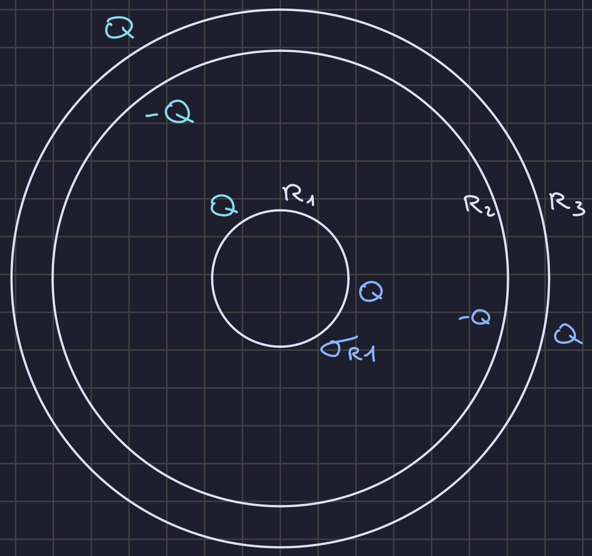
Esercitazione Amos

Elettrostatica

$Q : [C]$ Carica

o

$\sigma : \left[\frac{C}{m^2}\right]$ Distribuz. di carica



$Q = +10^{-10}\ C$

oppure

$\sigma_{R_1} = 3 \cdot 10^{-19}\ \frac{C}{m^2}$

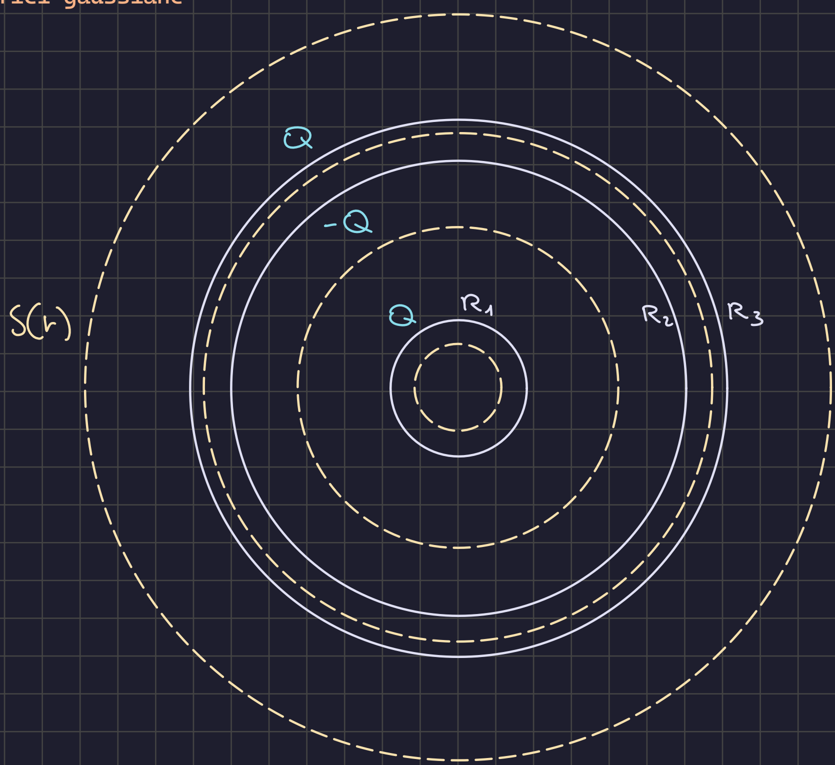
$S = 4\pi R_1^2\ m^2$

$Q = \sigma \cdot S = 3 \cdot 10^{-19} \cdot 4\pi R_1^2\ \frac{C}{\cancel{m^2}} \cancel{m^2}$

Calcolare il campo elettrico con il teorema di Gauss

$$\text{Th Gauss: } \quad \phi(\vec{E}) = \oint_{sup} \vec{E}\, d\vec{S} = \oint_{sup} \frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\, d\Omega = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$

Disegna le superfici gaussiane



Scelgo superfici gaussiane sferiche perchè rendono il campo costante:

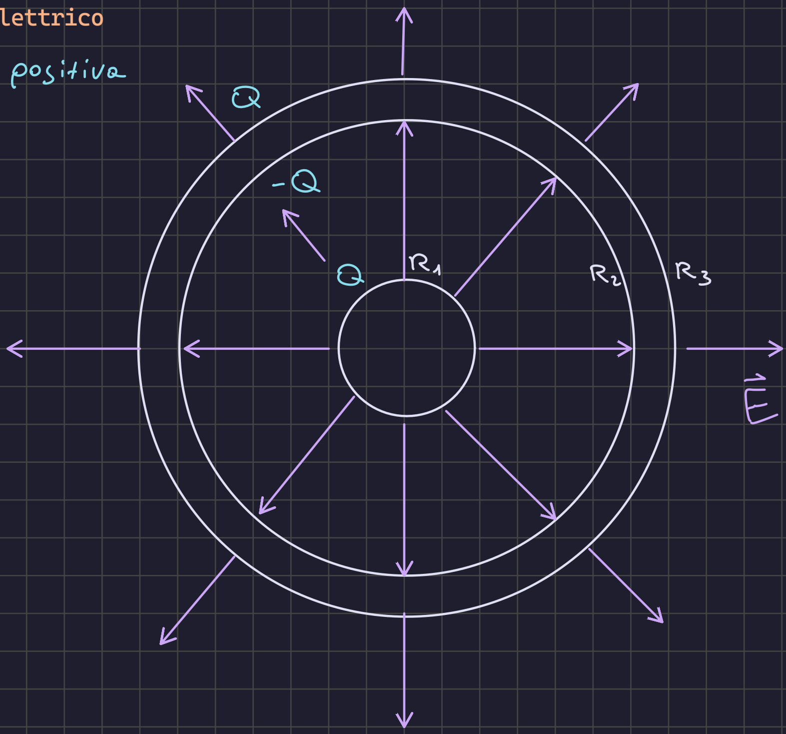
$$\oint_{S(r)} \overset{cost.}{\vec{E}}\, d\vec{S} = E(r) \cdot \oint_{S(r)} dS = E(r) \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$

$\downarrow$

$$E(r) = \frac{Q_{int}}{4\pi r^2 \varepsilon_0} \left[\frac{V}{m}\right]$$

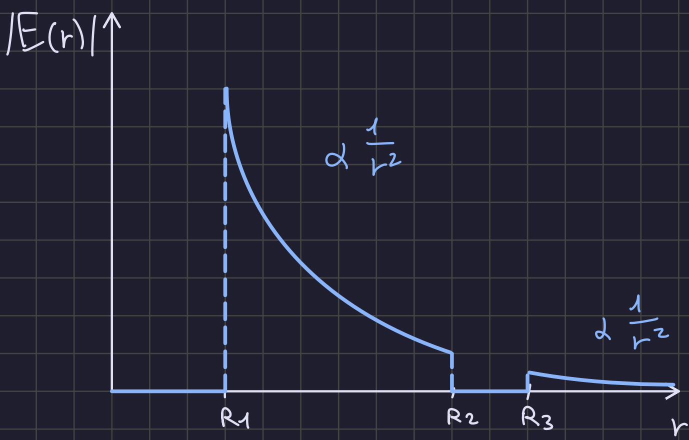
Disegnare il campo elettrico

Consideriamo Q positiva



Il campo elettrico è radiale uscente. (Se la carica fosse stata negativa sarebbe stato radiale entrante)

Disegnare l'andamento del campo elettrico



$$E(r) = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad 0 \le r \le R_1 \\ 0 & \text{se} \quad R_2 < r < R_3 \\ \dfrac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & R_1 \le r \le R_2 \\ \dfrac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & r \ge R_3 \end{cases} \qquad \left[\frac{V}{m}\right]$$

Calcolare il potenziale elettrico

Il potenziale è il lavoro che si compie spostando una carica di prova da una posizione di riferimento ad una posizione r'

$$V(B) - V(A) = -\int_A^B \vec{E}\, d\vec{s}$$

Considero come punto di riferimento r_0 l'infinito $\rightarrow$ $r_0 = \infty$

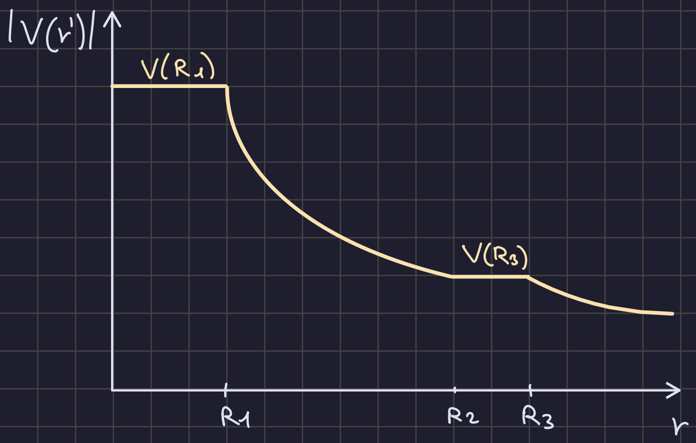
$$V(r_0) = 0$$

$$V(r') - V(r_0) = -\int_{r_0}^{r} \vec{E}\, d\vec{s}$$

$$V(r') = -\int_{r_0}^{r'} \frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\, dr$$

$$V(r') = -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\int_{r_0}^{r'} \frac{1}{r^2}\, dr = -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_{r_0}^{r'} = -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{r'} + \cancel{\frac{1}{\infty}}\right) = \frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 r'} \quad [V]$$

Disegnare l'andamento del potenziale



$$V(r') = \begin{cases} \dfrac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 r'} & \text{se } r' \geq R_3 \\ \dfrac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 R_3} & \text{se } R_2 \leq r' \leq R_3 \\ * \dfrac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 R_3} - \dfrac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\dfrac{1}{r'} + \dfrac{1}{R_3}\right) & \text{se } R_1 \leq r' \leq R_2 \\ \dfrac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 R_1} & \text{se } 0 < r' \leq R_1 \end{cases} \qquad [V]$$

$$* \quad V(R_3) - \int_{R_3}^{r'} \vec{E}\, d\vec{s} = \frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 R_3} - \frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{r'} + \frac{1}{R_3}\right)$$

Calcolare l'energia elettrostatica

$$U = \int_{Vol} \underbrace{\mu_E}_{\text{densitá di energia}} d\tau = \int_{Vol} \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \, d\tau \quad \left[\frac{J}{m^3}\right]$$

$$\tau = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$d\tau = \frac{4}{\cancel{3}}\cancel{3} r^2 \pi \, dr$$

Metodo 1

$$U_{TOT} = U_{int} + U_{est}$$

$$U_{int} = \int_{Vol} \mu_E \, d\tau$$
$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \, 4\pi r^2 \, dr$$
$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2}\cancel{\varepsilon_0} \frac{Q_{int}^2}{4^{\cancel{2}}\pi^{\cancel{2}}\varepsilon_0^{\cancel{2}} r^{\cancel{4}}} \cancel{4\pi r^2} \, dr$$
$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q_{int}^2}{8\pi\varepsilon_0 r^2} \, dr$$
$$= \frac{Q_{int}^2}{8\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_{R_1}^{R_2}$$
$$= \frac{Q_{int}^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}\right) \quad [J]$$

$$U_{est} = \int_{Vol} \mu_E \, d\tau$$
$$= \int_{R_3}^{\infty} \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \, 4\pi r^2 \, dr$$
$$= \frac{Q_{int}^2}{8\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_{R_3}^{\infty}$$
$$= \frac{Q_{int}^2}{8\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{R_3}$$
$$= \frac{Q_{int}^2}{8\pi\varepsilon_0 R_3}$$

$$U_{Tot} = \frac{Q_{int}^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}\right)$$

Metodo 2

Calcolo la capacità del condensatore

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad [F]$$

L'energia elettrica immagazzinata in un condensatore è:

$$U = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 \quad [J]$$

Calcolare il lavoro

$$\vec{F} = q\vec{E} = q\,E(r) = q \cdot \frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

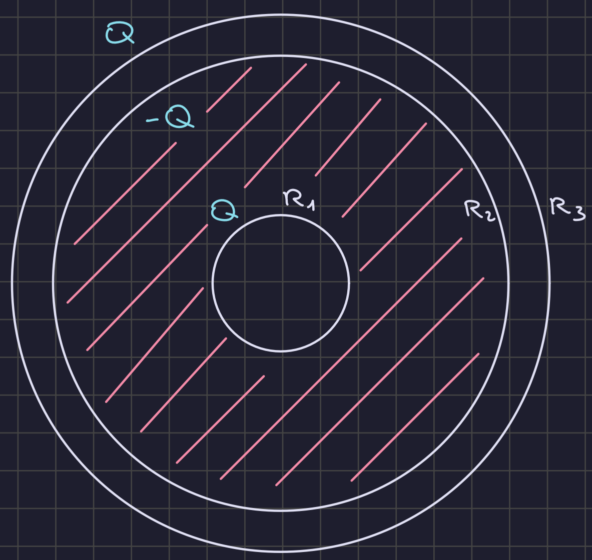
$$dL = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Perché il campo é conservativo $\rightarrow \vec{E} = -\nabla V$

$$L_{AB} = \int_A^B q\vec{E}\, d\vec{l} = q \int_A^B \vec{E}\, d\vec{l} = -q \int_A^B \nabla V\, d\vec{l} = q\,(V_B - V_A) \quad [J]$$

Considerare un materiale dielettrico all'interno dell'intercapedine

$K > 1$



Calcolare il vettore di spostamento del dielettrico

$$\oint \vec{D}\, d\vec{S} = D(r) \oint d\vec{S} = D(r) \cdot 4\pi r^2 = Q_{int}$$

$$D(r) = \frac{Q_{int}}{4\pi r^2} \quad \left[\frac{C}{m^2}\right]$$

Trovare il vettore di polarizzazione

$$\begin{cases} \vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \\ \vec{D} = \varepsilon_0 K \vec{E} \end{cases} \rightarrow \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \varepsilon_0 K \vec{E}$$

$$\downarrow$$

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \vec{E}\,(K-1) \quad \left[\frac{C}{m^2}\right]$$

Calcolare il campo elettrico in presenza di dielettrico

E_0 = Campo nel vuoto

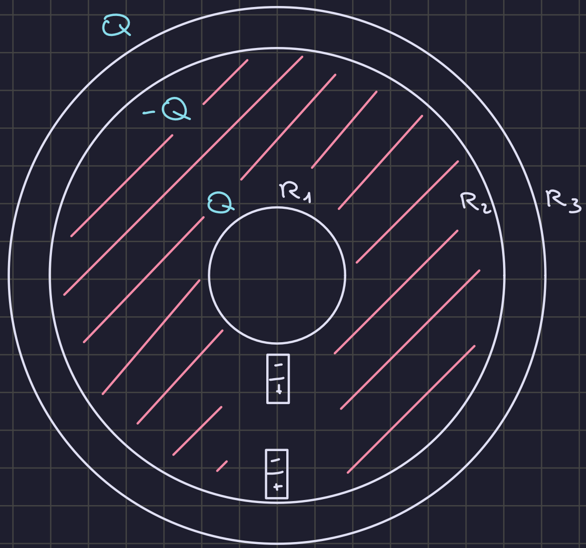
$$E_K = \frac{E_0}{K} \qquad C_K = C_0 \cdot K$$

$$V_K = \frac{V_0}{K} \qquad U_K = \frac{1}{2}\frac{Q_{in1}^2}{C_K} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{K \cdot C_0} = \frac{U_0}{K}$$

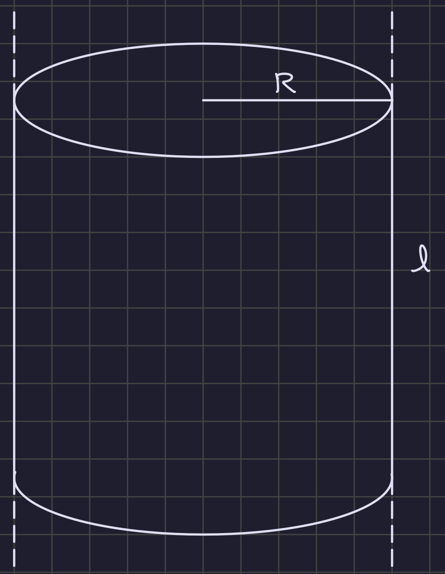
Calcolare la distribuzione delle cariche di polarizzazione sulla superficie

$$P(R) = \sigma_{Pol}(R) = \frac{Q\,(K-1)}{4\pi K R^2}$$

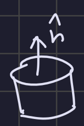
Disegnare le cariche di polarizzazione



Cilindro



$$\Phi(\vec{E}) = \Phi_{lat} + \underbrace{\Phi_{Basi}}_{=0}$$



$$\sigma = \frac{C}{m^2}$$

$$Area = 2\pi R l$$

$$Q = \sigma \cdot A = \frac{C}{\cancel{m^2}} \cancel{m^2}$$

$$Q_{int} = \begin{cases} \sigma \cdot 2\pi r l & r \geq R \\ 0 & r < R \end{cases} \quad [C]$$

Campo:

$$\oint_{C(r)} \vec{E}\, d\vec{S} = E(r)\, 2\pi r l = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$

$$E(r) = \frac{Q_{int}}{2\pi r l \varepsilon_0} \left[\frac{V}{m}\right]$$

$$= \frac{\sigma R}{\varepsilon_0 r}$$

Filo

$$\lambda = \frac{Q}{\ell} \quad \left[\frac{C}{m}\right] \longrightarrow \lambda = \sigma\, 2\pi R$$

$$Q = \lambda \ell$$

$$E(r) = \frac{\lambda \cdot \cancel{\ell}}{2\pi\varepsilon_0 r \cancel{\ell}} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} \quad \left[\frac{V}{m}\right]$$

$$\Delta V = V(r') - \underbrace{V(r_0)}_{=0}$$

$$r_0 \neq \infty$$

$$V(r') = -\int_{r_0}^{r'} E(r')\, dr'$$

$$= -\int_{r_0}^{r'} \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r'}\, dr'$$

$$= -\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \int_{r_0}^{r'} \frac{1}{r'}\, dr'$$

$$= -\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln\left(\frac{r'}{r_0}\right) = \frac{\sigma\, \cancel{2}\pi R}{\cancel{2}\pi\varepsilon_0} \ln\frac{r'}{r_0} = -\frac{\sigma R}{\varepsilon_0} \ln\frac{r}{r_0} \quad [V]$$

Esame 20/7/2022

ESERCIZIO DI ELETTROSTATICA

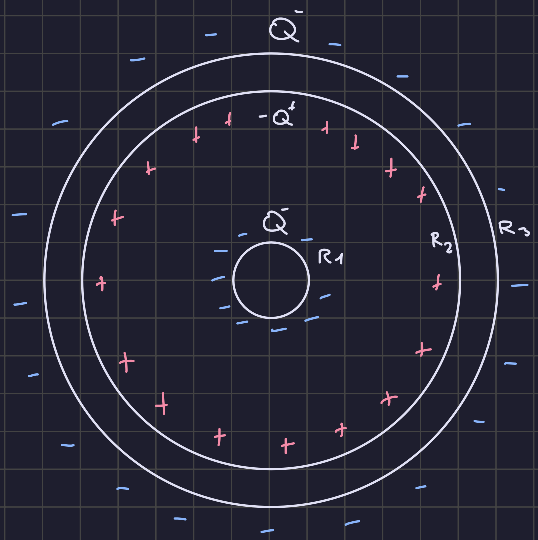
Un conduttore sferico cavo (**R_2=9cm; R_3=10cm**) contiene, in modo concentrico, una sfera conduttrice (**R_1=2cm)**. Sul conduttore interno viene depositata la carica **q_{int} = −10x10^{-9}C**. Il sistema finale è isolato e in equilibrio elettrostatico.

$R_1 = 2\,cm = 2\cdot10^{-2}\,m$

$R_2 = 9\,cm = 9\cdot10^{-2}\,m$

$R_3 = 10\,cm = 10\cdot10^{-2} = 10^{-1}\,m$

$Q_{int} = -10\cdot10^{-9}\,C = -10^{-8}\,C$



1- Calcolare la distribuzione di carica sulle pareti dei conduttori (Q e densità)

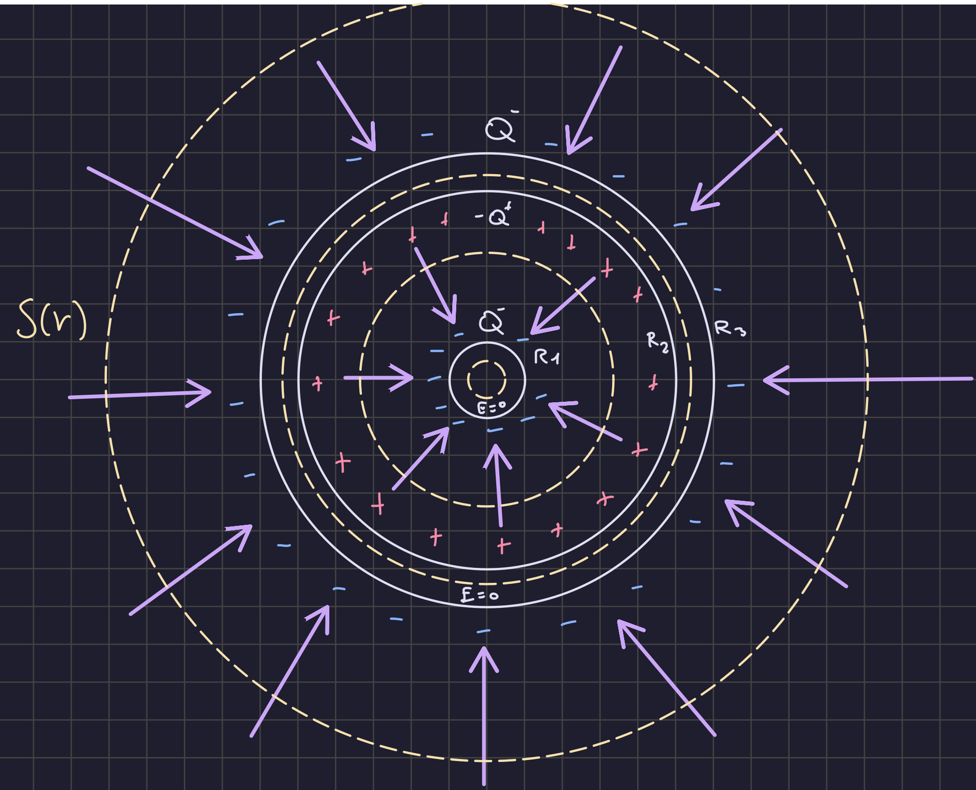
$\sigma = ?\quad \left[\frac{C}{m^2}\right] \rightarrow \frac{\text{Carica}}{\text{Area}}$

$\sigma^-_{R_1} = \frac{Q_{int}}{4\pi R_1^2}\frac{C}{m^2} = \frac{-10^{-8}}{4\pi(2\cdot10^{-2})^2}\frac{C}{m^2} \approx -2\cdot10^{-6}$

$\sigma^+_{R_2} = \frac{Q_{int}}{4\pi R_1^2}\frac{C}{m^2} = \frac{10^{-8}}{4\pi(9\cdot10^{-2})^2}\frac{C}{m^2} = 9.8\cdot10^{-8}$

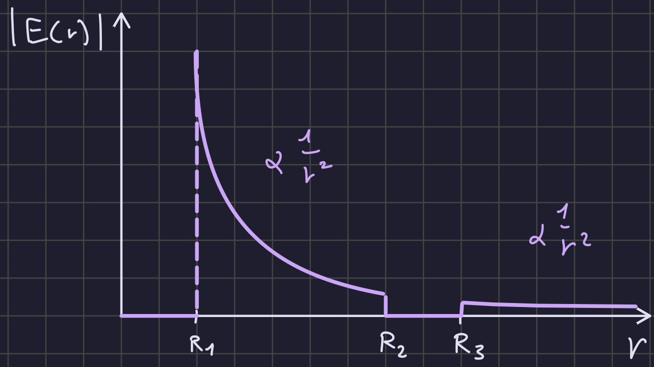
$\sigma^-_{R_3} = \frac{Q_{int}}{4\pi R_1^2}\frac{C}{m^2} = \frac{-10^{-8}}{4\pi(10^{-1})^2}\frac{C}{m^2} = -7,96\cdot10^{-8}$

2- Ricavare applicando il teorema di Gauss il campo elettrico **E** generato in tutto lo spazio e disegnare il grafico E(r).



$$\oint_{S(r)} \vec{E}\, d\vec{S} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$

$$\oint_{S(r)} E(r)\, dr = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$



$$E(r) \oint_{S(r)} dr = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$

$$E(r)\, 4\pi r^2 = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$$

$$E(r) = \frac{Q_{int}}{4\pi r^2 \varepsilon_0} \quad \left[\frac{V}{m}\right]$$ se $R_1 \leq r \leq R_2$ e $r \geq R_3$, 0 altrimenti

3- Ricavare il potenziale elettrostatico **V** nella sola regione esterna e disegnare il grafico.

$$\Delta V = V(r) - V(r_0) \qquad r_0 = \infty \rightarrow V(r_0) = 0$$

$$= -\int_{r_0}^{r} E(r)\, dr$$

$\downarrow$

$$V(r) = -\int_{r_0}^{r} E(r)\, ds$$

$$= -\int_{r_0}^{r} \frac{Q_{int}}{4\pi r^2 \varepsilon_0}\, dr$$

$$= -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\int_{r_0}^{r}\frac{1}{r^2}\,dr$$

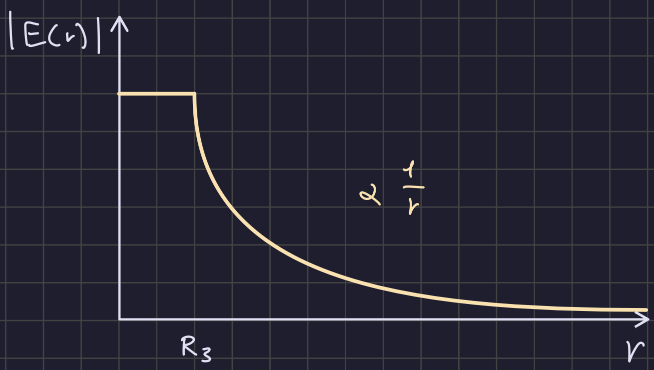
$$= -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_{r_0}^{r}$$

$$= -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{r}+\frac{1}{r_0}\right)$$

$$= -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{r}+\frac{1}{\infty}\right)$$

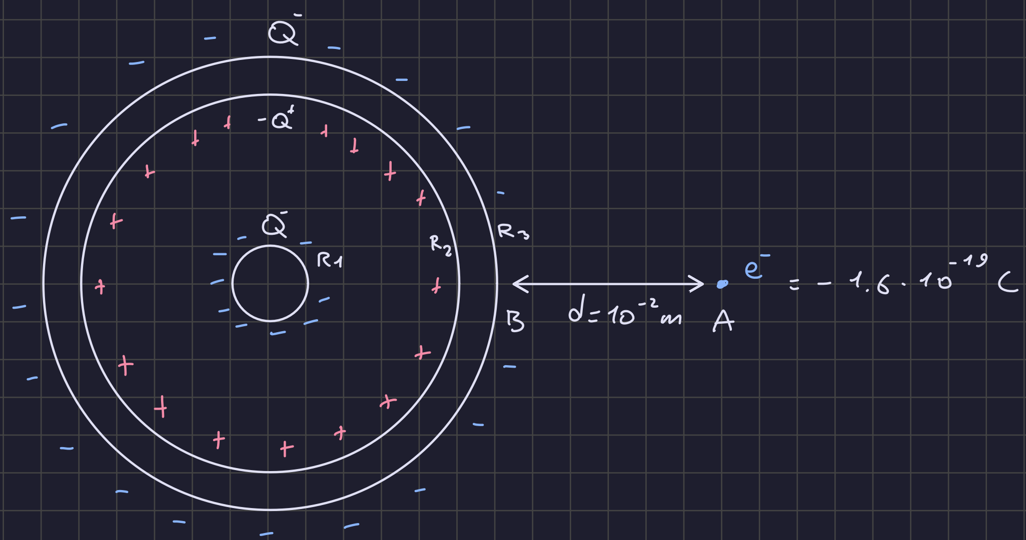
$$= -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{r}\right)$$

$$= -\frac{Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0 r}\ [V]$$



Un elettrone viene posizionato a distanza **1cm** dalla superficie esterna.

4- Calcolare il lavoro del campo elettrico **L** per far compiere all'elettrone il suo percorso.



$$dL = \vec{F}\cdot d\vec{\ell}$$
$$= q\vec{E}\cdot d\vec{\ell}$$

$A = R_3 + d = 10^{-1} + 10^{-2} = 0{,}11\ m$

$B = \infty$ (Repulsivo)

$$L_{AB} = \int_A^B q\vec{E}\cdot d\vec{\ell}$$

$$= q\int_A^B \vec{E}\,d\vec{\ell}$$

Il campo é conservativo $\rightarrow$ $\vec{E} = -\nabla V$

$$= -q\int_A^B \nabla V\, d\vec{\ell}$$

$$= -q\,(V(B) - V(A))\ [J]$$

$$= -q\left(V(\infty) - V(R_3+d)\right)$$

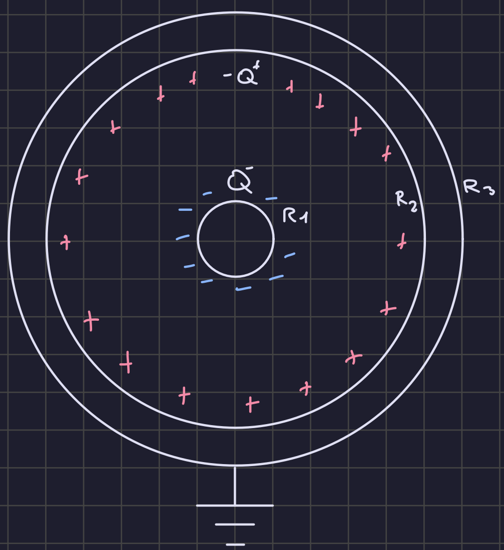
$$= q\,V(R_3+d)$$

$$= -\frac{q\,Q_{int}}{4\pi\varepsilon_0(R_3+d)}\ [J] = -1.3\cdot 10^{-16}\ J$$

CASO A

La superficie esterna viene collegata a terra.

5- Descrivere la situazione che si viene a creare e calcolare l'energia elettrostatica **U** del sistema



La carica su R_3 diventa nulla $Q_{R3} = 0$

metodo 1

$$U_{TOT} = U_{inT} + U_{est}$$

$$= U_{int} + 0$$

$$= U_{inT}$$

$$U_{int} = \int_{vol} \mu_E \, d\tau \qquad \tau = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$= \int_{R_1}^{R_2} \mu_E \, 4\pi r^2 dr \qquad d\tau = \frac{4}{\cancel{3}}\pi \cancel{3} r^2\, dr$$

$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \, 4\pi r^2 \, dr$$

$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2} \cancel{\varepsilon_0} \frac{Q_{int}^2}{\cancel{4\pi r^2}\, 4\pi r^2 \varepsilon_0^{\cancel{2}}} \cdot \cancel{4\pi r^2} dr$$

$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q_{int}^2}{8\pi r^2 \varepsilon_0} dr$$

metodo 2

$$U = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2$$

$$= \frac{1}{2} \frac{Q}{\cancel{\Delta V}} \Delta V^{\cancel{2}}$$

$$= \frac{1}{2} Q \Delta V$$

$$= \frac{1}{2} Q \left(V(R_1) - V(R_2)\right)$$

$$= 1.75 \cdot 10^{-5}\ J$$

$$= \frac{Q_{int}}{8\pi \varepsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{r^2} dr$$

$$= \frac{Q_{int}}{8\pi \varepsilon_0} \left[-\frac{1}{r} \right]_{R_1}^{R_2}$$

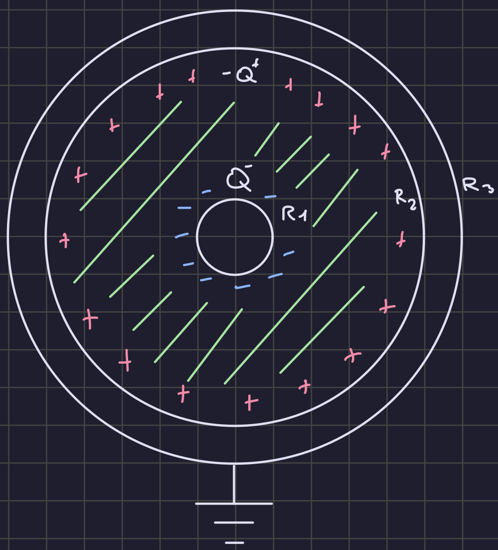
$$= \frac{Q_{int}}{8\pi \varepsilon_0} \left(-\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) \quad [J]$$

$$= 1.75 \cdot 10^{-5} \ J$$

Lo spazio interno è riempito di dielettrico lineare **k=3**

6- Calcolare la capacità del sistema.

$K = 3$



$$C_k = C_0 \cdot K$$

$$C_0 = \frac{Q}{\Delta V} \quad [F]$$

$$= \frac{Q_{int}}{V(R_2) - V(R_1)}$$

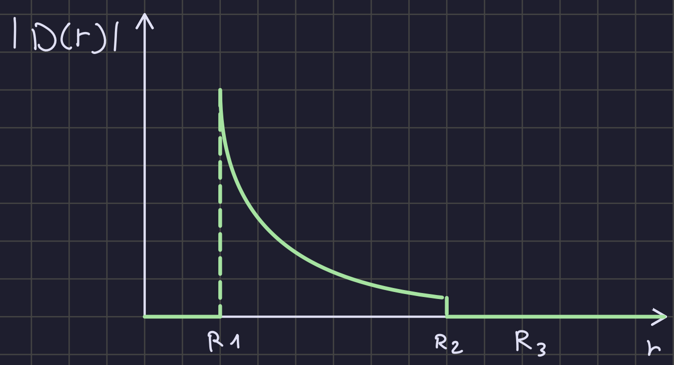
$$= 2.86 \cdot 10^{-12} \ F$$

$$C_k = 3 \cdot 2.86 \cdot 10^{-12} \ F = 8.58 \cdot 10^{-12} \ F$$

7- Calcolare il campo spostamento dielettrico D.

$$\oint_{sup} \vec{D} \, d\vec{S} = Q_{libere}$$

$$\oint_{sup} D(r) \, dr = Q_{libere}$$



$$D(r) \oint_{sup} dr = Q_{libere}$$

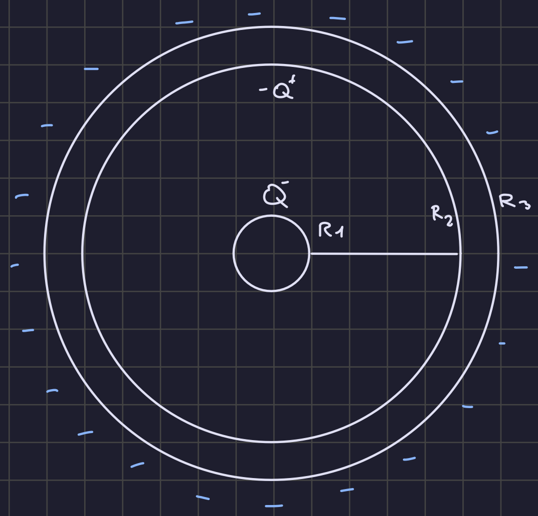
$$D(r) \cdot 4\pi r^2 = Q_{libere}$$

$$D(r) = \frac{Q_{libere}}{4\pi r^2} \quad \left[\frac{C}{m^2}\right]$$

CASO B

Diversamente, la sfera interna viene collegata alla superficie della cavità R2.

8- Descrivere la situazione che si viene a creare e calcolare l'energia elettrostatica **U** del sistema



$$U_{Tot} = 0 + U_{EST}$$

$$U_{est} = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2$$

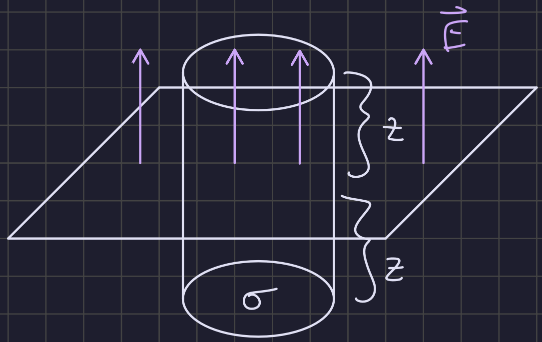
$$= \frac{1}{2} C (\cancel{V(\infty)} - V(R_3))^2$$

$$= \frac{1}{2} C \, V(R_3)^2$$

9- Calcolare la capacità del sistema.

$$C = \frac{Q}{V(R_3)} \quad [F]$$

Piano indefinito



$h = 2z$

$$\Phi = \Phi_{Basi} + \underbrace{\Phi_{lati}}_{=0}$$

$$= 2E(z)\cdot A = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0} \qquad \sigma = \frac{Q}{A} \rightarrow Q = \sigma \cdot A$$

$$2E(z)\cdot \cancel{A} = \frac{\sigma \cdot \cancel{A}}{\varepsilon_0}$$

$$E(z) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \left[\frac{V}{m}\right]$$

$$\vec{E}(z) = \begin{cases} \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{z} & z \geq 0 \\ -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{z} & z < 0 \end{cases}$$

$$V(z) - \cancel{V(z_0)} = -\int_{z_0}^{z} \vec{E}\, d\vec{\ell} \qquad z_0 = 0$$

$$V(z_0) = 0$$

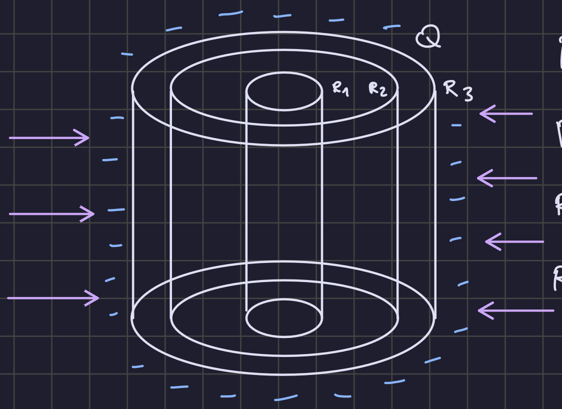
$$V(z) = -\int_{z_0}^{z} \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\, dz$$

$$= -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\int_{z_0}^{z} dz$$

$$= -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} z \; [V]$$

Esame 07/12/2021

B) un guscio cilindrico molto lungo da considerarsi indefinito di raggi **R1=0.1cm**, **R2=0.9cm**, **R3=1cm** sulla cui superficie esterna è stata depositata una carica **Q=–10^{-10} C** per ogni metro di lunghezza



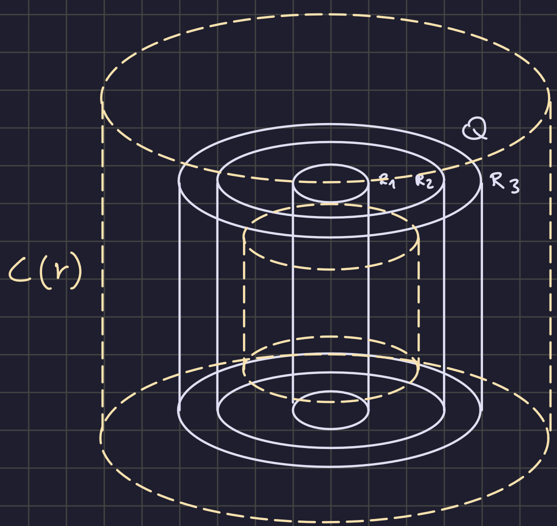
Per $h = 1 \rightarrow \quad Q = -10^{-10}\,C$

$R_1 = 10^{-3}\,m$

$R_2 = 9 \cdot 10^{-3}\,m$

$R_3 = 10^{-2}\,m$

- disegnare le superfici gaussiane e spiegare la scelta



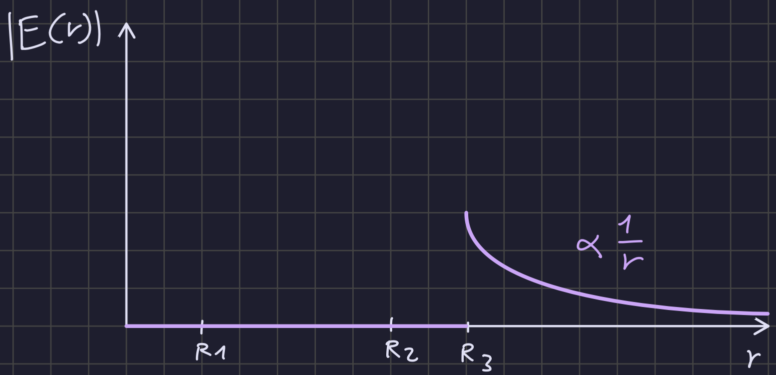
- ricavare il campo elettrico **E** (MODULO DIREZIONE VERSO!!!) tracciando il grafico **E(r)**

$$\Phi_e = \oint_{C(r)} E(r)\,dr = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E(r) \oint_{C(r)} dr = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

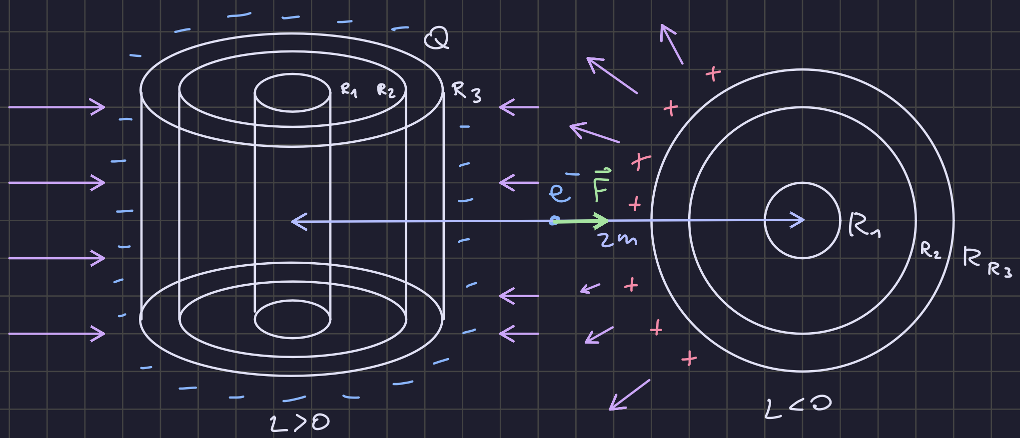
$$E(r)\, 2\pi r h = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E(r) = \frac{Q}{2\pi r h \varepsilon_0} \left[\frac{V}{m}\right]$$



- disegnare le linee di campo
- disegnare, in modo schematico, le superfici equipotenziali.

Considerare la situazione in cui il guscio sferico sia posizionato a una distanza di **d=2m** dal cilindro (distanza dall'asse del cilindro al centro della sfera).
In una posizione equidistante dai due conduttori vi è, libero di muoversi, un elettrone.



2. Calcolare il valore della forza **F** agente sull'elettrone in MODULO DIREZIONE VERSO!!!
   - se l'aria è secca, ovvero nel vuoto (ε_0)

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$F_s = q \cdot E(1)$$

$$F_c = q \cdot E(1)$$

Il lavoro della sfera è di assorbire energia, quello del cilindro accelera

L_s: Assorbe

L_c: Accelera

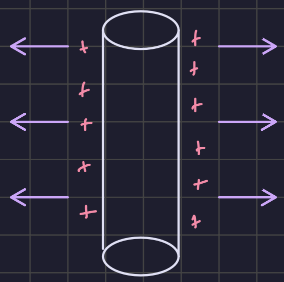
- se l'aria è umida, ovvero in uno spazio riempito di dielettrico **K=2**

$$F = qE_K$$

$$E_K = \frac{E_0}{K}$$

Esame 3/2023

B) un conduttore cilindrico indefinito di raggio **R=1cm** su cui è stata depositata una carica **Q=10^{-10} C** per ogni metro di lunghezza



$R = 10^{-2}\ m$

$Q = 10^{-10}\ C$

$h = 1$

$$E(r) = \frac{Q}{2\pi r \varepsilon_0} \quad \left[\frac{V}{m}\right]$$

2. il potenziale elettrostatico **V** nella regione esterna

$$V(r) - \cancel{V(r_0)} = -\int_{r_0}^{r} E(r)\, dr \qquad V(r_0) = 0$$

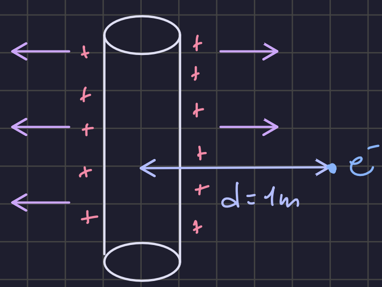
$$V(r) = -\int_{r_0}^{r} E(r)\, dr$$

$$V(r) = -\int_{r_0}^{r} \frac{Q}{2\pi r \varepsilon_0}\, dr$$

$$V(r) = -\frac{Q}{2\pi \varepsilon_0} \int_{r_0}^{r} \frac{1}{r}\, dr$$

$$V(r) = -\frac{Q}{2\pi \varepsilon_0} \ln \frac{r}{r_0} \quad [V]$$

3. la forza agente su un elettrone posto a distanza **d=1m** dal sistema



$$F = qE(1) = -2.9 \cdot 10^{-19}\ N$$

3. la forza agente su un elettrone posto a distanza ...
4. il lavoro del campo elettrico per portare l'elettrone sulla superficie del conduttore

$$L = -q \Delta V$$

$$= |e^-| \Delta V$$

$$= |e^-| \cdot (V(R) - V(1))$$

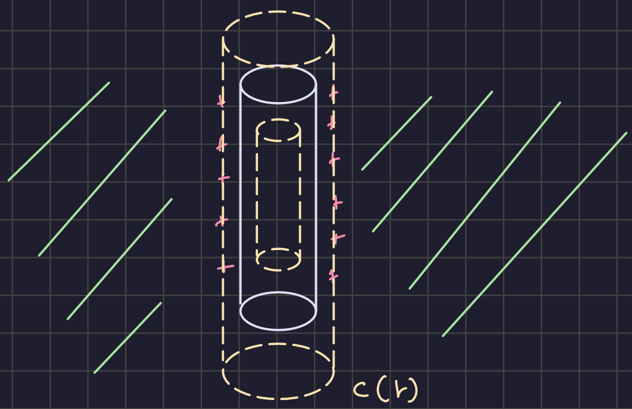
$$= e^- \frac{Q}{2\pi \varepsilon_0} \ln(R)$$

$$= -1.3 \cdot 10^{-30} \ J$$

Si compie un lavoro contro il campo, per questo c'è il meno

Lo spazio esterno è ora riempito di materiale dielettrico lineare di costante dielettrica K=3

$K=3$



5. calcolare il vettore spostamento elettrico D nello spazio

$$\oint_{C(r)} D(r)\, dr = Q_{libere}$$

$$D(r) \int_{C(r)} dr = Q_{libere}$$

$$D(r)\, 2\pi r l = Q_{libere}$$

$$D(r) = \frac{Q_{libere}}{2\pi r l} \quad \left[\frac{C}{m^2}\right]$$

6. calcolare le cariche di polarizzazione

$$\sigma_{pol}(R) = \frac{Q(k-1)}{4\pi k R^2} \quad \left[\frac{C}{m^2}\right]$$