

FÍSICA III

AULA 2

PROFESSORA MAUREN POMALIS

mauren.pomalis@unir.br

ENG. ELÉTRICA - 3º PERÍODO

UNIR/Porto Velho

2017/1

SUMÁRIO

- Entrega do “tema de casa”
- Revisão
- Campo elétrico
- Campo elétrico - Carga puntiforme
- Campo elétrico - Múltiplas cargas



REVISÃO

○ Lei de Coulomb

- Calcula a força eletrostática exercida por partículas carregadas.
- Análoga à Lei de Newton (que calcula força gravitacional entre 2 partículas)

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

Lei de Coulomb

$$F = G \frac{M_1 \cdot M_2}{r^2}$$

Lei de Newton

- q_1 = carga da partícula 1
- q_2 = carga da partícula 2
- k = constante eletrostática ($8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$)
- r = distância entre as partículas

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2.$$



REVISÃO

- F (módulo) e \vec{F} (vetor)

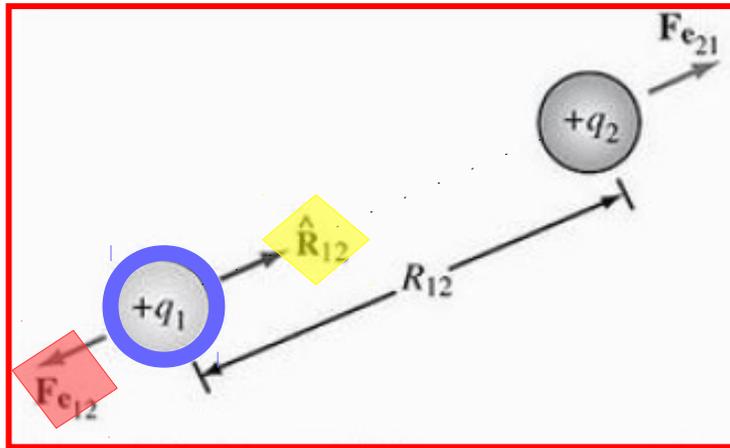
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (\text{lei de Coulomb}), \quad (21-1)$$

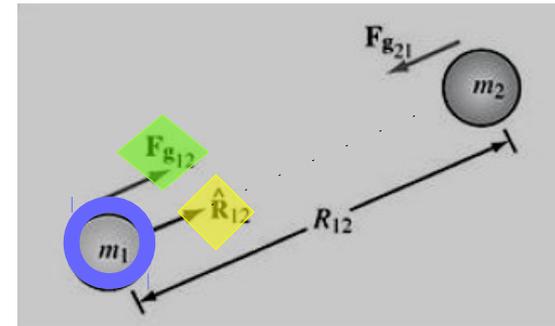
onde \hat{r} é um vetor unitário na direção da reta que liga as duas partículas, r é a distância entre as partículas e k é uma constante. (Como qualquer vetor unitário, \hat{r} tem módulo 1 e é adimensional; sua função é indicar uma orientação no espaço.) Se as partículas têm cargas de mesmo sinal a força a que a partícula 1 é submetida tem o sentido de \hat{r} ; se as partículas têm cargas de sinais opostos, a força tem o sentido oposto ao de \hat{r} .



REVISÃO



Lei de Coulomb



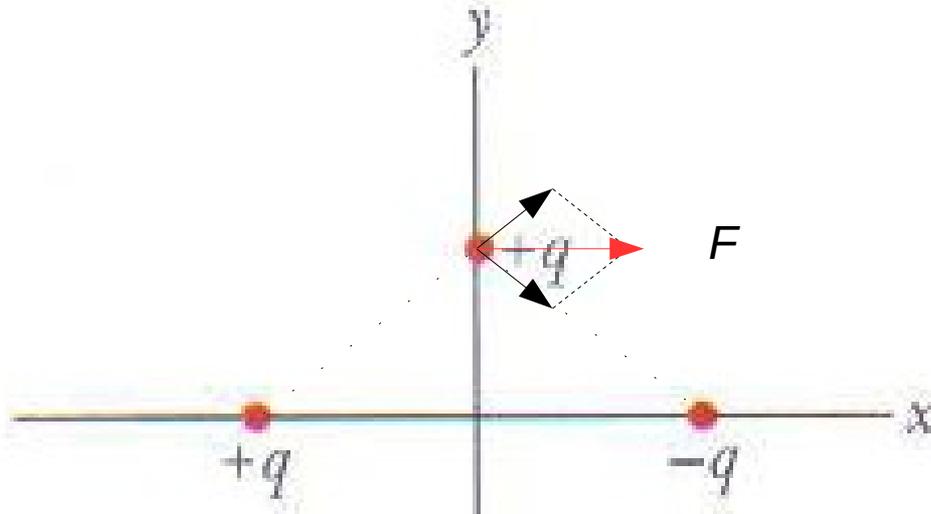
Lei de Newton

- Outra semelhança da força eletrostática com a força gravitacional é que ela obedece o princípio da superposição.

- $F_{1,t} = F_{1,2} + F_{1,3} + F_{1,4} + \dots + F_{1,n}$

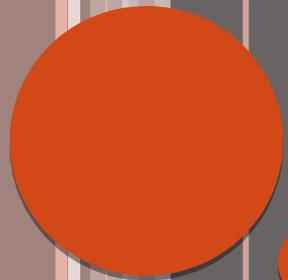


REVISÃO



- Força F na carga q , devido à carga $+q$ e $-q$.





CAMPO ELÉTRICO

CAMPO ELÉTRICO

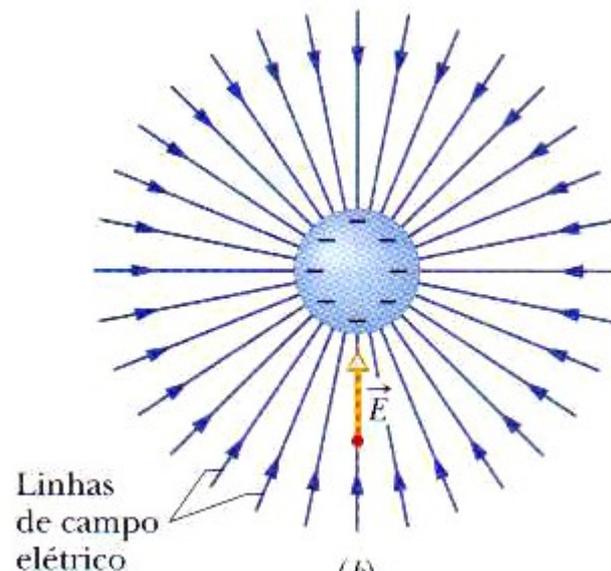
- “O vetor do campo elétrico, \mathbf{E} , em qualquer localização no espaço é encontrado pela alocação de uma carga teste, q' , naquele ponto. O vetor de campo elétrico é então dado por $\mathbf{E}=\mathbf{F}/q'$, onde \mathbf{F} é a força elétrica na carga teste.”

Livro: Crowell, B.



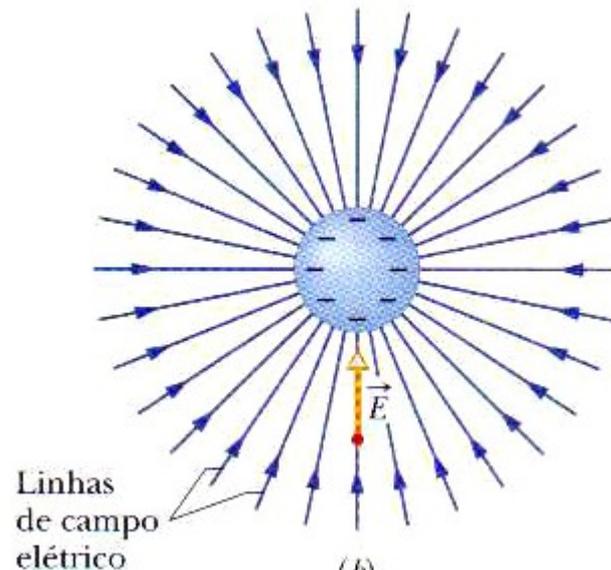
CAMPO ELÉTRICO

- Quando se conhece o campo elétrico, é possível precisar o comportamento das cargas que estão submetidas à sua influência.
- A “visualização” do campo elétrico é feita através da representação de linhas que indicam sua orientação.



CAMPO ELÉTRICO (CARGA PUNTIFORME)

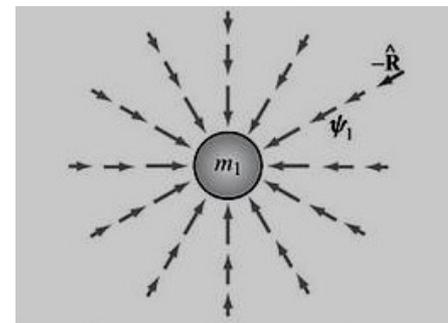
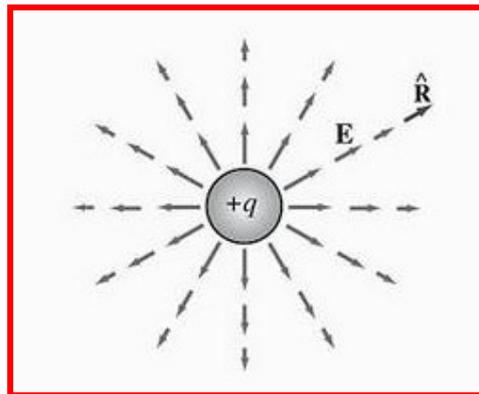
- As linhas de força expressam a forma do campo de maneira clara e intuitiva.
- Seja qual for a forma do corpo carregado, as linhas de força são sempre perpendiculares à superfície do mesmo.
- Quanto mais juntas estão as linhas de força, mais forte é o campo elétrico.



CAMPO ELÉTRICO (CARGA PUNTIFORME)

- O campo elétrico \mathbf{E} no ponto P devido a um corpo carregado q é dado com a fórmula:
 - $\mathbf{E}=\mathbf{F}/q$ (abrir fórmula no quadro *1)
 - \mathbf{F} =Força elétrica
 - \mathbf{E} [N/C] Newton/coulomb
- A fonte de um campo elétrico é a carga elétrica, analogamente ao campo gravitacional, onde a fonte é a massa.
- Porém, a gravidade é sempre atrativa, enquanto campo elétrico pode ser de atração ou repulsão.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (\text{carga pontual}).$$




$$g = F/m$$

CAMPO ELÉTRICO

Relação $E \times q$ e $E \times r$

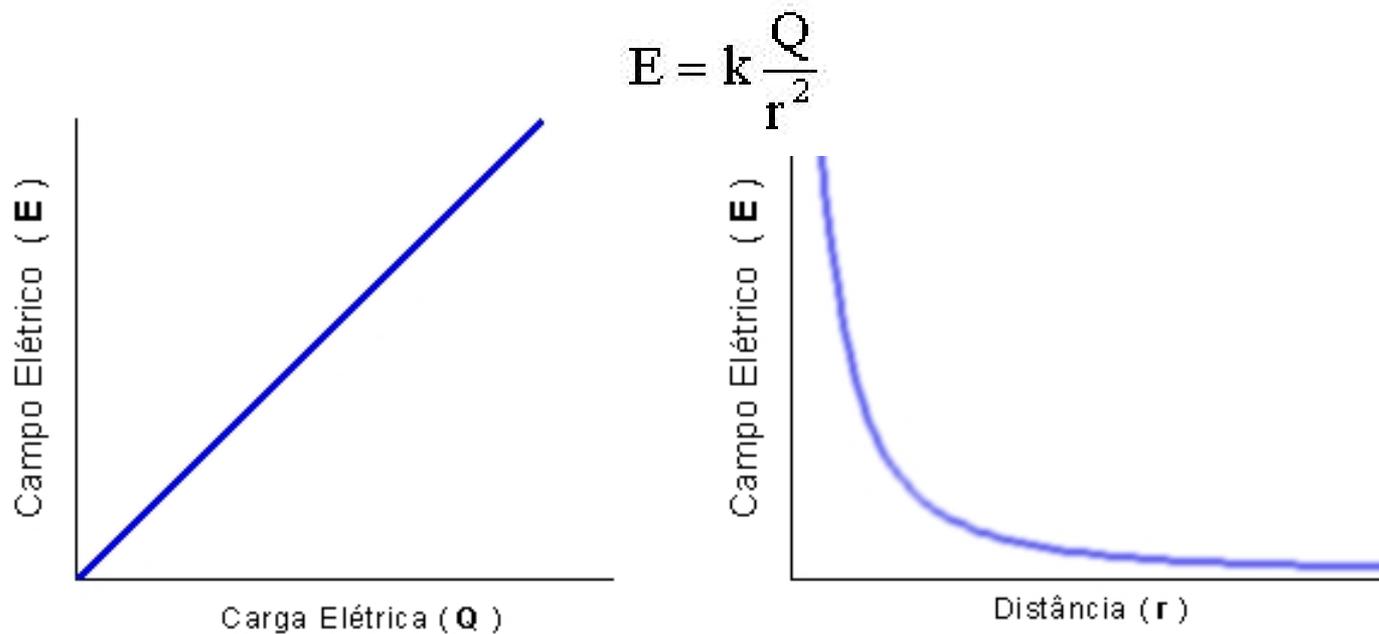
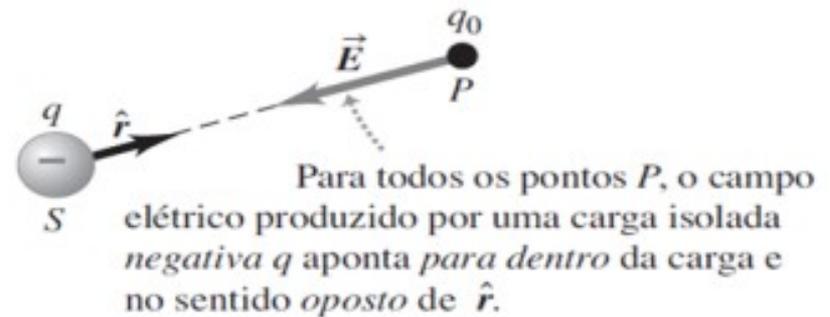
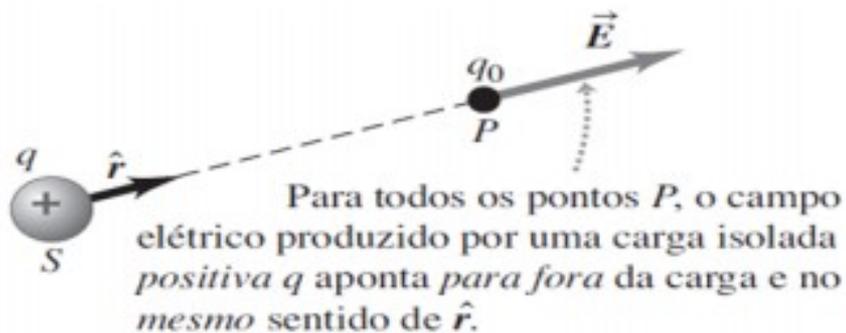


Fig. 1- Campo elétrico em função da carga e da distância



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA CARGA PUNTIFORME



CAMPO ELÉTRICO

- Da mesma forma que a força elétrica, o campo elétrico também segue o princípio da superposição:

- $F_1 = F_{1,2} + F_{1,3} + F_{1,4} + \dots + F_{1,n}$

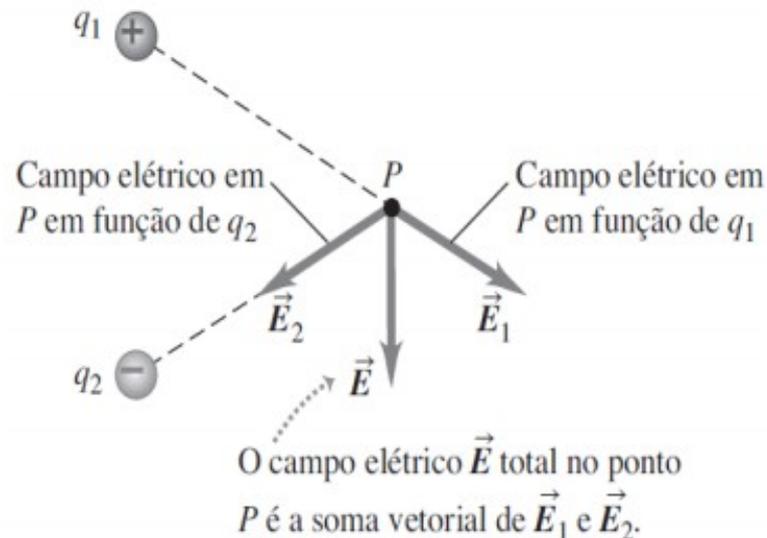
- $E_t = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO À MÚLTIPLAS CARGAS

- A equação do campo elétrico pode ser estendida para se determinar o campo elétrico devido à múltiplas cargas puntiformes.

- $E = \sum E = \sum k \cdot q / r^2$



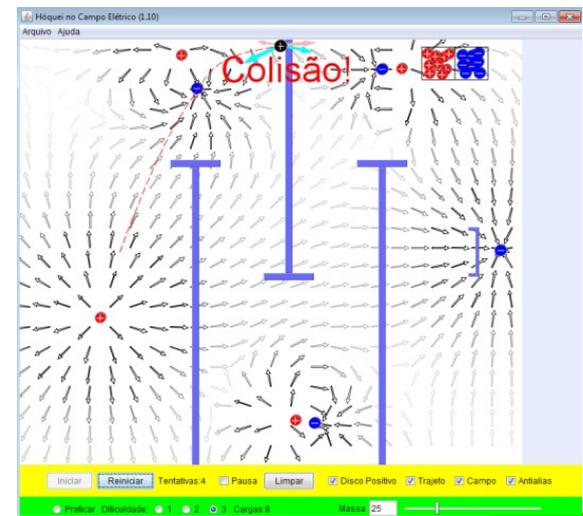
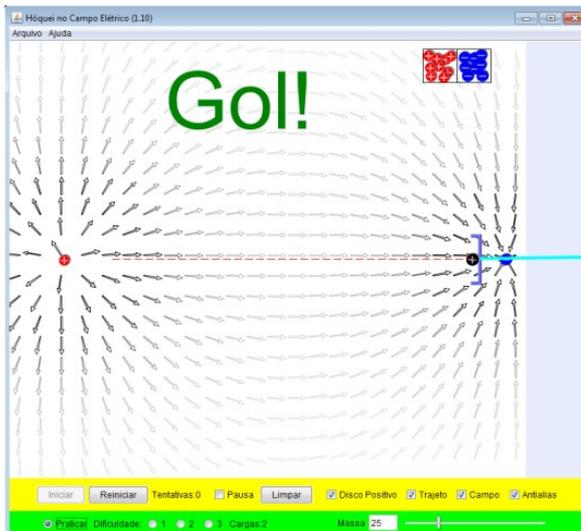
- Exemplos



CAMPO ELÉTRICO

- Princípio da superposição e geração de campo elétrico:

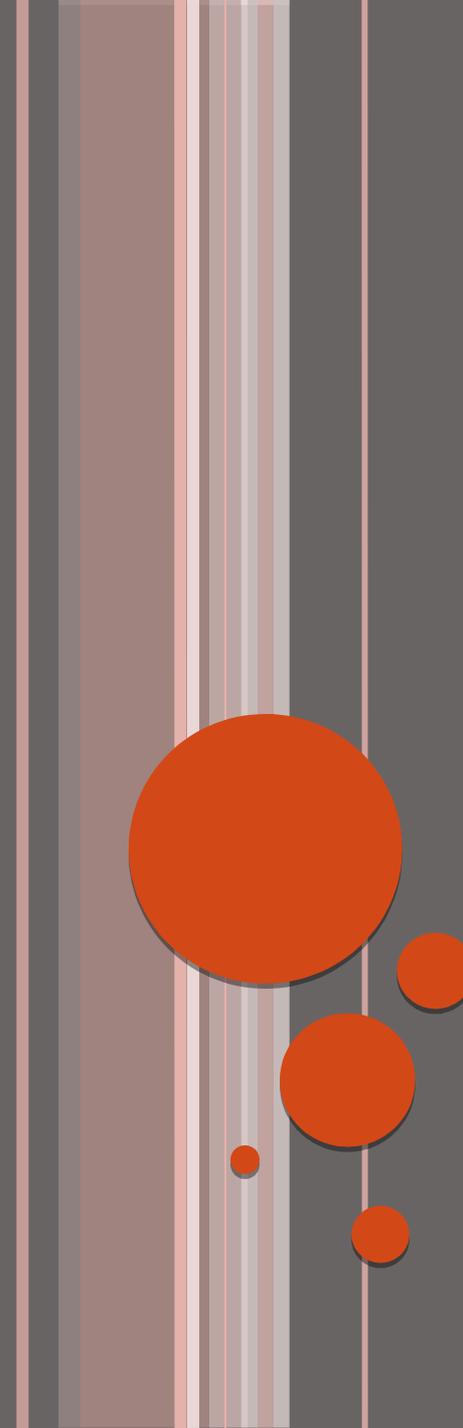
C:\Users\TCORP\Dropbox\UNIR\FIS_III\electric-hockey_pt_BR.jar



PRÓXIMA AULA

- Dipolo elétrico
- Linha de carga
- Disco carregado
- Cargas devido ao campo



A decorative vertical bar on the left side of the slide, featuring a gradient from dark brown to light grey, with several thin vertical lines and a cluster of five orange circles of varying sizes.

AULA 3 CAMPO ELÉTRICO

CAMPO ELÉTRICO

- Sumário:
- Revisão
- Dipolo elétrico
- Anel ou linha de carga
- Disco carregado
- Carga num campo elétrico



CAMPO ELÉTRICO

- Revisão:
- Campo elétrico criado por uma carga

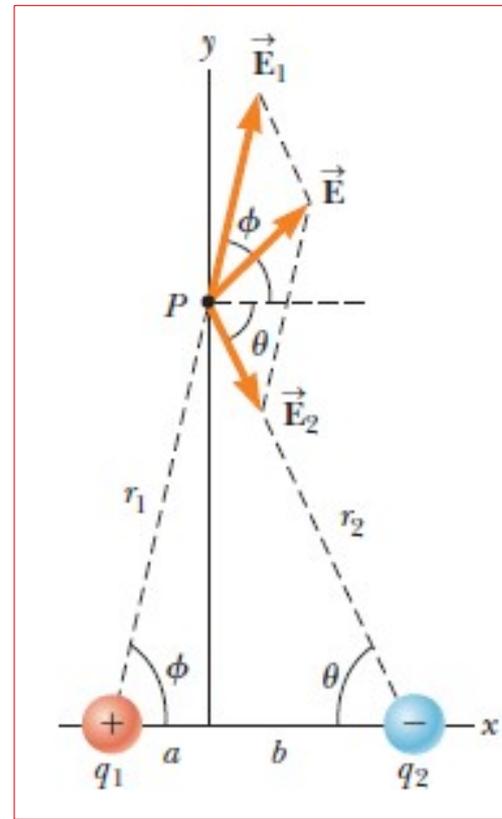
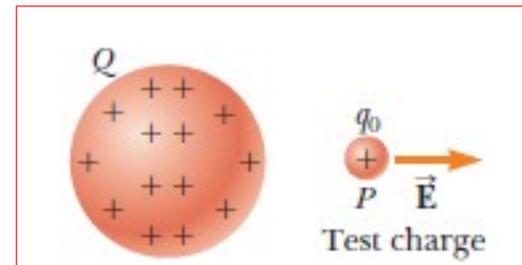
$$\vec{\mathbf{E}} \equiv \frac{\vec{\mathbf{F}}_e}{q_0}$$

$$\vec{\mathbf{E}} = k_e \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

Carga puntiforme

$$\vec{\mathbf{E}} = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$

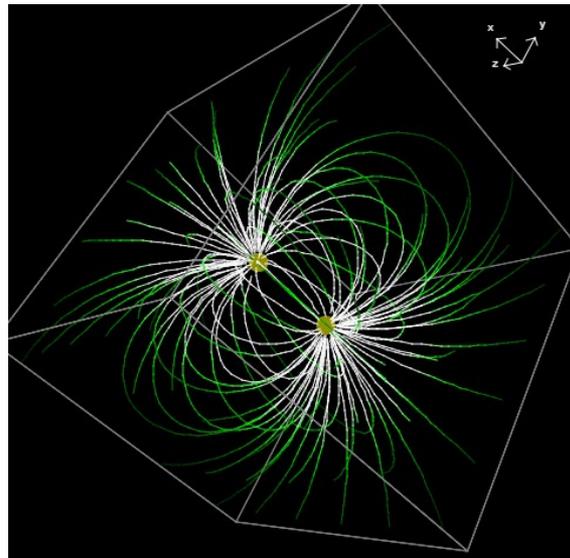
Múltiplas cargas puntiformes



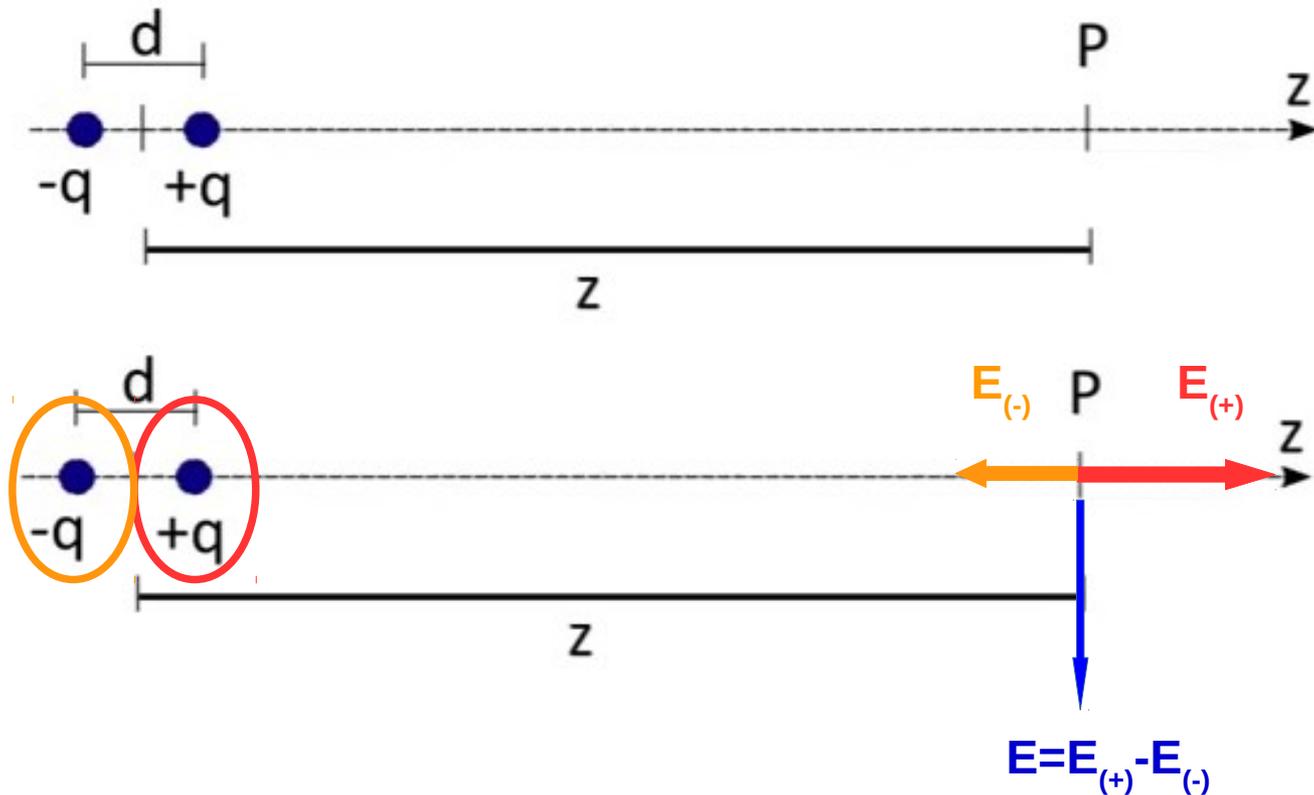
CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UM DIPOLO ELÉTRICO

- Dipolo Elétrico consiste em duas cargas de sinais opostos e mesmo módulo, separados por uma pequena distância d .
- Sua intensidade e orientação são descritas pelo momento do dipolo, p (vetor).
- d (vetor) é o vetor orientado da carga negativa para a positiva.

$$\vec{p} \equiv q \vec{d}$$



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UM DIPOLO ELÉTRICO



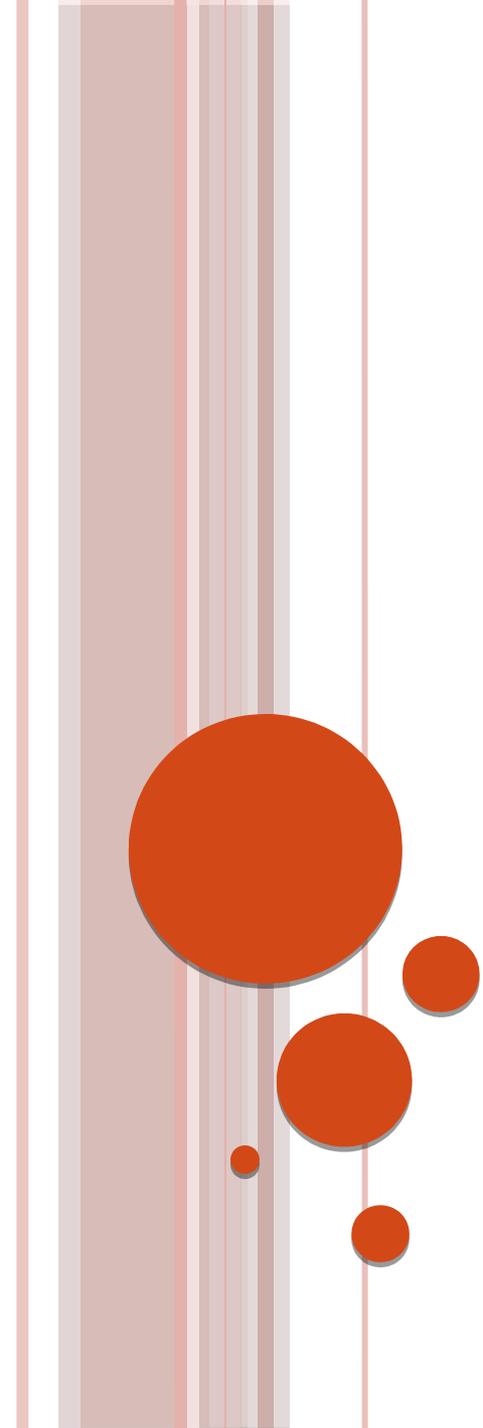
CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UM DIPOLO ELÉTRICO

- Abertura da definição da fórmula no quadro *3.

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{z^3}$$

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3}$$



A decorative vertical bar on the left side of the slide, featuring a gradient from light to dark brown. It is adorned with several orange circles of varying sizes, some with a slight shadow effect, arranged in a vertical line.

CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A DISTRIBUIÇÃO DE CARGA

CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA LINHA DE CARGA

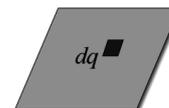
- Considera-se uma distribuição de carga que consiste em um grande número (talvez bilhões) de cargas puntiformes ao longo de uma linha.
- Esse tipo de distribuição é considerada CONTÍNUA, bem como a distribuição sobre uma superfície e também dentro de um volume.
- Desta forma, quando lidamos com distribuição contínua de carga, é mais conveniente expressar a carga de um objeto em termos de DENSIDADE DE CARGA.

Nome	Símbolo	Unidade do SI
Carga	q	C
Densidade linear de cargas	λ	C/m
Densidade superficial de cargas	σ	C/m ²
Densidade volumétrica de cargas	ρ	C/m ³

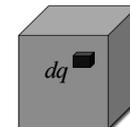
Devido a uma linha de carga →



densidade linear: $\lambda = \frac{dq}{dl}$
ou: $dq = \lambda dl$



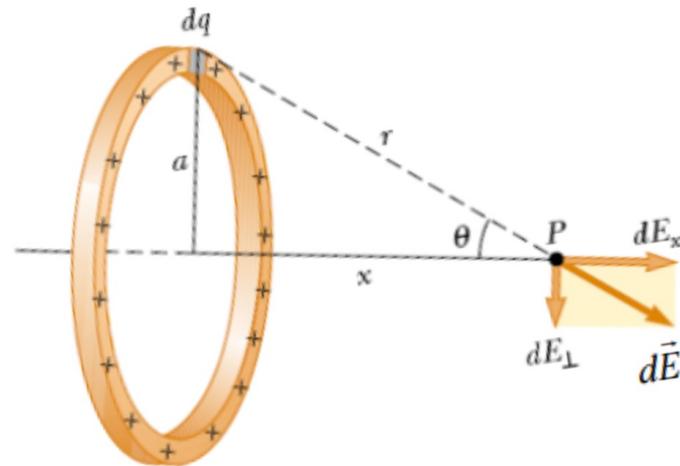
densidade superficial: $\sigma = \frac{dq}{dA}$
ou: $dq = \sigma dA$



densidade volumétrica: $\rho = \frac{dq}{dV}$
ou: $dq = \rho dV$



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA LINHA DE CARGA (ANEL)



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA LINHA DE CARGA (ANEL)

- Dedução de fórmula no quadro *4

$$E = \frac{qz}{4\pi\epsilon_0(z^2 + R^2)^{3/2}} \quad (\text{anel carregado})$$

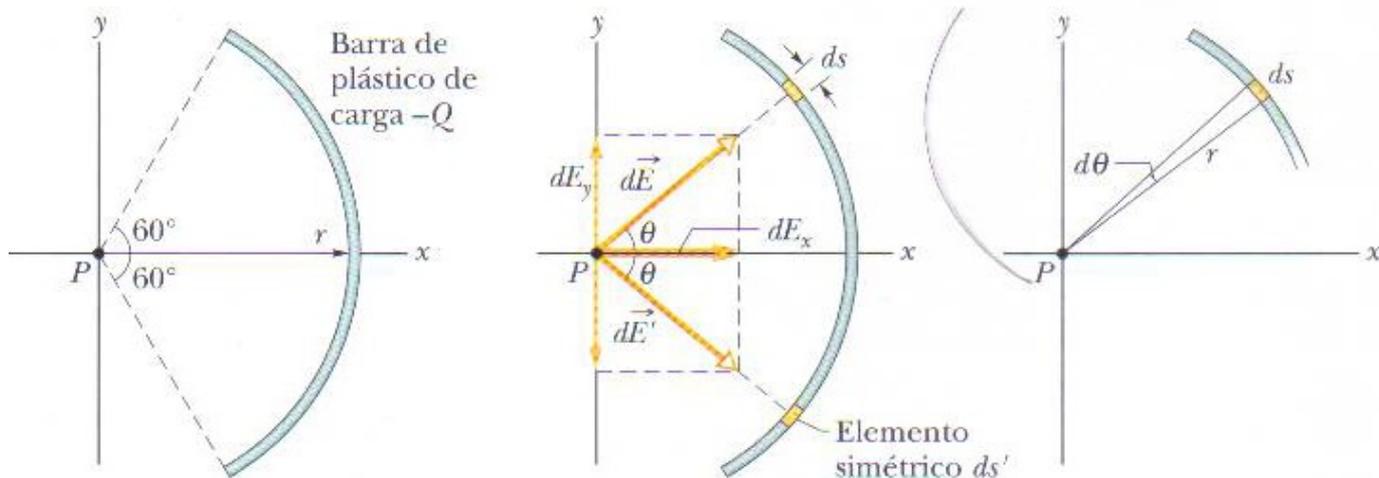
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{z^2} \quad (\text{anel carregado a grandes distâncias})$$



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA LINHA DE CARGA (ARCO)

- Exercício

A Fig. 22-11a mostra uma barra de plástico com uma carga $-Q$ uniformemente distribuída. A barra tem a forma de um arco de circunferência de 120° de extensão e raio r . Os eixos de coordenadas são escolhidos de tal forma que o eixo de simetria da barra é o eixo x e a origem P está no centro de curvatura do arco. Em termos de Q e r , qual é o campo elétrico \vec{E} produzido pela barra no ponto P ?



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA LINHA DE CARGA (ARCO)

- Exercício

$$= \frac{0,83Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

(Resposta)

O campo elétrico \vec{E} no ponto P aponta para a barra e é paralelo ao eixo de simetria da distribuição de cargas. Em termos dos vetores unitários, o campo \vec{E} pode ser escrito na forma

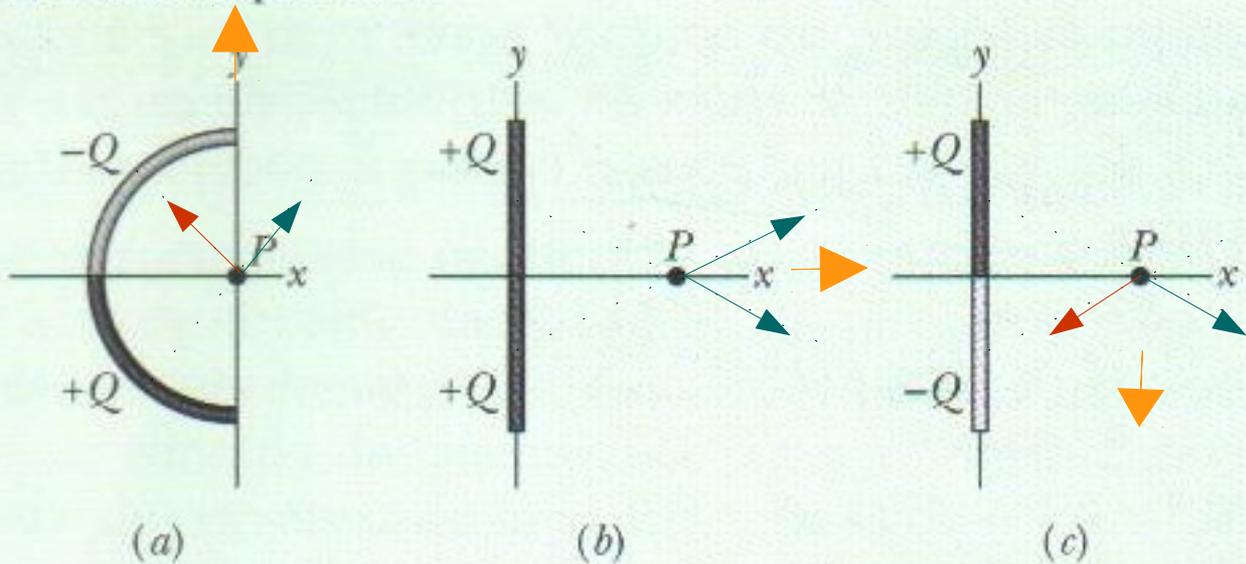
$$\vec{E} = \frac{0,83Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{i}.$$



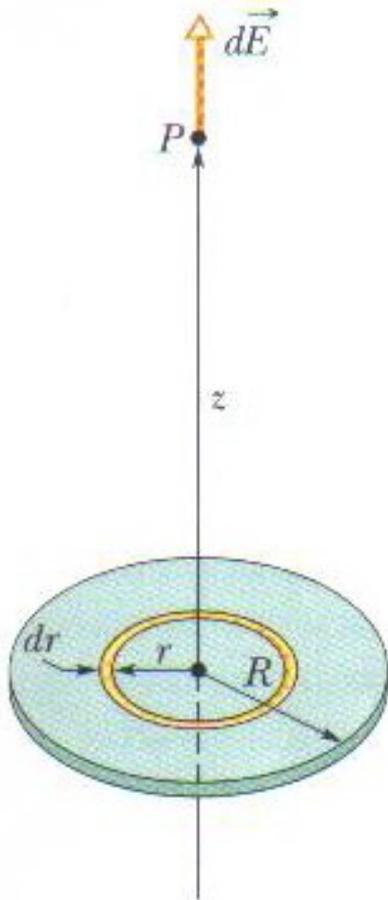
CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA LINHA DE CARGA

- Exercício

TESTE 2 A figura mostra três barras não-condutoras, uma circular e duas retilíneas. Todas possuem uma carga de módulo Q na metade superior e outra carga de módulo Q na metade inferior. Para cada barra, qual é a orientação do campo elétrico total no ponto P ?



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA SUPERFÍCIE (DISCO CARREGADO)



- Pode-se dividir o disco em anéis .
- Portanto, para calcular o campo elétrico no ponto P , soma-se (por integração) as contribuições de todos os anéis.

$$E = \int dE$$

integrando em relação à variável r de $r = 0$ a $r = R$.

$$\int_0^R$$

- Abrir fórmula no quadro *5



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA SUPERFÍCIE (DISCO CARREGADO)

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \right) \quad (\text{disco carregado})$$

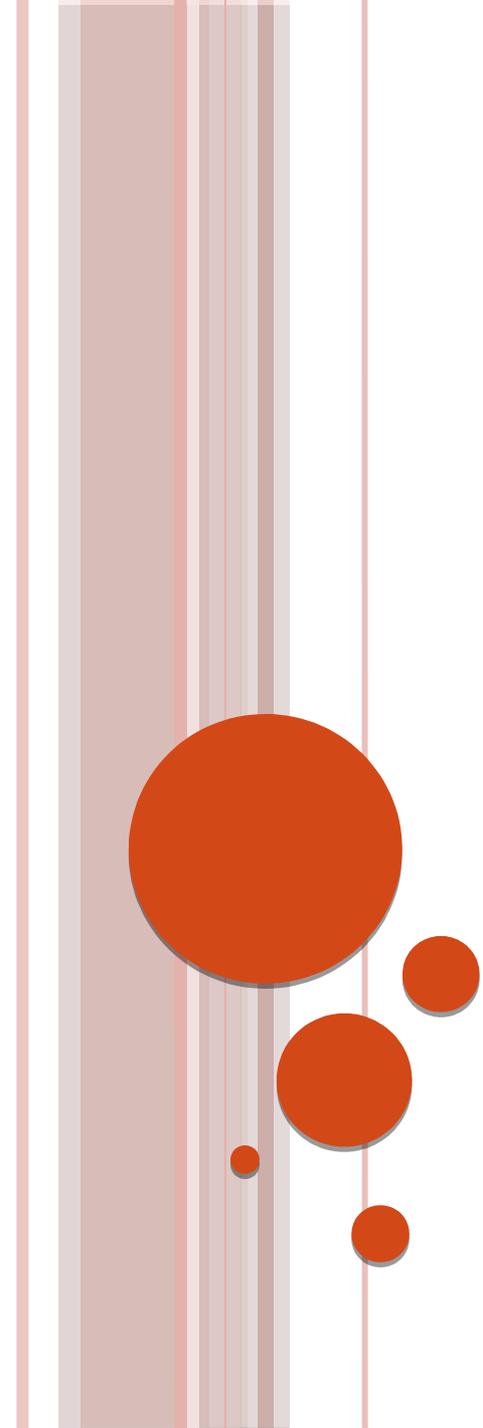
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad (\text{placa infinita})$$



CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA SUPERFÍCIE (DISCO CARREGADO)

- Exercício (quadro)





PARTE 2
“CARGA DEVIDO AO CAMPO”

CARGA PUNTIFORME NUM CAMPO ELÉTRICO

- Campo externo E sobre uma carga q :

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

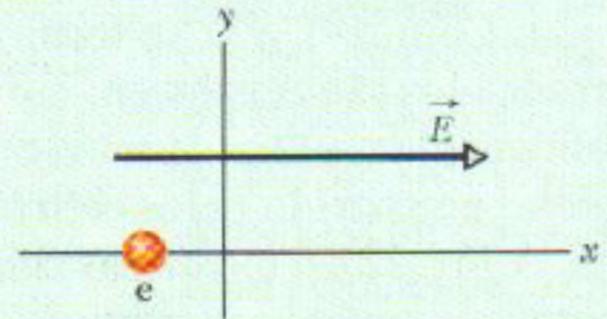
➡ A força eletrostática \vec{F} que age sobre uma partícula carregada submetida a um campo elétrico \vec{E} tem o mesmo sentido que \vec{E} se a carga q da partícula for positiva e o sentido oposto se a carga q for negativa.

- Importante: E é o campo aplicado sobre q , o campo produzido por q não age sobre ela mesma.



CARGA PUNTIFORME NUM CAMPO ELÉTRICO

TESTE 3 (a) Qual é, na figura, a orientação da força eletrostática que age sobre o elétron na presença do campo elétrico indicado? (b) Em que direção o elétron é acelerado se estava se movendo paralelamente ao eixo y antes de ser aplicado o ao campo externo? (c) Se o elétron estava se movendo para a direita antes de ser aplicado o campo externo, sua velocidade aumenta, diminui ou permanece constante quando o campo é aplicado?

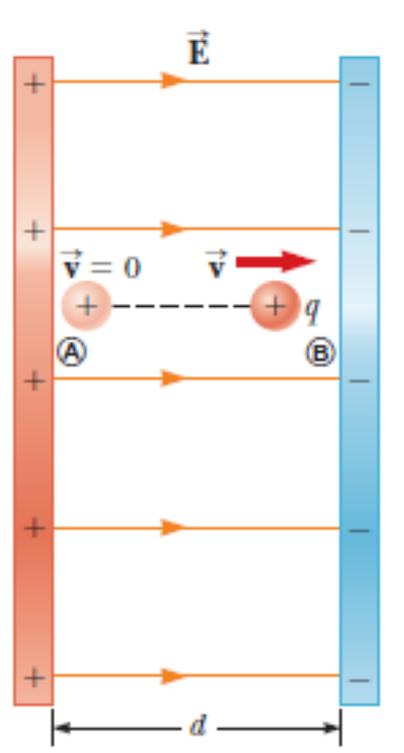


- a) Para a esquerda ←
- b) Para a esquerda ↙ ou ↘
- c) Diminui



CARGA PUNTIFORME NUM CAMPO ELÉTRICO

- Conceito de Campo uniforme

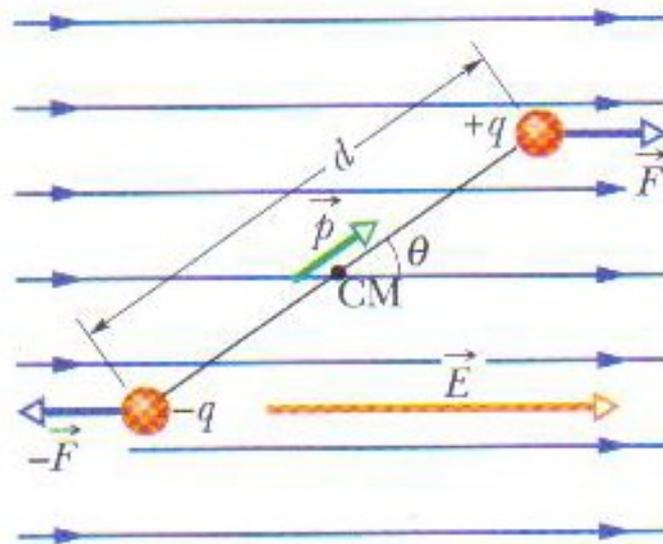


- Uma carga positiva se move com uma velocidade, v , numa campo elétrico E , de + para -.



DIPOLO NUM CAMPO ELÉTRICO

- Como já vimos, o dipolo tem um momento p (vetor).



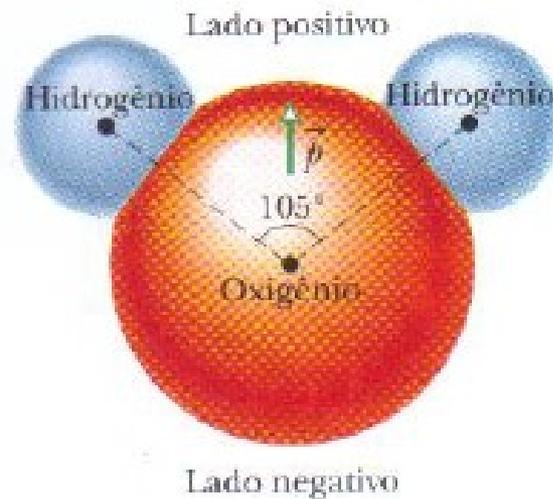
- $p = q \cdot d$

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad (\text{torque de um dipolo}).$$



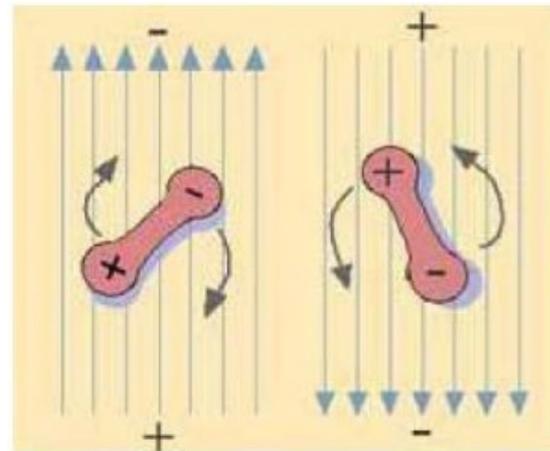
DIPOLO NUM CAMPO ELÉTRICO

- Um exemplo de dipolo é a molécula da água H_2O :



DIPOLO NUM CAMPO ELÉTRICO

- Aplicação do momento do dipolo elétrico: microondas



<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/microwaves>

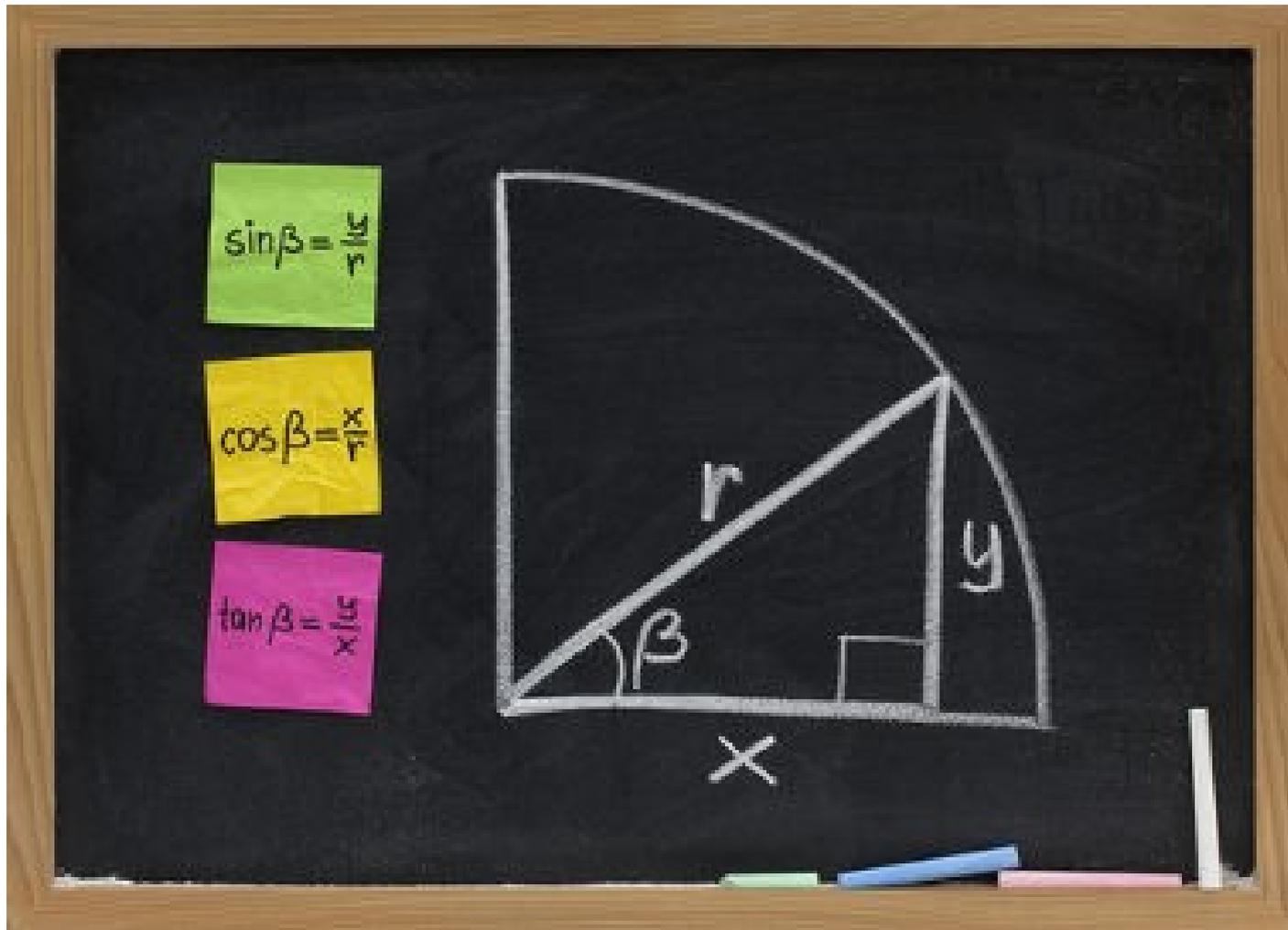


PRÓXIMA AULA

- Lei de Gauss



COS*(ANG) E SEN*(ANG)



BIBLIOGRAFIA

- HALLIDAY, Resnick. Física 3. 4ª edição. Rio de Janeiro. Editora LTC, 1996.
- TIPLER, Paul. Física Volume 2. 5ª edição. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2006.
- MICKELVEY, J. P. Física. São Paulo. Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2000, v.2.
- NUSSENSWEIG, Moises. Curso de Física básica 3. São Paulo. Editora Blucher Ltda, 1997.
- SEARS E ZEMANSKY, Física 3. São Paulo. Addison Wesley, 2003, v3.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- CHAVES, Alaor. Física Básica – Eletromagnetismo. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2007.
- HALLIDAY, Resnick. Física 3. 8ª edição. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2009.
- CROWELL, Benjamin. Electricity and Magnetism. California, USA. Ed. Light and Matter, 2002.
- SERWAY, R.A.& JEWETT, J.W. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. 8ª edição. Ed Brooks/Cole Cengage, 2010.
- ULABY, Fawwaz T. Eletromagnetismo para engenheiros. Porto Alegre/RS. Editora Bookman, 2007. (original da Universidade de Michigan).

