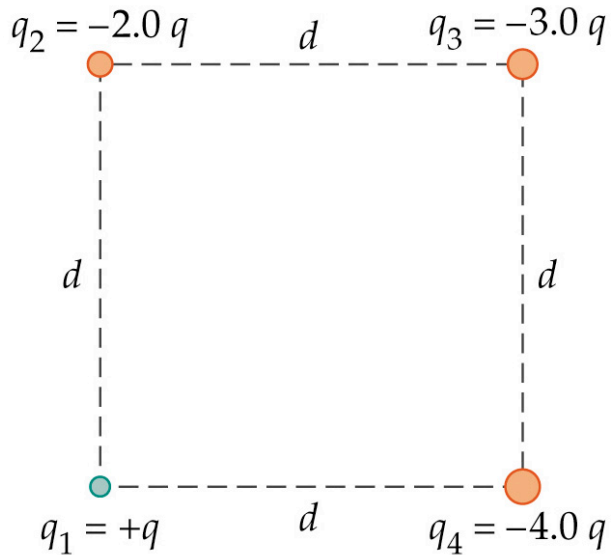


Jika muatan tersebut terdistribusi secara kontinyu pada suatu daerah, penjumlahan vektor di atas diganti dengan integral vektor.



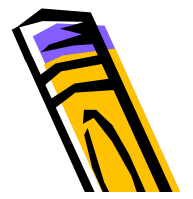
Contoh Soal 2

Tentukanlah gaya pada muatan q_1



$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14}$$

Latihan Soal



Problem 2.1

- (a) Twelve equal charges, q , are situated at the corners of a regular 12-sided polygon (for instance, one on each numeral of a clock face). What is the net force on a test charge Q at the center?
- (b) Suppose *one* of the 12 q 's is removed (the one at "6 o'clock"). What is the force on Q ? Explain your reasoning carefully.
- (c) Now 13 equal charges, q , are placed at the corners of a regular 13-sided polygon. What is the force on a test charge Q at the center?
- (d) If one of the 13 q 's is removed, what is the force on Q ? Explain your reasoning.



Latihan Soal



Dua buah muatan (1 dan 2) yang besarnya sama q diletakkan di ruang hampa dengan jarak antar keduanya d .

- (a) Tentukan besar dan arah gaya pada muatan ketiga sebesar q yang berjarak y dari titik tengah garis yang menghubungkan kedua muatan (lihat gambar)
- (b) Pertanyaan yang sama dengan (a) hanya saja muatan pertama $-q$

