## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
## FACOLTÀ DI INGEGNERIA

### *Laurea in Ingegneria - Settori Energia e Informazione*

*III Appello per i corsi di Fisica - II anno – 30 Giugno 2011*

**Cognome** ____________________ **Nome** ________________________ **Matricola** ______________

***DOCENTE***____________________ ***Energetica*** ☐ ***Biomedica*** ☐ ***DM 270*** ☐

***Elettronica*** ☐ ***Informazione*** ☐ ***Informatica*** ☐ ***DM509*** ☐

**Problema 1**

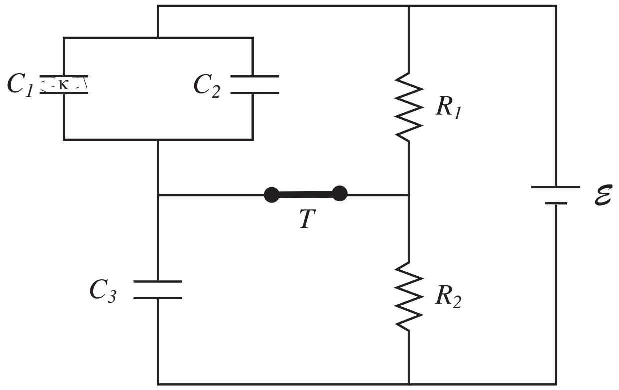
Nel circuito di figura (a) i **resistori h**anno valori tali che $R_1 / R_2 = 2$ e i **condensatori** piani hanno tutti **capacità a vuoto** $C = 20\text{pF}$ , con le armature distanti $d = 5\text{mm}$; il condensatore $C_1$ è completamente riempito di un materiale isolante avente **costante dielettrica relativa** $\kappa = 3$. A regime, con il tasto $T$ chiuso, il generatore fornisce una forza elettromotrice tale che il **campo elettrostatico** all'interno di $C_1$ valga $E_1 = 2\text{kV/m}$. Calcolare:

1) il **campo elettrostatico** all'interno di $C_3$ $E_3$
2) la **forza elettromotrice** del generatore $\mathcal{E}$
3) la **carica di polarizzazione** sulle superficie del dielettrico in $C_1$ $q_{1p}$

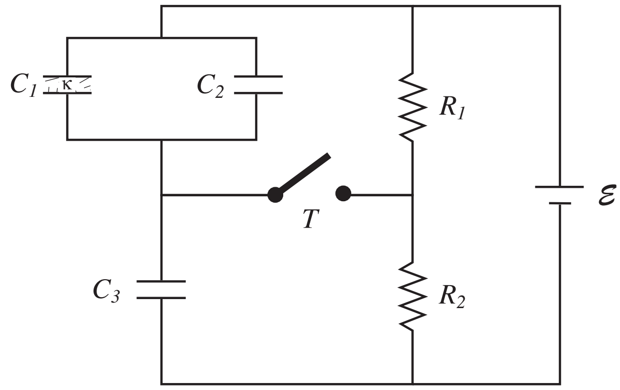
**Solo per i corsi di Ingegneria informatica (DM270 e DM509), Elettronica (DM509), Biomedica (DM509) e Ingegneria dell'energia (DM509)**

Il tasto $T$ viene aperto, figura (b), e il sistema assume una nuova condizione di equilibrio elettrostatico. Calcolare:

4) la **variazione di carica** erogata dal generatore $\Delta q$




(*a*)




(*b*)

Il gruppo dei condensatori è un parallelo fra $C_1$ e $C_2$ a sua volta in serie con $C_3$. Tale gruppo non è però isolato a causa della presenza del ramo con l'interruttore. Quest'ultimo obbliga, nella condizione di regime, la differenza di potenziale ai capi dei condensatori a soddisfare alla condizione di corrente stazionaria dettata dalla legge di Ohm nella maglia con il generatore. Si modifica pertanto l'equilibrio delle cariche ai capi dei condensatori rispetto alla condizione di.isolamento (vedi domanda 4).

1).Poichè la distanza fra le armature è la stessa

$$\frac{E_1}{E_3} = \frac{V_1}{V_3}$$

Inoltre le differenza di potenziale ai capi di $C_1$ e $C_3$ sono istante per istante

$$V_1 = R_1 i \quad e \quad V_3 = R_2 i$$

Per cui

$$\frac{E_1}{E_3} = \frac{V_1}{V_3} = \frac{R_1}{R_2} = 2 \quad \Rightarrow \quad E_3 = 0.5 E_1 = 1\frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

2) La forza elettromotrice è quindi ottenibile da

$$\begin{cases} V_1 = V_2 = E_1 d = 10\text{V} \\ V_3 = E_3 d = 5\text{V} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \mathcal{E} = V_1 + V_3 = 15\text{V}$$

3) La carica di libera sulle armature di $C_1$ è

$$q_1 = \kappa C V_1 = 0.6\text{nC}$$

per cui quella di polarizzazione è

$$q_{1p} = \frac{\kappa - 1}{\kappa} q_1 = 0.4\text{nC}$$

4) Aprendo l'interruttore si ripristina la condizione di isolamento del gruppo dei condensatori ai cui capi si ha la differenza di potenziale erogata dal generatore. La presenza delle resistenze non influisce quindi più in alcun modo sulla distribuzione di carica sulle armature dei condensatori.

La carica libera sulle armature di $C_2$ e $C_3$ è

$$q_2 = CV_2 = 0.2\text{nC} \quad e \quad q_3 = CV_3 = 0.1\text{nC}$$

per cui la carica inizialmente presente sulle armature è

$$q_{in} = q_1 + q_2 + q_3 = 1\text{nC}$$

La capacità equivalente del circuito è

$$\frac{1}{C_{eq}^b} = \frac{1}{(1+\kappa)C} + \frac{1}{C} = \frac{\kappa+2}{\kappa+1}\frac{1}{C} \quad \Rightarrow \quad C_{eq}^b = \frac{\kappa+1}{\kappa+2} C = 16\text{pF}$$

e quindi la carica finale è

$$q_{\text{fin}} = C_{eq}^b \mathcal{E} = 0.24\text{nC}$$

La variazione di carica erogata dal generatore è infine

$$\Delta q = q_{fin} - q_{in} = -0.66\text{nC}$$

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
# FACOLTÀ DI INGEGNERIA

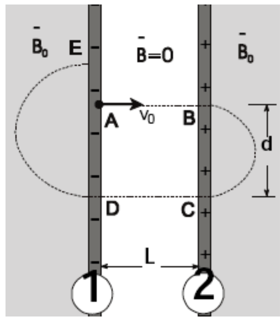
## *Laurea in Ingegneria - Settori Energia e Informazione*

*III Appello per i corsi di Fisica - II anno – 30 Giugno 2011*

**Solo per i corsi di Ingegneria informatica (DM270 e DM509), Elettronica (DM509 e DM270), Biomedica (DM509 e DM270), Ingegneria dell'energia (DM509) e Ingegneria dell'Informazione (DM509 e DM270**

**Problema 2**

I due piani carichi di figura, distanti $L$ = 1.00 cm sono mantenuti a una differenza di potenziale $V_2 – V_1 = 1.20\times10^3$V. Nella zona a *sinistra* del piano 1 e a *destra* del piano 2 esiste un campo magnetico $B_0$ uniforme uscente dal foglio. Un protone ($e/m = 10^8$ C/kg) viene lanciato orizzontalmente dal piano 1 con velocità $v_0 = 10^6$ m/s, descrivendo la traiettoria di figura. Si determini:




1) la velocità con la quale raggiunge il piano 2 $\quad v_B$
2) il modulo del campo magnetico se il protone attraversa per la seconda volta il piano 2 fino al punto C ad una distanza $d$ = 2.00 cm al di sotto del punto B $\quad B_0$

**Solo per i corsi di Ingegneria informatica (DM270 e DM509), Elettronica (DM509), Biomedica (DM509) e Ingegneria dell'energia (DM509)**

3) il raggio di curvatura della traiettoria del protone, nella zona di campo magnetico a sinistra del piano 1 $\quad r_1$
4) il tempo per percorrere la traiettoria ABCDE $\quad t$

1) Utilizzando la legge di conservazione dell'energia

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -(eV_2 - eV_1)$$

$$v_B = \sqrt{v_0^2 - 2\frac{e}{m}(V_2 - V_1)} = 8.72\times10^5 m/s$$

2) Scrivendo la forza di Lorentz

$$ev_B B_0 = ma = m\frac{v_B^2}{R} \quad \Rightarrow \quad B_0 = \frac{2mv_B}{ed} = 0.872T$$

3) Poiché la forza elettrostatica è conservativa, la velocità in D è uguale alla velocità iniziale $v_0$in A, per cui riscrivendo la forza di Lorentz nella zona a sinistra del piano 1 si ottiene

$$r_1 = \frac{mv_0}{eB_0} = 1.15cm$$

4) Tra le piastre il moto è uniformemente accelerato e poiché $v_A=v_D=v_0$ *e* $v_B=v_C$ si ha

$$a = \frac{eE}{m} = \frac{e}{m}\frac{V_2 - V_1}{L} = 1.2\times10^{13} m/s \quad \Rightarrow \quad t_{AB} = t_{CD} = \frac{v_0 - v_B}{a} = 10.7ns$$

mentre nel campo magnetico il moto avviene con la frequenza di ciclotrone, per cui il tempo di percorrenza è indipendente dalla velocità. Quindi

$$\pi = \omega t = \frac{e}{m}B_0 t \quad \Rightarrow \quad t_{BC} = t_{DE} = \frac{m\pi}{eB_0} = 36ns$$

per cui infine

$$t = t_{AB} + t_{BC} + t_{CD} + t_{DE} = 93.4ns$$

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

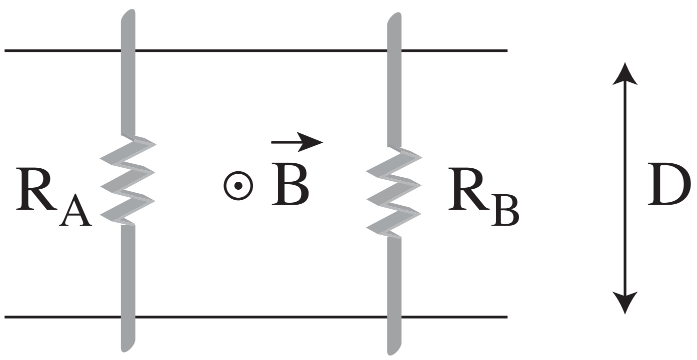
***Laurea in Ingegneria - Settori Energia e Informazione***

*III Appello per i corsi di Fisica - II anno – 30 Giugno 2011*

**Problema 3**

Due sbarrette A e B conduttrici composte di materiali diversi, con massa uguale $m$ = 12 g e resistenza rispettivamente $R_A$= 4 Ω e $R_B$ = 10 Ω sono poste perpendicolarmente a due binari conduttori distanti $D$ = 10 cm immersi in un campo magnetico uniforme B = 2 T normale alla superficie individuata dai binari. Esse possono essere messe in movimento mediante un meccanismo che fornisce contemporaneamente un impulso controllato alle due sbarrette. Se l'impulso è fornito in modo che le sbarrette si muovano con velocità $\mathbf{v_A}$ e $\mathbf{v_B}$ **concordi** la corrente iniziale che circola attraverso di esse è $i_1$ = 3 mA, mentre se è fornito in modo che si muovano con velocità $\mathbf{v_A}$ e $\mathbf{v_B}$ **opposte** è $i_2$ = 6 mA. Determinare:

1) il modulo dell'accelerazione subita dalle sbarrette appena messe in moto nei due casi $a_1, a_2$
2) la velocità iniziale impressa alle sbarrette dall'impulso $v_A, v_B$
3) l'energia dissipata nelle due sbarrette fino all'istante in cui si fermano $U_d$




1) Le accelerazioni della sbarretta A e della sbarretta B si ricavano dalle due equazioni del moto

$$\begin{cases} i_1 DB = ma_1 \\ i_2 DB = ma_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_1 = \dfrac{i_1 DB}{m} = 0.05 m/s^2 \\ a_2 = \dfrac{i_2 DB}{m} = 0.1 m/s^2 \end{cases}$$

2) La risultante delle forze elettromotrici indotte in ciascuna delle due sbarrette dal loro moto ($\mathcal{E}_A = BDv_A$ e $\mathcal{E}_B = BDv_B$) è $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_A - \mathcal{E}_B$ se $\vec{v}_A$ e $\vec{v}_B$ sono concordi e invece è $\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_A + \mathcal{E}_B$ se $\vec{v}_A$ e $\vec{v}_B$ sono opposti, per cui abbiamo

$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{\mathcal{E}_1}{R_A + R_B} = \dfrac{BD}{R_A + R_B}(v_A - v_B) \\ i_2 = \dfrac{\mathcal{E}_2}{R_A + R_B} = \dfrac{BD}{R_A + R_B}(v_A + v_B) \end{cases}$$

Sommando e sottraendo membro a membro le equazioni si ha

$$\begin{cases} v_B = \dfrac{R_A + R_B}{2BD}(i_1 + i_2) = 0.315 m/s \\ v_A = \dfrac{R_A + R_B}{2BD}(i_1 - i_2) = 0.105 m/s \end{cases}$$

3) Tutta l'energia cinetica viene dissipata per effetto Joule

$$U_d = \frac{1}{2} m v_A^2 + \frac{1}{2} m v_B^2 = 6.61 \times 10^{-4} J$$

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

***Laurea in Ingegneria - Settori Energia e Informazione***

*III Appello per i corsi di Fisica - II anno – 30 Giugno 2011*

**Solo per i corsi di Ingegneria dell'Informazione (DM270 e DM509), Elettronica (DM270), Biomedica (DM270) e Ingegneria dell'energia (DM 270)**

**Problema 4**

Luce di frequenza $\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Hz incide su un reticolo di diffrazione, le cui fenditure sono larghe $a$ e distanti tra di loro $d$, **passo del reticolo**.

Si osserva la formazione di **massimi principali d'interferenza** in trasmissione per la seguente **successione ordinata** di valori di $\mathrm{sen}\theta$, se $\theta$ è l'angolo tra la direzione del massimo principale osservato e la normale al piano del reticolo $\theta = 0$:

$$\mathrm{sen}\theta = 0,\ 0.05,\ 0.10,\ 0.20,\ 0.25, 0.35, \ldots\ldots\ldots$$

Calcolare:

1) il passo del reticolo $d$
2) la larghezza delle fenditure $a$
3) il numero minimo di fenditure di un reticolo, per separare nella direzione $sen\theta = 0.10$, secondo il criterio di Rayleigh, due lunghezze d'onda che differiscono di $\Delta\lambda / \lambda = 2 \cdot 10^{-4}$ $N$

1) Considerando il massimo del primo ordine si ha

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = 0.6\mu\mathrm{m} \qquad d\,\mathrm{sen}\theta = m\lambda \qquad d = \frac{\lambda}{0.05} = 12\mu\mathrm{m}$$

2) I massimi principali di ordine $m = 3,6\ (sen\theta = 0.15, 0.30)$ non si osservano perché corrispondono alle direzioni in cui si ha un minimo di diffrazione delle singole fenditure, per cui

$$\begin{cases} a \sin\theta = m'\lambda & (\text{minimo di diffrazione}) \\ d \sin\theta = m\lambda & (\text{massimo di interferenza}) \end{cases}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{m'}{m} = \frac{1}{3} = \frac{2}{6} \quad \Rightarrow \quad a = 4\mu m$$

3) Il potere risolutivo del reticolo è

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN$$

per cui poiché alla direzione $sen\theta = 0.10$ corrisponde il massimo del secondo ordine m = 2

$$N = \frac{1}{2}\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 2500 \text{ fenditure.}$$