

# Electromagnetism I

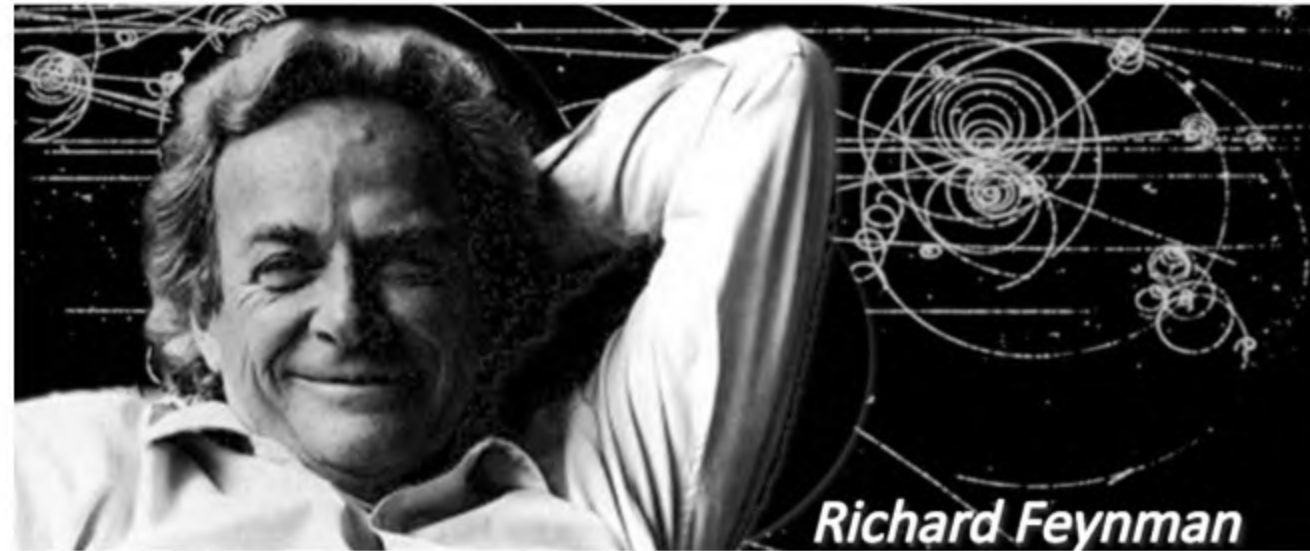
Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

Spring 2023

دانشگاه خوارزمی





اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان چیزهایی را  
به دست می آورید که تا کنون کسب کرده اید

فاینمن



---

درس پانزدهم

قانون کولن

Coulomb's Law

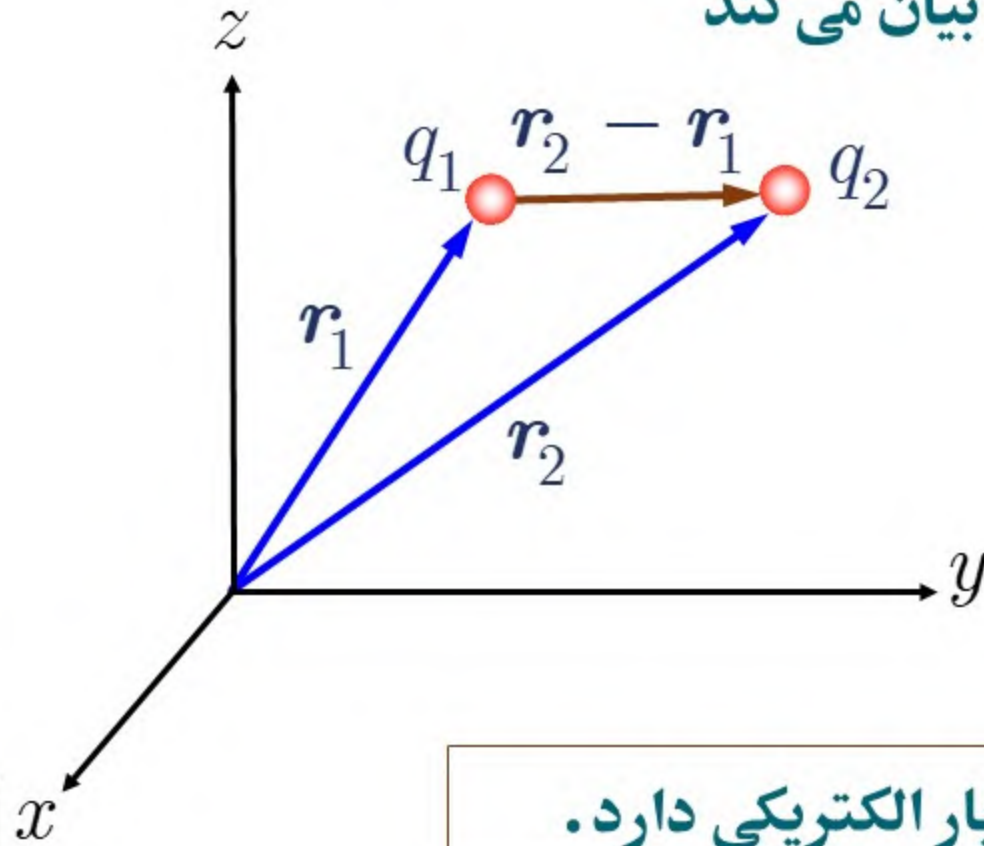


- Conservation of charge      □ اصل پایستگی بار الکتریکی
- Quantization of charge      □ کوانتس بار الکتریکی
- Coulomb's Law      □ قانون کولن
- The principle of superposition      □ اصل برهم نهی



## Charles Augustin Coulomb (1785)

قانون کولن برهم کنش بین دو بار نقطه‌ای را به شکل زیر بیان می‌کند



$$\mathbf{F}_{q_2} = kq_1q_2 \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{|\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|^3}$$

$k$  مقدار ثابتی است که بستگی به انتخاب یکای بار الکتریکی دارد.



$$\mathbf{F}_{q_2} = kq_1q_2 \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{|\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|^3}$$

ساده‌ترین انتخاب این است که مقدار  $k$  را برابر با ۱ بگیریم و یکای بار الکتریکی را از روی قانون کولن تعریف کنیم. در این صورت یکای الکتروستاتیکی بار الکتریکی **(Electrostatic unit (esu))** را استات کولن **statcoulomb** می‌نامیم. استات کولن به شکل زیر تعریف می‌شود:

دو بار الکتریکی با اندازه‌ی یکسان یک استات کولن که در فاصله‌ی یک سانتی‌متر از هم قرار دارند، به هم دیگر نیروی الکتریکی معادل **یک دین dyne** وارد می‌کنند.



انتخاب دیگر، دستگاه یکه‌های MKS است. در این دستگاه یکه‌ها، یکای بار الکتریکی کولن است. و مقدار  $k$

برابر است با:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 10^{-7} c^2 = 8.987551788 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$  ( $c$  سرعت نور است)

ضریب گذردهی خلأ  $\epsilon_0 = 8.854187817 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2} \left( \frac{\text{F}}{\text{m}} \right)$   
permittivity of free space

بار الکتریکی بنیادی در طبیعت، بار الکترون (یا پروتون) است که مقدار آن برابر است با:

$$e = 1.6021917 \times 10^{-19} \text{C} = 4.803250 \times 10^{-10} \text{esu}$$

که معمولاً آن را به شکل تقریبی زیر می‌نویسیم:  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C} = 4.8 \times 10^{-10} \text{esu}$

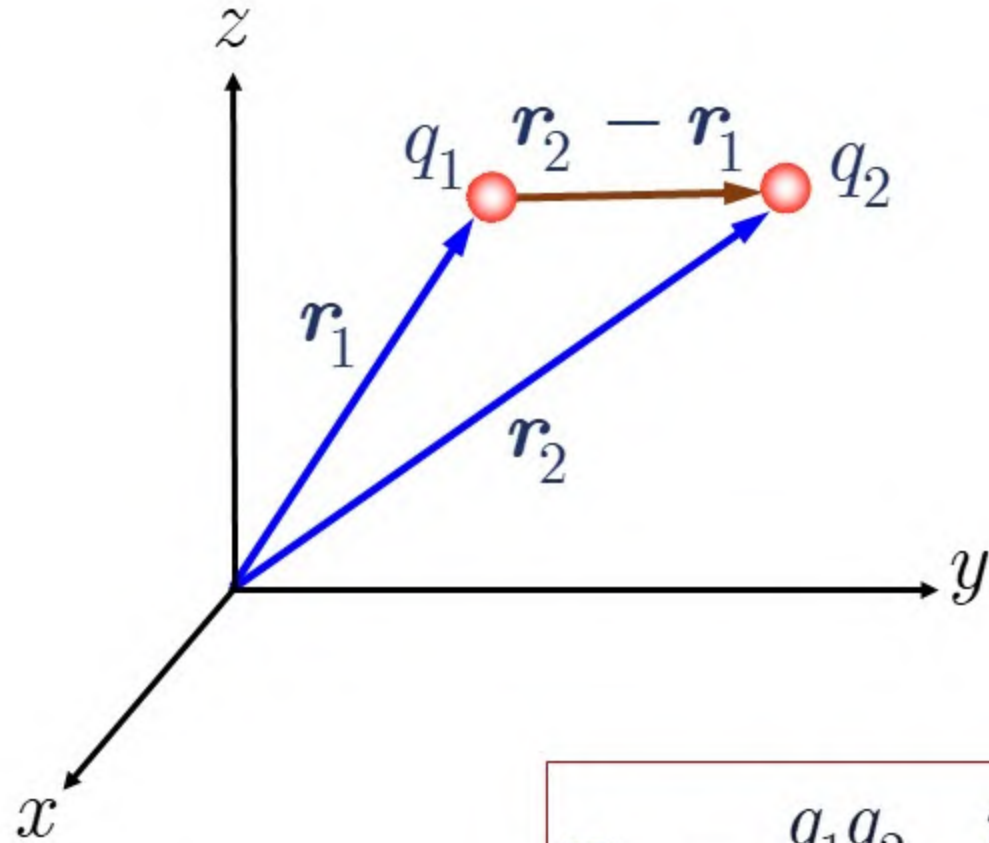
یک کولن بار، بر حسب بار الکترون:

$$1\text{C} = 6.25 \times 10^{18} e$$

رابطه‌ی بین یکای الکتروستاتیکی بار و کولن

$$1\text{C} = 3 \times 10^9 \text{esu}$$





$$\mathbf{F}_{q_2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_1 q_2 \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{|\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|^3}$$

$$\mathbf{F}_{q_1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_1 q_2 \frac{\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|^3} = -\mathbf{F}_{q_2}$$

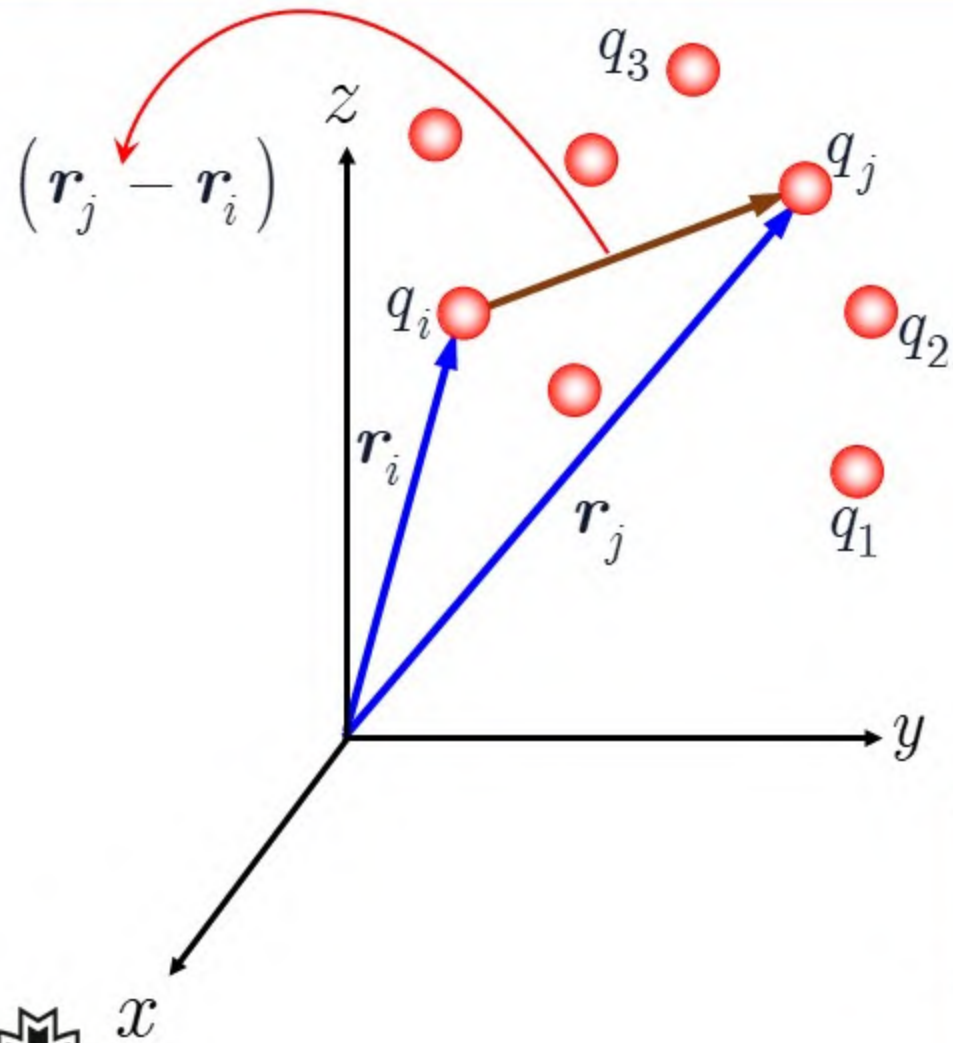
$$\mathbf{F}_{q_1} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|^3} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\hat{\mathbf{r}}_{12}}{|\mathbf{r}_{12}|^2}$$

$$\mathbf{r}_{12} = \mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$$

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



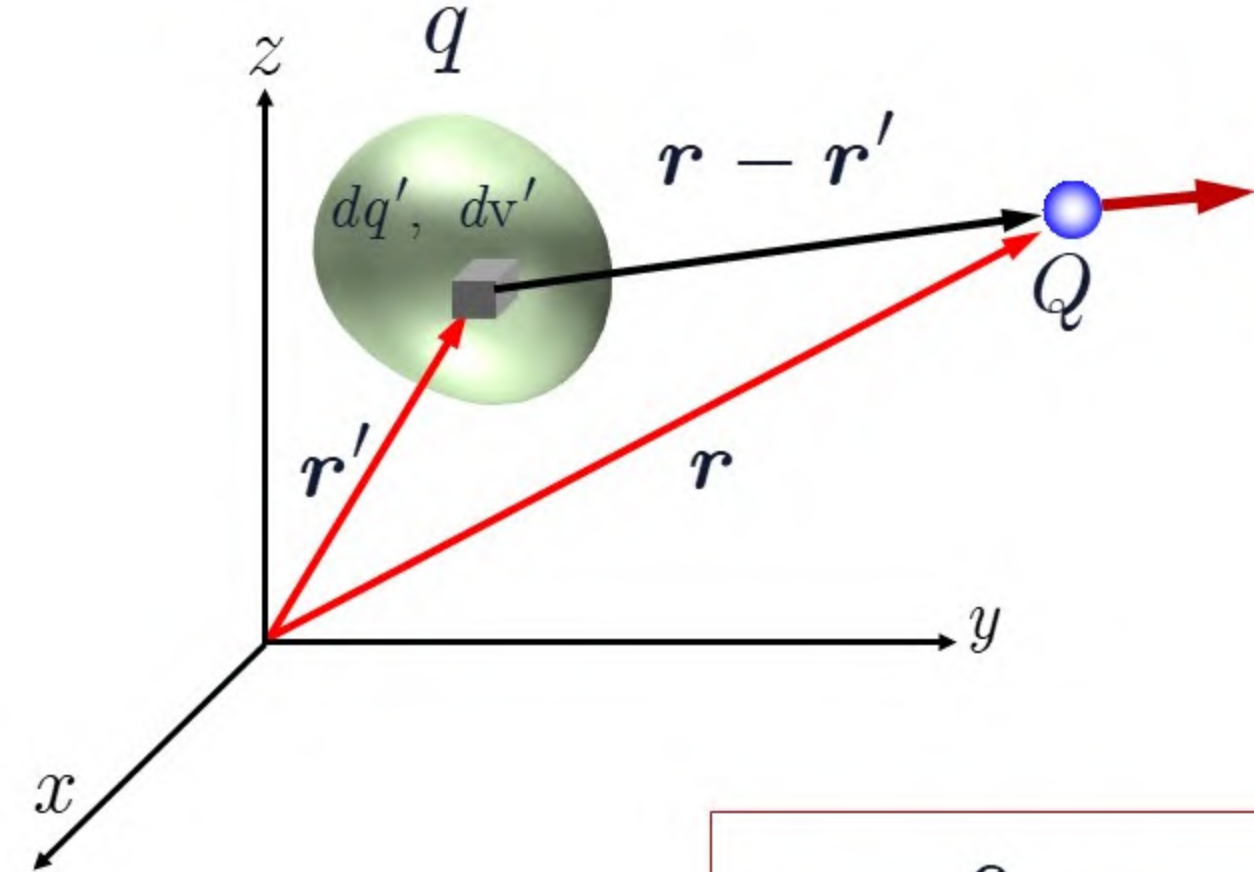




$$\mathbf{F}_{ji} = \frac{q_j q_i}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i}{|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i|^3}$$

$$\mathbf{F}_j = \sum_{i \neq j} \mathbf{F}_{ji} = \sum_{i \neq j} \frac{q_j q_i}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i}{|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i|^3}$$





$$d\mathbf{F} = \frac{Q dq'}{4\pi\epsilon_0} \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3}$$

$$dq' = \rho(\mathbf{r}') dv'$$

$$\mathbf{F} = \int d\mathbf{F} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_V dv' \rho(\mathbf{r}') \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3}$$

نیروی وارد بر بار  $Q$  از طرف مجموعه‌ای از بارهای نقطه‌ای، چگالی خطی، چگالی سطحی و

چگالی حجمی بار الکتریکی

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F} = & \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int dv' \rho(\mathbf{r}') \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} \\
 & + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int da' \sigma(\mathbf{r}') \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} \\
 & + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int dl' \lambda(\mathbf{r}') \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} \\
 & + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i (\mathbf{r} - \mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|^3}
 \end{aligned}$$



---

# شاد و مهربان باشید

---

