

## Lezione 50 – 11/06/20

### Quesiti ed esercizi di Elettromagnetismo

#### Domanda N. 1

Una spira conduttrice piana quasi chiusa è soggetta ad un campo di induzione  $\mathbf{B}(t)$  ortogonale alla superficie della spira, con componente  $B(t) = 100 t \text{ T}$  rispetto al versore normale  $\mathbf{n}$  e  $t$  variabile temporale. La spira è orientata dal versore tangente  $\mathbf{t}$  che è associato al versore  $\mathbf{n}$  dalla regola destrogira. L'andamento temporale della tensione  $v(t)$  ai capi della spira è:

- Costante nel tempo
- Decrescente nel tempo
- Crescente nel tempo
- Sinusoidale nel tempo
- nessuna delle precedenti affermazioni è giusta

#### Domanda N. 2

Quanto vale il coefficiente di autoinduzione di un avvolgimento toroidale snello di raggio medio  $r_m = 10 \text{ cm}$ , sezione  $S = 2 \text{ cm}^2$  e numero di spire  $N = 200$  avvolto attorno ad un mezzo di permeabilità relativa costante e pari a  $\mu_r = 2$ .

- $L = 32 \text{ } \mu\text{H}$
- $L = 16 \text{ } \mu\text{H}$
- $L = 32 \text{ nH}$
- $L = 3,2 \text{ } \mu\text{H}$
- nessuna delle precedenti affermazioni è giusta

#### Domanda N. 3

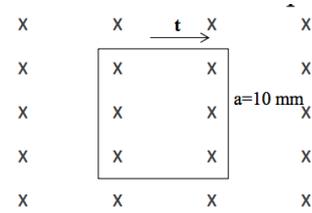
Si consideri un circuito magnetico costituito da materiale ferromagnetico in cui l'induzione magnetica varia con legge sinusoidale (ampiezza  $B_M$ , frequenza  $f$ ). La densità di potenza mediamente dissipata per isteresi è:

- $\rho = \eta f^\alpha / B_M$  ove  $\eta$  è una costante che dipende dal materiale ed  $\alpha$  è una costante che dipende da  $B_M$
- $\rho = \eta B_M^2 / f^\alpha$  ove  $\eta$  è una costante che dipende dal materiale ed  $\alpha$  è una costante che dipende da  $B_M$
- $\rho = \eta f B_M^\alpha$  ove  $\eta$  è una costante che dipende dal materiale ed  $\alpha$  è una costante che dipende da  $B_M$
- $\rho = \eta f^\alpha B_M$  ove  $\eta$  è una costante che dipende dal materiale ed  $\alpha$  è una costante che dipende da  $B_M$
- nessuna delle precedenti affermazioni è giusta

**Domanda N. 4**

Quanto vale la circuitazione del vettore  $\mathbf{H}$  lungo il perimetro del quadrato di lato  $a = 10 \text{ mm}$  orientato secondo il versore  $\hat{\mathbf{t}}$  sapendo che tale percorso è immerso in un campo di corrente uniforme e costante nel tempo con modulo  $J = 10 \text{ A/mm}^2$  e direzione e verso indicati in figura?

- circuitazione = 10 A
- circuitazione = 1000 A
- circuitazione = -10 A
- circuitazione = -1000 A
- nessuna delle precedenti affermazioni è giusta



**Domanda N. 5**

In un condensatore piano tra le armature, che distano 4 mm, è interposto un dielettrico con rigidità dielettrica 50 kV/cm. La tensione minima di perforazione è:

- $V = 20 \text{ kV}$
- $V = 40 \text{ kV}$
- $V = 200 \text{ kV}$
- $V = 400 \text{ kV}$
- nessuna delle precedenti affermazioni è corretta

**Domanda N. 6**

Un solenoide rettilineo di 2000 spire è avvolto su un supporto cilindrico lungo 20 cm e con sezione di  $3 \text{ cm}^2$ , realizzato con un materiale avente permeabilità magnetica uniforme uguale a  $6 \cdot 10^{-4} \text{ H/m}$ . Applicando l'ipotesi di solenoide molto lungo, l'induttanza vale:

- $L = 0,36 \text{ H}$
- $L = 0,72 \text{ H}$
- $L = 3,6 \text{ H}$
- $L = 36 \text{ H}$
- nessuna delle affermazioni precedenti è corretta

**Domanda N. 7**

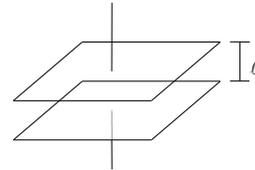
Relativamente alla legge di continuità del campo di corrente  $\mathbf{J}$ , quale affermazione è corretta?

- La divergenza del vettore  $\mathbf{J}$  è pari all'opposto della derivata temporale della carica libera
- Il campo di corrente è sempre solenoidale
- Il flusso del vettore  $\mathbf{J}$  attraverso una superficie chiusa  $S$  è pari all'opposto della derivata temporale della carica libera contenuta nel volume orlato dalla superficie  $S$
- La divergenza del vettore  $\mathbf{J}$  è pari, punto per punto, alla derivata temporale della densità di carica libera
- nessuna delle precedenti risposte è esatta

**Domanda N. 8**

Tra le armature del condensatore piano di figura ( $\ell=1\text{ cm}$ ,  $S=10\text{ cm}^2$ ) è interposto un materiale con rigidità dielettrica:  $E_r=20\text{ kV/cm}$ . Sapendo che alle armature è applicata una tensione costante  $V=10\text{ kV}$ , quale affermazione è corretta

- Il campo elettrico tra le armature supera la rigidità dielettrica  $E_r$
- Il campo elettrico tra le armature è inferiore alla rigidità dielettrica  $E_r$
- Il campo elettrico non è calcolabile perché non è nota la costante dielettrica  $\epsilon$
- La capacità  $C$  è proporzionale alla rigidità dielettrica
- Nessuna delle precedenti risposte è esatta

**Domanda N. 9**

La relazione  $\oint_{\ell_c} \mathbf{H} \cdot d\boldsymbol{\ell} = i_c$ , dove  $\ell_c$  è una linea chiusa orientata da  $\mathbf{t}$ ,  $\mathbf{H}$  il campo magnetico,  $i_c$  la corrente concatenata con  $\ell_c$ , esprime:

- La legge di Lenz
- La legge di circuitazione o di Ampere
- La legge di Faraday-Neumann
- La seconda equazione di Maxwell
- Nessuna delle leggi precedenti

### Domanda N. 10

Un conduttore di sezione circolare (raggio  $a=1$  mm, lunghezza  $L=1$  m, resistività  $\rho = 0,02 \mu\Omega\text{m}$ , permeabilità  $\mu=\mu_0$ ) è percorso da una corrente sinusoidale  $i(t) = I_M \sin \omega t$ . Quale delle seguenti affermazioni è corretta:

- La corrente si distribuisce uniformemente sulla sezione del conduttore, indipendentemente dalla frequenza
- La corrente tende a distribuirsi al centro della sezione del conduttore al crescere della frequenza
- La corrente tende a distribuirsi in superficie ("effetto pelle") al crescere della frequenza
- La corrente si distribuisce solo sulla superficie esterna del conduttore ("effetto pelle") per frequenze basse
- Nessuna delle precedenti

### Domanda N. 11

In una spira conduttrice piana agisce un campo di induzione magnetica uniforme  $\mathbf{B}(t)$ . Il prodotto interno tra versore  $\mathbf{n}$  normale alla superficie orlata dalla spira e  $\mathbf{B}(t)$  è  $B(t) = 100 t$  T, ove  $t$  è il tempo. Che andamento temporale ha la fem  $e(t)$  indotta nella spira, se questa è orientata dal versore tangente  $\mathbf{t}$  associato a  $\mathbf{n}$  dalla regola della vite destrorsa:

- Costante nel tempo e positiva
- Decrescente nel tempo
- Crescente nel tempo
- Costante nel tempo e negativa
- nessuna delle precedenti affermazioni è giusta

### Domanda N. 12

Quanto vale l'induttanza (approssimata alla terza cifra significativa) di un solenoide di sezione  $S=10 \text{ cm}^2$ , lunghezza  $\ell=80$  cm numero di spire  $N=3000$  con interposto un mezzo di permeabilità relativa uniforme pari a  $\mu_r=2$ , assumendo l'ipotesi di solenoide infinitamente lungo?

- 22,5  $\mu\text{H}$
- 28,3 mH
- 283  $\mu\text{H}$
- 22,5 kH
- Nessuna delle precedenti risposte è esatta

**Domanda N. 13**

Quali delle seguenti affermazioni relative al coefficiente di accoppiamento tra due avvolgimenti accoppiati è corretta?

- Il coefficiente di accoppiamento si misura in H (henry)
- Il coefficiente di accoppiamento è maggiore di 1 se i due avvolgimenti amplificano le tensioni
- Il coefficiente di accoppiamento non può mai essere negativo
- Il coefficiente di accoppiamento indica quante linee di flusso prodotte da un avvolgimento si concatenano con l'altro e viceversa
- Nessuna delle precedenti

## Lezione 50 – 11/06/20

### Risposte

#### Domanda N. 1

L. Faraday-Neumann 
$$e_{\ell_c}(t) = -\frac{d\varphi_c(t)}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} dS = -\frac{d}{dt} BS = -\frac{dB}{dt} S = -100S$$

#### Domanda 2

$$L = \frac{\mu S N^2}{2\pi r_m} = \frac{\mu_r \mu_o S N^2}{2\pi r_m} = \frac{24\pi \times 10^{-7} 2 \times 10^{-4} 200^2}{2\pi 10^{-1}} = \frac{4 \times 10^{-7} 2 \times 10^{-4} 4 \times 10^4}{10^{-1}} = 32 \times 10^{-6}$$

#### Domanda 3

Formula di Steinmetz 
$$\mathcal{L}_{ist} = \eta B_M^\alpha \quad \alpha = 1,6 - 2 \quad P_{ist} = f \mathcal{L}_{ist} = \eta f B_M^\alpha$$

#### Domanda 4

L. di Ampère 
$$\oint_{\ell_c} \mathbf{H} \cdot \mathbf{t} d\ell = i = +JS = +10 \cdot 10^2 = 1000 \text{ (n.b.: } \mathbf{n} \text{ e } \mathbf{t} \text{ associati da regola destrogira)}$$

#### Domanda 5

Rigidità dielettrica = modulo del campo elettrico massimo applicabile senza scarica  $E_r = 50 \text{ kV/cm}$

→ tensione massima 
$$V = E\ell = 50 \cdot 0,4 = 20 \text{ kV}$$

#### Domanda 6

$$L = \frac{\mu S N^2}{\ell} = \frac{6 \times 10^{-4} 3 \times 10^{-4} 2000^2}{2 \times 10^{-1}} = \frac{6 \times 10^{-4} 3 \times 10^{-4} 4 \times 10^6}{2 \times 10^{-1}} = 36 \times 10^{-1}$$

#### Domanda N. 7

$$i = -\frac{dq}{dt} \quad \text{div } \mathbf{J} = -\frac{\partial \rho_c}{\partial t}$$

**Domanda 8**

$$E = \frac{V}{\ell} = \frac{10}{1} = 10 \text{ kV/cm}$$

Rigidità dielettrica = modulo del campo elettrico massimo applicabile senza scarica  $E_r=20 \text{ kV/cm}$

$$\rightarrow E = 10 < 20 = E_r$$

**Domanda 9****Domanda 10****Domanda N. 11**

L. Faraday-Neumann 
$$e_{lc}(t) = -\frac{d\varphi_c(t)}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} dS = -\frac{d}{dt} BS = -\frac{dB}{dt} S = -100S$$

**Domanda 12**

$$L = \frac{\mu SN^2}{\ell} = \frac{\mu_r \mu_o SN^2}{\ell} = \frac{24\pi 10^{-7} 10^{-3} 3000^2}{8 \times 10^{-1}} = \frac{\pi 10^{-7} 10^{-3} 9 \cdot 10^6}{10^{-1}} = 9\pi 10^{-3} = 28,27 10^{-3}$$

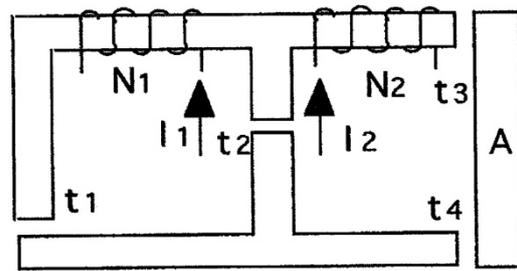
**Domanda 13**

### 3) ESERCIZIO DI CIRCUITI MAGNETICI

Il circuito magnetico è costituito da un materiale di permeabilità magnetica infinita, è immerso in aria, ed ha sezione  $S$  costante anche nei traferri di spessore  $t_1, t_2, t_3, t_4$ .

Determinare:

- Il coefficiente di mutua induzione tra i due avvolgimenti:  $M_{12}$
- L'energia complessivamente immagazzinata nel circuito magnetico  $W$
- La forza totale  $F$  esercitata sull'ancora  $A$



$$S = 318,3 \text{ cm}^2$$

$$t_1 = 2 \text{ mm}$$

$$t_2 = 2 \text{ mm}$$

$$t_3 = 1 \text{ mm}$$

$$t_4 = 1 \text{ mm}$$

$$N_1 = 1200$$

$$I_1 = 800 \text{ mA}$$

$$N_2 = 1400$$

$$I_2 = 600 \text{ mA}$$

Risultati

$$M_{12} = -11,2 \text{ H}$$

$$W = 5,47 \text{ J}$$

$$F = 576 \text{ N}$$