☐ ENERGIA ELETTROSTATICA

$q \bullet\!\!\rightarrow \quad \vec{F} = q\vec{E}$

E elettrostatico

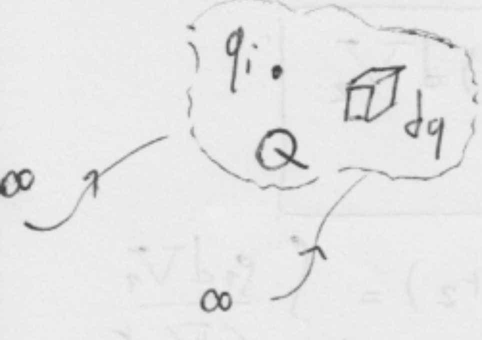
F elettrostatica conservativa

$\Rightarrow \quad L_{elett.} = -\Delta U_{elett.}$

$L = -q\Delta V$

U energia elettrostatica
V potenziale elettrostatico

PONENDO $U_\infty = 0$



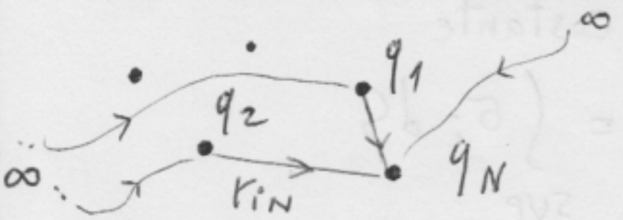
$U_{SISTEMA} \equiv$ L TOTALE ESTERNO per COSTRUIRE IL SISTEMA CONTRO IL CAMPO

$U \gtrless 0$

$U > 0$ $\qquad$ $U < 0$

immagazzinato come energia del sistema

☐ DISTRIBUZIONE DISCRETA di CARICHE



N CARICHE PUNTIFORMI

$L_{TOT} = \sum L_i$

$$\begin{cases} L_1 = 0 \\ L_2 = q_2 V_1(r_2) = q_2 q_1 / 4\pi\varepsilon_0 r_{12} \\ \vdots \\ L_N = q_N \left[V_1(r_N) + \dots + V_{N-1}(r_N) \right] \end{cases}$$

$$\boxed{U_{el} = \frac{1}{2} \sum_i^N \sum_{j \neq i}^N \frac{q_i q_j}{4\pi\varepsilon_0 r_{ij}}}$$

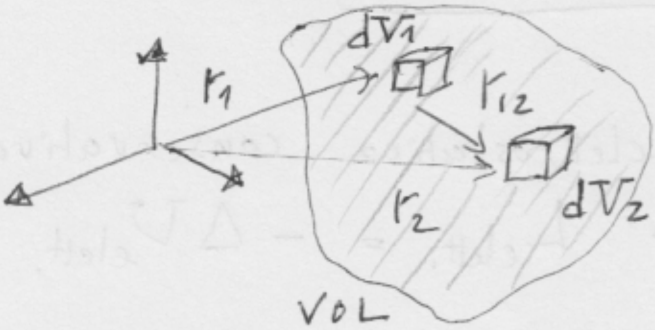
$\equiv$ [LAVORO DI INTERAZIONE

$$\hookrightarrow \quad \boxed{U_{el} = \frac{1}{2} \sum_i^N q_i V_i}$$

$V_i = \sum_{j \neq i} q_j / 4\pi\varepsilon_0 r_{ij}$

potenziale in r_i di tutte le cariche tranne q_i

DISTRIBUZIONE CONTINUA



$$dU_{el} = \frac{\rho(r_1)\,dV_1\;\rho(r_2)\,dV_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}}$$

$$\rightarrow \boxed{U_{el} = \frac{1}{2}\iint_{VOL} \frac{\rho(r_1)\,dV_1\,\rho(r_2)\,dV_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}}}$$

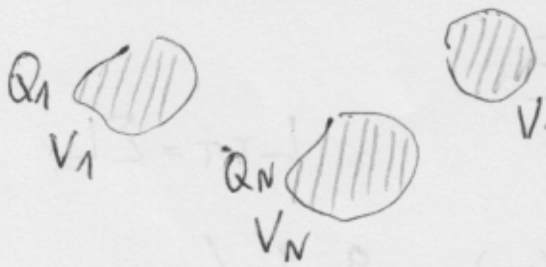
$$\boxed{\frac{1}{2}\int_{VOL} \rho(r_2)\,V(r_2)\,dV_2}$$

≡ [LAVORO DI INTERAZIONE

$$V(r_2) = \int_{VOL} \frac{\rho_1\,dV_1}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}}$$

potenziale in r_2 di tutto il volume di cariche

SISTEMA di CONDUTTORI



V_i costante

$$Q_i = \int_{SUP} \sigma_i\,dS$$

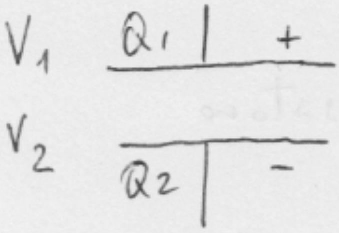
$$U_{el} = \frac{1}{2}\int_{VOL} \rho V\,dV = \frac{1}{2}\sum_i \int_{S_i} \sigma_i V_i\,dS$$

≡ [LAVORO DI INTERAZIONE + LAVORO DI CARICA DEL CONDUTTORE

$$\boxed{U_{el} = \frac{1}{2}\sum_i^N Q_i V_i}$$

Formalmente è l'espressione per cariche puntiformi MA qui V_i = potenziale del conduttore dovuto a tutte le cariche compresa Q_i

ENERGIA del CONDENSATORE



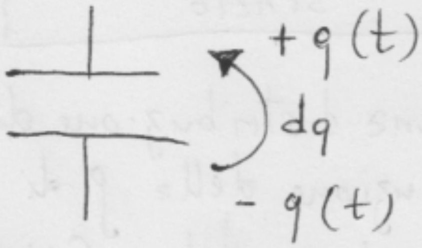
2 conduttori

$$Q_1 = C(V_1 - V_2)$$
$$Q_2 = -C(V_1 - V_2)$$

$$U_{el} = \frac{1}{2}\sum_{i}^{N} Q_i V_i = \frac{1}{2}(Q_1 V_1 + Q_2 V_2) = \frac{C}{2}(V_1 - V_2)(V_1 - V_2)$$

$$\boxed{U_{el} = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}}$$

$\equiv$ Lavoro per caricare il condensatore



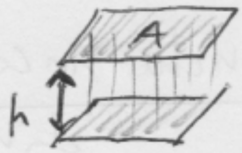
ISOLATO

trasporto carica da un'armatura all'altra — Lavoro $dL = V(q)\,dq$

$$L = U = \int_0^Q V(q)\,dq = \int_0^Q \frac{q}{C}\,dq = \frac{Q^2}{2C}$$

ESEMPIO CONDENSATORE PIANO

$$U_{el} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$



$$E = \sigma/\epsilon_0 \qquad \sigma = Q/A$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{h}$$

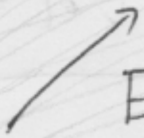
$$\longrightarrow \quad U = \frac{1}{2}\frac{Q^2 h}{\epsilon_0 A} = \frac{\epsilon_0}{2} E^2 \cdot \mathrm{VOL}$$

DENSITÀ di ENERGIA del CAMPO E

$\Rightarrow$ Si può dimostrare che
.. il risultato trovato per il condensatore
è generale ..

$$\boxed{w_E = \frac{\epsilon_0}{2} E^2} \equiv \text{densità di energia elettrostatica}$$

$$\boxed{U_{El} = \frac{\epsilon_0}{2} \int_{\text{tutto lo SPAZIO}} E^2 \, d\,Vol}$$



$E(\vec{x})$

L'energia di una distribuzione di cariche è espressa non più in funzione della ρ di carica e del potenziale ma solo in funzione del Campo Elettrico.
L'Energia è distribuita in tutto lo spazio con una densità di energia w_E variabile

$\vec{E}$

δV

VOLUMETTO DI SPAZIO

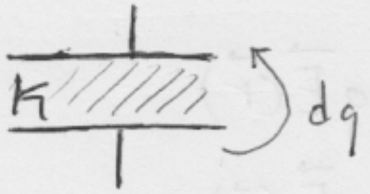
$$dU = w_E \, \delta V$$

$E \neq 0 \Longrightarrow$ Energia nello spazio δV fisico

CAMPO ELETTRICO

* l'espressione della densità di energia w_E è generale - vale anche in condizioni dinamiche !!!

□ CONDENSATORE CON DIELETTRICO (LINEARE)



Lavoro ≡ | CARICARE IL CONDENSATORE + POLARIZZAZIONE DIELETTRIC

... Stesso ragionamento

$dL = V\,dq$

$V = Q/C$

$C = KC_0$

$$\Longrightarrow \quad U_{El} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{\sigma_{LIBERA}^2 A^2 h}{K\epsilon_0 A}$$

$$U_{El} = \frac{1}{2}\vec{E}\cdot\vec{D}\ \mathrm{VOL}$$

$E = \sigma_L/\epsilon_0$

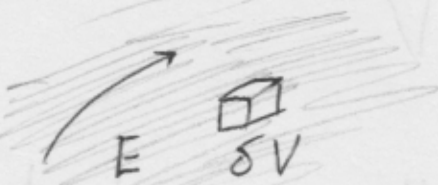
$D = \epsilon_0 K E$

→ il risultato è generale ...

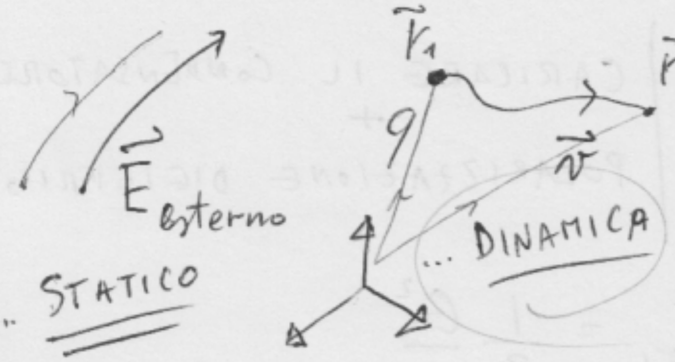
$$\boxed{w_E = \frac{1}{2}\vec{E}\cdot\vec{D}}$$

DENSITA' DI ENERGIA DEL CAMPO ELETTRICO IN PRESENZA DI DIELETTRICI

(nel vuoto $\vec{D} = \epsilon_0\vec{E}$)



☐ ENERGIA di una CARICA in MOTO in CAMPO E



$$\vec{F}(\vec{r}) = q\vec{E}(\vec{r})$$

$$\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}(\vec{r})$$

moto accelerato

$$L_{\substack{\text{campo}\\E}} = \int_{r_1}^{r_2} F(r)\,dr = -q\Delta V$$

$$\parallel$$

$$L_{\text{totale}} = \Delta E_k \quad \text{... teorema dell' ENERGIA CINETICA} \quad \left(E_k = \frac{1}{2}mv^2\right.$$

$$\Rightarrow \quad qV_1 - qV_2 = E_{k_2} - E_{k_1}$$

$$\boxed{qV + E_k = \text{COSTANTE}}$$

ENERGIA TOTALE

☐ ELETTRON VOLT $\equiv$ eV

$\stackrel{\text{def}}{=}$ Energia cinetica di un elettrone accelerato dalla differenza di potenziale di 1 Volt

$$\Delta E_k = e\Delta V \quad \Rightarrow \quad 1\,eV = 1.6 \times 10^{-19}\,J$$