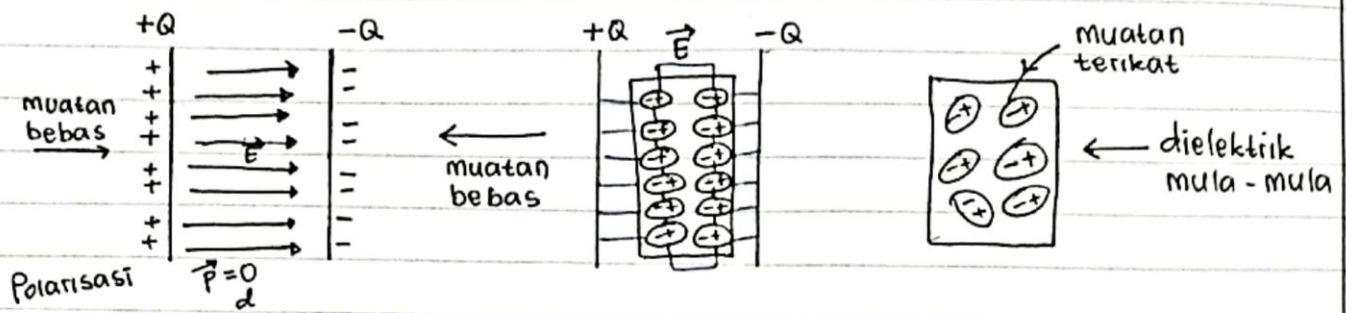
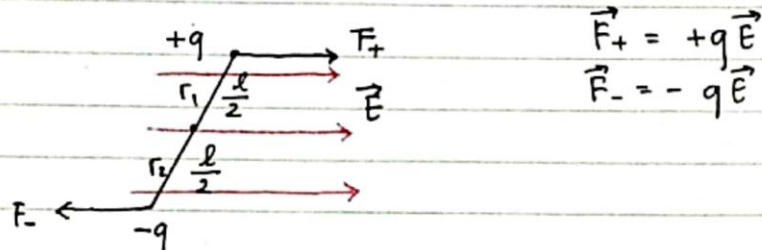


Nomer 1



Dalam molekul polar (sudah ada momen dipol) berada dalam pengaruh medan listrik, maka akan terjadi Momen Gaya Dipol



N = momen gaya dipol

$$\begin{aligned} N &= (\vec{r}_1 \times \vec{F}_+) + (\vec{r}_2 \times \vec{F}_-) \\ &= \left(\frac{l}{2} \times (qE)\right) + \left(-\frac{l}{2} \times (-qE)\right) \\ &= \left(\frac{l}{2} \times (qE)\right) - \left((-qE) \times \left(-\frac{l}{2}\right)\right) \\ &= \left(\frac{l}{2} \times (qE)\right) + \left((qE) \times \frac{l}{2}\right) \\ &= q \frac{l}{2} E \sin \theta + qE \frac{l}{2} \sin \theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= q \vec{l} \vec{E} \sin \theta \\ \vec{N} &= q \vec{l} \times \vec{E} \end{aligned}$$

$$\therefore \boxed{N = \vec{P} \times \vec{E}}$$

dimana $\vec{E}$ adalah medan didalam muatan bebas

Nomer 2

Nilai N untuk F yang tidak saling mengimbangi

Penyelesaian :

Apabila gaya F_+ dan F_- tidak saling mengimbangi, maka :

$$F = F_+ + F_- = q(\vec{E}_+ - \vec{E}) \\ = q dE$$

$l \ll 1$ sehingga gradiennya

$$\nabla \cdot \vec{E} \cdot \vec{l} = dE$$

$$F = q [(\nabla \cdot \vec{E}) \vec{l}] \\ = q [(\nabla \cdot \vec{l}) \vec{E}] = q [\vec{l} (\nabla \cdot \vec{E}) + \nabla \cdot (\vec{l} \cdot \vec{E})]$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}, \text{ karena } \rho = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = 0$$

$$\vec{F} = q (\nabla \cdot (\vec{l} \cdot \vec{E}))$$

$$\vec{F} = \nabla (\vec{P} \cdot \vec{E})$$

Sehingga Nilai N adalah

$$N = (\vec{r}_+ \times \vec{F}_+) + (\vec{r}_- \times \vec{F}_-) \\ = \left(\left(\frac{l}{2} \times \nabla \right) (\vec{P} \cdot \vec{E}) \right) + \left(\frac{l}{2} \times (-\nabla (\vec{P} \cdot \vec{E})) \right) \\ = \left(\frac{l}{2} \times \nabla (\vec{P} \cdot \vec{E}) \right) + \left(-\nabla (\vec{P} \cdot \vec{E}) \times -\frac{l}{2} \right) \\ = \left(\frac{l}{2} \times \nabla (\vec{P} \cdot \vec{E}) + (\nabla (\vec{P} \cdot \vec{E}) \times \frac{l}{2}) \right)$$

$$N = \vec{l} \cdot \nabla \cdot \vec{P} \cdot \vec{E}$$

Nomer 3

Medan di dalam bahan dielektrik Terpolarisasi

Penyelesaian:

→ Meninjau potensial untuk satu dipol

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{P} \cdot \hat{r}_0}{r^2}$$

hubungan $\vec{r}_0$ dengan $\vec{P} \rightarrow \vec{P} = \vec{P} d\tau$; $d\tau$ = elemen Volume

maka potensialnya menjadi

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\vec{P} \cdot \hat{r}_0}{r^2} d\tau$$

$$\frac{\hat{r}_0}{r^2} = \nabla \left(\frac{1}{r} \right)$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \vec{P} \cdot \nabla \left(\frac{1}{r} \right) d\tau$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int \nabla \cdot \left(\frac{1}{r} \vec{P} \right) d\tau - \int \frac{1}{r} (\nabla \cdot \vec{P}) d\tau \right]$$

Dengan teorema Gauss, dapat ditulis:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oint \frac{1}{r} \vec{P} \cdot d\vec{A} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{1}{r} (\nabla \cdot \vec{P}) d\tau$$

Suku pertama, potensial disebabkan oleh muatan permukaan

yang terikat:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oint \frac{\vec{P}}{r} \cdot d\vec{A} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oint \frac{1}{r} \vec{P} \cdot \hat{n} dA$$

$$\vec{P} \cdot \hat{n} = \sigma_b \quad ; \quad d\tau = \text{muatan perm. yg terikat}$$

$\hat{n}$ = Satuan vektor normal

Suku kedua, potensial karena rapat muatan (Volume)

yang terikat:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{1}{r} (-\nabla \cdot \vec{P}) d\tau$$

$$-\nabla \cdot \vec{P} = P_b \rightarrow P_b = -\nabla \cdot \vec{P}$$

Jadi potensial di dalam bahan dielektrik terpolarisasi adalah:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oint \frac{\sigma_b}{r} dA + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{P_b}{r} d\tau$$

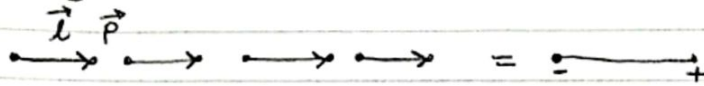
σ_b dan P_b menyatakan pengumpulan muatan yang terjadi di dalam dielektrik terpolarisasi

Nomer 4

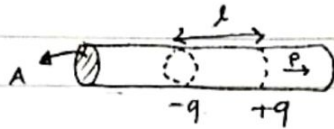
Bagaimana $\vec{P}$ dapat mengurus kepada terjadinya pengumpulan muatan. Misal kita punya rantai lurus dari sejumlah muatan dipol listrik. Deretan dipol ini dapat diganti dengan satu dipol besar yang



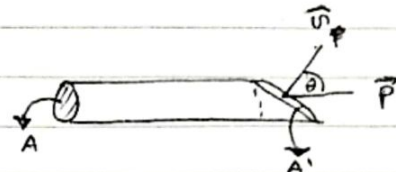
muatannya terletak di ujung kiri dan ujung kanan.



muatan netro diujung awal dan akhir pada rantai disebut sebagai muatan terikat. Sekarang lihat tabung dielektrik yang mempunyai polarisasi $\vec{P}$ seragam di dalamnya. Momen dipol di dalam elemen vol. kecil sepanjang l :



$$\vec{P} = \vec{P} (A \cdot l)$$



$$\rho_b = \frac{q}{A}$$

$$P = \hat{n} = \rho_b$$

$$P \cdot \hat{n} = \text{berimpit}$$

$$P = \hat{n}_b$$

$$P = \frac{q}{A} \rightarrow PA = q$$

$$\vec{P} \cdot \hat{n} = P \cos \theta$$

$$P = \frac{\rho_b}{A} = \frac{\rho_b \cos \theta}{A}$$

Permasalahannya berapa medan makroskopis di suatu titik B di dalam elektrik. Ambil secara mikroskopis suatu volume kecil berbentuk bola jika polarisasi di dalam bahan tak seragam, maka terjadi pengumpulan muatan terkecil di dalam maupun diluar permukaan bahan.

$$\oint \vec{P}_b \cdot d\vec{A} = -\oint \vec{P} \cdot d\vec{A} = -\int (\nabla \cdot \vec{P}) d\tau$$

$$\nabla \cdot \vec{P} = -\rho_b$$

$$\oint \vec{P}_b \cdot d\vec{A} = -\int (\nabla \cdot \vec{P}) d\tau = -\int \rho_b d\tau$$

medan makroskopis di B disebabkan dua hal:

1. Medan rata" oleh semua muatan di dalam bola
2. Medan rata" oleh semua muatan diluar bola

$$\vec{E}_B = \vec{E}_l + \vec{E}_d$$

$$E_l = -\nabla V_l$$

$$\rightarrow V_l = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\vec{P} \cdot \hat{r}_0}{r^2} d\tau$$

$$\vec{E}_d = \dots ?$$

$$\oint \vec{E}_d \cdot d\vec{A} = -\frac{\vec{P}}{R}$$

$$+q_b = -\frac{\vec{P}}{R}$$

$$E_d (4\pi R^2) = \frac{-\vec{P}}{\epsilon_0 R}$$

$$E_d = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{P}}{R^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{P} (4/3 \pi R^3)}{R^3}$$

$$\therefore \vec{E}_d = -\frac{1}{3\epsilon_0} \vec{P}$$