IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
1. Il vettore campo elettrico	ANIMAZIONE Il vettore campo elettrico	2
2. Il campo elettrico di una carica puntiforme	ANIMAZIONE Campo elettrico di più cariche puntiformi	1
3. Le linee del campo elettrico	ESPERIMENTO VIRTUALE Le forze in campo Gioca, misura, esercitati.	
	IN LABORATORIO Linee del campo elettrico	2
MAPPA INTERATTIVA	IN 3 MINUTI · Il campo elettrico 20 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»	

VERSO IL CLIL

FORMULAE IN ENGLISH — AUDIO

Electric field	$\vec{E} = \dfrac{\vec{F}_0}{q_0}$	The intensity of an electric field equals the ratio of the force $\vec{F}$ that would be experienced by a stationary point charge (known as the test charge) to the charge q_0 of the test particle.
Electric field of a point charge	$E = k_0 \dfrac{q}{r^2}$	The contribution to the electric field at a point in space due to a single point charge located at another point in space is equal to the product of the proportionality constant k_0 multiplied by the charge of the particle creating the electric force q, and the reciprocal of the square of the separation distance r of the point charge to the evaluation point of the electric field.
Permittivity of free space	$k_0 = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$	The proportionality constant k_0 (also known as the Coulomb force constant) is equal to the reciprocal of the product of four pi and the permittivity of free space ε_0 (also known as the electric constant).

QUESTIONS AND ANSWERS — AUDIO

▸ What is a "field"?

Any physical quantity that may take on different measurable values at different points in a region of space can be said to have a "field" associated with it. A "field" may describe a scalar quantity such as temperature or pressure and a function can be assigned to it: for example, a temperature field at a particular point in time would be given as $T(x, y, z)$ or as $T(x, y, z, t)$ if the temperature is measured over time. For scalar fields, imaginary surfaces connecting the same value are called contours – isothermals in the case of the temperature field. A field may also describe a vector quantity which is associated to each point in a region of space: for example, the wind speed and direction on the surface of the Earth $\vec{v}(x, y, t)$; or, the velocity field of a flowing liquid for which the velocity of the fluid at any point is a function of position and time $\vec{v}(x, y, z, t)$.

▸ What is an "electric field"?

It is known from experiment that one or more charges exert a force on a stationary charge (lets call it the test charge) and that this force depends only on the position of the test charge and on its amount of charge – regardless of whether the charges responsible for the force are moving or not. If the test charge is replaced with another charge, the force experienced by the new charge is proportional to its amount of charge. This relationship can be expressed as $\vec{F} = q\vec{E}$ where the vector $\vec{E}$ is termed the "electric field" at the point where the test charge is positioned due to the charges responsible for the force $\vec{F}$. The concept of the electric field can be extended to refer to a point in space (x, y, z) even when there is no actual test charge: the vector $\vec{E}(x, y, z, t)$ is thought of as causing the forces that would be experienced if an actual charge where placed at (x, y, z) at time t.

▸ Why is the electric field due to an infinite sheet of charge normal to the sheet?

The electric field due to a point charge is a vector field: directed outwards for a positive point charge and inwards for a negative charge. The electric field at any point due to more than one charge is the vector summation of the electric field vectors due to those charges. This is an important principle called the *principle of superposition*: for example, if one set of charges produces field $\vec{E}_1$ and another produces $\vec{E}_2$ then the total field due to both sets is $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. For an infinite sheet of charge with a uniform charge density the electric field vectors between adjacent charges in the plane of the sheet cancel each other out, and similar considerations of symmetry for the sum of the vectors at points away from the plane mean that the electric field is everywhere normal to the plane. The symmetry considerations are based on the condition that the infinite plane carries a uniform charge density.

▸ Describe the charge distribution and the electric field for a charged conductor.

A conductor is a material in which electrons are relatively free to move from atom to atom. Due to their small mass, these electrons will move in response to any electric field inside the conductor, however small it is. Therefore, those electrons that are not balancing out the positive charge from all the protons in the atoms will move to distribute themselves as far away from each other as possible – i.e. on the surface of the conductor – such that the electric field inside the conductor is zero. When the charge distribution is unchanging over time the conductor is said to be in electrostatic equilibrium. If the electric field at the surface were not normal to the surface there would be a component of the field along the surface that would displace the charges, however this would be incompatible with the electrostatic equilibrium. For a spherical object the charges would distribute themselves in a uniform way to balance the forces between the charges. However, for a conductor with pointy parts a balance of forces requires an accumulation of charge, and the electric field is stronger, on these pointy parts.

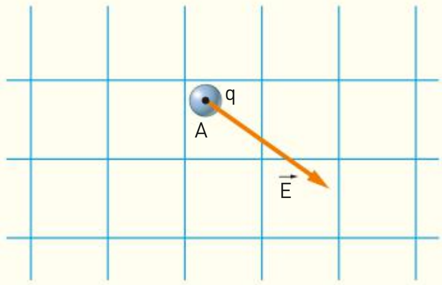
▸ What is an electron gun?

An "electron gun" is an instrument enclosed in a vacuum tube that produces a stream of electrons. In the tube, a piece of metal is heated by a small filament wire connected to a low voltage and conduction electrons that are free to move in the metal gain enough kinetic energy to escape its surface. These electrons are then accelerated away from the hot surface by an electric field (called the acceleration field). This field is established between a nearby positive electrode (anode), which is connected to the positive terminal of a power supply, and the hot metal plate itself, which is connected to the negative terminal of the power supply to form the negative electrode (cathode). A small hole in the anode enables some electrons to pass through it to form a stream of electrons from the cathode – hence the name cathode ray. In 1897, J.J. Thomson and his colleagues subjected the cathode rays to electrostatic and magnetic forces and concluded that the rays were in fact "charges of negative electricity carried by particles of matter".

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

1 IL VETTORE CAMPO ELETTRICO

8 ★★★ Nella figura è rappresentato il vettore campo elettrico, di modulo $E = 70$ N/C, nel punto A, in cui si trova una particella puntiforme di carica $q = 5{,}0 \times 10^{-8}$ C e massa $m = 0{,}71$ kg.



▶ Disegna il vettore forza che agisce sulla particella (la scala della griglia, in questo caso, è 1 quadratino = 10^{-6} N).

▶ Disegna il vettore accelerazione della particella (la scala della griglia, in questo caso, è 1 quadratino = 10^{-6} m/s²)

2 IL CAMPO ELETTRICO DI UNA CARICA PUNTIFORME

19 ★★★ Nel vuoto, a distanza di 7,4 cm da una carica puntiforme Q, si misura un campo elettrico $E = 9{,}2 \times 10^4$ N/C, diretto verso la carica.

▶ Calcola il valore di Q.

[$-5{,}6 \times 10^{-8}$ C]

20 ★★★ Una carica $Q = 3{,}19$ nC genera un campo elettrico.

▶ Determina il modulo del campo elettrico in un punto B posto nel vuoto a distanza $d = 13{,}7$ cm dalla carica.

[$1{,}53 \times 10^3$ N/C]

21 ★★★ Un carica $Q = 8{,}0 \times 10^{-5}$ C genera un campo elettrico nello spazio vuoto circostante. Un carica di prova $q = 2{,}0$ μC risente di una forza $F = 1{,}0$ N.

▶ A che distanza da Q si trova la carica di prova?

[1,2 m]

22 ★★★ Due cariche $Q_1 = 6{,}0$ pC e $Q_2 = -6{,}0$ pC sono separate da una distanza $L = 8{,}2$ cm e poste nel vuoto.

▶ Determina il campo elettrico nel punto medio M del segmento che congiunge le due cariche.

[64 N/C]

23 ★★★ Due cariche puntiformi positive sono immerse in un mezzo di costante dielettrica relativa $\varepsilon_r = 1{,}8$ a una distanza $L = 1{,}5$ m tra loro. Una carica vale $q_1 = 5{,}2 \times 10^{-8}$ C. Il campo elettrico totale si annulla in un punto che dista $d = 0{,}50$ m da q_1 e appartiene al segmento che unisce le due cariche.

▶ Quanto vale la seconda carica q_2?

▶ Se elimini il mezzo, il campo elettrico si annulla in una posizione diversa?

[$2{,}1 \times 10^{-7}$ C; no]

4 IL FLUSSO DI UN CAMPO VETTORIALE ATTRAVERSO UNA SUPERFICIE

37 ★★★ Una cornice rettangolare di area $S = 0{,}63$ m² è immersa in una conduttura d'acqua in modo che l'angolo tra la velocità vettoriale dell'acqua e il vettore $\vec{S}$ sia $\alpha = 45°$. La portata dell'acqua attraverso la superficie è $\overline{q} = 2{,}4$ m³/s.

▶ Determina il modulo v della velocità con cui l'acqua scorre nella conduttura.

[5,4 m/s]

38 ★★★ La figura mostra una manica a vento che si gonfia sotto l'azione del vento. L'imboccatura è circolare e ha raggio R, mentre la lunghezza complessiva è d. Il vento si muove con velocità costante di modulo v e direzione perpendicolare all'imboccatura.


stanislaff/Shutterstock

▶ Calcola il flusso del vettore velocità dell'aria attraverso l'imboccatura della manica.

[$\pi R^2 v$]

5 IL FLUSSO DEL CAMPO ELETTRICO E IL TEOREMA DI GAUSS

PROBLEMA MODELLO 3 LA DIMOSTRAZIONE DEL TEOREMA DI GAUSS PER PIÙ CARICHE PUNTIFORMI

Una superficie chiusa S posta nel vuoto contiene 3 cariche elettriche: $Q_A = 2{,}4 \times 10^{-10}\ \text{C}$, $Q_B = 6{,}1 \times 10^{-10}\ \text{C}$ e $Q_C = -4{,}7 \times 10^{-10}\ \text{C}$. All'esterno della superficie è presente una quarta carica $Q_D = -1{,}9 \times 10^{-10}\ \text{C}$.

- **Dimostra che il flusso del campo elettrico attraverso la superficie S soddisfa il teorema di Gauss, utilizzando la dimostrazione fornita per una carica puntiforme, e calcola il suo valore.**

DATI

Carica A: $Q_A = 2{,}4 \times 10^{-10}\ \text{C}$
Carica B: $Q_B = 6{,}1 \times 10^{-10}\ \text{C}$
Carica C: $Q_C = -4{,}7 \times 10^{-10}\ \text{C}$
Carica D: $Q_D = -1{,}9 \times 10^{-10}\ \text{C}$

INCOGNITE

Flusso attraverso S: $\Phi(\vec{E}) = ?$

L'IDEA

Il campo elettrico soddisfa il principio di sovrapposizione; applicandolo alla definizione del flusso del campo elettrico e ricorrendo alla dimostrazione del teorema di Gauss per una carica puntiforme possiamo estenderne la validità a più cariche puntiformi.

LA SOLUZIONE

Scrivo l'espressione del flusso del campo elettrico attraverso S.

Abbiamo definito il flusso del campo elettrico attraverso la superficie chiusa S dividendo la superficie in N piccole superfici orientate $\Delta\vec{S}_i$, su ciascuna delle quali il campo elettrico $\vec{E}_i$ è uniforme; il flusso è la somma dei flussi attraverso le piccole superfici $\Delta\vec{S}_i$,

$$\Phi(\vec{E}) = \sum_{i=1}^{N} \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{S}_i$$

Il campo elettrico $\vec{E}_i$ è quello totale.

Applico il principio di sovrapposizione e calcolo il flusso.

Il campo elettrico totale è la somma dei campi elettrici generati dalle 4 cariche:

$$\vec{E}_i = \vec{E}_{A,i} + \vec{E}_{B,i} + \vec{E}_{C,i} + \vec{E}_{D,i}$$

Pertanto, il flusso del campo elettrico è la somma dei flussi dei campi elettrici generati dalle singole cariche:

$$\Phi_S(\vec{E}) = \sum_{i=1}^{N} \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{S}_i = \sum_{i=1}^{N} \left(\vec{E}_{A,i} + \vec{E}_{B,i} + \vec{E}_{C,i} + \vec{E}_{D,i}\right) \cdot \Delta\vec{S}_i = \sum_{i=1}^{N} \left(\vec{E}_{A,i} \cdot \Delta\vec{S}_i + \vec{E}_{B,i} \cdot \Delta\vec{S}_i + \vec{E}_{C,i} \cdot \Delta\vec{S}_i + \vec{E}_{D,i} \cdot \Delta\vec{S}_i\right) =$$
$$= \Phi_S(\vec{E}_A) + \Phi_S(\vec{E}_B) + \Phi_S(\vec{E}_C) + \Phi_S(\vec{E}_D)$$

con $\Phi_S(\vec{E}_D) = 0$ perché la carica Q_D è fuori dalla superficie gaussiana.
Applicando il teorema di Gauss a ogni carica otteniamo

$$\Phi_S(\vec{E}) = \frac{Q_A}{\varepsilon_0} + \frac{Q_B}{\varepsilon_0} + \frac{Q_C}{\varepsilon_0} = \frac{(3{,}8 \times 10^{-10}\ \text{C})}{\left(8{,}854 \times 10^{-12}\ \dfrac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}\right)} = 43\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$$

PER NON SBAGLIARE

Il campo elettrico sulla superficie chiusa S dipende da tutte le cariche elettriche presenti, ma il flusso del campo elettrico attraverso la superficie chiusa dipende solo dalle cariche all'interno della superficie.

46 ★☆☆ Un cilindro di raggio r e altezza h è immerso in un campo elettrico uniforme di modulo E diretto lungo l'asse del cilindro. Determina il flusso del campo elettrico attraverso

- la superficie laterale del cilindro;
- ciascuna superficie di base;
- la superficie totale del cilindro.

[0; $\pi r^2 E$ e $-\pi r^2 E$; 0]

47 ★★☆ Otto cariche uguali di valore q sono situate ai vertici di un cubo di lato L = 10 cm posto nel vuoto. Il flusso del campo elettrico attraverso una superficie sferica, di raggio r = 9,5 cm e centro nel punto di incontro delle diagonali di una delle facce del cubo, è pari a $\Phi = 2{,}3 \times 10^7$ N · m²/C. Determina

- il valore della carica q;
- il flusso del campo elettrico attraverso la superficie della sfera inscritta nel cubo;
- il flusso del campo elettrico attraverso una superficie sferica con centro su uno dei vertici del cubo e raggio r = 15 cm.

[$5{,}1 \times 10^{-5}$ C; 0 N · m²/C; $4{,}0 \times 10^7$ N · m²/C]

6 IL CAMPO ELETTRICO DI UNA DISTRIBUZIONE PIANA E INFINITA DI CARICA

59 ★★☆ Una particella puntiforme di massa $m = 2{,}0 \times 10^{-8}$ kg possiede una carica q e si trova in equilibrio nel vuoto al di sopra di un piano orizzontale infinito con densità di carica $\sigma = 6{,}9 \times 10^{-6}$ C/m².

- Determina il valore della carica q.
- Immagina ora che la particella sia immersa in etanolo (ε_r = 25) invece che nel vuoto. La carica è ancora in equilibrio? In caso contrario, calcola l'accelerazione iniziale della particella.

[$5{,}0 \times 10^{-13}$ C; −9,4 m/s²]

60 ★★☆ Una particella di massa $m = 3{,}0 \times 10^{-3}$ kg possiede una carica $q = 7{,}8 \times 10^{-10}$ C ed è posta in prossimità di un piano molto esteso, con distribuzione superficiale di carica uniforme. Lasciata libera di muoversi, la particella percorre una distanza d = 3,0 m in un intervallo di tempo Δt = 2,4 s. Trascura l'effetto della forza-peso.

- Calcola il modulo della densità superficiale di carica del piano.

[$7{,}1 \times 10^{-5}$ C/m²]

7 ALTRI CAMPI ELETTRICI CON PARTICOLARI SIMMETRIE

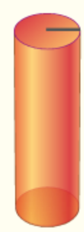
70 ★★☆ Una carica puntiforme q si trova in equilibrio tra un piano infinito con densità superficiale di carica σ = 4,2 C/m² e un filo infinito con densità lineare di carica λ = 5,4 C/m. Il filo è parallelo al piano.

- Calcola la distanza della carica puntiforme q dal filo.
- La densità lineare di carica viene dimezzata e la carica puntiforme q inizia a muoversi verso il piano sotto l'effetto della forza elettrica di modulo $F = 7{,}2 \times 10^5$ N. Determina segno e modulo della carica q, assumendo di essere nel vuoto.

[0,41 m; $6{,}1 \times 10^{-6}$ C]

8 DIMOSTRAZIONE DELLE FORMULE RELATIVE AI CAMPI ELETTRICI CON PARTICOLARI SIMMETRIE

PROBLEMA MODELLO 6 IL CAMPO ELETTRICO DENTRO E FUORI UNA DISTRIBUZIONE CILINDRICA DI CARICHE



Un cilindro di raggio R e lunghezza infinita è costituito da cariche elettriche, distribuite uniformemente, con densità volumica di carica ρ. Il cilindro si trova nel vuoto.

- **Stabilisci le simmetrie del sistema e le proprietà del campo elettrico.**
- **Determina l'espressione del campo elettrico all'interno e all'esterno del cilindro.**

DATI	INCOGNITE
Raggio del cilindro: R	Campo elettrico all'interno del cilindro: $\vec{E}_{int}$ = ?
Densità volumica di carica: ρ	Campo elettrico all'esterno del cilindro: $\vec{E}_{est}$ = ?

L'IDEA

- Cerco le trasformazioni geometriche che lasciano invariato il sistema, e, di conseguenza, il campo elettrico.
- Da queste deduco le proprietà del campo elettrico.
- Usando opportune superfici chiuse, applico il teorema di Gauss per ricavare l'espressione del campo elettrico dentro e fuori il cilindro.

LA SOLUZIONE

Determino le simmetrie del sistema e le proprietà del campo elettrico.
Il sistema possiede le stesse simmetrie del filo infinito a seguito delle seguenti trasformazioni: riflessione rispetto a un piano perpendicolare al cilindro, traslazione del cilindro lungo se stesso, rotazione del cilindro attorno al suo asse. Il campo elettrico, quindi, avrà direzione radiale, perpendicolare all'asse del cilindro, non dipenderà né dalla quota, né dall'angolo di rotazione, ma solo dalla distanza dall'asse del cilindro, che indichiamo con r.

Applico il teorema di Gauss per determinare il campo elettrico all'interno della distribuzione di cariche.
Scegliamo ora la superficie a cui applicare il teorema di Gauss. L'uso del teorema di Gauss è matematicamente semplice quando il campo elettrico giace sulla superficie (in questo caso il suo contributo al flusso è nullo) oppure quando è perpendicolare alla superficie e uniforme. Prendiamo dunque una superficie S cilindrica con lo stesso asse della distribuzione cilindrica di carica, di raggio r e altezza h. La superficie racchiude un volume $V = \pi r^2 h$. Il campo elettrico giace sulle due superfici di base (il flusso attraverso esse è quindi nullo) mentre è perpendicolare alla superficie laterale di area $S_L = 2\pi r h$ e uniforme. Indicato con E_{int} il modulo del campo elettrico su di essa, il flusso del campo elettrico attraverso l'intera superficie cilindrica è

$$\Phi_S(E_{\text{int}}) = S_L E_{\text{int}} = 2\pi r h E_{\text{int}}$$

La carica racchiusa dentro la superficie è data dal prodotto della densità volumica di carica per il volume considerato:

$$Q_1 = \rho V = \rho \pi r^2 h$$

Dal teorema di Gauss

$$\Phi_S(E_{\text{int}}) = \frac{Q_1}{\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \quad 2\pi r h E_{\text{int}} = \frac{\rho \pi r^2 h}{\varepsilon_0}$$

ricaviamo il modulo del campo elettrico:

$$E_{\text{int}} = \frac{\rho}{2\varepsilon_0} r$$

All'interno della distribuzione di carica, quindi, il campo elettrico cresce linearmente con la distanza, come in una distribuzione sferica.

Calcolo il campo elettrico all'esterno della distribuzione di cariche.
Se la superficie cilindrica a cui applichiamo il teorema di Gauss ha raggio $r > R$, la carica racchiusa dalla superficie ha un'espressione diversa, perché il volume occupato dalla distribuzione di cariche è diverso da quello racchiuso dalla superficie S:

$$Q_2 = \rho V_2 = \rho \pi R^2 h$$

Adesso dal teorema di Gauss

$$\Phi_S(E_{\text{est}}) = \frac{Q_2}{\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \quad 2\pi r h E_{\text{est}} = \frac{\rho \pi R^2 h}{\varepsilon_0}$$

si ricava, per il campo elettrico al di fuori della distribuzione di cariche,

$$E_{est} = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0} \frac{1}{r}$$

All'esterno della distribuzione di cariche, il campo elettrico è inversamente proporzionale alla distanza, come nel caso della distribuzione lineare di cariche.

PER NON SBAGLIARE

Le espressioni trovate per il campo elettrico non dipendono dall'altezza h della superficie cilindrica usata per il teorema di Gauss: ciò è corretto, perché h non è un dato relativo al sistema fisico in esame, ma un parametro che introduciamo per giungere alla soluzione.

PROBLEMI GENERALI

8 ★★★ Una sfera di carica $q = 83$ nC di massa $m = 15$ g è appesa con un filo lungo $L = 38$ cm sopra una distribuzione piana infinita di carica di densità $\sigma = 7{,}8 \times 10^{-6}$ C/m². Il sistema è posto nel vuoto e la sfera è in equilibrio.

▸ Calcola la tensione del filo.

[0,11 N]

9 ★★★ In prossimità di una distribuzione piana infinita di carica, una carica $q = 2{,}6 \times 10^{-6}$ C risente di una forza $F_1 = 40$ N. La densità di carica superficiale varia da un valore iniziale σ_1 fino a un valore finale σ_2 e, alla fine, la stessa carica subisce una forza $F_2 = 70$ N che ha lo stesso verso della forza F_1.

▸ Determina la differenza fra le due densità di carica $\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1$.

[$2{,}0 \times 10^{-4}$ C/m²]

10 ★★★ Una densità superficiale uniforme di carica σ è distribuita nel vuoto su una superficie cilindrica infinita di raggio R. L'interno del cilindro non contiene alcuna carica.

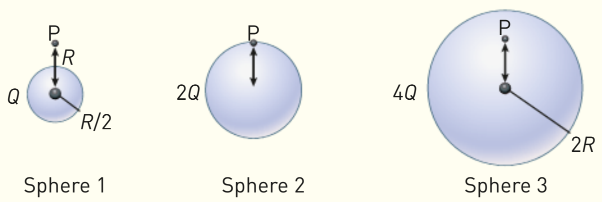
▸ Determina l'espressione del campo elettrico all'interno e all'esterno del cilindro.

Suggerimento: Le simmetrie del sistema sono le stesse del filo infinito di cariche.

[$E = 0$ N/C, se $r < R$; $E = \sigma R/\varepsilon_0 r$, se $r > R$]

TEST

10 Charges Q, 2Q and 4Q are uniformly distributed in three dielectric solid spheres 1, 2 and 3 of radii $R/2$, R and $2R$, respectively, as shown in figure. If magnitudes of the electric fields at point P at a distance R from the center of spheres 1, 2 and 3 are E_1, E_2 and E_3 respectively, then



A $E_1 > E_2 > E_3$

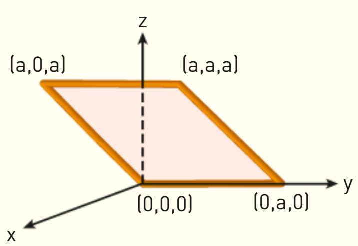
B $E_3 > E_1 > E_2$

C $E_2 > E_1 > E_3$

D $E_3 > E_2 > E_1$

Joint Entrance Examination for Indian Institutes of Technology (JEE) – 2014

11 Considera an electric field $\vec{E} = \vec{E}_0\hat{x}$ where $\vec{E}_0$ is a constant. The flux through tha shaded area (as shown in the figure) due to this field is:



A $2E_0a^2$

B $\sqrt{2}\,E_0a^2$

C E_0a^2

D $\dfrac{E_0a^2}{\sqrt{2}}$

Joint Entrance Examination for Indian Institutes of Technology (JEE) – 2011

12 In un punto P dello spazio è presente un campo elettrico se:

A in esso è presente una carica di prova.

B solo una carica q positiva in P risente di una forza elettrica.

C una carica q qualsiasi posta nel punto P risente di una forza elettrica.

D una carica q nel punto P libera di muoversi si muove con velocità costante.

13 Il verso del campo elettrico generato da una carica puntiforme q in un punto P:

A dipende dal segno della carica q.

B non si può stabilire con certezza con i dati forniti.

C dipende dalla distanza dalla carica q.

D varia al variare dell'intensità della carica q.

14 Nel caso di una carica puntiforme, le linee di campo sono:

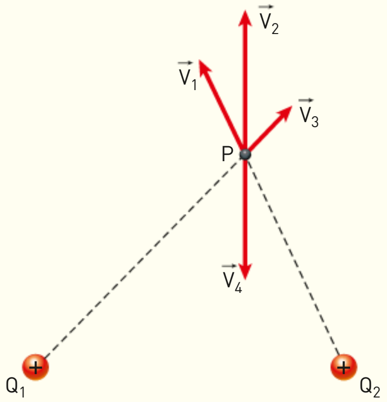
A uscenti dalla carica se negativa, entranti se positiva.

B uscenti dalla carica se positiva, entranti se negativa.

C tutte parallele fra di loro.

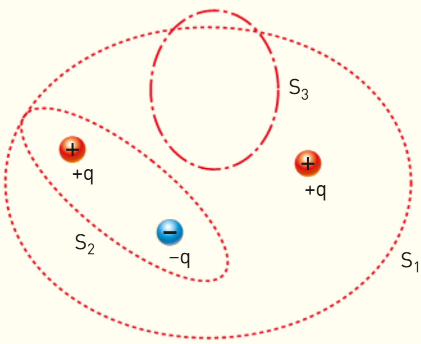
D meno dense in prossimità della carica, più dense allontanandosi da essa.

15 Sono date le due cariche positive Q_1 e Q_2, identiche, rappresentate nella figura. Quale, fra i vettori tracciati, rappresenta il campo elettrico risultante in *P*?



A V_1 B V_2 C V_3 D V_4

16 Le linee tratteggiate rappresentano le sezioni di alcune superfici chiuse. I cerchietti raffigurano corpi con cariche $+q$ e $-q$ (vedi la figura seguente). Attraverso quali superfici il flusso elettrico è nullo?



A S_1.
B S_2.
C S_3.
D S_2 e S_3.

17 La densità lineare di carica (più di una risposta è giusta):

A è una grandezza unitaria.
B è numericamente uguale alla carica elettrica contenuta in un segmento lungo 1m.
C si misura in C/m.
D è pari alla radice quadrata della densità superficiale di carica.

18 Let $E_1(r)$, $E_2(r)$ and $E_3(r)$ be the respective electric fields at a distance r from a point charge Q, an infinitely long wire with constant linear charge density λ, and an infinite plane with uniform surface charge density σ. If $E_1(r_0) = E_2(r_0) = E_3(r_0)$ at a given distance r_0, then

A $Q = 4\sigma\pi r_0^2$
B $r_0 = \dfrac{\lambda}{2\pi\sigma}$
C $E_1(r_0/2) = 2E_2(r_0/2)$
D $E_2(r_0/2) = 4E_3(r_0/2)$

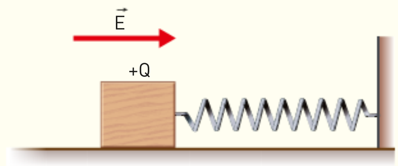
Joint Entrance Examination for Indian Institutes of Technology (JEE) – 2014

19 Two non-conducting solid sphere of radii *R* and 2R, having uniform volume charge densities ρ_1 e ρ_2 respectively, touch each other. The net electric field at a distance 2R from the centre of the smaller sphere, along the line joining the centres of the sphere, is zero. The ratio ρ_1/ρ_2 can be:

A -4
B $-32/25$
C $32/25$
D 4

Joint Entrance Examination for Indian Institutes of Technology (JEE) – 2013

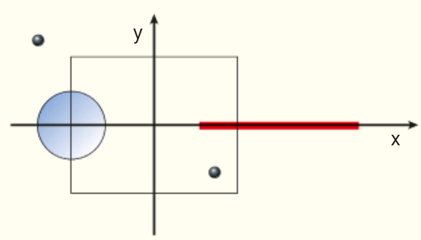
20 A wooden block performs simple harmonic motion (SHM) on a frictionless surface with frequency ν_0. The block carries a charge +Q on its surface. If now a uniform electric field $\vec{E}$ is switched on as shown, then the SHM of the block will be



A of the same frequency and with shifted mean position.
B of the same frequency and with the same mean position.
C of changed frequency and with shifted mean position.
D of changed frequency and with the same mean position.

Joint Entrance Examination for Indian Institutes of Technology (JEE) – 2011

21 A disk of radius $a/4$ having a uniformly distributed charge 6C is placed in the x-y plane with its centre at $(-a/2, 0, 0)$. A rod of length a carrying a uniformly distributed charge 8C is placed on the x-axis from $x = a/4$ to $x = 5a/4$. Two point charges $-7C$ and 3C are placed at $(a/4, -a/4, 0)$ and $(-3a/4, 3a/4, 0)$, respectively. Consider a cubical surface formed by six surfaces $x = \pm a/2$, $y = \pm a/2$, $z = \pm a/2$. The electric flux through this cubical surface is



A $\dfrac{-2C}{\varepsilon_0}$
B $\dfrac{2C}{\varepsilon_0}$
C $\dfrac{10C}{\varepsilon_0}$
D $\dfrac{12C}{\varepsilon_0}$

Joint Entrance Examination for Indian Institutes of Technology (JEE), India, 2009/2010