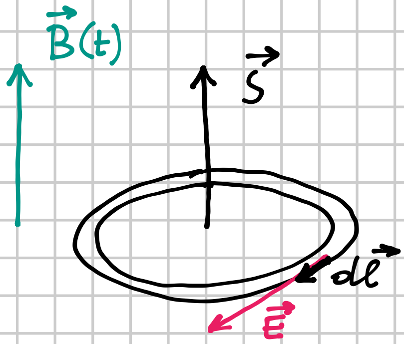
9 ◆◆◆ **ORA PROVA TU** Una spira circolare di raggio 12 cm è concentrica a un solenoide e posta in un piano perpendicolare al suo campo di intensità iniziale pari a $1{,}0 \times 10^{-2}$ T che aumenta nel tempo al ritmo di $1{,}0 \times 10^{-3}$ T/s.

▶ Quanto vale il modulo del campo elettrico indotto lungo la spira?

Suggerimento: puoi scrivere il valore del campo magnetico come funzione del tempo, cioè $B(t) = B_0 + (1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{T/s})\, t$.

$\left[6{,}0 \times 10^{-5}\ \frac{\text{N}}{\text{C}}\right]$



$$B(t) = B_0 + \left(1{,}0 \times 10^{-3}\ \frac{T}{s}\right) t$$

$$\Gamma_{\mathcal{L}}(\vec{E}) = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Phi(\vec{B}) = B(t) \cdot S$$

$$\Phi'(\vec{B}) = S \cdot B'(t) = $$
$$= S\left(1{,}0 \times 10^{-3}\ \frac{T}{s}\right)$$

$$\oint_{\mathcal{L}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -S\left(1{,}0 \times 10^{-3}\ \frac{T}{s}\right)$$

$$\oint_{\mathcal{L}} E\, dl = -S\left(1{,}0 \times 10^{-3}\ \frac{T}{s}\right)$$

$$E \underbrace{\oint_{\mathcal{L}} dl}_{2\pi r \,=\, \text{lunghezza della spira}} = -\pi r^2 \left(1{,}0 \times 10^{-3}\ \frac{T}{s}\right)$$

PRENDO IL MODULO

$$E\, 2\cancel{\pi}\cancel{r} = \cancel{\pi} r^{\cancel{2}} \left(1{,}0 \times 10^{-3}\ \frac{T}{s}\right)$$

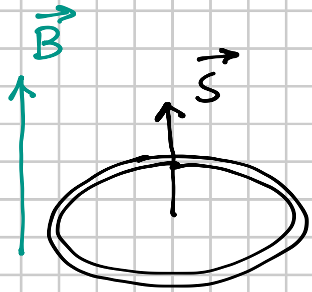
$$E = \frac{r}{2}\left(1{,}0 \times 10^{-3}\ \frac{T}{s}\right) = \left(6{,}0 \times 10^{-2}\ m\right)\left(1{,}0 \times 10^{-3}\ \frac{T}{s}\right) =$$

$$= \boxed{6{,}0 \times 10^{-5}\ \frac{N}{C}}$$

7 ◆◆◆ Una spira circolare di raggio 12 cm è immersa in un campo magnetico uniforme di intensità $B_1 = 1{,}2 \times 10^{-6}$ T perpendicolare alla sua superficie. Il modulo del campo magnetico viene progressivamente aumentato fino al valore di $B_f = 8{,}4 \times 10^{-6}$ T e nel processo viene indotto nella spira un campo elettrico con modulo di valore medio $2{,}2 \times 10^{-8}$ N/C.

- In quale intervallo di tempo è avvenuta la variazione di intensità del campo magnetico per ottenere questo campo elettrico medio?

[$\Delta t = 20$ s]



$$\Gamma_{\gamma}(\vec{E}_m) = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

CAMPO ELETTRICO MEDIO

IN MODULO

$$\oint \vec{E}_m \cdot d\vec{l} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\oint E_m \, dl = \frac{\Phi_{finale} - \Phi_{iniziale}}{\Delta t} = \frac{B_f \cdot S - B_i \cdot S}{\Delta t} = \frac{S(B_f - B_i)}{\Delta t}$$

$$E_m \underbrace{\oint dl}_{2\pi r} = \frac{S(B_f - B_i)}{\Delta t}$$

$$E_m \cdot 2\cancel{\pi}\cancel{r} = \frac{\cancel{\pi} r^{\cancel{2}}(B_f - B_i)}{\Delta t}$$

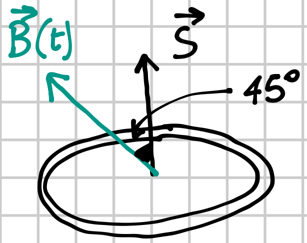
$$\Delta t = \frac{r(B_f - B_i)}{2E_m} = \frac{(\overset{6}{\cancel{12}} \times \cancel{10^{-2}}\ m)[(8{,}4 - 1{,}2) \times \cancel{10^{-6}}\ T]}{\cancel{2}(2{,}2 \times \cancel{10^{-8}}\ \frac{N}{C})} =$$

$$= 19{,}63\ldots\ s \simeq \boxed{20\ s}$$

10 ◆◆◆ **CON LE DERIVATE** Una spira circolare si trova immersa in un campo magnetico uniforme inclinato di 45° rispetto al suo asse. La spira ha un raggio di $7{,}4 \times 10^{-4}$ m e il modulo del campo magnetico varia secondo la legge $B(t) = b_0 t^2$ con $b_0 = 5{,}0 \times 10^{-6}\ \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}^2}$.

- Determina il modulo della circuitazione del campo elettrico al variare del tempo lungo un cammino che coincide con la spira circolare.
- Determina il modulo del campo elettrico indotto all'istante $t = 2{,}0$ s.

$$\left[\left(1{,}2 \times 10^{-11}\,\frac{m^2 T}{s^2}\right)t;\ 5{,}2 \times 10^{-9}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}\right]$$



$$B(t) = b_0 t^2$$

$$\left|\Gamma_\mathcal{L}(\vec{E})\right| = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$$

$$\Downarrow$$

$$\Phi(\vec{B}) = \vec{B}(t) \cdot \vec{S} =$$

$$= B(t) \cdot \pi r^2 \cdot \cos 45° =$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2}\pi r^2 B(t)$$

$$\Gamma_\mathcal{L}(\vec{E}) = \frac{\sqrt{2}}{2}\pi r^2 B'(t) = \frac{\sqrt{2}}{\cancel{2}}\pi r^2\, \cancel{2}\, b_0 t =$$

$$= \sqrt{2}\,\pi\left(7{,}4 \times 10^{-4}\,\mathrm{m}\right)^2\left(5{,}0 \times 10^{-6}\,\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}^2}\right)t = \left(1216{,}4 \times 10^{-14}\,\frac{\mathrm{T}\cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right)t \simeq$$

$$\simeq \left(1{,}2 \times 10^{-11}\,\frac{\mathrm{T}\cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right)t$$

$t = 2{,}0\,\mathrm{s}$

$$\oint_\mathcal{L} E\,dl = \left(1{,}2164\ldots \times 10^{-11}\,\frac{\mathrm{T}\cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right)(2{,}0\,\mathrm{s})$$

$$E\underbrace{\oint_\mathcal{L} dl}_{2\pi r} = \ldots.$$

$$E = \frac{\left(1{,}2164\ldots \times 10^{-11}\,\frac{\mathrm{T}\cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right)(\cancel{2}{,}0\,\mathrm{s})}{\cancel{2}\pi\left(7{,}4 \times 10^{-4}\,\mathrm{m}\right)} = 0{,}0523\ldots \times 10^{-7}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$$

$$\simeq \boxed{5{,}2 \times 10^{-9}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}}$$