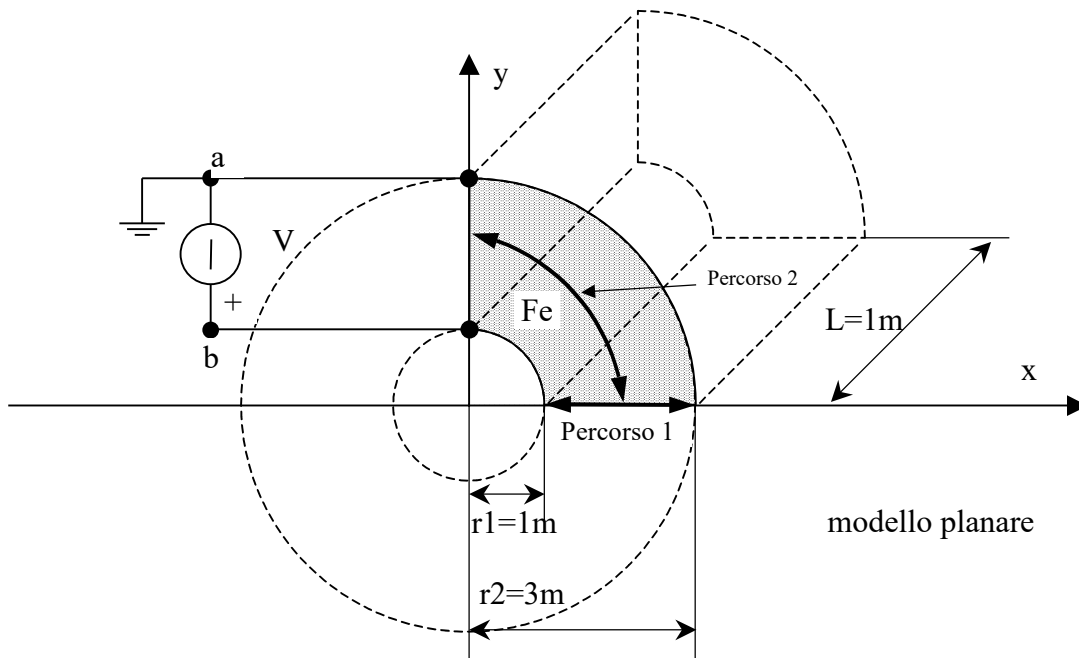


Esercitazione 2

Analisi 2D di campo di corrente

Conduttore cavo



Eseguire l'analisi del campo di corrente tra le due superfici cilindriche con le seguenti caratteristiche:

- **Materiali:** $\rho_{Fe} = 0.1 \cdot 10^{-6} \Omega m$
- **Forzanti:** potenziale $V = 1 V$
- **Condizioni al contorno:** superfici a $x=0$ e $y=0 \rightarrow$ densità di corrente ortogonale nulla (Neumann)

considerare come volume la superficie del conduttore per una profondità unitaria di 1 metro

- visualizzare le linee equipotenziali e le linee di flusso
- determinare il valore minimo e massimo della densità di corrente
- calcolare il valore della corrente come flusso della densità di corrente sulle superficie per $R=r_1$ e $R=r_2$
- calcolare la resistenza R_{ab} usando la legge di Ohm
- calcolare la potenza dissipata per effetto Joule nel resistore.
- ricavare la resistenza R_{ab} dalla potenza dissipata per effetto Joule.

verificare analiticamente i valori riportati nella seguente tabella

J [A/m ²]	I [A]	R _{ab} [Ω] Legge di Ohm	P _{diss} [W]	R _{ab} [Ω] Legge di Joule


IMPOSTAZIONE DEL MODEL WIZARD


Scelta del dominio


- Selezionare la dimensione della regione per lo studio del campo → **Space dimension: 2D**

Scelta del modello fisico

Si hanno 3 opzioni:

Electric Currents Interface "EC" () calcola campi elettrici, correnti e distribuzioni di potenziale elettrico nei conduttori ideali, nei casi in cui gli effetti induttivi sono trascurabili. Questa interfaccia fisica si basa sulla legge di Ohm, risolve l'equazione di conservazione della corrente e il potenziale elettrico scalare è la variabile dipendente.

Electric Currents Shell Interface "ECS" () è disponibile in 2D, 2D assialsimmetrico, e geometrie 3D. È utilizzato per modellare DC, AC, e transitorio. IL flusso di corrente elettrica è limitato a involucri sottili di conduttori elettrici conduttivi e capacitivi di spessore fisso o variabile.

Electric Circuit Interface CIR () valutare correnti e tensioni in circuiti prendendo in considerazione generatori di tensione e corrente, resistenze, condensatori, induttori e dispositivi basati su semiconduttori. Modelli creati con l'interfaccia Circuito Elettrico possono includere collegamenti a modelli di campo distribuiti. L'interfaccia fisica supporta modellazioni stazionarie, nel dominio del tempo e nel dominio delle frequenze e risolve le leggi di Kirchhoff,

- Selezionare **AC/DC module** → **Electric Currents (ec)**, Cliccare su **OK**. Cliccare sul tasto **Study** per entrare nella finestra grafica **Select Study**

Scelta del tipo di analisi

- Nella sottosezione **Preset Studies** selezionare → **Stationary**, Click **Done** per aggiungere lo Studio selezionato e la Fisica e concludere questa prima fase delle impostazioni (Add Select Study and Physics and finish) e accedere alla finestra grafica successiva.

PREPROCESSING

Disegno della geometria

Compare la finestra grafica **Geometry** per modellare la geometria del conduttore. Per disegnare il conduttore usare la draw toolbar che compare cliccando il tasto destro.

- selezionare **circle**, si apre la finestra di setting attraverso la quale si devono disegnare 2 settori circolari di 90 °, di 3 e 1 m di raggio (è conveniente costruire per primo il settore con il raggio più grande)
Per modificare le caratteristiche di un oggetto: cliccare sopra l'oggetto per evidenziarlo e compare la finestra di setting.
- Sempre dalla **Geometry** → boolean and partition → **Difference** per sottrarre il settore di raggio 1 dal settore di raggio 3.
- **Build all**
- **Form union**

Assegnazione dei materiali

- Definite un materiale nuovo, inserire la conducibilità come assegnato nel testo e date alla permittività il valore 1.

Definizione delle sorgenti e delle condizioni al contorno

Quando si usa il modulo Electric current, sotto il ramo **Electric current** vengono aggiunti i seguenti nodi di default al **Model Builder**:

- **Current conservation:** $\nabla \cdot J = 0$ la soluzione viene calcolata solo all'interno del conduttore. Le linee di campo di J fuori dal solido non vengono calcolate, perché l'esterno è un isolante perfetto.
- **Electric insulation:** la componente normale di J dei bordi lungo $x=0$ e $y=0$ è nulla. Questo forza la J, quindi anche la corrente, ad essere tangente ai due bordi. Questa condizione permette di simulare l'interfaccia tra un materiale conduttore e uno non conduttore attraverso le quali non ci sarà alcun flusso di corrente. In questo modo stiamo imponendo che la regione all'esterno del componente ha conducibilità nulla, e in questo modo verrà automaticamente esclusa dalla soluzione.
- **Initial Values:** non influenzano questo tipo di problema lineare e stazionario, quindi non sono necessari cambiamenti nelle impostazioni di default

Cliccare con il tasto destro su **Electric current** per aggiungere altre caratteristiche che implementino per esempio le *condizioni al contorno o le sorgenti*.

- scegliere **Ground** per applicare la condizione al contorno potenziale nullo al contorno esterno conduttore (riferimento a massa). Selezionare **Electric Potential** tra le opzioni per applicare la tensione di 1V al contorno interno del conduttore. Con queste condizioni assegniamo il valore potenziale a 2 contorni, condizione di Dirichlet.

Con *Electric insulation* abbiamo assegnato le condizioni di Neumann su 2 lati del contorno ($x=0$ e $y=0$). Con *Ground* e *Electric Potential* abbiamo assegnato il valore di V agli altri 2 contorni. Stiamo studiando il problema come un *problema misto*.

Generazione della mesh.

- Fate da soli

SOLVER

- Fate da soli

POSTPROCESSING

a) Visualizzare le linee equipotenziali e delle linee di flusso (fate da soli)

b) Determinare delle densità di corrente massima

- **RESULTS** → **2D Plot Group** → **More Plots** → **MAX/MIN Surface**, nel **setting box** da **expression** scegliere **Current and Charge** → **Current density** → **current density norm**

(*ec.normJ [A/m²]*). I valori massimo e minimo della densità di corrente saranno automaticamente riportati in corrispondenza dei relativi punti, nella finestra grafica e nella tabella.

c) Determinare la corrente come flusso della densità di corrente: $\int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} = I$

- **Results → Derived values → linear Integration.** Nell'albero compare un nuovo nodo **LinearIntegration**. Selezionare manualmente l'elemento sul quale si vuole calcolare l'integrale di linea (arco relativo al raggio 1m). Dal menu expression → **Corrente and Charge → normal current density** per ottenere la corrente dobbiamo moltiplicare per la profondità del conduttore che assumiamo essere 1m, e per ottenere l'intera circonferenza dobbiamo **moltiplicare per 4** (*ec.nJ [A/m] *4*1[m]*). Normal current density fornisce anche il segno della corrente, se usiamo la funzione current density normal otteniamo invece il modulo (*emdc.normJ *4*1[m]*)
- ripetere il procedimento selezionando l'arco relativo al raggio di 3 m
- verificare analiticamente i valori ottenuti

d) Determinare il campo elettrico a distanza $r=3m$ e $r=1m$ (*vedere esercitazioni di elettrostatica: definire due punti e poi valutare il campo in quei punti*), e verificare analiticamente i valori ottenuti attraverso dalla legge di Ohm in forma locale

e) Determinare la resistenza elettrica dalla legge di Ohm e verificare analiticamente il valore ottenuto (usare l'espressione che permette di determinare R in funzione del materiale e della geometria)

f) Calcolo della Potenza dissipata per effetto joule $W = \int_V w \, dv = \int \rho J^2 \, dv$

- **Results → Derived values → Surface Integration.** Nell'albero compare un nuovo nodo **Surface Integration**. Selezionare manualmente il conduttore, **expression → Component 1 → Electric current → Heating and Losses → Resistive losses** → moltiplicare per 4 e per 1[m] di profondità per ottenere la Potenza dissipata in [W] (*ec.Qrh*4 *1[m]*).
- Oppure, visto che il conduttore è ideale è puramente resistivo, quindi non ci sono potenze di altra natura in gioco, da **Heating and Losses** si può selezionare **Total power dissipation density**, moltiplicare $4*1[m]$ per ottenere la Potenza dissipata in W, (*ec.Qh *4 *1[m]*)

g) Calcolare la resistenza elettrica dalla potenza dissipata