Immagine: Earthrise, Apollo8 (Nasa).
Url: https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1249.html

Seminario 5
Elettromagnetismo

26/05/2021

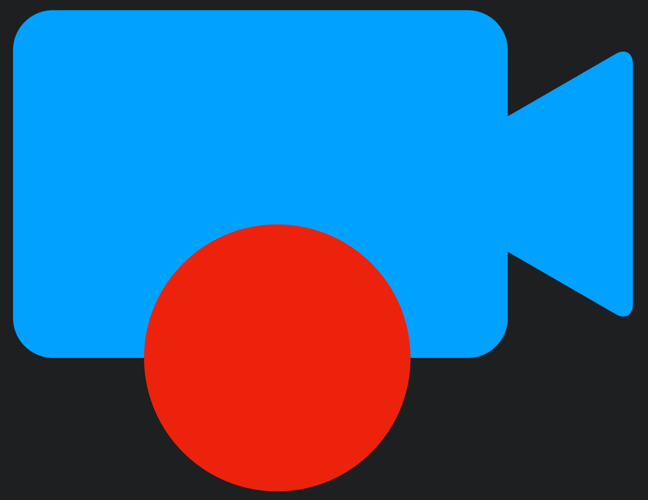
Corso di Fisica 1(A)
Laurea in Scienze Biologiche @UniPv

Stefano Mangini
stefano.mangini01@universitadipavia.it

Disclaimer

Regole del fight club:

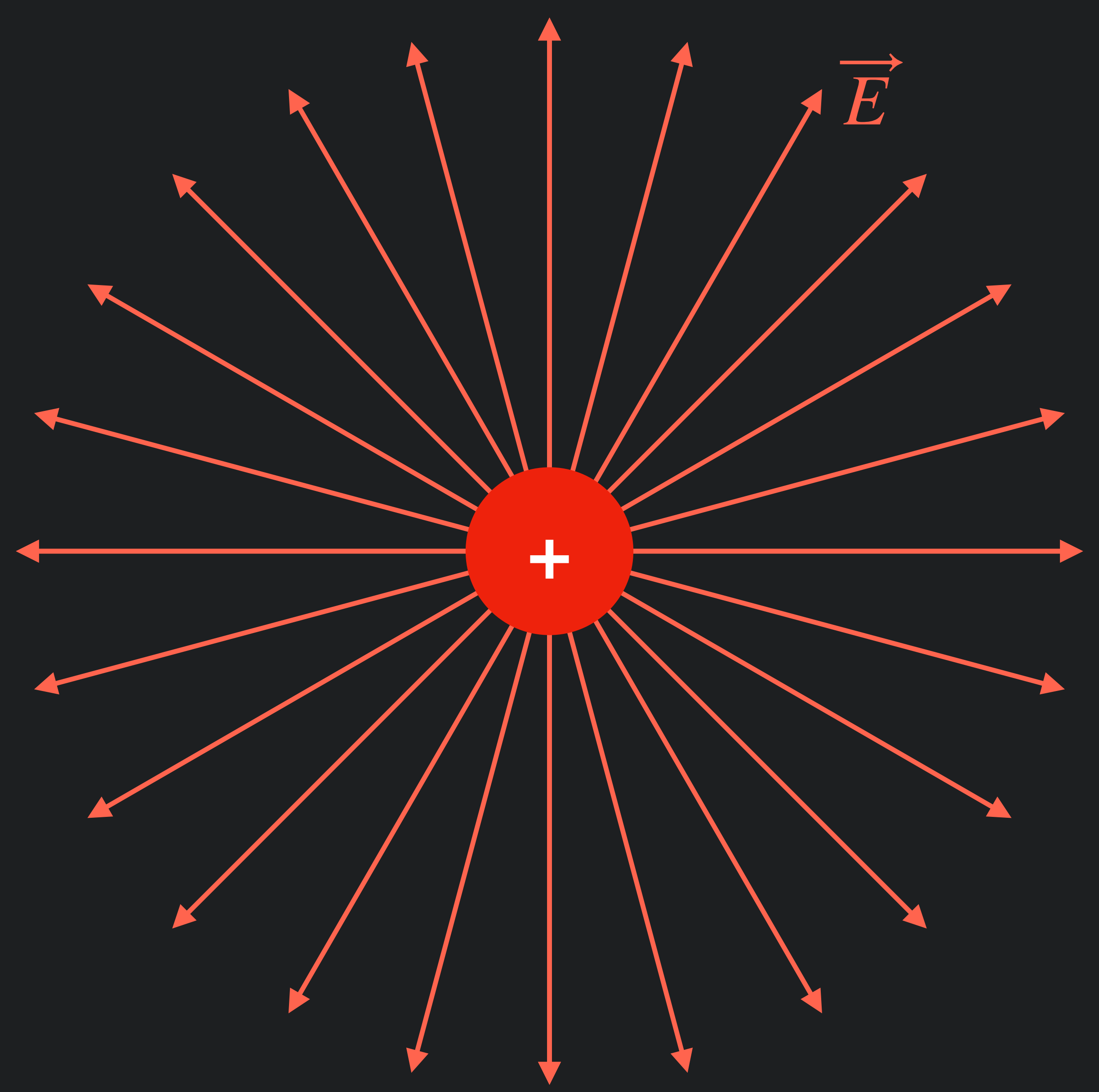
Registra la lezione!



Es. 1: Carica puntiforme

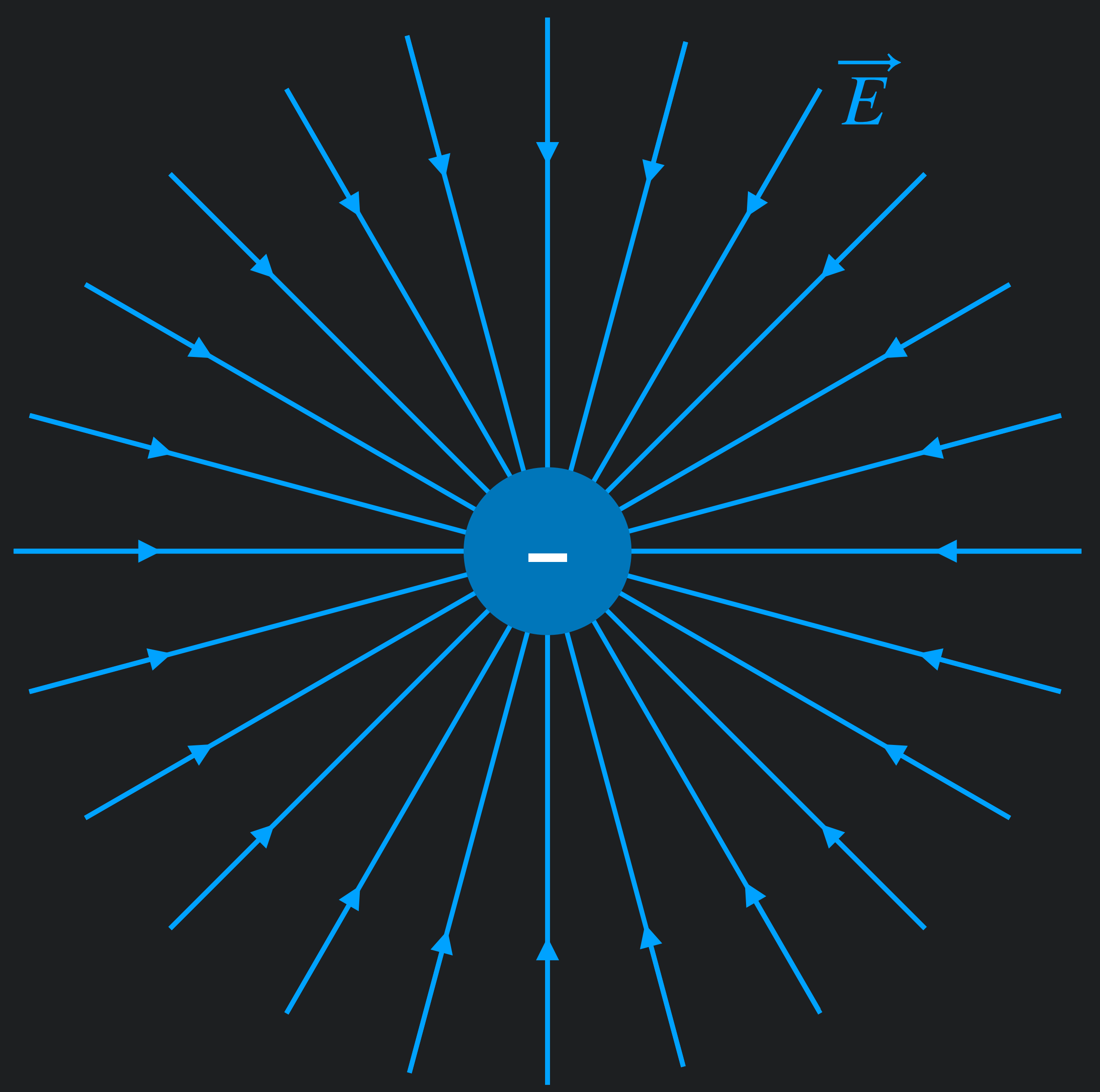
Una carica puntiforme di $3\ \mu\mathrm{C}$ dista $12\ \mathrm{cm}$ da una seconda carica puntiforme di $-1.5\ \mu\mathrm{C}$. **(a)** Disegnare il campo elettrico creato da ciascuna carica, ed il campo elettrico totale; **(b)** calcolare l'intensità della forza su ciascuna carica, e l'intensità del campo elettrico nel punto in cui si trova la seconda carica; **(c)** trovare la distanza necessaria fra le cariche affinché queste siano soggette ad forza di $5.7\ \mathrm{N}$.

Campo elettrico carica positiva



Uscente

Campo elettrico carica negativa

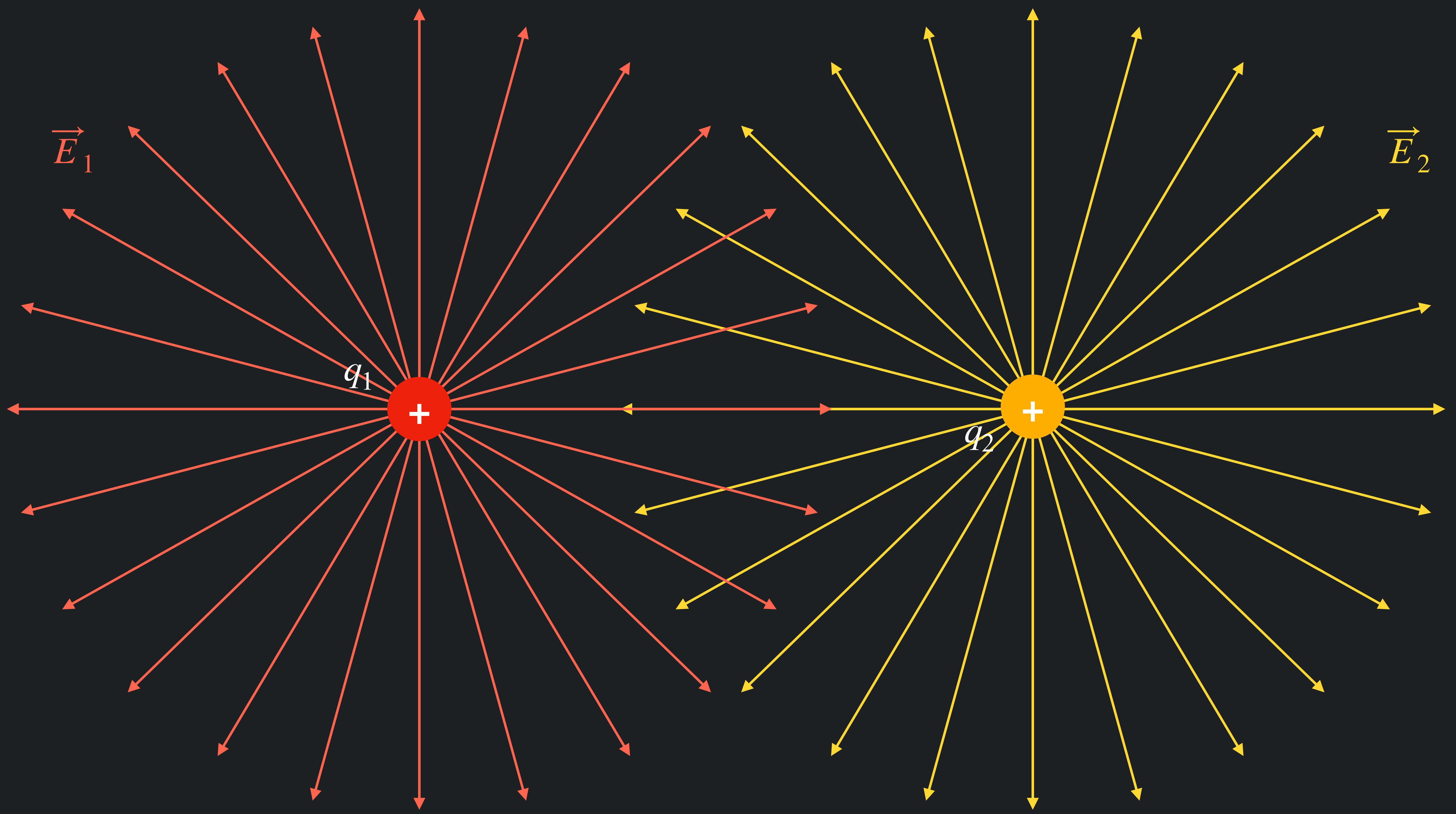


Entrante

Es. 1: Carica puntiforme

Una carica puntiforme di $3\ \mu\mathrm{C}$ dista $12\ \mathrm{cm}$ da una seconda carica puntiforme di $-1.5\ \mu\mathrm{C}$. **(a)** Disegnare il campo elettrico creato da ciascuna carica, ed il campo elettrico totale; **(b)** calcolare l'intensità della forza su ciascuna carica, e l'intensità del campo elettrico nel punto in cui si trova la seconda carica; **(c)** trovare la distanza necessaria fra le cariche affinché queste siano soggette ad forza di $5.7\ \mathrm{N}$.

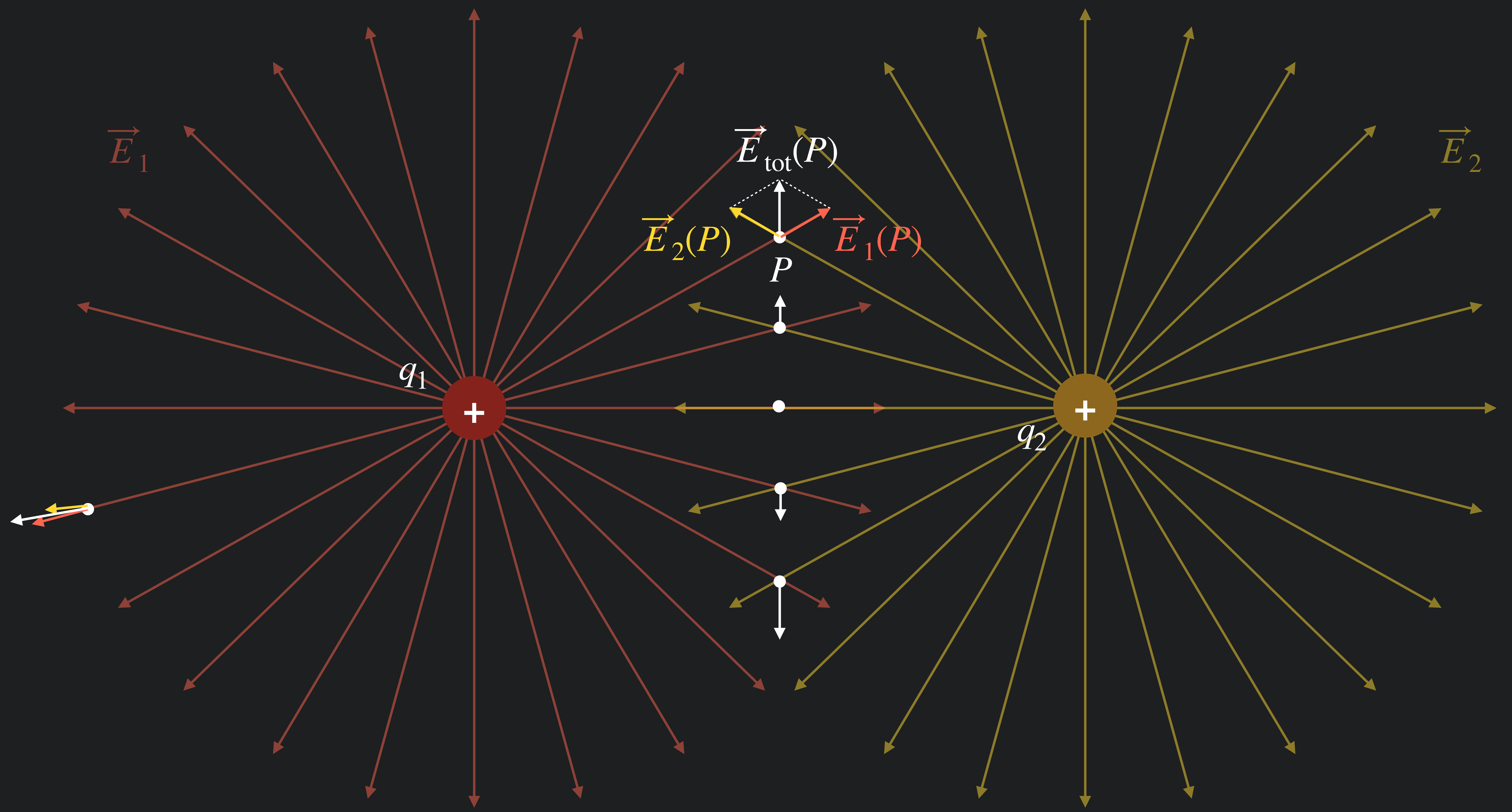
$$\vec{E}_{\mathrm{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$



Es. 1: Carica puntiforme

Una carica puntiforme di $3\ \mu\mathrm{C}$ dista $12\ \mathrm{cm}$ da una seconda carica puntiforme di $-1.5\ \mu\mathrm{C}$. **(a)** Disegnare il campo elettrico creato da ciascuna carica, ed il campo elettrico totale; **(b)** calcolare l'intensità della forza su ciascuna carica, e l'intensità del campo elettrico nel punto in cui si trova la seconda carica; **(c)** trovare la distanza necessaria fra le cariche affinché queste siano soggette ad forza di $5.7\ \mathrm{N}$.

$$\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

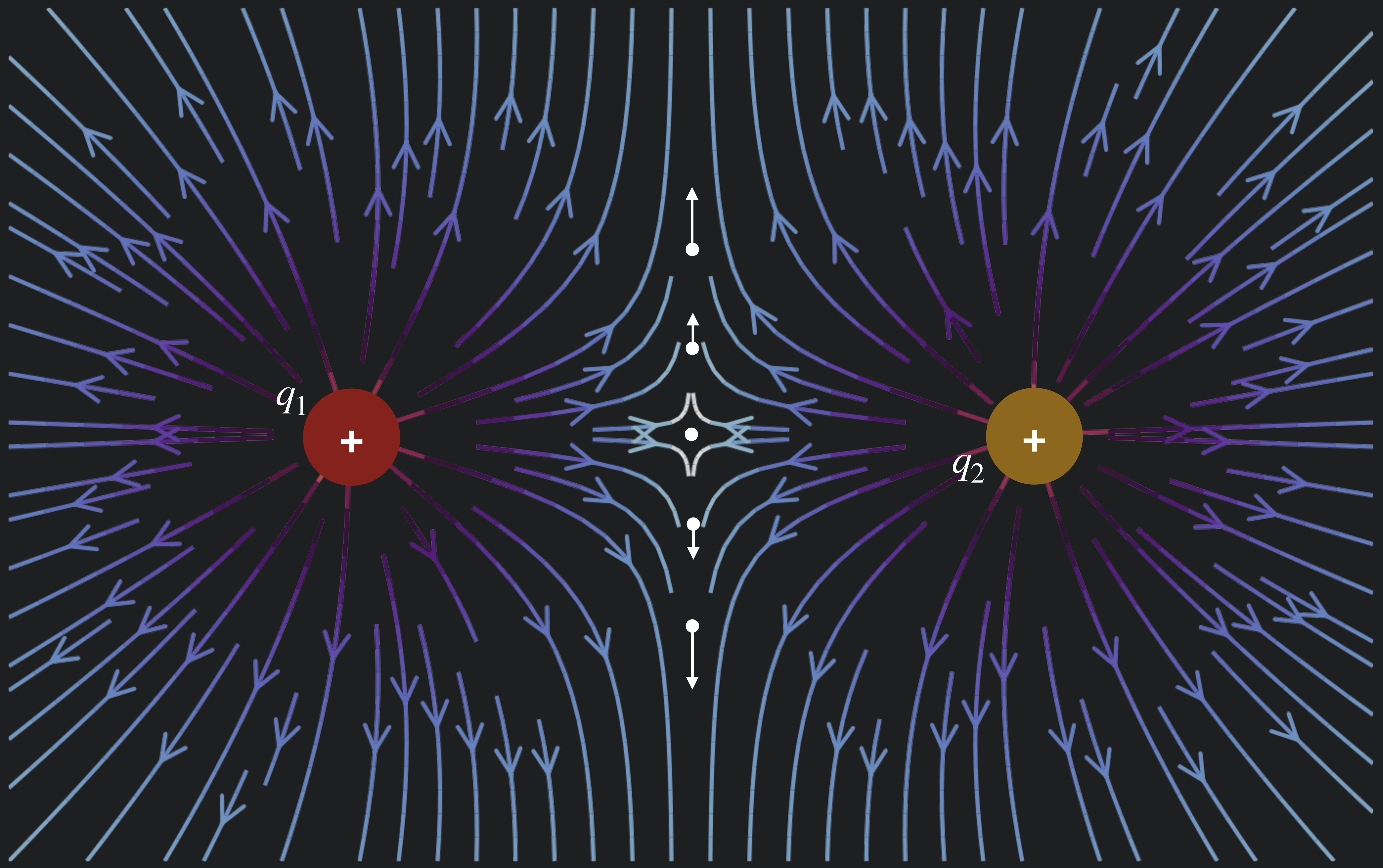


Es. 1: Carica puntiforme

Una carica puntiforme di $3\,\mu\mathrm{C}$ dista $12\,\mathrm{cm}$ da una seconda carica puntiforme di $-1.5\,\mu\mathrm{C}$. **(a)** Disegnare il campo elettrico creato da ciascuna carica, ed il campo elettrico totale; **(b)** calcolare l'intensità della forza su ciascuna carica, e l'intensità del campo elettrico nel punto in cui si trova la seconda carica; **(c)** trovare la distanza necessaria fra le cariche affinché queste siano soggette ad forza di $5.7\,\mathrm{N}$.

$$\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$q_1\,,q_2 > 0$$

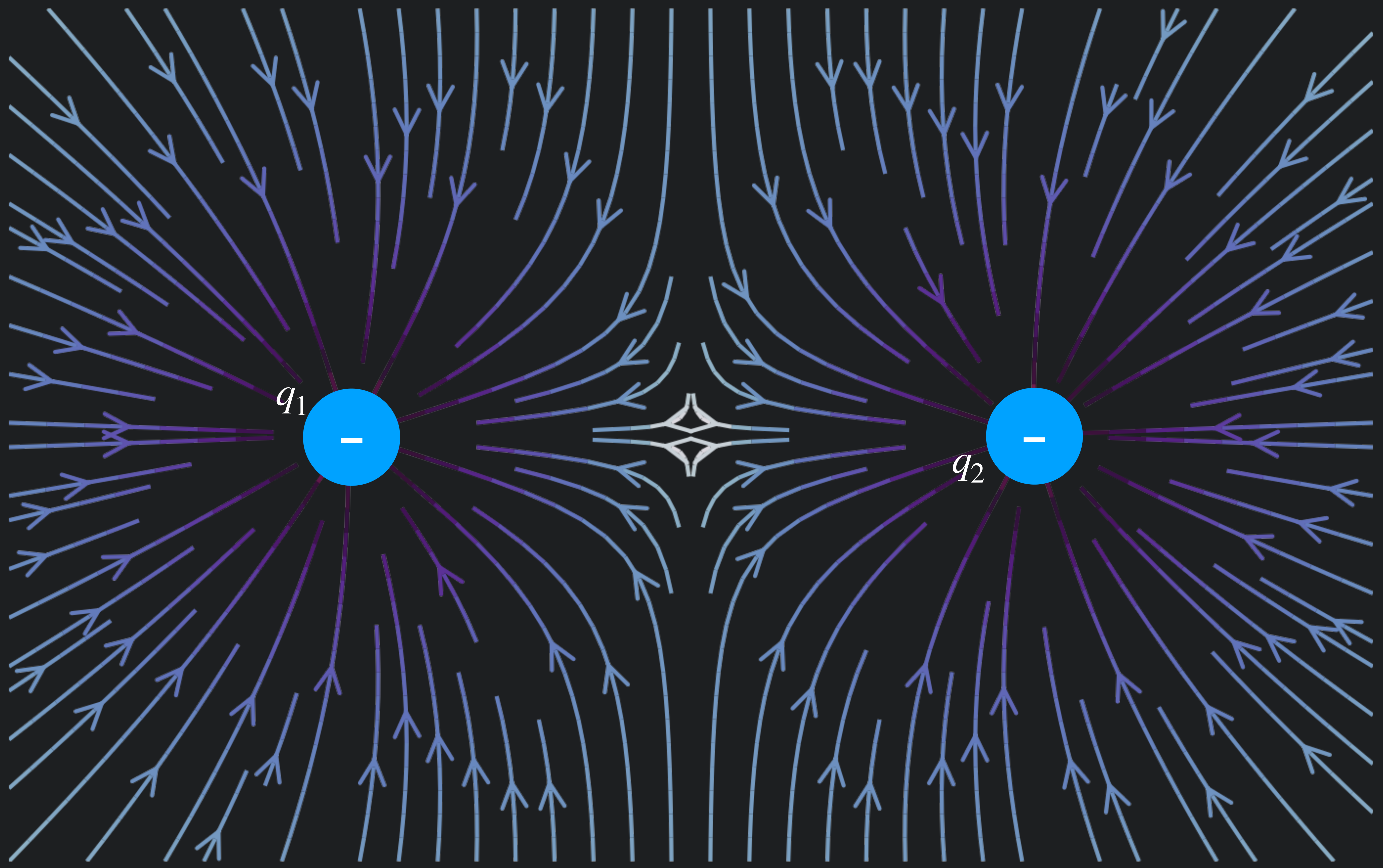


Es. 1: Carica puntiforme

Una carica puntiforme di $3\ \mu\mathrm{C}$ dista $12\ \mathrm{cm}$ da una seconda carica puntiforme di $-1.5\ \mu\mathrm{C}$. **(a)** Disegnare il campo elettrico creato da ciascuna carica, ed il campo elettrico totale; **(b)** calcolare l'intensità della forza su ciascuna carica, e l'intensità del campo elettrico nel punto in cui si trova la seconda carica; **(c)** trovare la distanza necessaria fra le cariche affinché queste siano soggette ad forza di $5.7\ \mathrm{N}$.

$$\vec{E}_{\mathrm{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$q_1\,,\,q_2 < 0$$

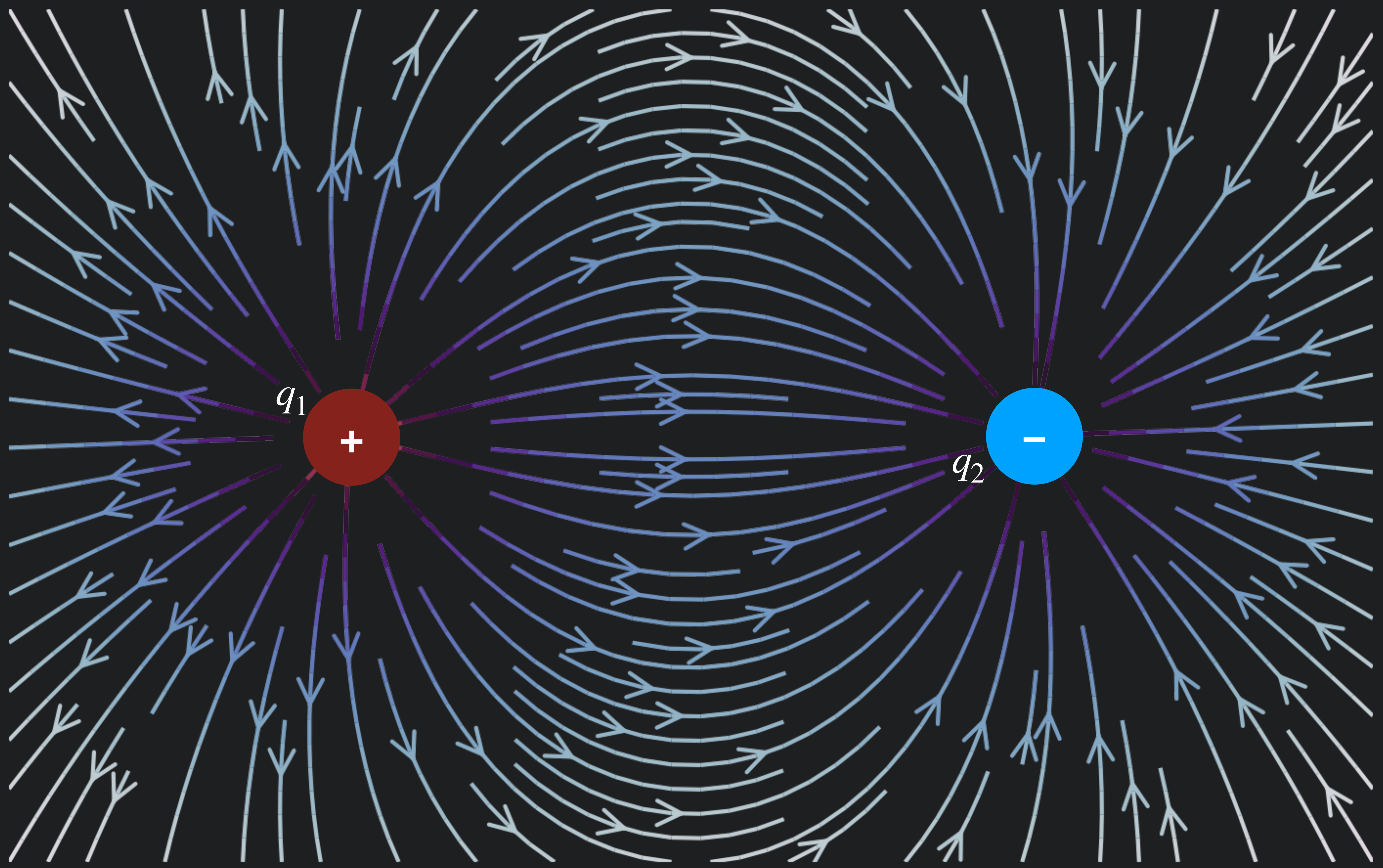


Es. 1: Carica puntiforme

Una carica puntiforme di $3\ \mu\mathrm{C}$ dista $12\ \mathrm{cm}$ da una seconda carica puntiforme di $-1.5\ \mu\mathrm{C}$. **(a)** Disegnare il campo elettrico creato da ciascuna carica, ed il campo elettrico totale; **(b)** calcolare l'intensità della forza su ciascuna carica, e l'intensità del campo elettrico nel punto in cui si trova la seconda carica; **(c)** trovare la distanza necessaria fra le cariche affinché queste siano soggette ad forza di $5.7\ \mathrm{N}$.

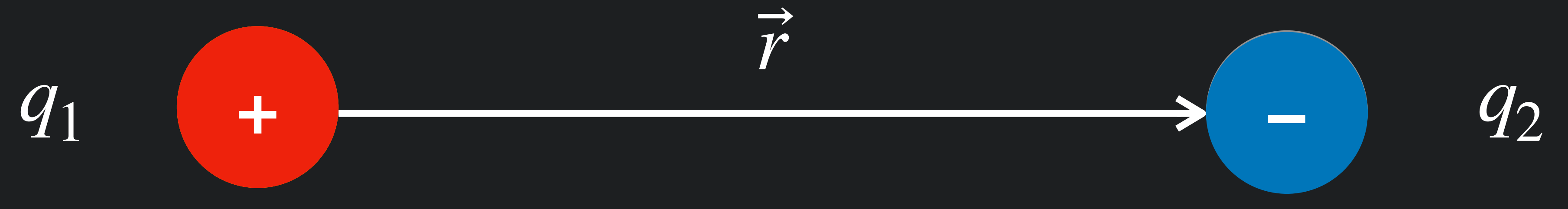
$$\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$q_1 > 0\,, q_2 < 0$$



Es. 1: Carica puntiforme

Una carica puntiforme di $3\,\mu\mathrm{C}$ dista $12\,\mathrm{cm}$ da una seconda carica puntiforme di $-1.5\,\mu\mathrm{C}$. **(a)** Disegnare il campo elettrico creato da ciascuna carica, ed il campo elettrico totale; **(b)** calcolare l'intensità della forza su ciascuna carica, e l'intensità del campo elettrico nel punto in cui si trova la seconda carica; **(c)** trovare la distanza necessaria fra le cariche affinché queste siano soggette ad forza di $5.7\,\mathrm{N}$.



Le cariche elettriche risentono della Forza di Coulomb:

$$\vec{F}_{1\to 2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 \cdot q_2}{|\vec{r}\,|^2}\hat{r} \qquad \vec{F}_{2\to 1} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2 \cdot q_1}{|\vec{r}\,|^2}(-\hat{r}) \qquad |\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}|$$

$$|\vec{F}\,| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_1 q_2|}{r^2} = 8.9\cdot 10^9\,\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2/\mathrm{C}^2 \cdot \frac{3\cdot 10^{-6}\,\mathrm{C}\cdot|-1.5\cdot 10^{-6}\,\mathrm{C}|}{(12\cdot 10^{-2}\,\mathrm{m})^2}$$
$$= 2.78\,\mathrm{N}$$

costante di Coulomb $k = 8.9\cdot 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m}^2}{\mathrm{C}^2}$

Campo elettrico è definito:

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q} \implies \vec{E}_1(\text{in } 2) = \frac{\vec{F}_1(\text{in } 2)}{q} = \frac{1}{q}\cdot k\frac{q_1\cdot q}{|\vec{r}\,|^2}\hat{r} = k\frac{q_1}{r^2}\hat{r}$$

$$\implies E_1(\text{in } 2) = 8.9\cdot 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m}^2}{C^2}\,\frac{3\cdot 10^6\,\mathrm{C}}{(12\cdot 10^{-2}\,\mathrm{m})^2} = 1.85\cdot 10^6\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$$

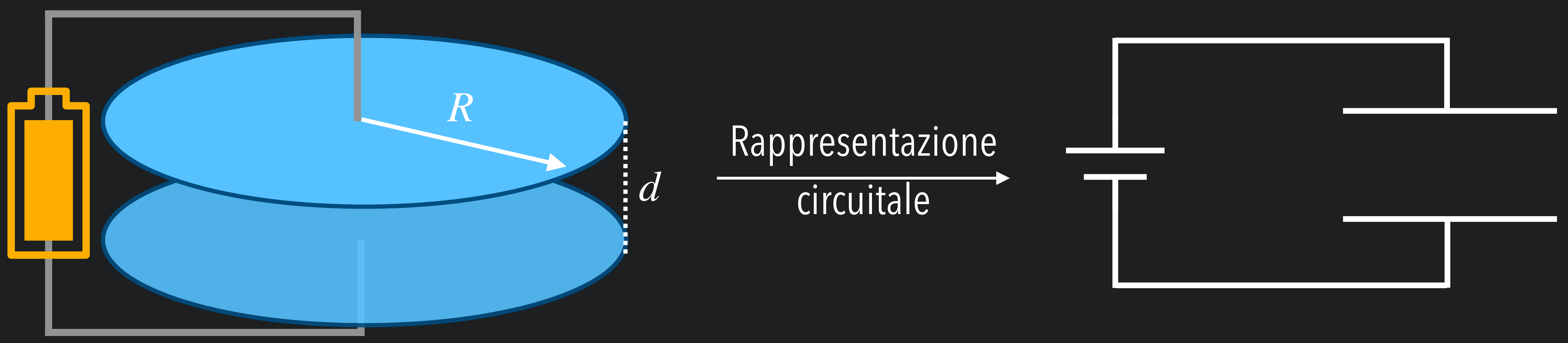
(c) distanza necessaria

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \implies r = \sqrt{k\frac{q_1 q_2}{F}}$$

$$\implies r = \sqrt{8.9\cdot 10^{-9}\,\mathrm{N\,m}^2/\mathrm{C}^2\,\frac{4.5\cdot 10^{-12}\,\mathrm{C}^2}{5.7\,\mathrm{N}}} = 8.4\,\mathrm{cm}$$

Es. 2: Condensatore

Determinare la capacità di un condensatore a facce piane e parallele con armature costituite da due dischi metallici (raggio $R = 20\,\mathrm{cm}$) separati da uno strato d'aria di spessore $d = 2.5\,\mathrm{mm}$. Determinare la carica su ciascuna armatura se il condensatore viene collegato a una pila da $9\,\mathrm{V}$ e calcolare il campo elettrico nella regione tra le armature.



Capacità di un condensatore a piatti paralleli

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

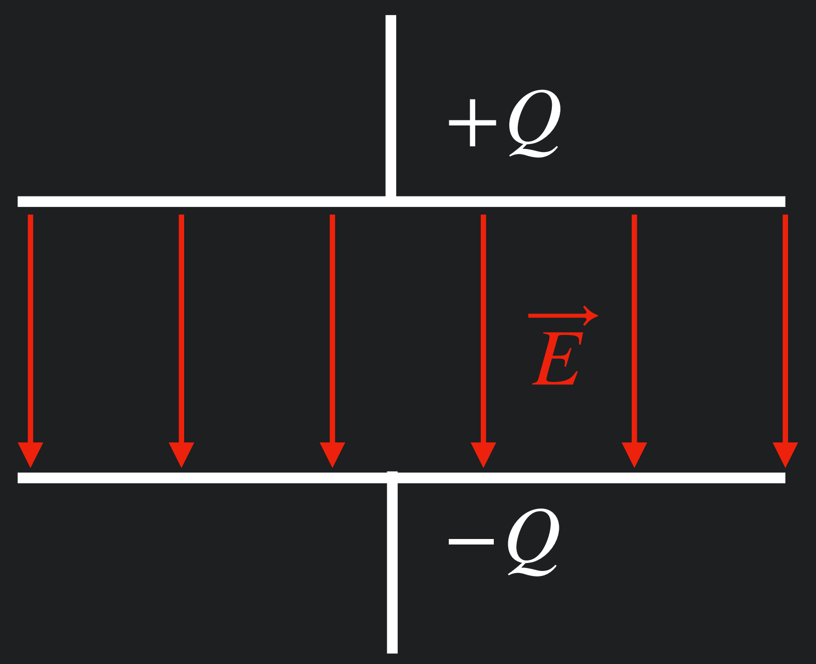
$$\implies C = 8.8 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{C^2/m^2\,N} \cdot \frac{\pi(20 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m})^2}{2.5 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}}$$

$$= 4.45 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{F} = 445\,\mathrm{pF}$$

Capacità di un conduttore è definita come:

$$C := \frac{Q}{V} \implies Q = C \cdot V$$

$$Q = 4.45 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{F} \cdot 9\,\mathrm{V} = 4 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{C}$$



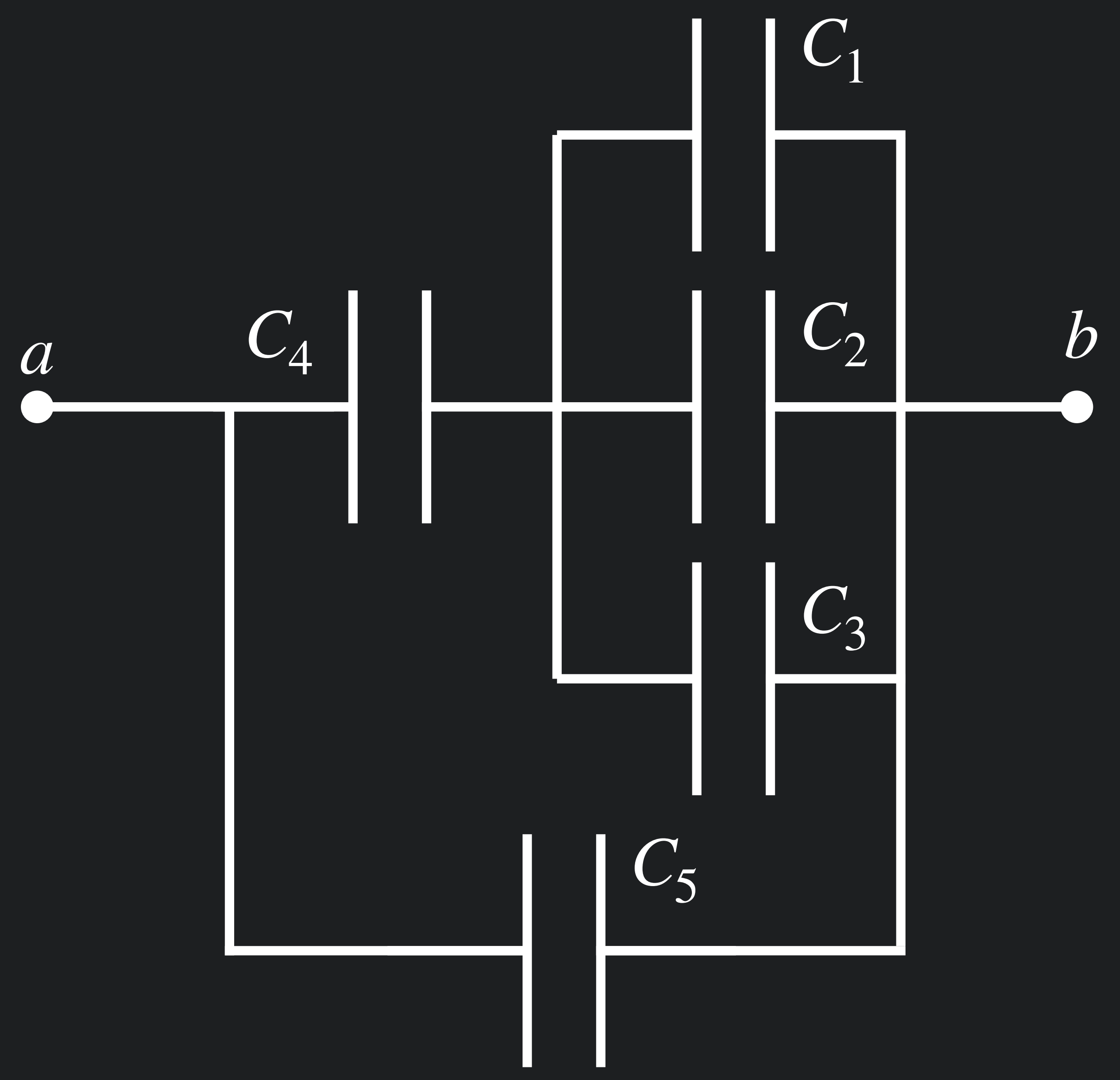
Campo elettrico all'interno di condensatore piano è dato da

$$E = \frac{V}{d}$$

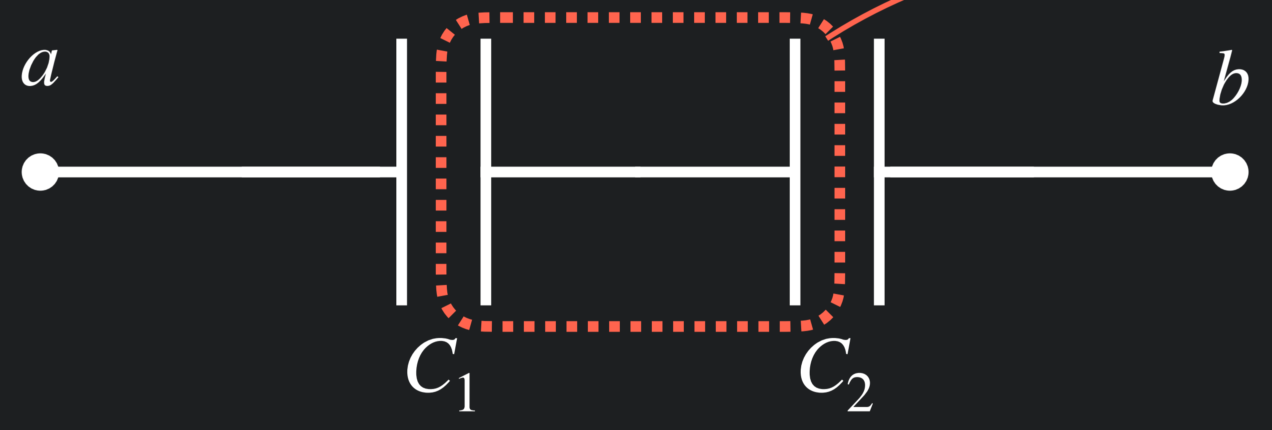
$$\implies E = \frac{9\mathrm{V}}{2.5 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}} = 3.6 \cdot 10^3 \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$$

Es. 3: Circuito con condensatori

Determinare la capacità equivalente del circuito in figura quando $C_1 = 1\,\mathrm{pF}$, $C_2 = 2\,\mathrm{pF}$, $C_3 = 3\,\mathrm{pF}$, $C_4 = 4\,\mathrm{pF}$, $C_5 = 5\,\mathrm{pF}$. Calcolare, inoltre, la carica e la tensione di ciascun condensatore per $V_{ab} = 100\,\mathrm{V}$.



Condensatori in serie:



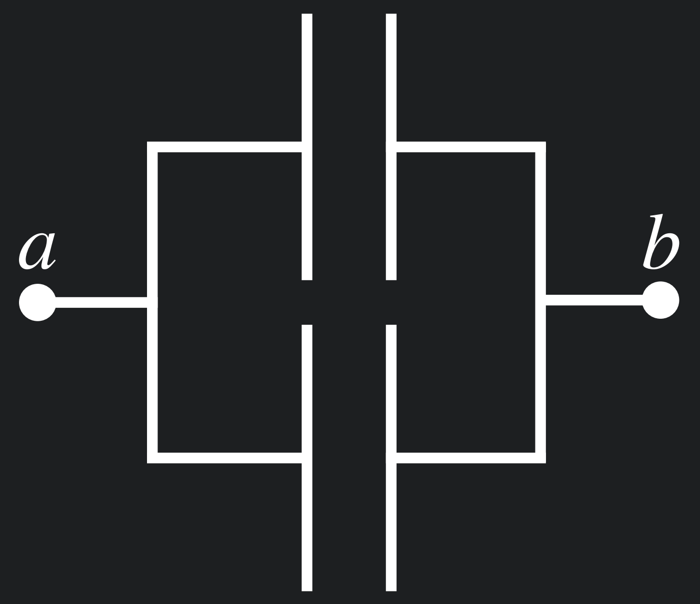
$$C_1 = \frac{Q_1}{V_1} \qquad C_2 = \frac{Q_2}{V_2}$$

Qui carica totale si conserva! $\implies Q_1 = Q_2$

$$V_{ab} = V_1 + V_2 = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$$

$$\boxed{\frac{1}{C_{\mathrm{eq}}} := \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \qquad = \frac{Q}{C_{\mathrm{eq}}}$$

Condensatori in parallelo:



$$Q_1 = C_1 V_1 \quad Q_2 = C_2 V_2$$

I due condensatori sono allo stesso potenziale $\implies V_1 = V_2$

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1 V_1 + C_2 V_2 = V(C_1 + C_2)$$

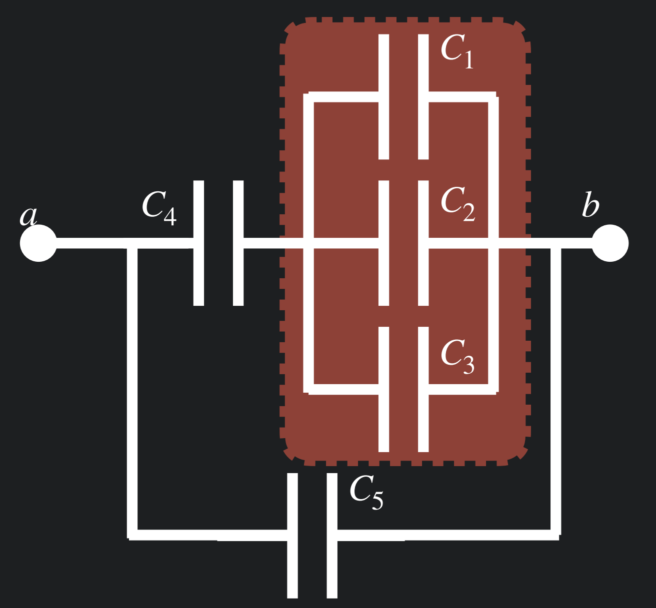
$$\boxed{C_{\mathrm{eq}} = C_1 + C_2} \qquad \implies Q = V C_{\mathrm{eq}}$$

Es. 3: Circuito con condensatori

Determinare la capacità equivalente del circuito in figura quando $C_1 = 1\,\mathrm{pF}$, $C_2 = 2\,\mathrm{pF}$, $C_3 = 3\,\mathrm{pF}$, $C_4 = 4\,\mathrm{pF}$, $C_5 = 5\,\mathrm{pF}$. Calcolare, inoltre, la carica e la tensione di ciascun condensatore per $V_{ab} = 100\,\mathrm{V}$.

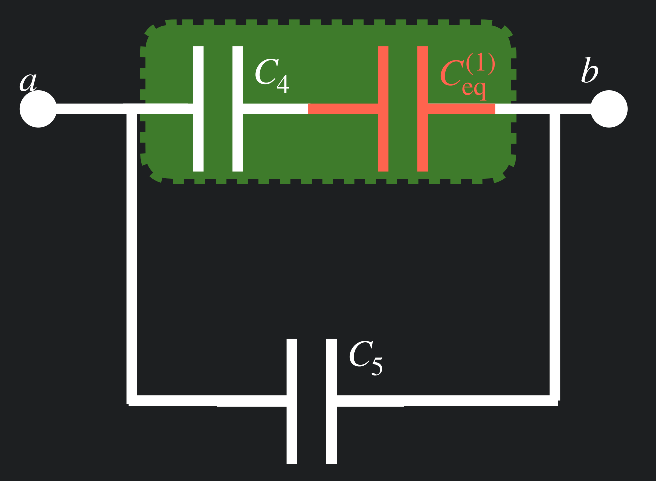
Es. 3: Circuito con condensatori

Determinare la capacità equivalente del circuito in figura quando $C_1 = 1\,\text{pF}$, $C_2 = 2\,\text{pF}$, $C_3 = 3\,\text{pF}$, $C_4 = 4\,\text{pF}$, $C_5 = 5\,\text{pF}$. Calcolare, inoltre, la carica e la tensione di ciascun condensatore per $V_{ab} = 100\,\text{V}$.



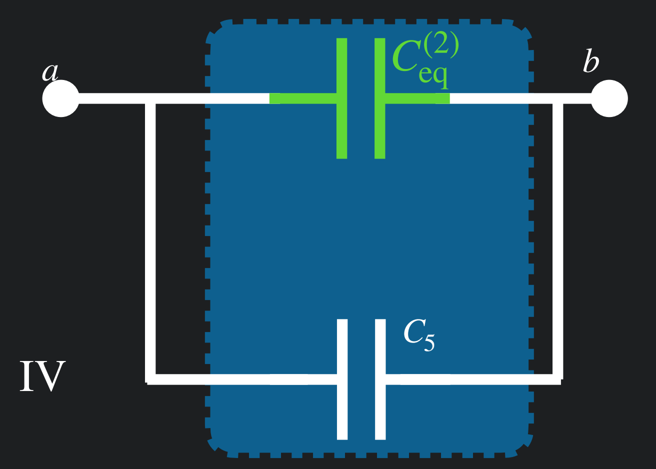
$$C_{\text{eq}}^{(1)} = C_1 + C_2 + C_3 = 1\text{pF} + 2\text{pF} + 3\text{pF}$$

$$\Longrightarrow \; C_{\text{eq}}^{(1)} = 6\,\text{pF}$$



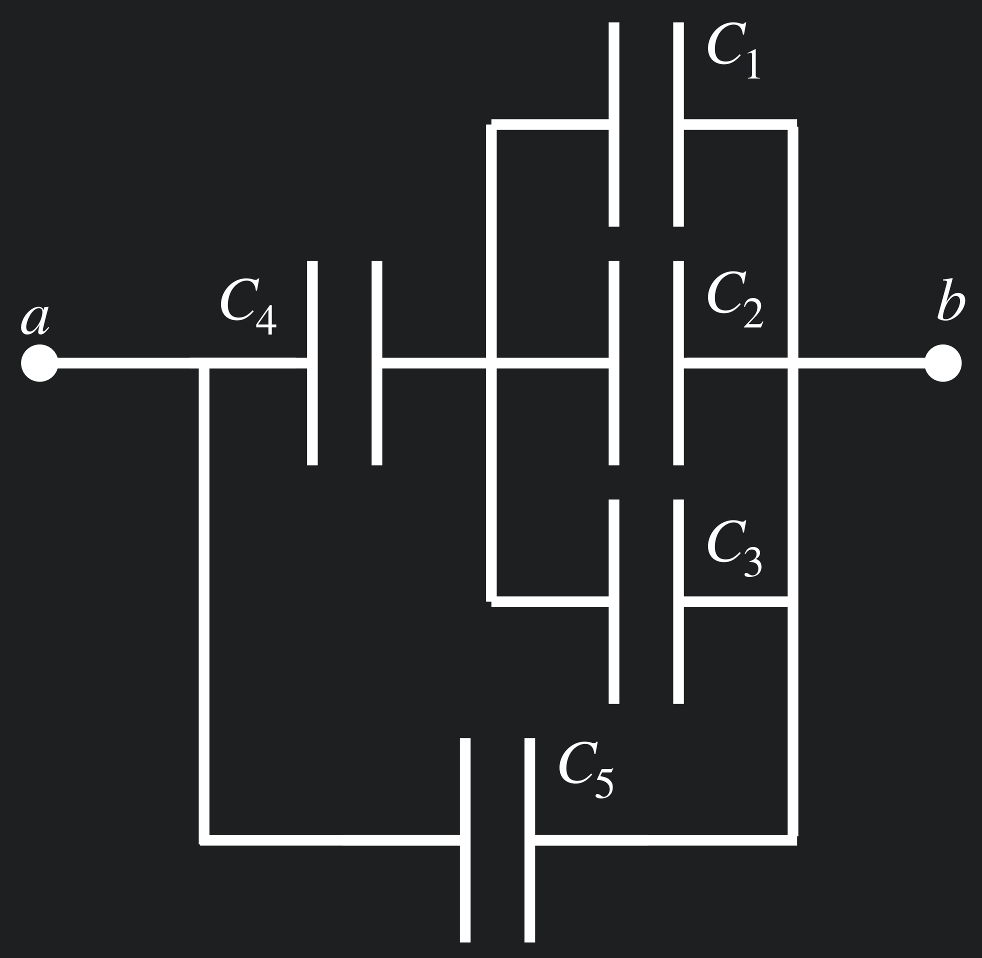
$$\frac{1}{C_{\text{eq}}^{(2)}} = \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_{\text{eq}}^{(1)}} \quad = \frac{1}{4\text{pF}} + \frac{1}{6\text{pF}}$$

$$\Longrightarrow \; C_{\text{eq}}^{(2)} = \frac{12}{5}\text{pF}$$



$$C_{\text{eq}}^{(3)} = C_5 + C_{\text{eq}}^{(2)} \quad = 5\text{pF} + \frac{12}{5}\text{pF}$$

$$\Longrightarrow \; C_{\text{eq}}^{(3)} = \frac{37}{5}\text{pF}$$



$$\Longrightarrow \; V_5 = V_{ab}$$

Carica totale accumulata in $C_{\text{eq}}^{(2)}$

$$\Longrightarrow \; Q = V_{ab} C_{\text{eq}}^{(2)}$$

$$V_4 = \frac{Q_4}{C_4} \qquad V_{1,2,3} = \frac{Q_{\text{tot}}}{C_{\text{eq}}^{(1)}}$$

Carica di condensatore C_4 e $C_{\text{eq}}^{(1)}$ è la stessa, ovvero:

$$\Longrightarrow \; Q_4 = Q_{\text{tot}} = Q$$

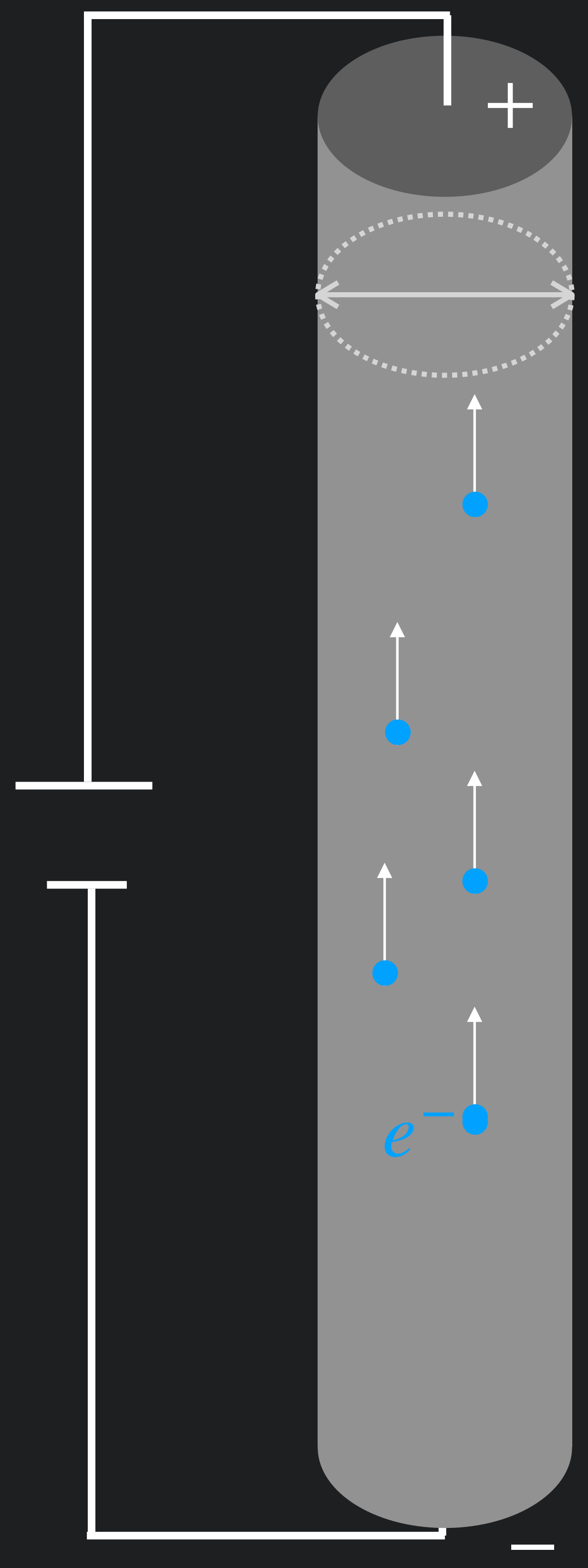
Le tensioni quindi sono:

$$V_4 = V_{ab}\frac{C_{\text{eq}}^{(2)}}{C_4} \quad \Longrightarrow \quad V_4 = \frac{300}{5}\text{V}$$

$$V_{1,2,3} = V_{ab}\frac{C_{\text{eq}}^{(2)}}{C_{\text{eq}}^{(1)}} \quad \Longrightarrow \quad V_{1,2,3} = \frac{200}{5}\text{V}$$

Es. 4: Corrente elettrica

Alle estremità di un filo di rame è applicata una differenza di potenziale di $0.5\mathrm{V}$. Il filo è lungo $2\mathrm{m}$ e ha un diametro di $0.8\mathrm{mm}$. Calcolare: (a) la resistenza del filo; (b) l'energia dissipata in $10\,\mathrm{s}$; (c) la quantità di carica totale che ha attraversato il filo in quel tempo. La resistività del rame è $1.68 \cdot 10^{-8}\Omega\,\mathrm{m}$; la carica dell'elettrone è $1.60 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$.



Resistenza di un filo è data da:

$$R = \rho\frac{L}{A} = 1.68 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot \mathrm{m}\frac{2\,\mathrm{m}}{\pi(0.4 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m})^2} \implies R = 6.7 \cdot 10^{-2}\,\Omega$$

La potenza dissipata da una resistenza è espressa dalla Legge di Joule:

$$P = I^2R = \left(\frac{V}{R}\right)^2 R = V^2/R \implies P = (0.5\,\mathrm{V})^2/6.7 \cdot 10^{-2}\,\Omega = 3.73\,\mathrm{W}$$

La potenza è l'energia nell'unità di tempo: $P = \dfrac{E}{\Delta t}$

$$\implies E = P\Delta t = 3.73\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} \cdot 10\,\mathrm{s} = 37.3\,\mathrm{J}$$

Legge di Ohm $V = IR$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{0.5\mathrm{V}}{6.7 \cdot 10^{-2}\Omega} = 7.46\,\mathrm{A} \qquad (1\mathrm{A} = 1\mathrm{C/s})$$

La corrente indica la quantità di carica per unità di tempo

$$Q_{\Delta t} = I\,\Delta t$$

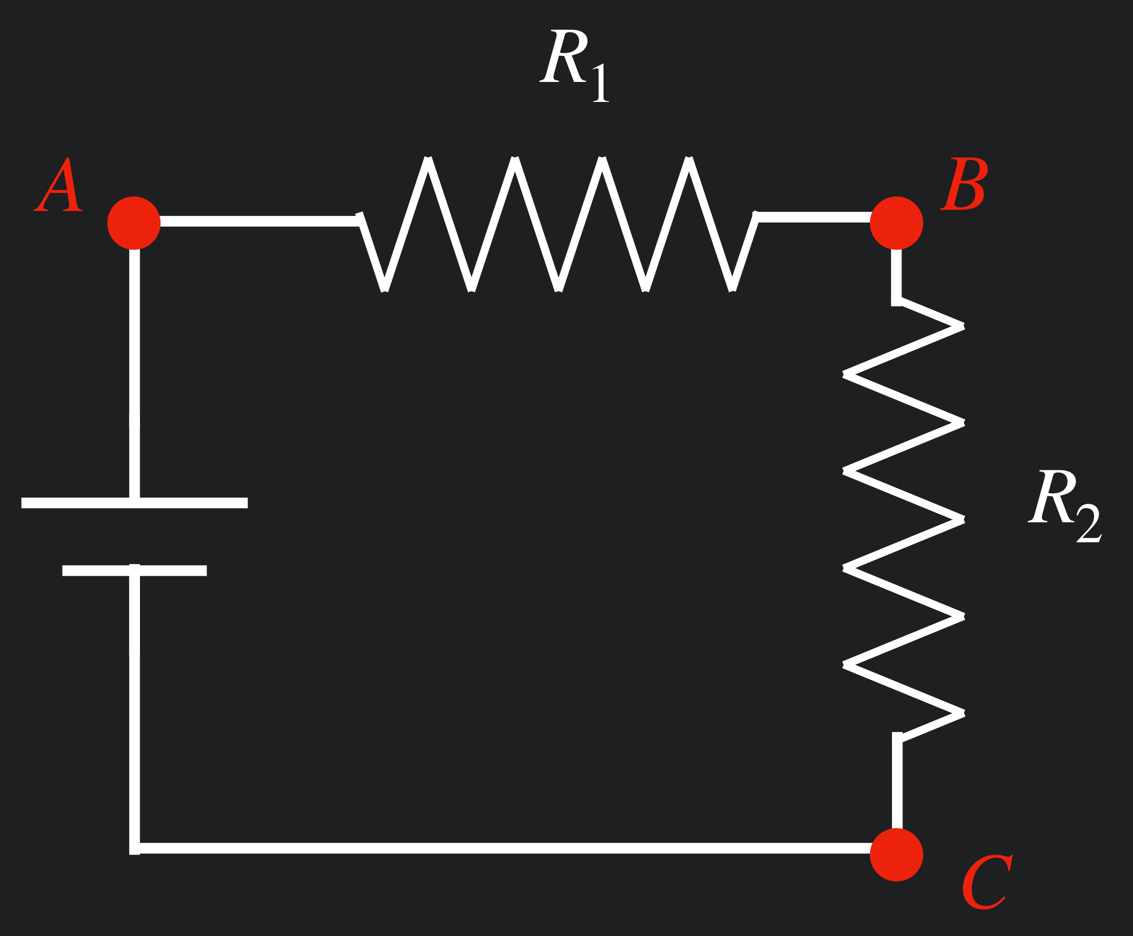
$$\implies Q = 7.46\,\mathrm{C/s} \cdot 10\,\mathrm{s} = 74.6\,\mathrm{C}$$

La carica è quantizzata, ed è trasportata da elettroni ciascuno con carica q_e. Quindi in totale saranno passati un numero di elettroni pari a:

$$N_e = \frac{Q}{q_e} \approx 10^{20}$$

Es. 5: Circuito con resistenze

Si ha a disposizione una batteria da 12V e si vuol fare in modo che la tensione applicata ad una resistenza $R_1 = 100\Omega$ sia di soli 8V. A questo scopo, si mette in serie a R_1 una seconda resistenza R_2: quanto deve valere R_2? Quanto vale la resistenza equivalente? Qual è la corrente che circola in ciascuna resistenza? Descrivere cosa succede se le resistenze sono invece posizionate in parallelo.



La differenza di potenziale lungo il circuito è data da

$$V = V_{AB} + V_{BC}$$

applichiamo **Legge di Ohm** a ciascuna caduta di potenziale:

$$V_{AB} = I_1 R_1 \qquad V_{BC} = I_2 R_2$$

$$= I_1 R_1 + I_2 R_2$$

ma la corrente nel circuito deve essere la stessa, altrimenti si accumulerebbe carica

$$I_1 = I_2 = I$$

$$= I(R_1 + R_2)$$

possiamo definire una resistenza equivalente

$$R_{\text{eq}}^{\text{serie}} = (R_1 + R_2)$$

$$= I\,R_{\text{eq}}$$

$$\implies R_{\text{eq}} = 150\,\Omega$$

Noi vogliamo che $V_1 = 8\text{V}$, e vale:

$$V_1 = I\,R_1 = \frac{V}{R_{\text{eq}}} R_1 = \frac{V}{R_1 + R_2} R_1$$

$$\implies R_2 = \frac{V}{V_1} R_1 - R_1 = R_1 \left(\frac{V - V_1}{V_1} \right) = 100\,\Omega \left(\frac{12\text{V} - 8\text{V}}{8\text{V}} \right) = 50\,\Omega$$

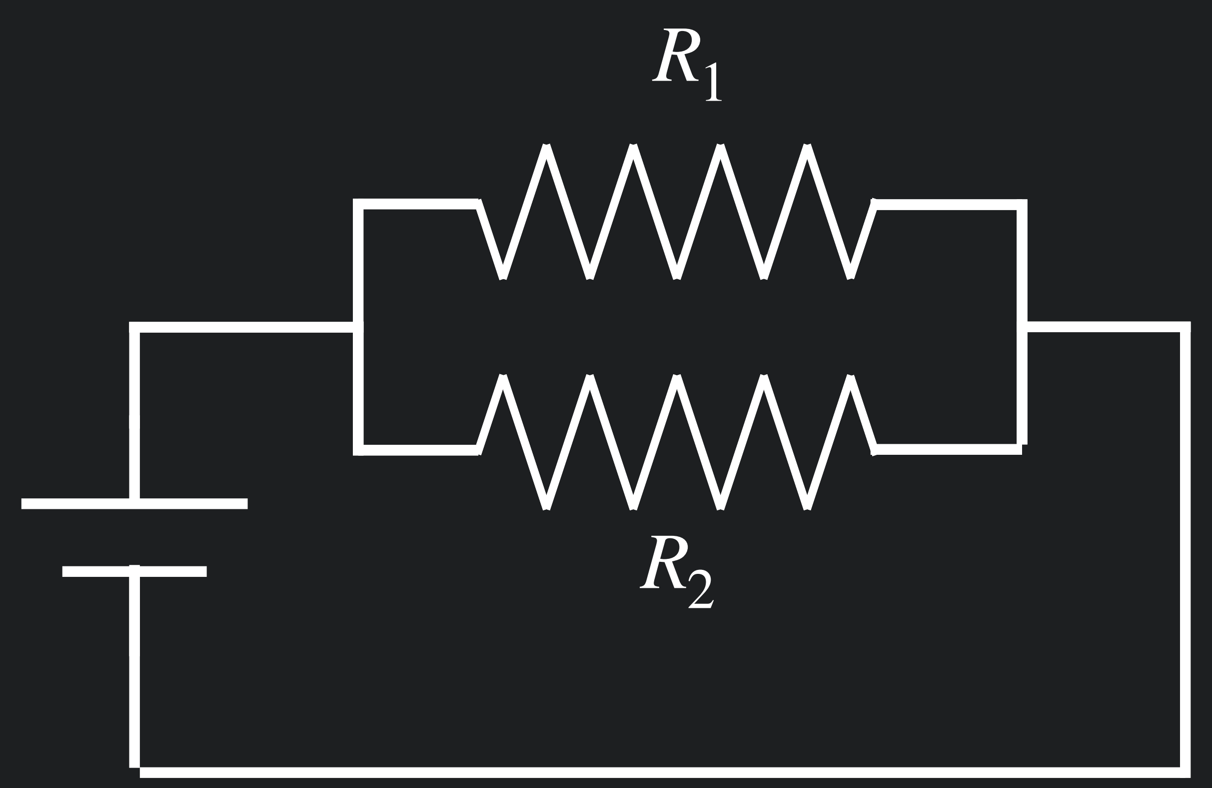
$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{8\text{V}}{100\Omega} = 0.08\text{ A}$$

Giusto!

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V - V_1}{R_2} = \frac{4\text{V}}{50\Omega} = 0.08\text{ A}$$

Es. 5: Circuito con resistenze

Si ha a disposizione una batteria da $12\,\mathrm{V}$ e si vuol fare in modo che la tensione applicata ad una resistenza $R_1 = 100\,\Omega$ sia di soli $8\,\mathrm{V}$. A questo scopo, si mette in serie a R_1 una seconda resistenza R_2: quanto deve valere R_2? Quanto vale la resistenza equivalente? Qual è la corrente che circola in ciascuna resistenza? Descrivere cosa succede se le resistenze sono invece posizionate in parallelo.

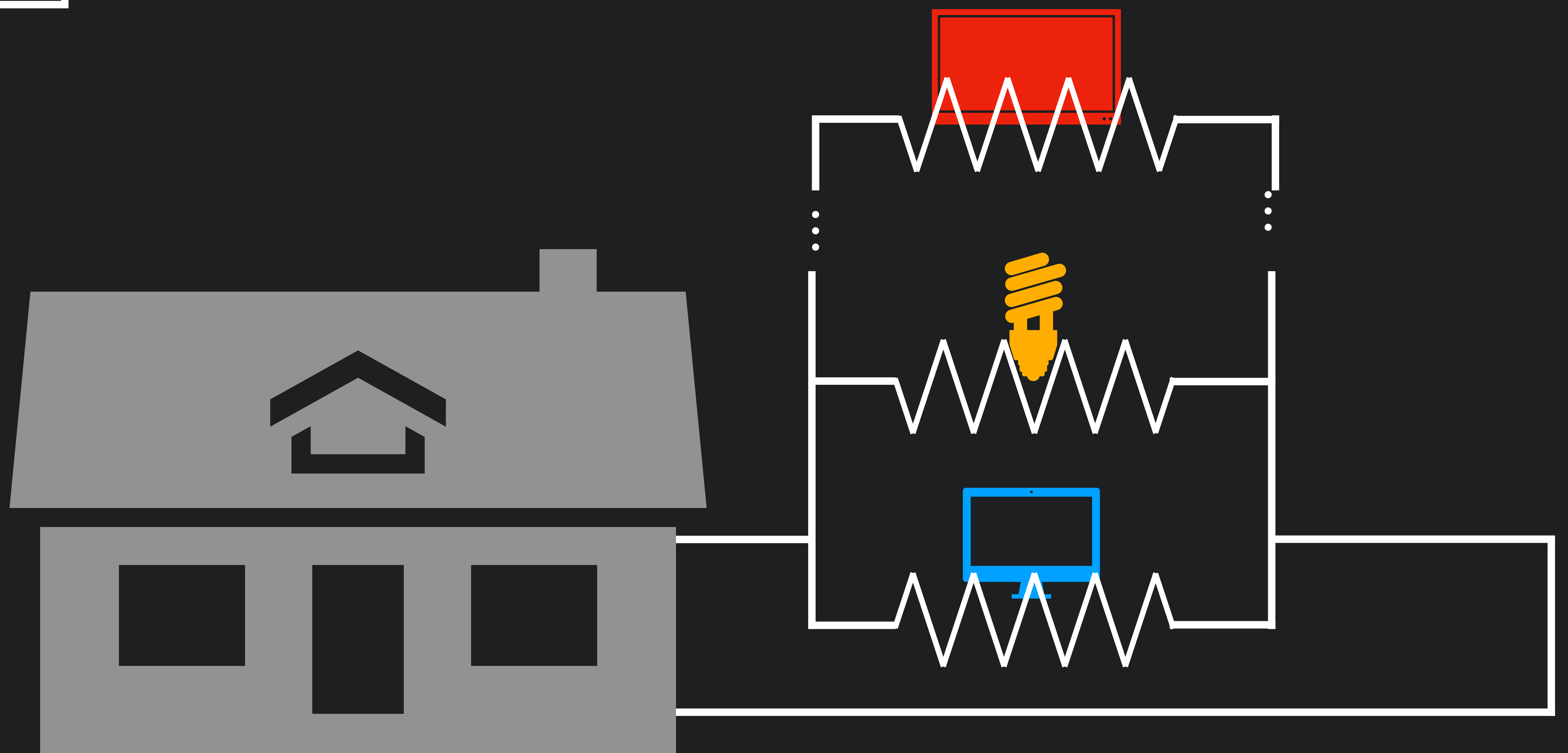


$$V_1 = I_1 R_1 \qquad V_2 = I_2 R_2$$

Ma sono applicate alla stessa differenza di potenziale $\quad V_1 = V_2 = V$

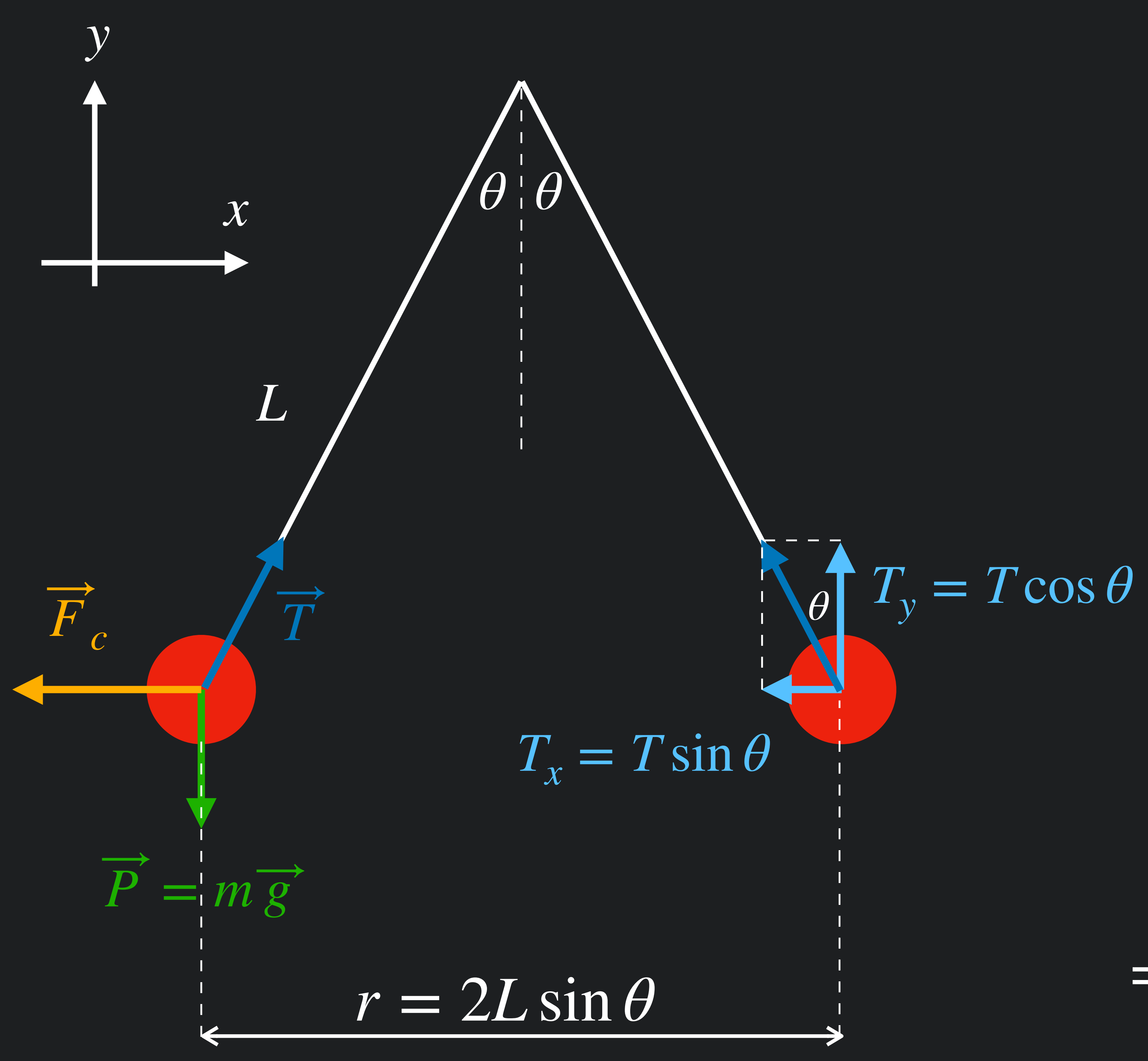
$$I = I_1 + I_2 = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V}{R_{\mathrm{eq}}^{\mathrm{parallelo}}}$$

$$\frac{1}{R_{\mathrm{eq}}^{\mathrm{parallelo}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



Es. 6: Cariche in equilibrio

Due identiche sfere cariche, ognuna di massa $30\ \mathrm{g}$, sono in equilibrio come riportato in Figura. La lunghezza del fio è $0.15\ \mathrm{m}$, e l'angolo $\theta = 5°$. Determina l'intensità della carica presente sulle sfere.



Sistema è all'equilibrio, quindi risultante delle forze è nulla:

$$\Longrightarrow \quad \vec{F}_c + \vec{P} + \vec{T} = 0$$

Scomponiamo lungo gli assi x e y:

$$y: \quad T\cos\theta - mg = 0$$

$$x: \quad T\sin\theta - F_c = 0 \qquad F_c = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad q_1 = q_2 = q \qquad r = 2L\sin\theta$$

Dalla prima equazione possiamo ricavare quanto vale la tensione T $\quad \Longrightarrow \quad T = \dfrac{mg}{\cos\theta}$

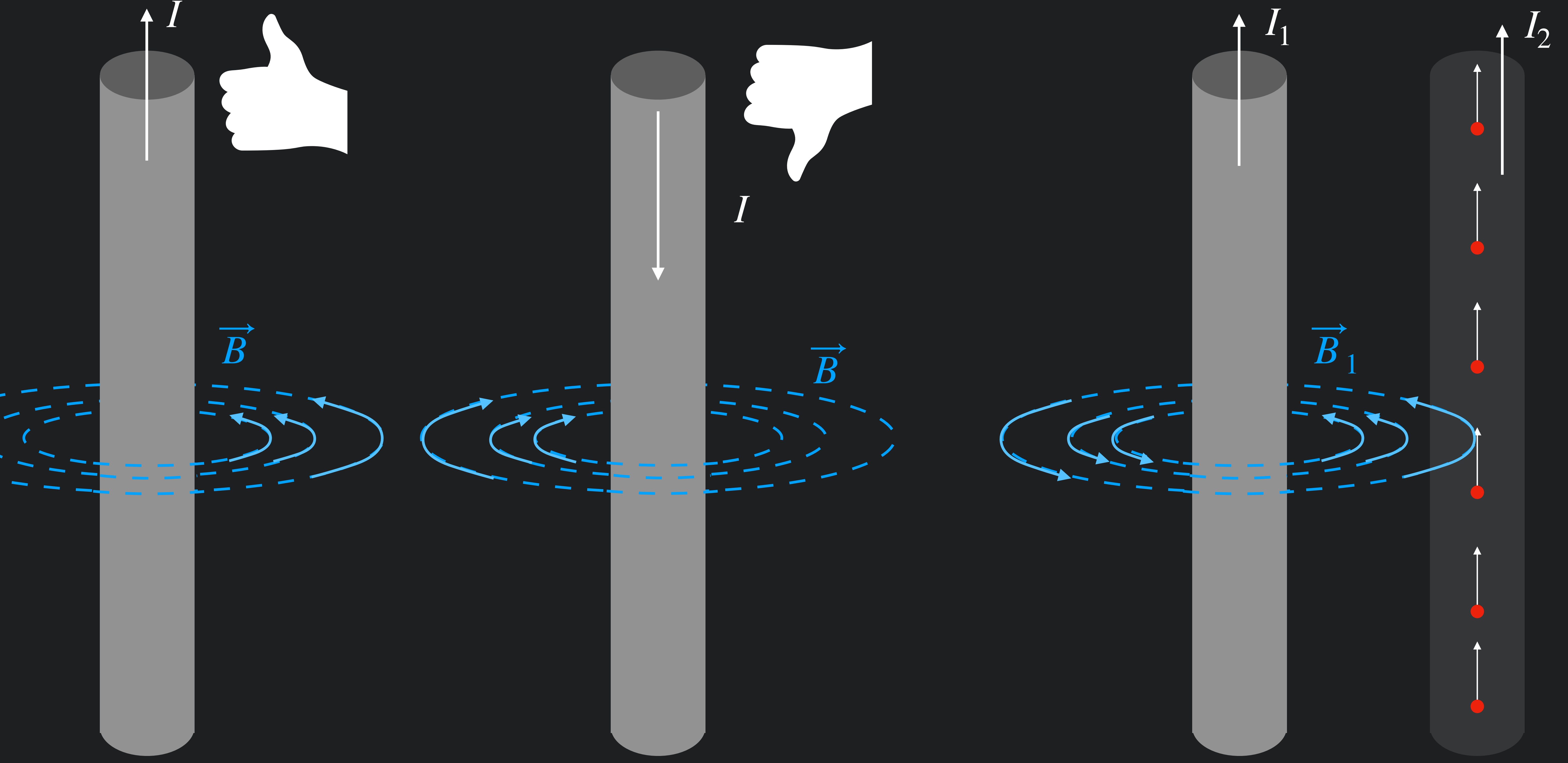
E sostituiamo nella seconda:

$$\frac{mg}{\cos\theta}\sin\theta - F_c = 0 \qquad mg\tan\theta - k\frac{q^2}{4L^2\sin^2\theta} = 0 \Longrightarrow q^2 = \frac{4L^2\sin^2\theta\, mg\tan\theta}{k}$$

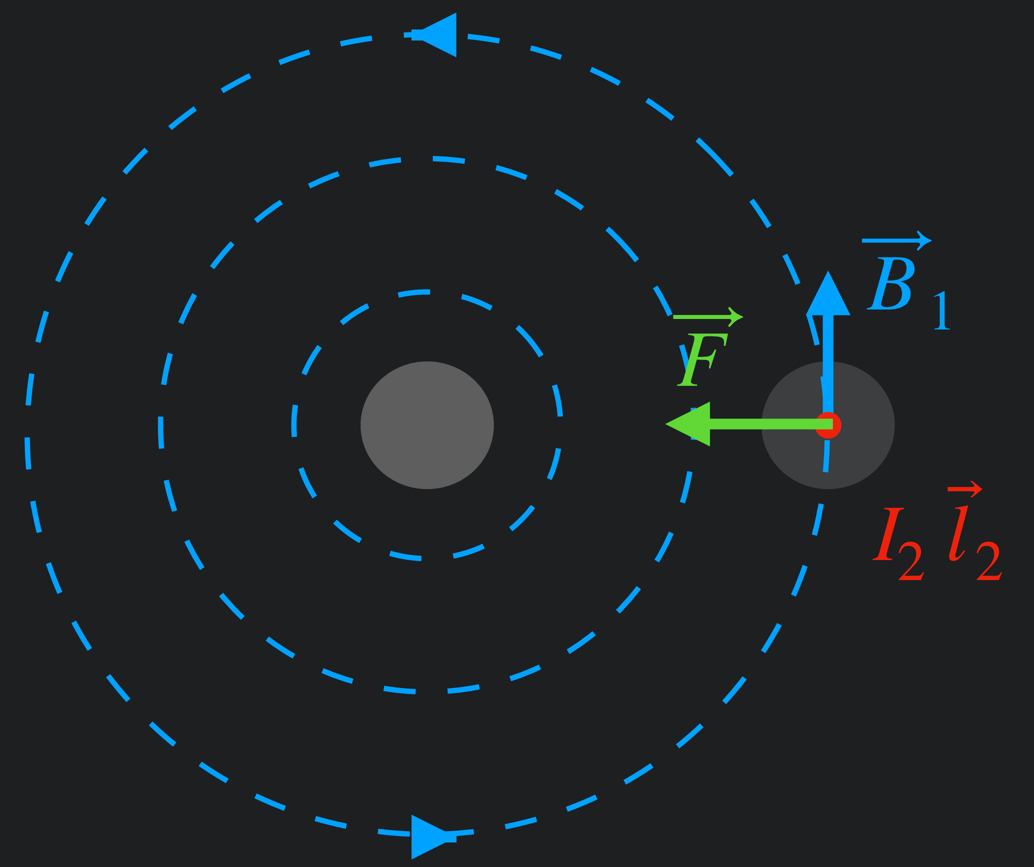
$$\Longrightarrow \quad q = \sqrt{\frac{4\cdot(0.15\ \mathrm{m})^2\cdot\sin^2(5°)\cdot\ 0.03\ \mathrm{kg}\cdot 9.81\ \mathrm{m/s^2}\cdot\tan(5°)}{8.9\cdot 10^9\ \mathrm{N\,m^2/C^2}}} = 4.44\cdot 10^{-8}\ \mathrm{C}$$

Es. 7: Legge di Ampère

Due fili verticali rettilinei di lunghezza $4\ \mathrm{m}$ sono disposti parallelamente e distano $5\ \mathrm{cm}$ l'uno dall'altro. Il primo filo è percorso da una corrente elettrica di $20\ \mathrm{A}$ ed esercita una forza repulsiva sul secondo di $2.4 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N}$. Determinare l'intensità della corrente che scorre nel secondo filo e il suo verso di percorrenza (concorde o opposto rispetto alla corrente che scorre nel primo filo).



Visto dall'alto



Cariche nel secondo filo risentono della forza magnetica $\vec{F}$

$\vec{F} = I_2\,\vec{l}_2 \times \vec{B}_1$ (regola della mano destra)

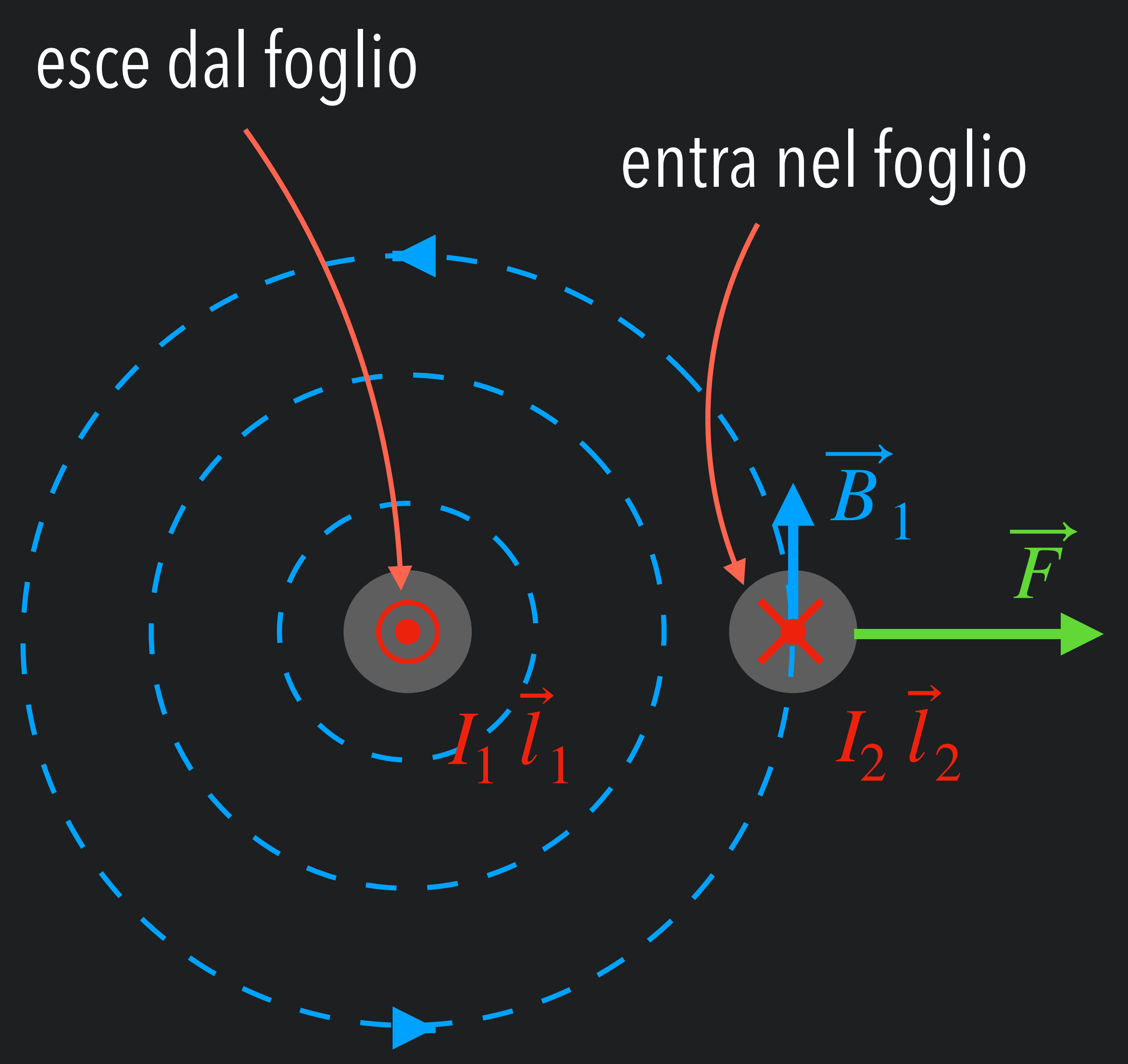
$\Longrightarrow$ filo risente di una forza

Verso concorde $\Longrightarrow$ forza attrattiva

Verso discorde $\Longrightarrow$ forza repulsiva

Es. 7: Legge di Ampère

Due fili verticali rettilinei di lunghezza $4\ \mathrm{m}$ sono disposti parallelamente e distano $5\ \mathrm{cm}$ l'uno dall'altro. Il primo filo è percorso da una corrente elettrica di $20\ \mathrm{A}$ ed esercita una forza repulsiva sul secondo di $2.4 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N}$. Determinare l'intensità della corrente che scorre nel secondo filo e il suo verso di percorrenza (concorde o opposto rispetto alla corrente che scorre nel primo filo).



Legge di Ampère:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

Il secondo filo risente di una forza repulsiva data da

$$F = I_2\, l_2 \cdot B_1 \implies I_2 = \frac{F}{l_2\, B_1} \implies I_2 = \frac{2\pi r\, F}{\mu_0 l_2 I_1}$$

$$\implies I_2 = \frac{2\pi \cdot 5 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m} \cdot 2.4 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{N}}{4\pi \cdot 10^{-7}\,\mathrm{H/m} \cdot 4\,\mathrm{m} \cdot 20\,\mathrm{A}}$$

$$= 7.5\ \mathrm{A}$$

Es. 8: Potenziale ed energia

Una sfera conduttrice di raggio R viene caricata con una carica totale Q. Calcolare il lavoro necessario per portare una carica di prova q inizialmente molto lontana (*infinitamente* lontana) fino alla superficie della sfera carica.

Il lavoro è definito come

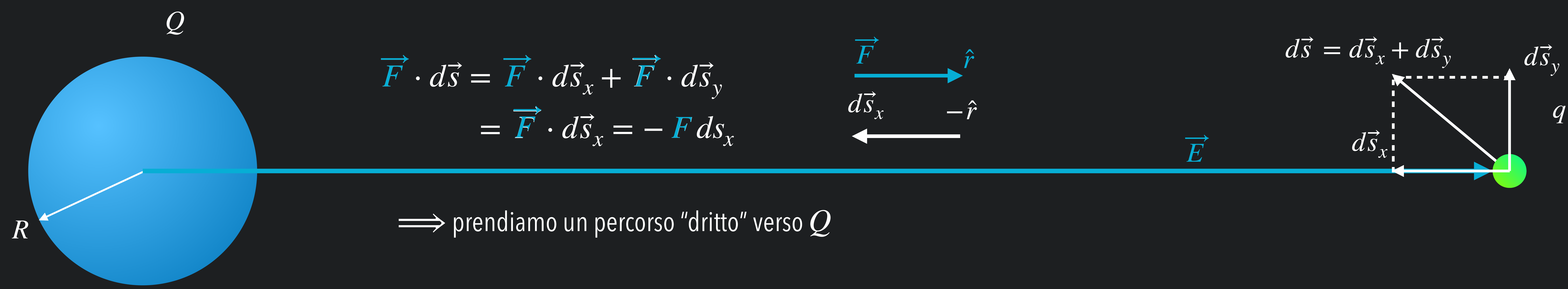
$$L = \int_\gamma \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

con $\vec{F}$ la forza di Coulomb $\quad \vec{F} = k\dfrac{Qq}{r^2}\hat{r}$

$\hat{r}$ versore radiale che congiunge Q e q

Es. 8: Potenziale ed energia

Una sfera conduttrice di raggio R viene caricata con una carica totale Q. Calcolare il lavoro necessario per portare una carica di prova q inizialmente molto lontana (*infinitamente* lontana) fino alla superficie della sfera carica.



$$\vec{F} \cdot d\vec{s} = \vec{F} \cdot d\vec{s}_x + \vec{F} \cdot d\vec{s}_y$$
$$= \vec{F} \cdot d\vec{s}_x = -F\, ds_x$$

$\Longrightarrow$ prendiamo un percorso "dritto" verso Q

Il lavoro è definito come

$$L = \int_\gamma \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_\infty^R -k\frac{Qq}{r^2}\,dr = k\frac{Qq}{r}\Bigg|_{r=\infty}^{r=R} = k\frac{Qq}{R} - k\frac{Qq}{\infty} = k\frac{Qq}{R}$$

con $\vec{F}$ la forza di Coulomb $\vec{F} = k\frac{Qq}{r^2}\hat{r}$

$\hat{r}$ versore radiale che congiunge Q e q

Potenziale elettrico generato da una sfera carica è dato da

$$V = k\frac{Q}{R}$$

Una carica di prova sottoposta a questo potenziale a distanza R ha energia:

$$U = Vq = k\frac{Qq}{R}$$ ✓