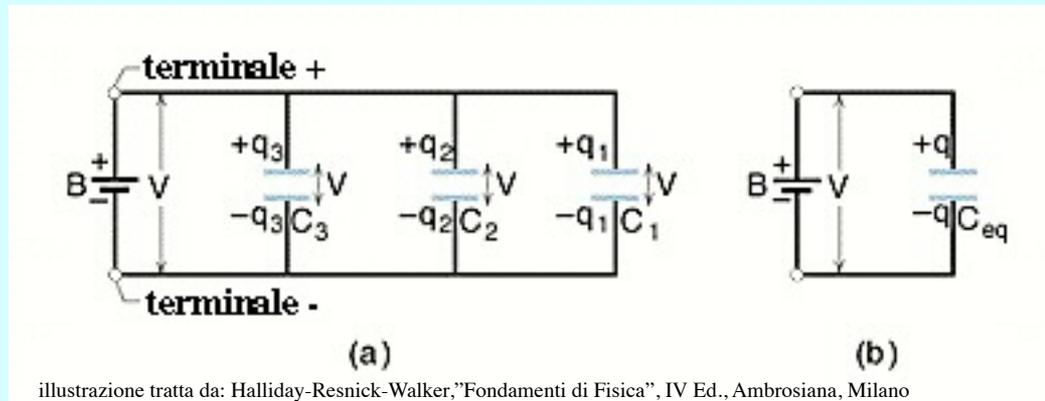


# Lezione 15 - appendice

## Condensatori in serie ed in parallelo

- Più condensatori possono essere combinati in un circuito: le combinazioni possono essere *in serie* od *in parallelo*
- Una combinazione di più condensatori può essere sempre sostituita da un singolo condensatore equivalente
- Più condensatori sono in parallelo quando la medesima ddp è applicata ai capi di ciascun condensatore
- I condensatori sono invece in serie quando la ddp applicata alla combinazione è la somma delle ddp applicate ai singoli condensatori

# Parallelo di condensatori



$$q_1 = C_1 V ; q_2 = C_2 V ; q_3 = C_3 V$$



$$q = q_1 + q_2 + q_3 = (C_1 + C_2 + C_3) V$$



$$C_{eq} = \frac{q}{V} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_{eq\_n} = \sum_{j=1}^n C_j$$

*n* condensatori in parallelo

# Serie di condensatori

$$V_1 = \frac{q}{C_1} ; V_2 = \frac{q}{C_2} ; V_3 = \frac{q}{C_3}$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

$$C_{eq} = \frac{q}{V} = \frac{1}{\left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)}$$
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

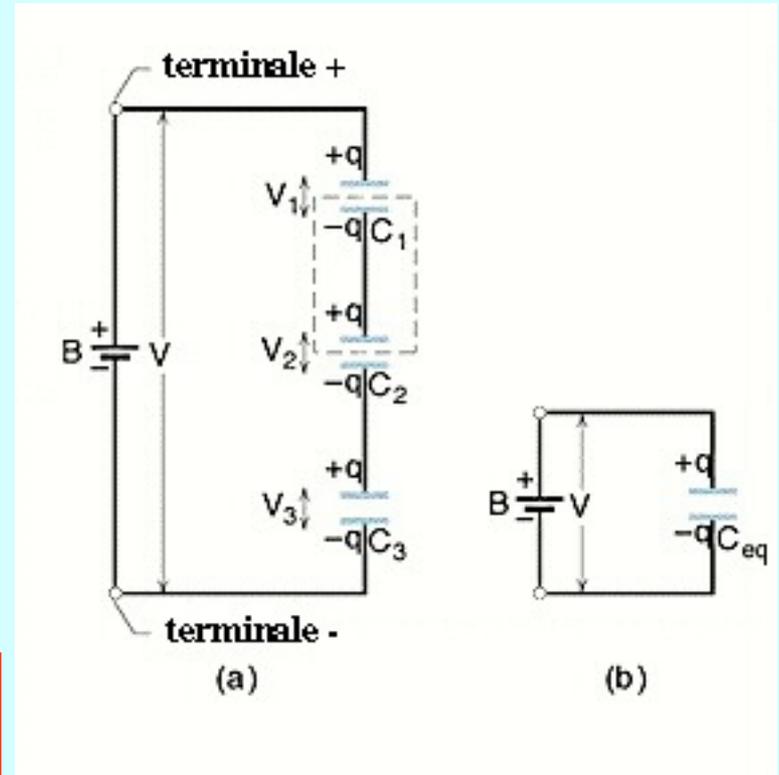


illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana Milano

$$\frac{1}{C_{eq\_n}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_j}$$

**n** condensatori in serie

# Dielettrici nei condensatori

- Faraday indagò per primo sulle proprietà dei condensatori riempiti di sostanze isolanti (dielettrici)
- Sperimentalmente, trovò che la capacità, rispetto al valore a vuoto, aumentava di un fattore numerico che si chiama *costante dielettrica relativa*  $\epsilon_r$

<b>Materiale</b>	<b><math>\epsilon_r</math></b>
Aria (1 bar)	1.00054
Carta	3.5
Vetro	4.7
Acqua (20° C)	80.4

# Capacità in presenza di dielettrici

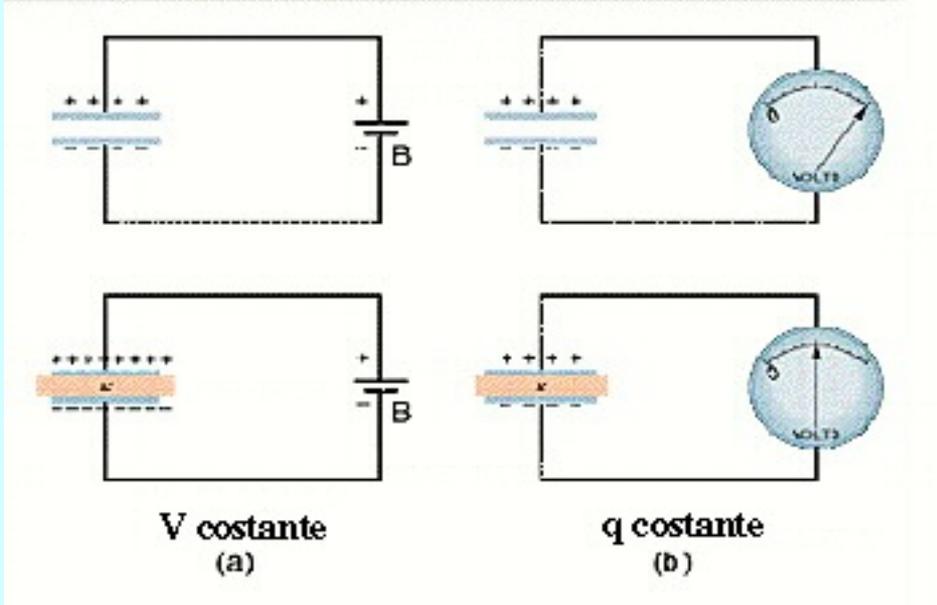
illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

- La capacità di un condensatore in vuoto può essere scritta

$$C_0 = \epsilon_0 \Lambda \quad (\Lambda \text{ è una lunghezza})$$

- Quando un dielettrico riempie *completamente* lo spazio tra i piatti si ha invece

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \Lambda = \epsilon_r C_0$$



- a) la batteria mantiene  $V$  costante e fornisce ai piatti la carica aggiuntiva:

$$q = \epsilon_r q_0$$

- b) la carica sui piatti deve rimanere costante: la ddp tra le armature diminuisce di un fattore  $\epsilon_r$

# Campi elettrici nei dielettrici

- Si può generalizzare quanto appena visto nel caso dei condensatori e ricavare l'andamento dei campi elettrostatici nei mezzi dielettrici
- Nel caso in cui le cariche siano immerse in un dielettrico omogeneo ed isotropo il campo elettrostatico nel dielettrico risulta diminuito di un fattore  $\epsilon_r$
- In pratica, nelle equazioni si sostituisce  $\epsilon_0$  con  $\epsilon_r \epsilon_0$ :

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

(carica puntiforme)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_r\epsilon_0}$$

(esterno di un conduttore isolato)

# Uno sguardo al microscopio

- Si può parlare di due tipi di dielettrici:
- Nei *dielettrici polari* le molecole possiedono un proprio momento di dipolo elettrico permanente e questi dipoli tendono ad allinearsi con il campo esterno
- Nei *dielettrici non polari* le molecole acquistano un momento di dipolo indotto sotto l'azione del campo esterno e poi tendono ad allinearsi con il campo
- In entrambi i casi, la tendenza all'allineamento è ostacolata dall'agitazione termica

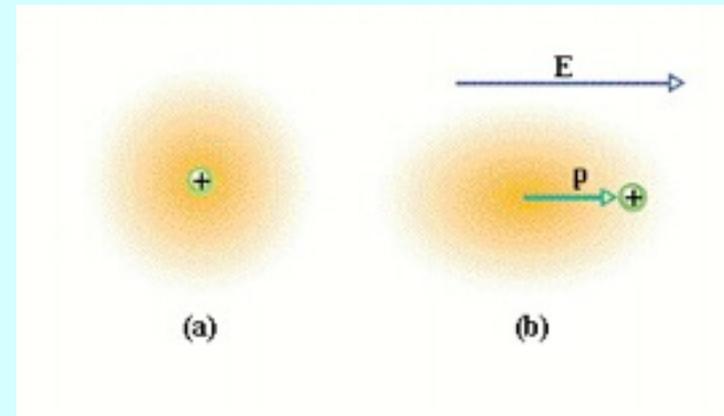
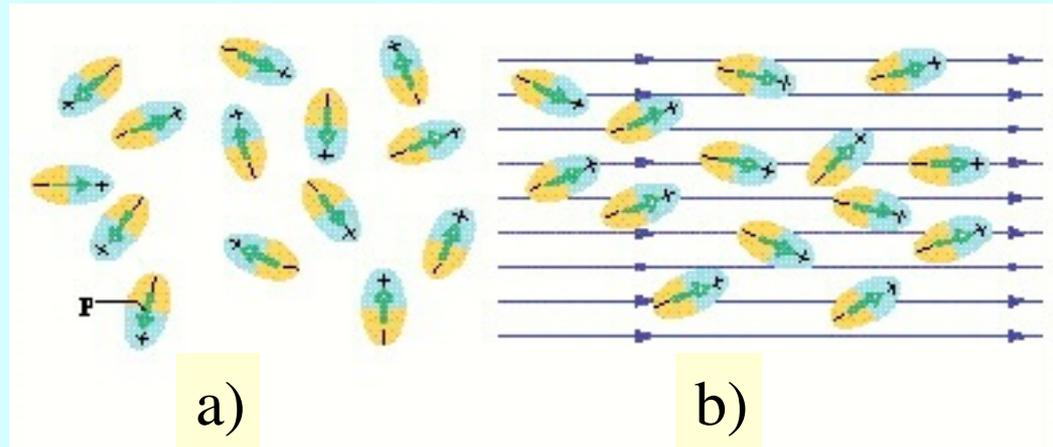


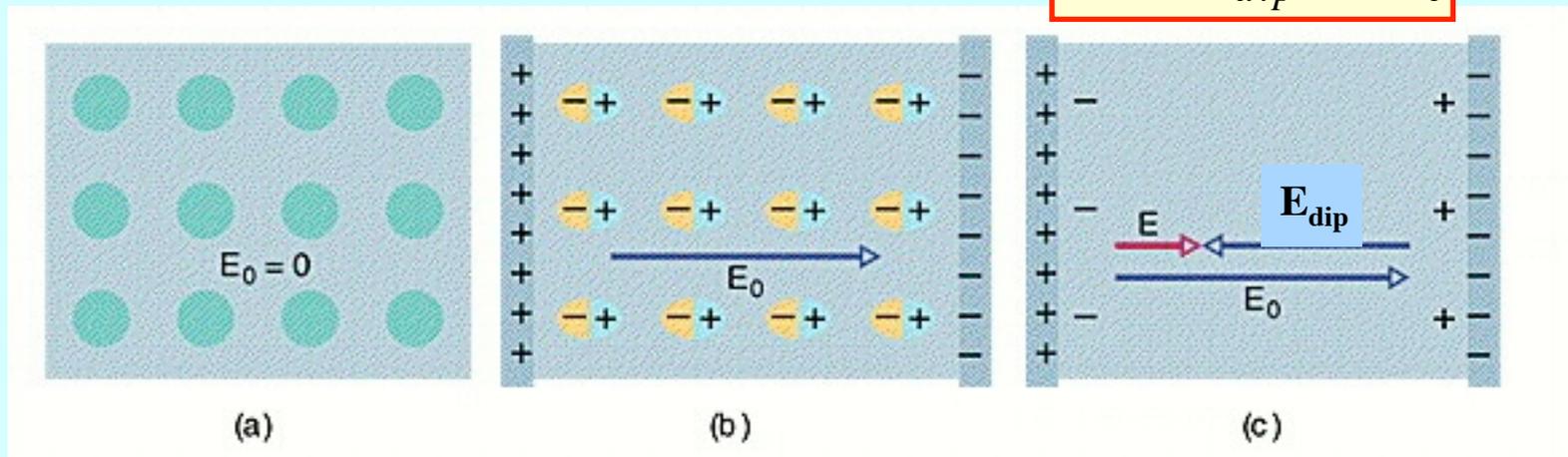
illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

# Molecole in campo elettrico

- a) in assenza di campo esterno le molecole si orientano a caso
- b) in presenza del campo i dipoli molecolari si orientano preferenzialmente lungo il campo



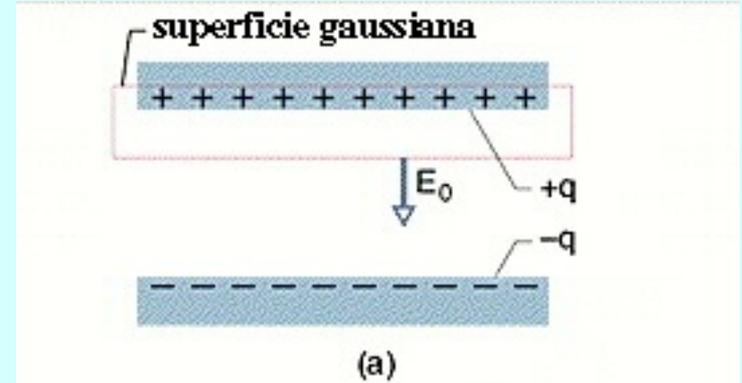
$$\dot{\mathbf{E}} = \dot{\mathbf{E}}_{dip} + \dot{\mathbf{E}}_0$$



# Legge di Gauss nei dielettrici

a)  $\epsilon_0 \oint \vec{E}_0 \cdot d\vec{A} = \epsilon_0 E_0 A = q$

$$E_0 = \frac{q}{\epsilon_0 A}$$



b)  $\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \epsilon_0 EA = q - q'$

$$E = \frac{q - q'}{\epsilon_0 A}$$

$$q - q' = \frac{q}{\epsilon_r}$$

$$E = \frac{E_0}{\epsilon_r} = \frac{q}{\epsilon_r \epsilon_0 A}$$

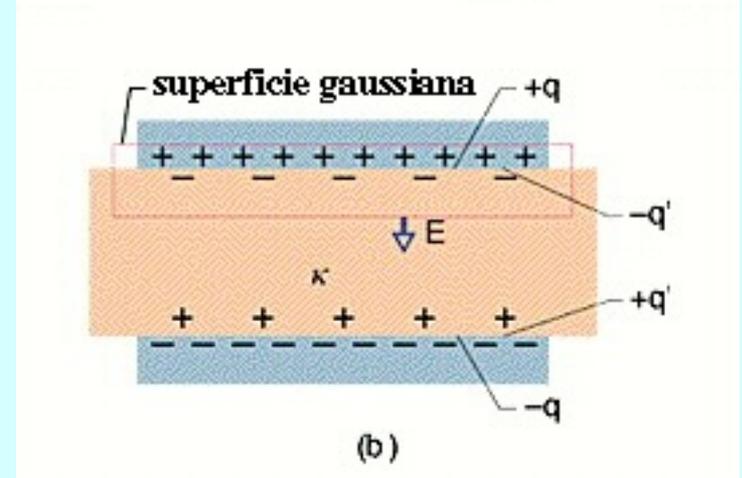


illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

Legge di Gauss nei dielettrici

$$\epsilon_0 \oint \epsilon_r \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$