

Statik Elektrik Alanlar (Elektrostatik Alanlar)

Bir ortamda bulunan durgun/durağan yük(ler), "elektrostatik alana" sebep olur.

Durgun yüklerin bulunduğu ortamda ; bu yüklerin oluşturduğu elektrik alanın incelenmesi, yüklerin birbirleriyle arasındaki kuvvetlerin incelenmesi vb. konularla ilgilenen bilim dalı da "Elektrostatik" olarak adlandırılır.

↳ Elektrostatik Biliminin doğuşu, 1785 tarihinde "Coulomb'un, yüklerin birbirlerine uyguladığı kuvveti formüle etmesi" olarak kabul edilir.

İki yükümüz (q_1 ve q_2) olsun. Bunların arasındaki mesafe R_{12} olsun. Birinci yükün (q_1) ikinci yük (q_2) üzerine uyguladığı kuvvet :

$$\vec{F}_{12} = \underbrace{\hat{a}_{R_{12}}}_{\substack{\downarrow \\ q_1 \text{ 'den } q_2 \text{ 'ye doğru yönelmiş} \\ \text{"birim" vektör}}} k \frac{q_1 q_2}{R_{12}^2} \quad \text{olarak ifade edilir.} \quad (k : \text{bir sabit})$$

Newton'un Etki-Tepki Yasası uyarınca, ikinci yükün (q_2) birinci yük (q_1) üzerine uyguladığı kuvvet ise :

$$\vec{F}_{21} = \underbrace{\hat{a}_{R_{21}}}_{\substack{\downarrow \\ q_2 \text{ 'den } q_1 \text{ 'e doğru yönelmiş} \\ \text{"birim" vektör}}} k \frac{q_2 q_1}{R_{12}^2} = -\vec{F}_{12} \text{ 'dir}$$

Her ne kadar Coulomb Yasası, deneysel gözlemler sonucu çıkmış olsa da aslında bir "postüla" olarak düşünülmelidir.

↳ Yukarıdaki yasa da, söz konusu yükleri üzerinde bulunduran cisimlerin boyutunun önemi var mıdır?

↳ R_{12}^2 teriminin üslu ifadesi "2"; "2.0000000" yerine "1.9999999" olamaz mı?

→ 18. yüzyıl teknolojisi ile bu deney kurgusu ve ölçümler bu hassasiyetle yapılabilmiş olabilir mi?

Dolayısıyla, elektrostatiği anlatırken (anlamaya çalışırken) tarihsel sıra yerine mantıksal sırayla gitmek daha uygun olacaktır!...

Elektrostatiğin İki Temel Postülası

Bir ortamda bir grup yük bulunuyor olsun. Bu yüklerin, etraflarında elektrostatik alan oluşturuyor olmalarını düşünmemizin sebebi, söz konusu yüklerin ortamdaki başka yüklere bir kuvvet uyguluyor olmasıdır.

Ortama, bir q yükü getirelim. Bu yüke uygulanacak kuvvet \vec{F} sayesinde, elektrostatik alanın tanımını yapabiliriz:

$$\vec{E} = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q} \quad (\text{Newton/Coulomb})$$

Yani, "elektrik alan: birim yük başına düşen kuvvet" olarak ifade edilebilir.

Yukarıdaki tanım matematiksel olup, fiziksel değildir. Çünkü " $q \rightarrow 0$ " ifadesi, fiziksel olarak mümkün değildir. Evrende en küçük yüklü parçacık, bir elektron olup onun yükü de 1.6×10^{-19} Coulomb'dur.

Burada kastedilen, q yükünün çok çok küçük olması ve elektrik alanı oluşturan yük grubunu dağıtamayacak kadar az kuvvet uygulamasıdır.

Helmholtz Teoremi uyarınca, bir vektörel alanı tanımlamak için söz konusu vektörel alanın diverjans ve buklmesini uzayın her yerinde biliyor olmak yeterlidir.

İki temel "postüla"mız da elektrik (statik) alanın diverjans ve buklmesini tanımlamaya yöneliktir.

$$(i) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

← Ortamda bir yük yoğunluğu varsa, elektrostatik alan solenoidal değildir!...

$$(ii) \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$$

← Elektrostatik alan "konservatif", yani "korunumlu"dur. } ← "Enerjinin Korunumu"

- Söz konusu ifadeler, koordinat sistemlerinden bağımsızdır!
- Bu ifadeler, uzayda her "nokta" bazında geçerlidir.
- $\vec{\nabla}$, yani türev terimleri içerdiği için bu ifadeler "türev formda postüla"lar olarak da bilinir.

(i)'nin sağlı-sollu, bir hacim üzerinde hacim integralini alırsak

$$\oint_V \vec{\nabla} \cdot \vec{E} \, d\tau = \int_V \frac{\rho}{\epsilon_0} \, d\tau = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho \, d\tau = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Diverjans Teoremi

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

hacmini çevreleyen kapalı yüzey

Elektrostatik Alanın, S yüzeyi üzerinde oluşturduğu toplam akı !...

yük yoğunluğu
(C/m³)
hacmi içerisindeki toplam yük

$$\Rightarrow \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (i)' : (i)'nin integral formu veya integral formda birinci postüla$$

Gauss Yasası : Herhangi bir kapalı yüzeyin dışına doğru toplam elektrik akı, söz konusu yüzeyin çevrelediği hacim içerisinde kalan toplam yük ile doğru orantılıdır.

(ii)'nin sağlı-sollu, bir yüzey üzerinde yüzey integralini alırsak

$$\oint_S (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{S} = \int_S (0) \cdot d\vec{S} = 0$$

Stokes Teoremi

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

S yüzeyini çevreleyen kapalı kontur

Kapalı bir kontur üzerinde, elektrostatik alana karşı yapılan toplam iş.

$$\Rightarrow \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (ii)' : \text{"(ii)'nin integral formu"}$$

veya Integral formda ikinci postüla

Kapalı bir kontur üzerinde, elektrostatik alana karşı toplam yapılan iş 0'dır.

↳ Yani, Elektrik alanın olduğu bir bölgede, bir yükü bir P noktasından başlayarak istediğimiz güzergâh üzerinde (sonsuz uzunlukta olsa bile) doluşturıp tekrar P noktasına getirirsek \Rightarrow elektrik alana karşı yapmış olacağımız toplam iş 0 olacaktır!... \leftarrow ENERJİNİN KORUNUMU