

Eletromagnetismo

4300372

F.S. Navarra

navarra@if.usp.br

Guilherme Germano (monitor)

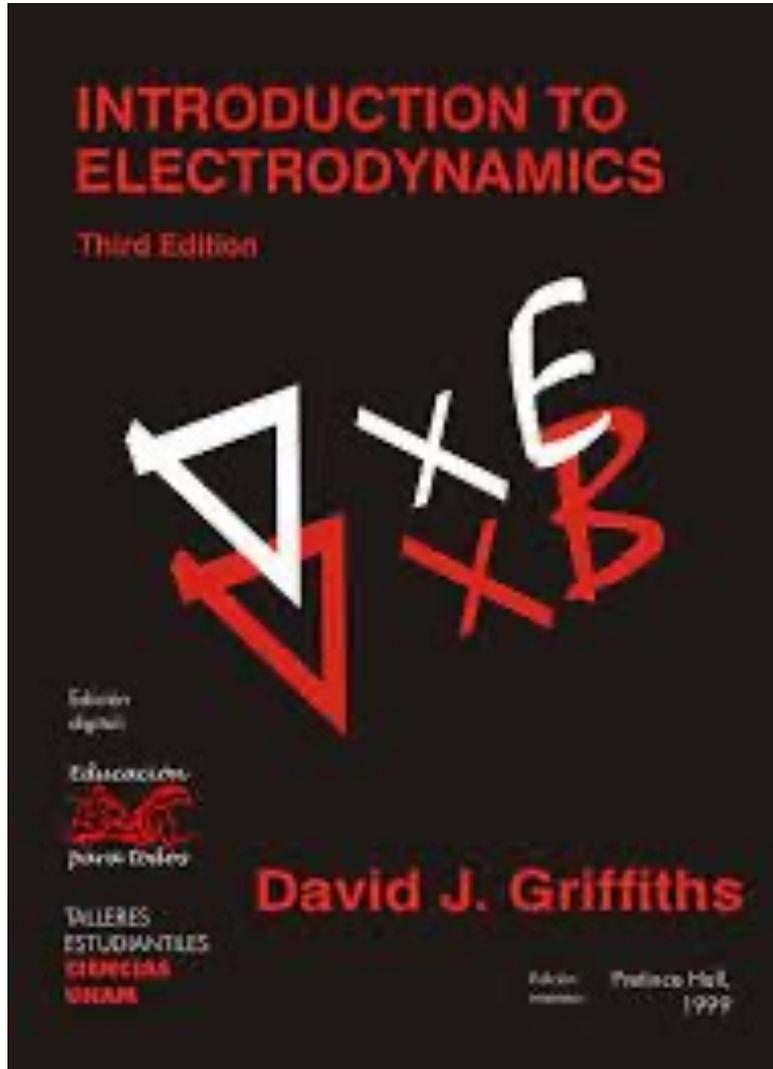
guilherme.germano@usp.br

edisciplinas.if.usp.br

Plano do Curso

16/08	13/09	11/10	08/11
19/08	16/09	14/10	11/11
23/08	20/09 P1	18/10	15/11
26/08	23/09	21/10 P2	18/11
30/08	27/09	25/10	22/11
02/09	30/09	28/10	25/11
06/09	04/10	01/11	29/11 P3
09/09	07/10	04/11	02/12 ex
			06/11 Sub

Bibliografia



Capítulo 2 : eletrostática

Capítulo 5 : magnetostática

Capítulo 7 : eletrodinâmica

Capítulo 8 : leis de conservação

Capítulo 9 : ondas eletromagnéticas

Capítulo 10 : campos e potenciais

Capítulo 11 : radiação

Bibliografia

Física 3

Maria José Bechara

José Luciano Miranda Duarte

Manoel Roberto Robilotta

Suzana Salem Vasconcelos

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

São Paulo, 5 de fevereiro de 2020

Aula 1

Carga elétrica

É uma propriedade das partículas elementares
como o próton e o elétron

(ou seja, não sabemos...)

Campo elétrico

É uma entidade física que preenche e modifica
o espaço ao redor de uma carga elétrica

(ou seja, não sabemos...)

Força elétrica

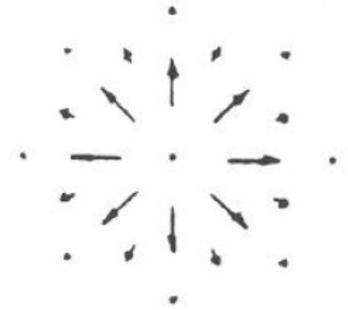
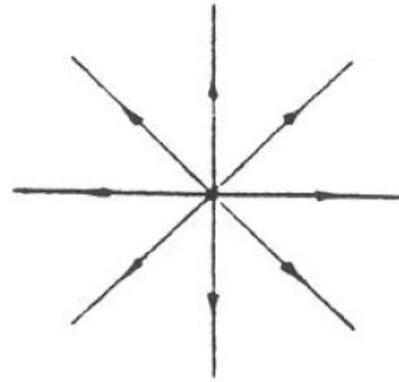
Sabemos que existe pois medimos
movimentos acelerados de cargas

What exactly *is* an electric field? I have deliberately begun with what you might call the “minimal” interpretation of \mathbf{E} , as an intermediate step in the calculation of electric forces. But I encourage you to think of the field as a “real” physical entity, filling the space in the neighborhood of any electric charge. Maxwell himself came to believe that electric and magnetic fields represented actual stresses and strains in an invisible primordial jellylike “ether.” Special relativity has forced us to abandon the notion of ether, and with it Maxwell’s mechanical interpretation of electromagnetic fields. (It is even possible, though cumbersome, to formulate classical electrodynamics as an “action-at-a-distance” theory, and dispense with the field concept altogether.) I can’t tell you, then, what a field *is*—only how to calculate it and what it can do for you once you’ve got it.



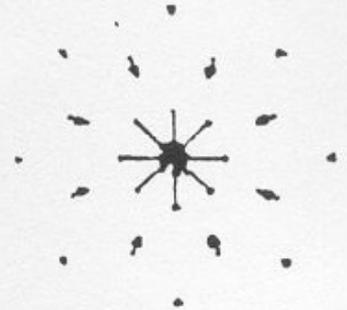
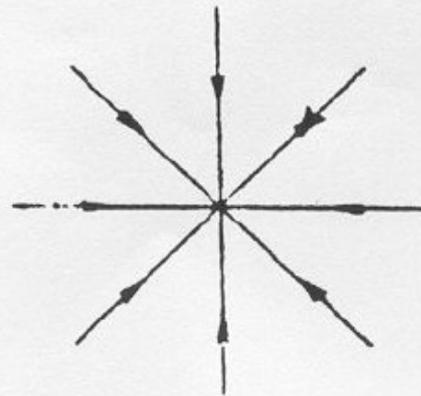
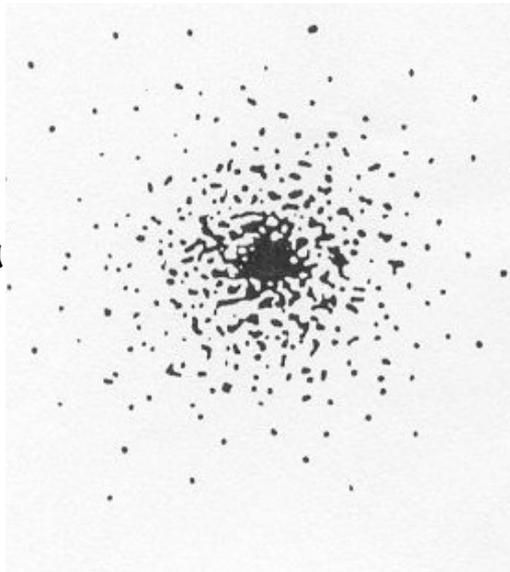
Um campo é o ente responsável pela interação entre dois pedaços de matéria. Já os diversos tipos de matéria são fontes de diferentes tipos de campo. Há, portanto, uma relação circular entre os conceitos de campo e matéria. No caso do eletromagnetismo, a circularidade entre carga e campo não permite explicitar isoladamente o que é uma carga elétrica, qual a sua essência. Isso não significa que a questão não seja válida. De fato, ela é extremamente interessante! O problema é que, no contexto do eletromagnetismo, ela só pode ser respondida afirmando que carga elétrica é o que pode criar campos elétrico e magnético (este último, se a carga estiver em movimento). Os campos, por outro lado, são os efeitos das cargas. Por isso, é muito difícil, ou mesmo impossível, definir o que é carga elétrica. Felizmente, os físicos conseguem circunscrever este problema, sabendo muito bem o que uma carga faz e como ela se comporta em diferentes situações. A partir do conhecimento abrangente de suas propriedades, pode-se adquirir uma intuição do que seja uma carga elétrica.

Carga positiva

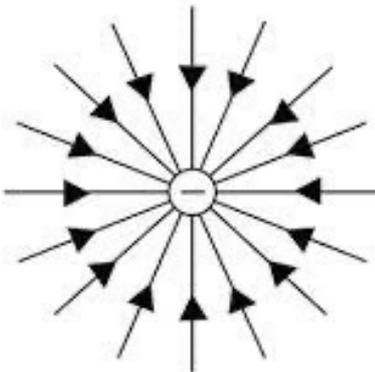
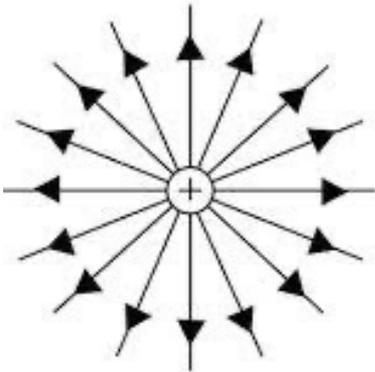
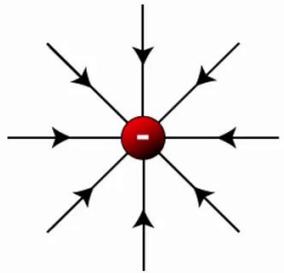
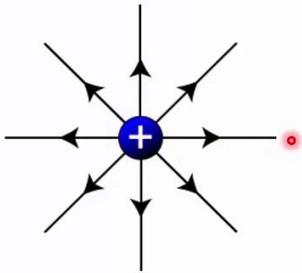
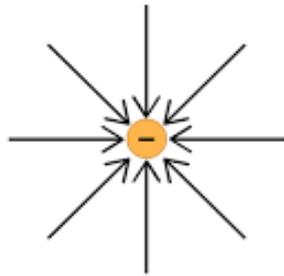
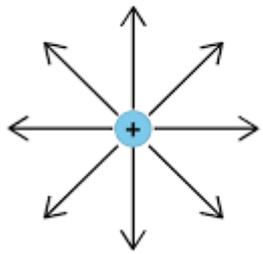


linhas de campo

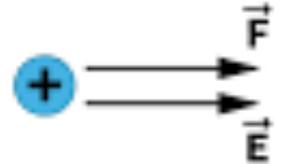
Carga negativa



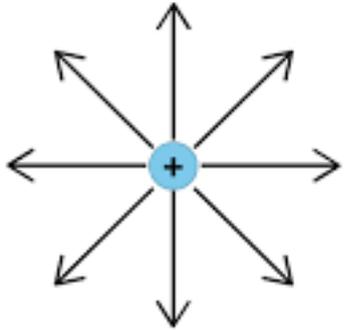
Campo



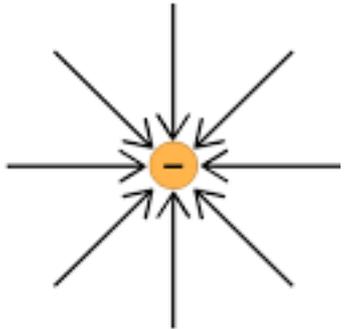
Força



E no mundo microscópico ?



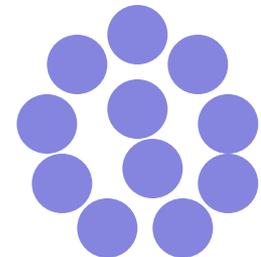
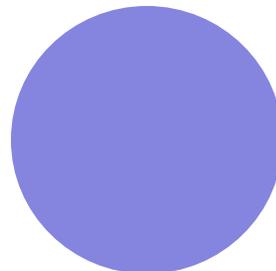
Esta figura vale para um próton ?



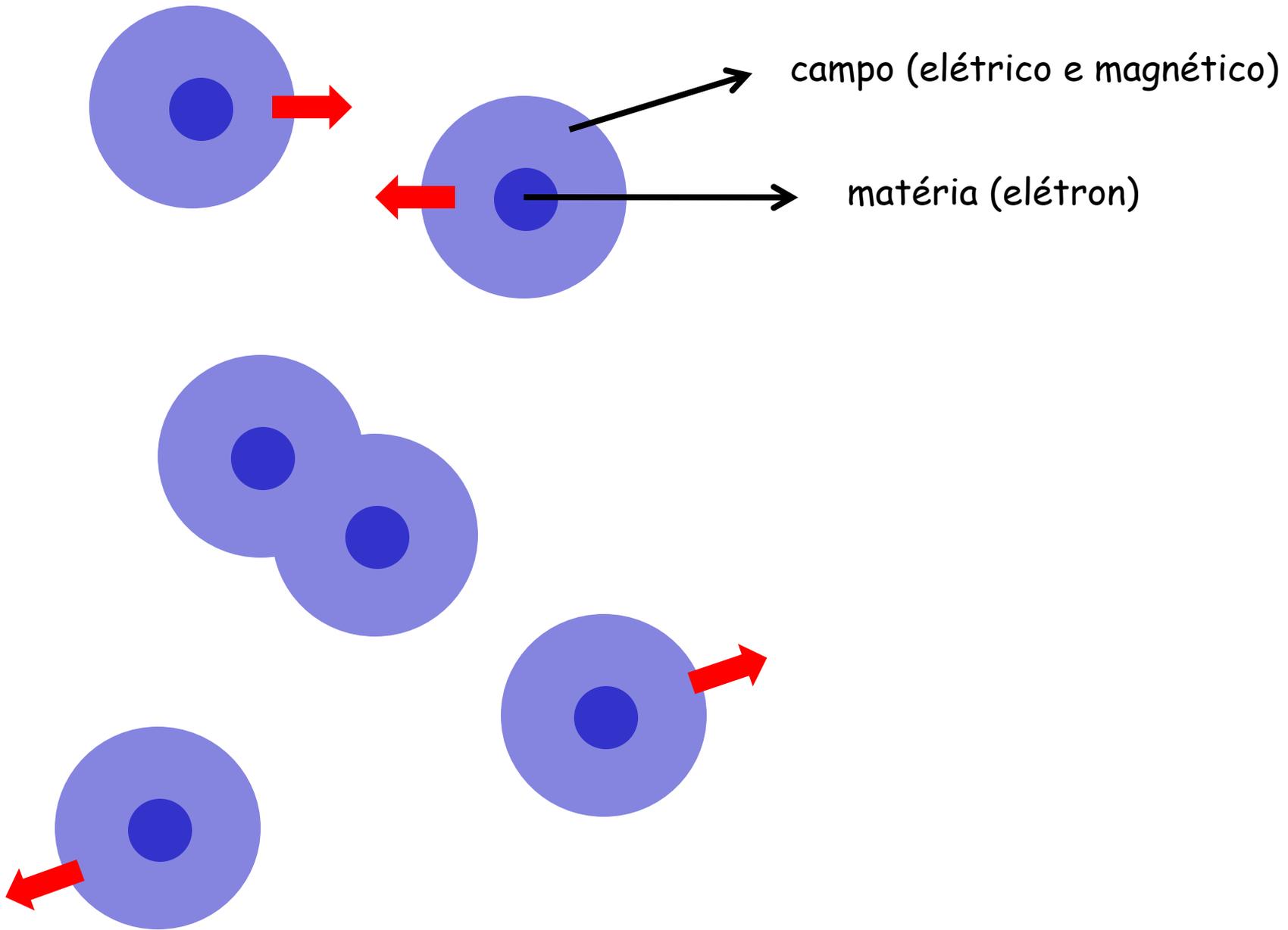
Esta figura vale para um elétron ?

No mundo microscópico vale a física quântica !

O campo é quantizado !



Colisão elétron - elétron



Colisão elétron - elétron

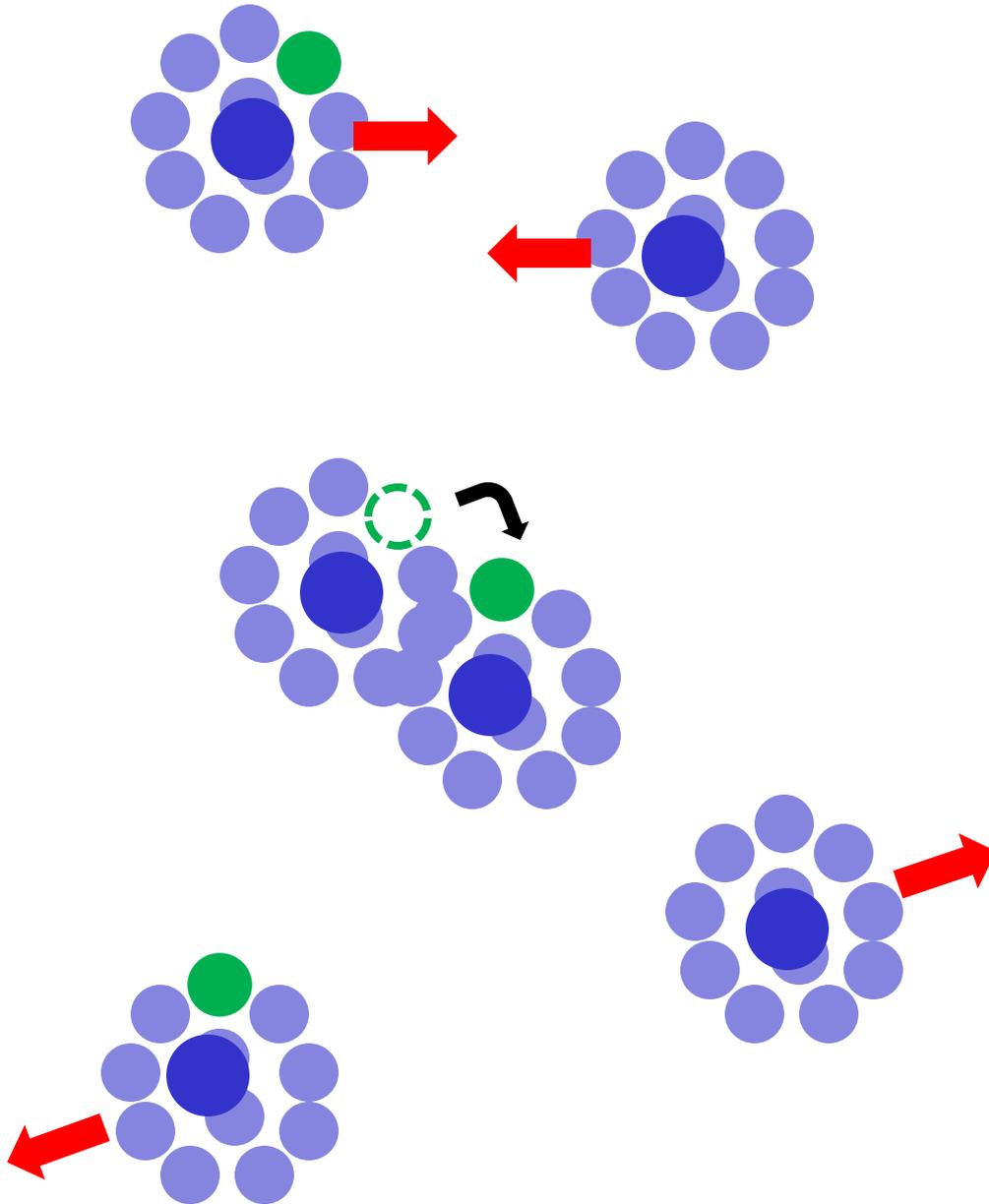
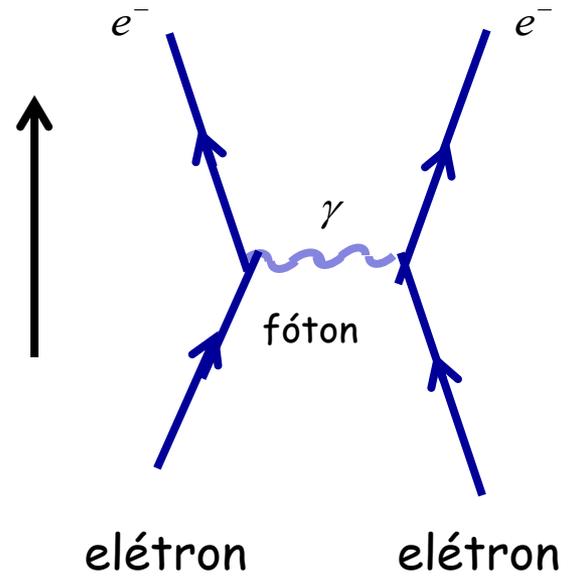
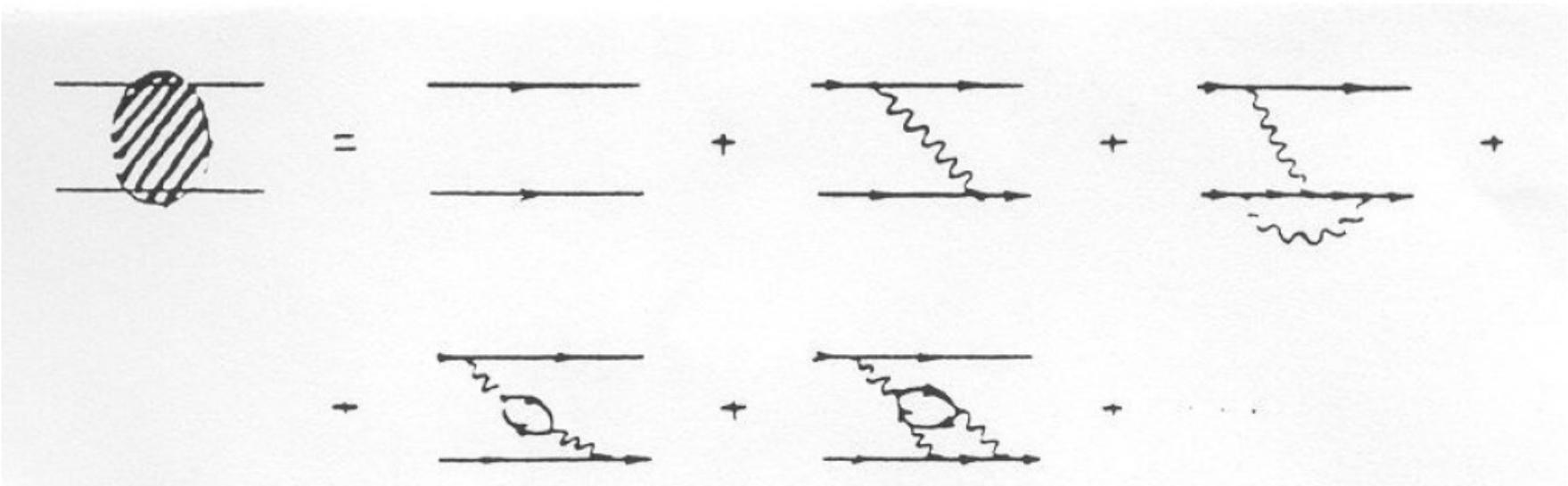
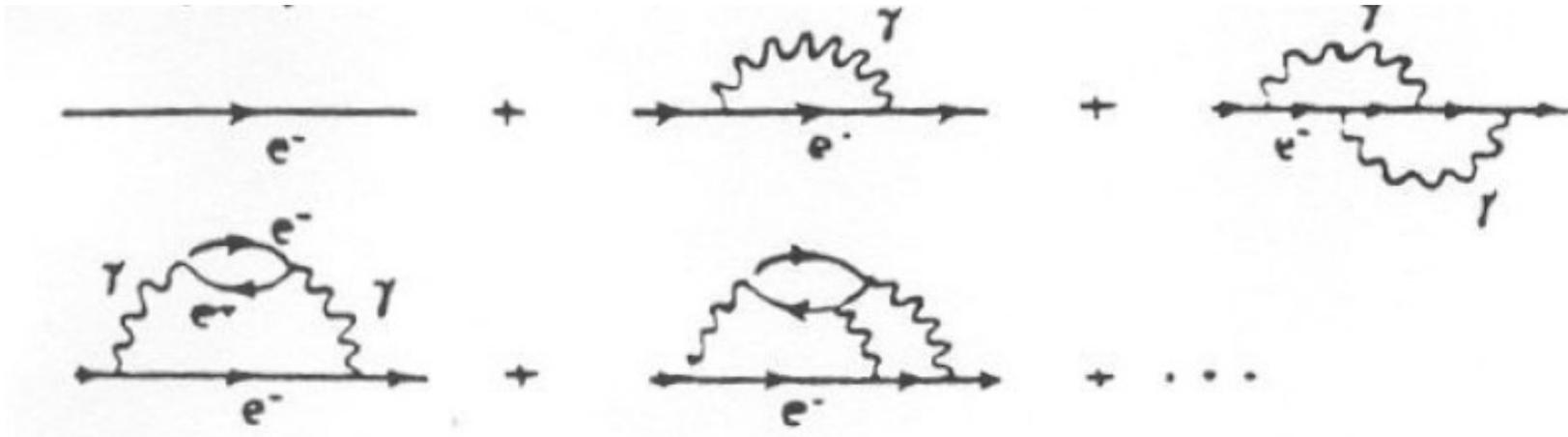


Diagrama de Feynman

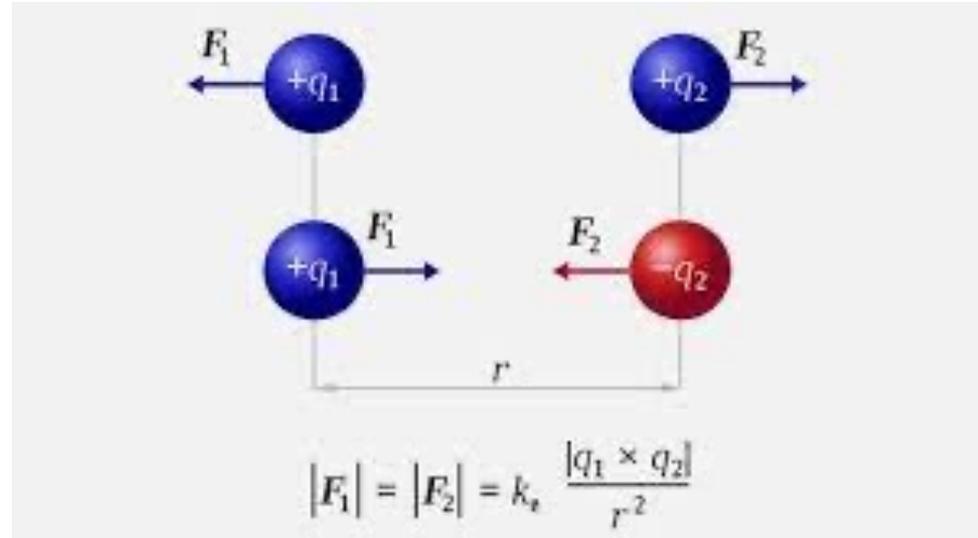




Lei de Coulomb

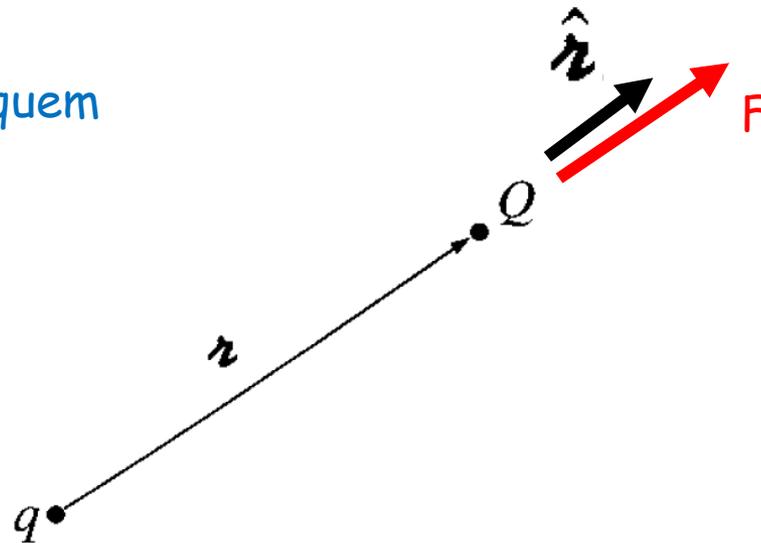
Lei de Coulomb

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$



A coordenada importante é a distância entre as duas cargas !

Vetor separação: "vai de quem cria para quem sente"



G59

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \hat{r}$$

Várias cargas

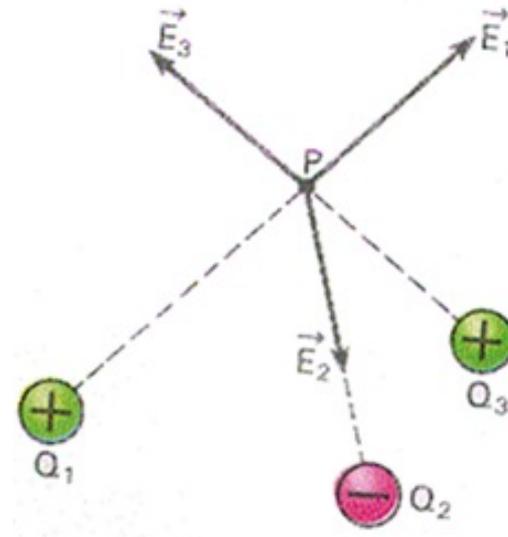
As cargas interagem uma com outra !

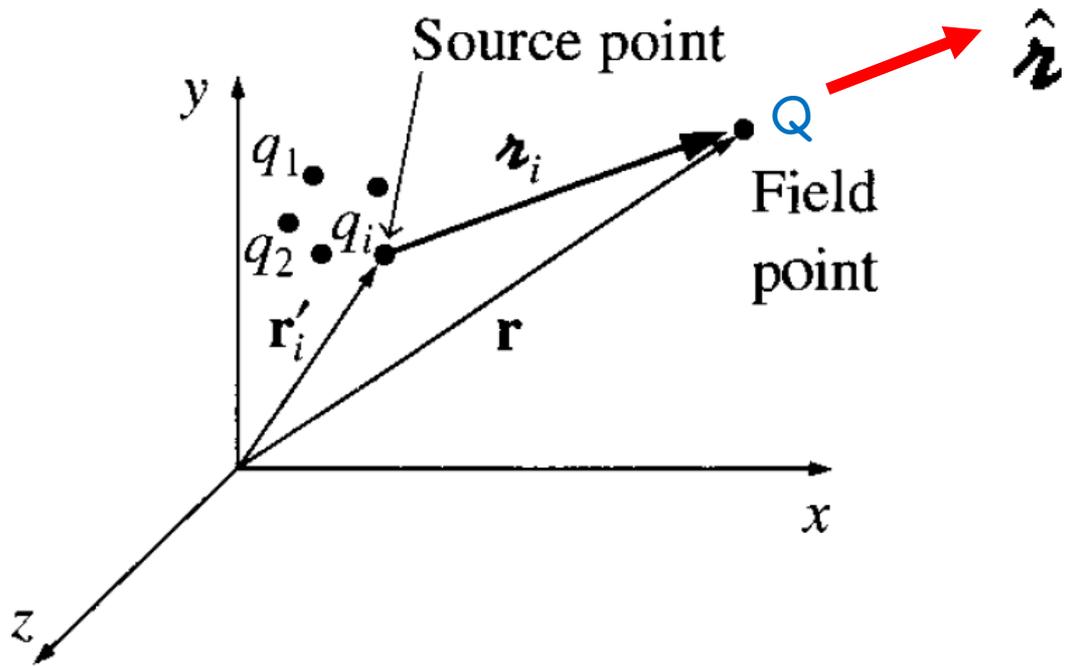
Campo não interage com outro campo !

Os campos são transparentes: o campo de uma carga não muda o campo da outra !

Uma carga colocada numa região onde há vários campos "sente" a soma dos campos !

Princípio da superposição !





Vetor de separação

$$\mathbf{r} = \mathbf{r} - \mathbf{r}'$$

$$\mathbf{r} = \mathbf{S}$$

Força entre duas cargas

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

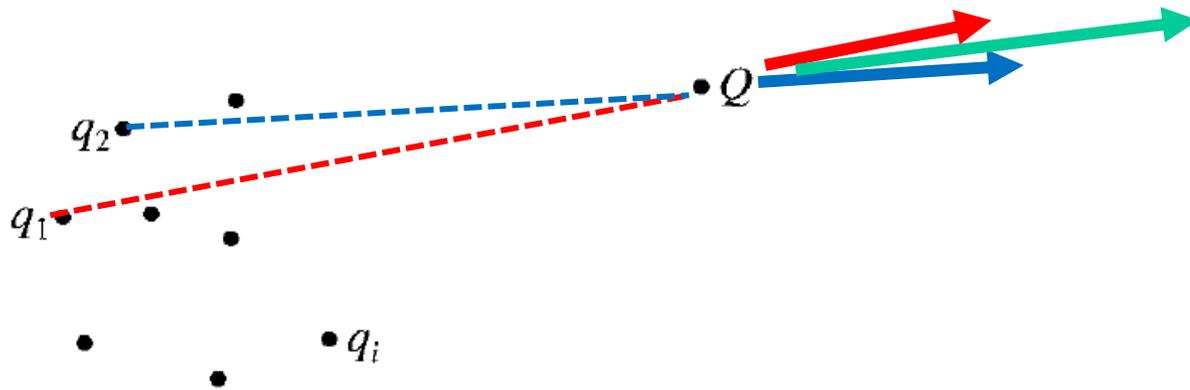
$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$$

Força que várias cargas fazem sobre a carga Q é a soma vetorial:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1 Q}{r_1^2} \hat{\mathbf{r}}_1 + \frac{q_2 Q}{r_2^2} \hat{\mathbf{r}}_2 + \dots \right)$$

Várias cargas

$$\mathbf{F} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1 \hat{\mathbf{r}}_1}{r_1^2} + \frac{q_2 \hat{\mathbf{r}}_2}{r_2^2} + \frac{q_3 \hat{\mathbf{r}}_3}{r_3^2} + \dots \right)$$



"Source" charges

"Test" charge

$$\mathbf{F} = Q\mathbf{E},$$

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) \equiv \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$