



Ministero della Pubblica Istruzione

BRST - ESAME DI STATO DI LICEO SCIENTIFICO

Indirizzo: SCIENTIFICO TECNOLOGICO - Progetto "BROCCA"

CORSO SPERIMENTALE

Tema di: FISICA E LABORATORIO

Secondo tema

Un condensatore è un sistema elettrico costruito in modo da avere una grande capacità. Più condensatori possono essere collegati tra loro per aumentare o diminuire la capacità complessiva disponibile.

Il candidato:

1. definisca la grandezza fisica "capacità elettrica" di un conduttore, la sua unità di misura nel sistema S.I. e i suoi sottomultipli;
2. calcoli il raggio di un'ipotetica sfera conduttrice che abbia la capacità di un farad e commenti il risultato; come dato di riferimento prenda il raggio medio della Terra di 6370 km;
3. descriva la struttura di un condensatore piano spiegando perché essa permette d'aumentare, per quanto possibile, la capacità elettrica del sistema;
4. ricavi e commenti la formula per calcolare la capacità elettrica di un condensatore piano;
5. descriva almeno un'utilizzazione del condensatore in ambito scientifico o tecnologico;
6. disegni i simboli grafici di tre condensatori da 100 μF collegati in modo da ottenere le capacità complessive di 150 μF e di 300 μF .

Il candidato risolva, infine, il seguente problema.

Un sistema di condensatori avente la capacità complessiva di 1 mF, a cui è applicata la d.d.p. di 10 kV, è fatto scaricare su un resistore con $R = 100 \Omega$ immerso in un litro di acqua distillata alla temperatura di 20°C e contenuta in un recipiente isolato termicamente.

Il candidato calcoli la temperatura finale dell'acqua dopo che il sistema di condensatori si è completamente scaricato e spieghi che cosa succederebbe se fosse raddoppiato il valore della resistenza.

ESAME DI STATO DI LICEO SCIENTIFICO
Indirizzo SCIENTIFICO TECNOLOGICO – Progetto “Brocca”
CORSO SPERIMENTALE
Tema di FISICA E LABORATORIO

Secondo tema

Un condensatore è un sistema elettrico costruito in modo da avere una grande capacità. Più condensatori possono essere collegati tra loro per aumentare o diminuire la capacità complessiva disponibile.

Il candidato:

1. definisca la grandezza fisica “capacità elettrica” di un conduttore, la sua unità di misura nel sistema S.I. e i suoi sottomultipli;
2. calcoli il raggio di un’ipotetica sfera conduttrice che abbia la capacità di un farad e commenti il risultato; come dato di riferimento prenda il raggio medio della Terra di 6370 km;
3. descriva la struttura di un condensatore piano spiegando perché essa permette d'aumentare, per quanto possibile, la capacità elettrica del sistema;
4. ricavi e commenti la formula per calcolare la capacità elettrica di un condensatore piano; descriva almeno un’utilizzazione del condensatore in ambito scientifico o tecnologico;
6. disegni i simboli grafici di tre condensatori da 100 μF collegati in modo da ottenere le capacità complessive di 150 μF e di 300 μF .

Il candidato risolva, infine, il seguente problema.

Un sistema di condensatori avente la capacità complessiva di 1 mF, a cui è applicata la d.d.p. di 10 kV, è fatto scaricare su un resistore con $R = 100 \Omega$ immerso in un litro di acqua distillata alla temperatura di 20°C e contenuta in un recipiente isolato termicamente.

Il candidato calcoli la temperatura finale dell’acqua dopo che il sistema di condensatori si è completamente scaricato e spieghi che cosa succederebbe se fosse raddoppiato il valore della resistenza

1. La *capacità elettrica* di un conduttore è definita dal rapporto tra il valore assoluto della carica depositata su di esso e la differenza di potenziale che viene a prodursi tra le sue armature (se il condensatore è costituito da una coppia di conduttori) oppure tra il conduttore e un punto di riferimento:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (1)$$

poiché la differenza di potenziale tra due punti è proporzionale alla carica che la genera, come segue immediatamente dalla relazione che esprime il potenziale elettrico colombiano e dal principio di sovrapposizione, la capacità è indipendente dalla carica depositata sul condensatore ma dipende unicamente dalla sua geometria (forma e dimensioni) e dal dielettrico ad esso interposto. Poiché la d.d.p. massima che può stabilirsi tra due punti dello spazio dipende unicamente dal mezzo interposto (rigidità dielettrica del mezzo), la carica massima che può collocarsi su un condensatore è data da:

$$Q_{\max} = C \Delta V_{\max} \quad (2)$$

da cui si evince che la capacità misura, a meno di un fattore di proporzionalità, la carica massima che è in grado di accumulare; come in molti altri casi, la terminologia impiegata è mutuata dalla fisica dei fluidi.

L'unità di misura S.I. della capacità elettrica è il *farad* (F): un condensatore ha capacità $1 F$ se, caricato con la carica di $1 C$, determina tra le sue armature la d.d.p. di $1 V$:

$$1 F = 1 C/V.$$

Il *farad* è tuttavia un'unità enorme per cui si utilizzano in pratica soltanto i sottomultipli mF ($10^{-3} F$), μF ($10^{-6} F$), nF ($10^{-9} F$) e pF ($10^{-12} F$).

2. Una sfera conduttrice produce, al suo esterno, un campo coulombiano, per cui la capacità si determina immediatamente:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}} = 4\pi\epsilon_0 R \quad (3)$$

dove la d.d.p. è calcolata tra la superficie della sfera, di raggio R , e l'infinito; imponendo valore della capacità pari a $1 F$ si ottiene:

$$R = \frac{C}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ m} = 9 \cdot 10^6 \text{ km} \approx 1400 R_T \quad (4)$$

che evidenzia il valore enorme dell'unità di misura *farad*.

3,4. Un condensatore piano è formato da due armature conduttrici parallele, di forma identica e superficie S , separate da un dielettrico (eventualmente aria); se la distanza d tra le armature è piccola rispetto alle dimensioni lineari delle armature ($d^2 \ll S$), si può approssimare il campo elettrico presente tra le due armature cariche, lontano dai bordi, come uniforme e trascurare il campo esterno (effetto di bordo); nel calcolo della capacità assumeremo tali ipotesi, assumendo il campo rigorosamente uniforme all'interno del condensatore e nullo all'esterno.

Si ha allora, utilizzando la simbologia nel modo consueto:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

e

$$\Delta V = E d = \frac{Q}{S\epsilon_0} d$$

da cui

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{Qd/S\epsilon_0} = \epsilon_0 \frac{S}{d} \quad (5a)$$

nel caso tra le armature sia interposto un materiale dielettrico si ottiene

$$C_\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d} = \epsilon_r C \quad (5b)$$

pertanto la capacità di un condensatore piano può essere aumentata a) aumentando la superficie delle armature; b) diminuendone la distanza (causando, a parità di carica, una diminuzione della d.d.p. tra le armature; c) interponendo tra di esse un dielettrico ($\epsilon_r > 1$ per qualunque materiale); le tre situazioni sono praticamente realizzate, nella costruzione dei circuiti elettrici, avvolgendo a spirale due lamine conduttrici, separate da una vernice o colla che funge da isolante (dielettrico).

5 Il condensatore ha innumerevoli impieghi; in ambito scientifico può, ad esempio, essere impiegato per accelerare ed eventualmente deviare cariche elettriche, ad es. in un tubo catodico (televisore, oscilloscopio ecc.); accoppiato ad una resistenza può essere inserito in un circuito RC a corrente variabile ed essere utilizzato come filtro per le alte o basse frequenze; accoppiato ad un'induttanza costituisce un circuito oscillante (LC), impiegato per produrre (o ricevere) onde elettromagnetiche; in ambito più strettamente tecnologico i condensatori vengono

impiegati nei motori elettrici per dare agli stessi, mediante una rapida scarica elettrica, l'impulso necessario a vincere i punti morti del moto (il cosiddetto *spunto*).

6 Nel collegamento in parallelo le capacità C_1 e C_2 di due condensatori si sommano:

$$C_{\parallel} = C_1 + C_2 \quad (6a)$$

che, nel caso di due condensatori aventi la stessa capacità C diventa:

$$C_{\parallel} = 2C \quad (6b)$$

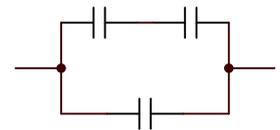
Nel collegamento in serie invece si ha:

$$C_s = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (7a)$$

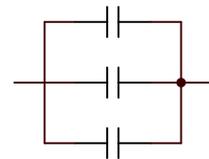
che diventa:

$$C_s = \frac{C}{2} \quad (7b)$$

per cui, per ottenere la capacità $150 \mu\text{F}$ è necessario realizzare un parallelo tra un condensatore e la serie degli altri due



per ottenere la capacità $300 \mu\text{F}$ è invece necessario collegare i tre condensatori in parallelo



Problema numerico

I condensatori carichi hanno un'energia pari a $U = \frac{1}{2} C V^2 = 5 \cdot 10^4 \text{ J}$ che, per effetto Joule sul resistore R , viene ceduta totalmente all'acqua; indicando con $c = 4186 \text{ J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$ il calore specifico dell'acqua si ha:

$$\Delta\theta = \frac{U}{m c} = 11.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

da cui la temperatura finale dell'acqua risulta $\theta = 31.9 \text{ } ^\circ\text{C}$, valore indipendente da R .

Raddoppiando il valore della resistenza non cambia l'energia dissipata, e conseguentemente la temperatura dell'acqua, ma unicamente il tempo di scarica che viene raddoppiato (il tempo è dell'ordine di $RC \approx 0.1$ s).

Liceo Galilei Verona