

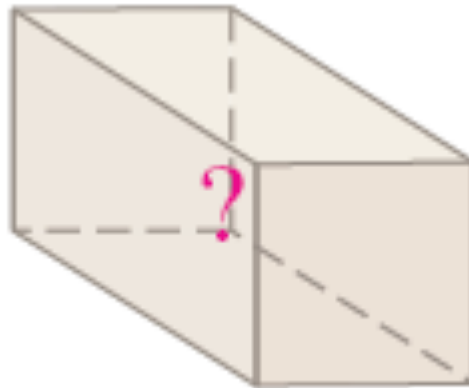
# FÍSICA BÁSICA III

---

Aula 3: Fluxo elétrico

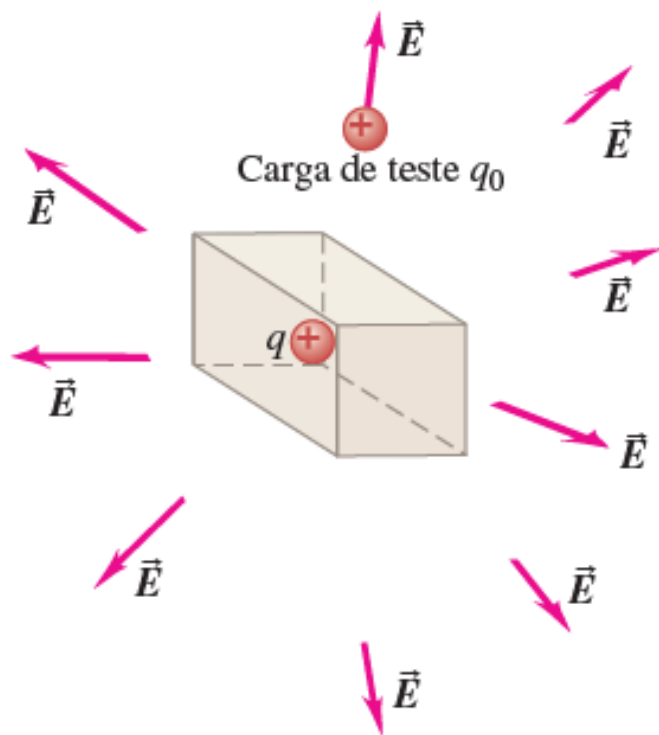
# Fluxo Elétrico

- O fluxo elétrico é dado pelo campo elétrico que passa através de uma superfície.
- Podemos utilizar o fluxo elétrico através de uma superfície fechada para determinarmos como é a distribuição de cargas em seu interior.



# Fluxo Elétrico

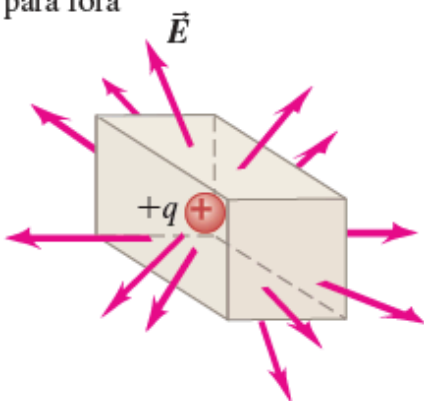
- A determinação do fluxo elétrico pode ser feita com o uso de uma carga de teste.



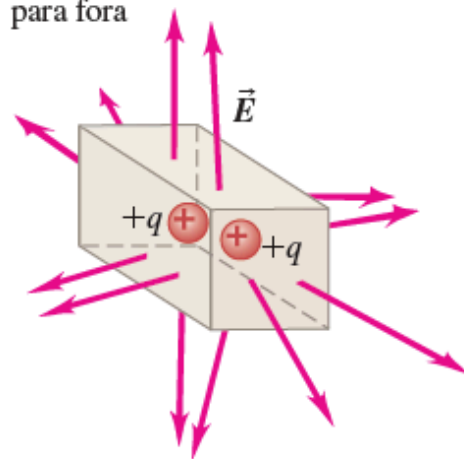
# Fluxo Elétrico

- Podemos ver como as cargas estão distribuídas no interior dessa superfície.

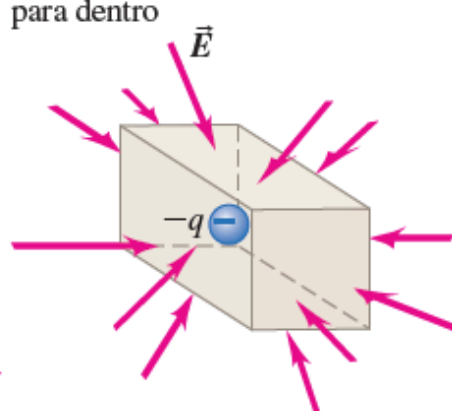
(a) Carga positiva dentro da caixa, fluxo de dentro para fora



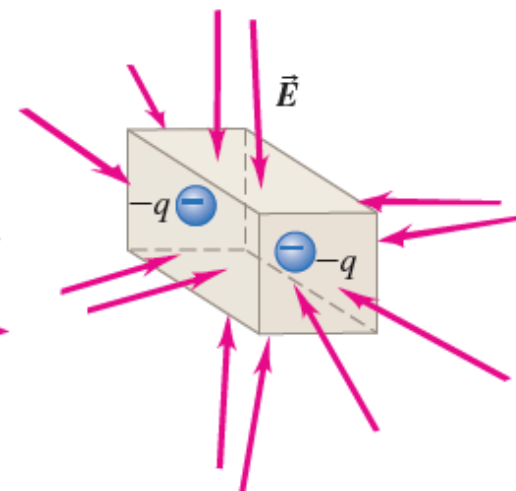
(b) Cargas positivas dentro da caixa, fluxo de dentro para fora



(c) Carga negativa dentro da caixa, fluxo de fora para dentro

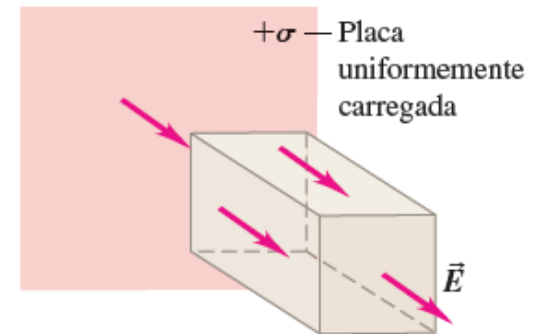
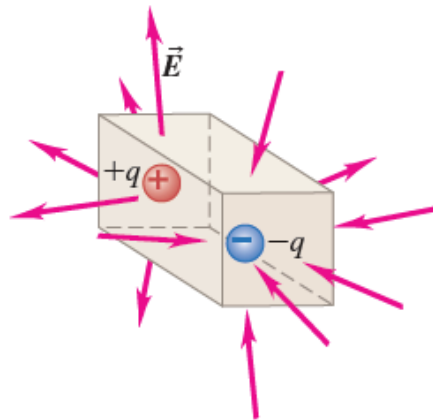
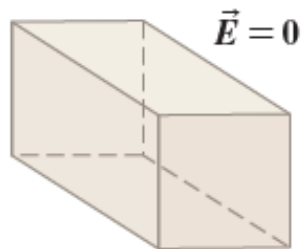


(d) Cargas negativas dentro da caixa, fluxo de fora para dentro



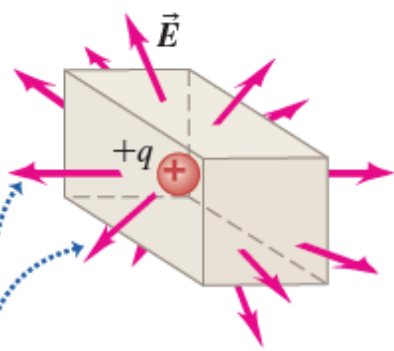
# Carga englobada

- Se não existem cargas no interior de uma superfície fechada, se a carga total for zero ou se existe uma distribuição de cargas fora da caixa o fluxo elétrico através dela é zero.

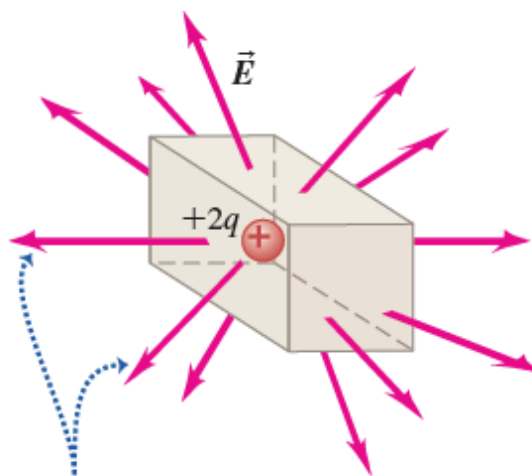


# Carga englobada

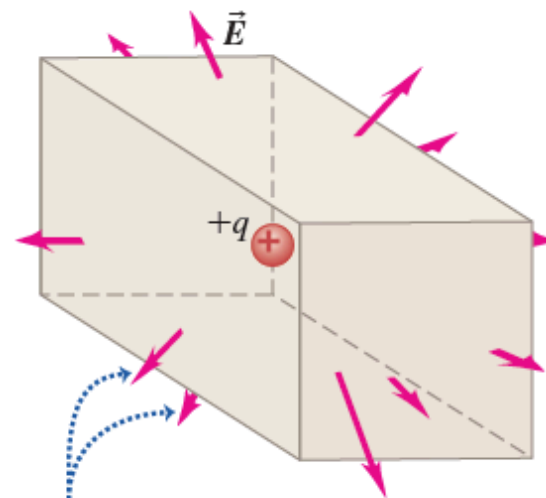
- Podemos observar que o fluxo elétrico depende apenas da carga englobada na superfície fechada



Há um fluxo elétrico de dentro para fora através da superfície.



Quando dobramos o valor da carga englobada, dobramos também o módulo do campo elétrico na superfície, portanto o fluxo elétrico através da superfície é igual ao dobro do fluxo de (a).



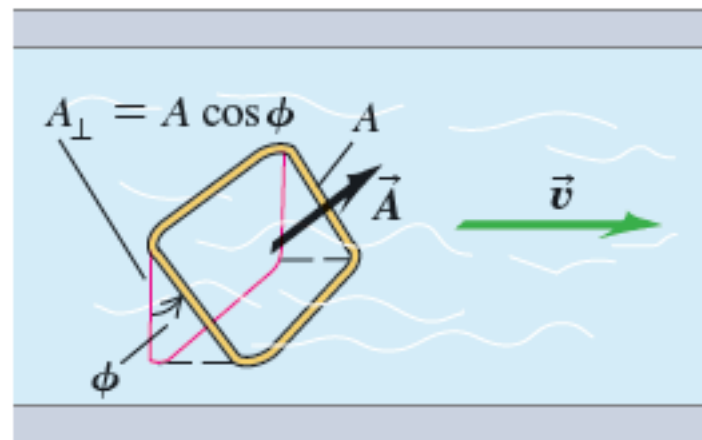
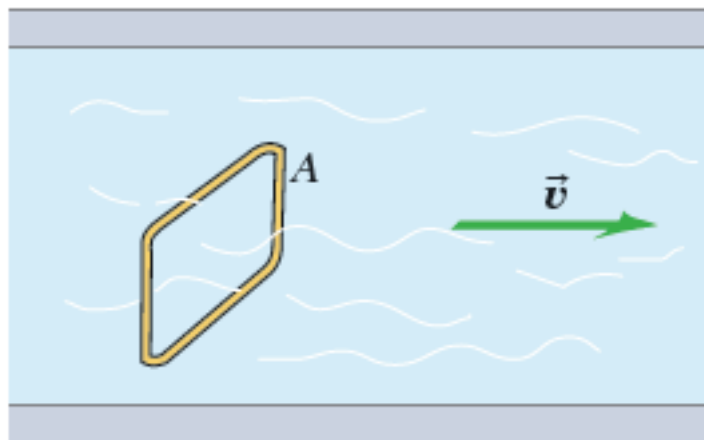
O fluxo elétrico é igual ao fluxo de (a): o módulo do campo elétrico sobre a superfície se reduz a  $\frac{1}{4}$ , porém a área através da qual ele “flui” torna-se 4 vezes maior.

# Conclusões

- O sinal do fluxo elétrico é determinado pelo sinal das cargas no interior da superfície;
- Cargas externas a superfície não contribuem para o fluxo elétrico através dela;
- O fluxo elétrico através da superfície fechada é diretamente proporcional a carga em seu interior.

# Determinação do fluxo elétrico

- A vazão do fluido através da espira será dada por:

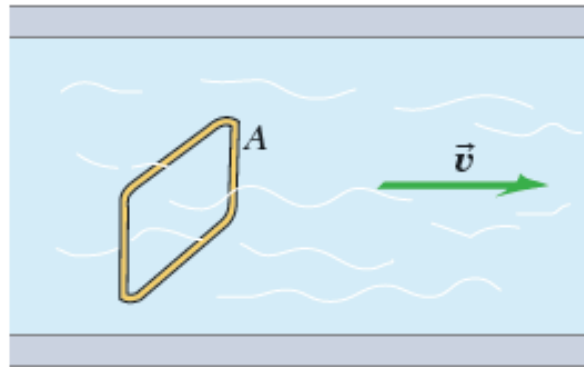


$$\frac{dV}{dt} = vA$$

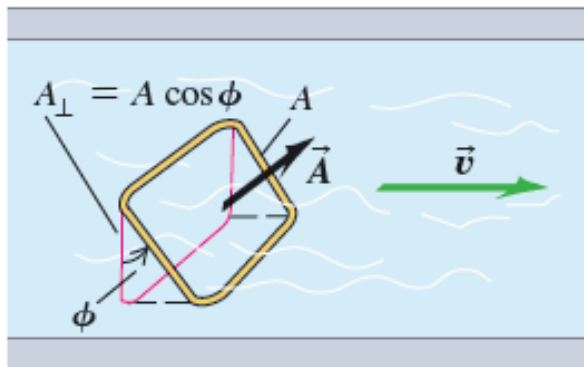


# Determinação do fluxo elétrico

- A vazão do fluido através da espira será dada por:



$$\frac{dV}{dt} = vA$$



$$\frac{dV}{dt} = vA \cos \phi$$

$$\frac{dV}{dt} = \vec{v} \cdot \vec{A}$$

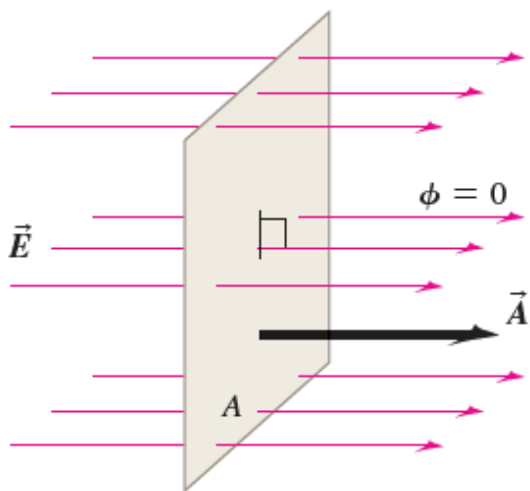
# Fluxo de um campo elétrico uniforme

- Se associarmos a velocidade do fluido ao campo elétrico, podemos escrever:

$$\Phi_E = EA$$

(a) A superfície é frontal ao campo elétrico:

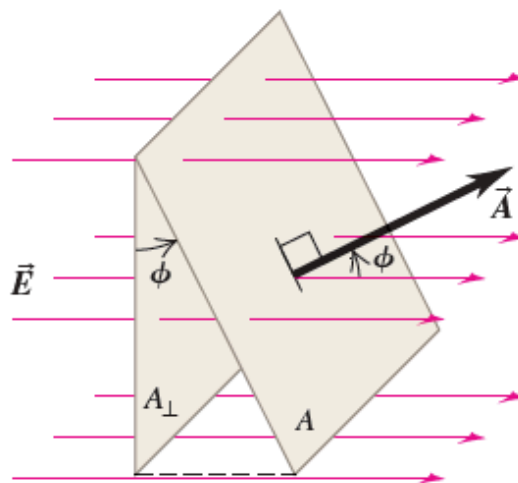
- $\vec{E}$  e  $\vec{A}$  são paralelos (o ângulo entre  $\vec{E}$  e  $\vec{A}$  é  $\phi = 0$ ).
- O fluxo  $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA$ .



$$\Phi_E = EA \cos \phi$$

(b) A superfície está inclinada em relação a uma orientação frontal, formando um ângulo  $\phi$ :

- O ângulo entre  $\vec{E}$  e  $\vec{A}$  é  $\phi$ .
- O fluxo  $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos \phi$ .

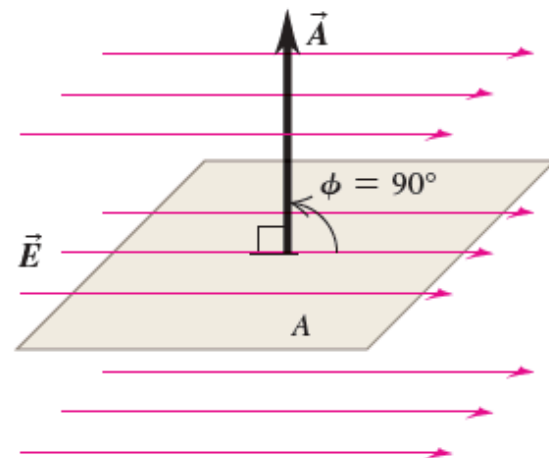


$$\vec{A} = A\hat{n}$$

$$\Phi_E = 0$$

(c) A superfície é lateral ao campo elétrico:

- $\vec{E}$  e  $\vec{A}$  são perpendiculares (o ângulo entre  $\vec{E}$  e  $\vec{A}$  é  $\phi = 90^\circ$ ).
- O fluxo  $\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos 90^\circ = 0$ .



# Fluxo de um campo elétrico uniforme

- Então o fluxo elétrico é dado por:

Fluxo elétrico através de uma superfície

$$\Phi_E = \int E \cos \phi \, dA = \int E_{\perp} \, dA = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

Módulo do campo elétrico  $\vec{E}$

Componente de  $\vec{E}$  perpendicular à superfície

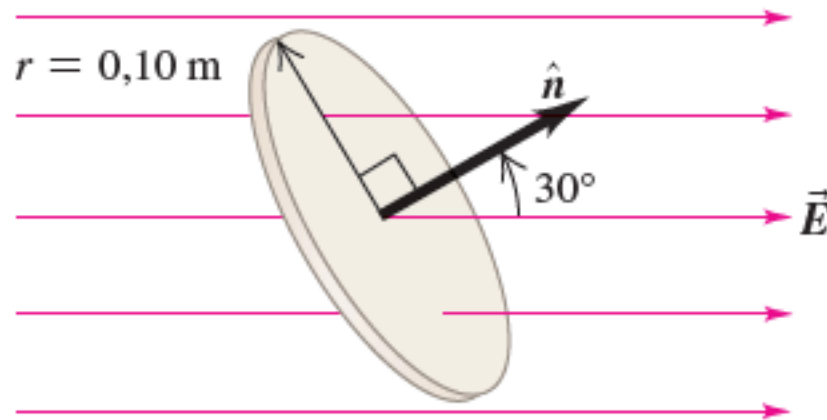
Ângulo entre  $\vec{E}$  e normal à superfície

Elemento da área da superfície

Elemento vetorial da área da superfície

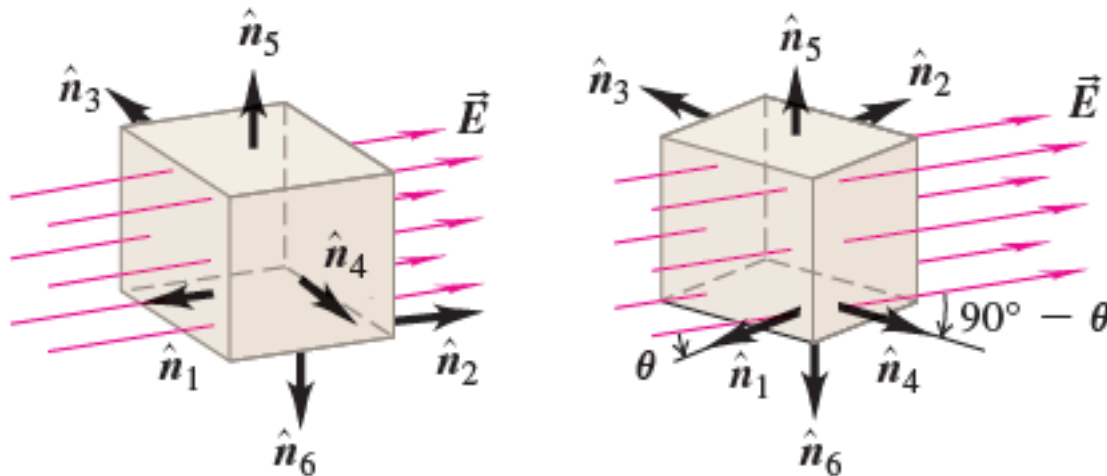
# Exemplo:

- Um disco com raio igual a  $0,10\text{ m}$  está orientado de modo que seu vetor unitário normal forme um ângulo de  $30^\circ$  com um campo elétrico uniforme, cujo módulo é igual a  $2,0 \times 10^3\text{ N/C}$ . (a) Qual é o fluxo elétrico através do disco? (b) Qual é o fluxo elétrico através do disco depois que ele gira, de modo que o vetor normal se torne perpendicular a  $\mathbf{E}$ ? (c) Qual é o fluxo elétrico através do disco quando o vetor normal é paralelo ao vetor  $\mathbf{E}$ ?



# Exemplo:

- Uma superfície fechada imaginária em forma de cubo de lado  $L$  está em uma região onde existe um campo elétrico uniforme  $\vec{E}$ . Determine o fluxo elétrico através de cada face do cubo e o fluxo total através do cubo quando: (a) ele está orientado com duas de suas faces perpendiculares a  $\vec{E}$  e (b) ele sofre um giro de um ângulo  $\theta$  em torno de um eixo vertical.



# Exemplo:

- Uma carga puntiforme positiva  $q = 3,0 \mu\text{C}$  está circundada por uma esfera imaginária de raio igual a  $r = 0,20 \text{ m}$ , centralizada sobre a carga. Calcule o fluxo elétrico resultante através da esfera.

