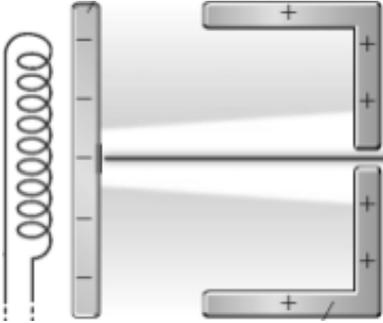


1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO **applicazione**
cannone elettronico
(sorgente per raggi X e molto altro)

Un elettrodo carico negativamente è riscaldato ad alta temperatura ed emette elettroni per un fenomeno chiamato effetto termoionico.

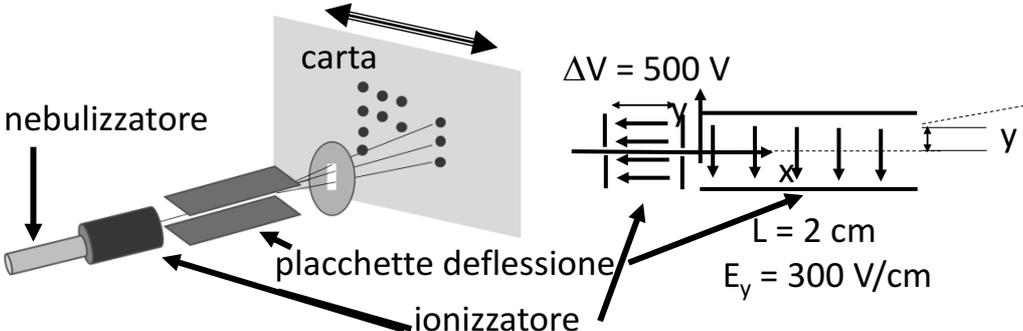
Una volta emessi, gli elettroni sono attirati dall'elettrodo positivo, che è forato al centro in modo da lasciarne passare un fascio rettilineo.



Se la differenza di potenziale fra i due elettodi è 5 kV, quanto vale l'energia cinetica degli elettroni all'uscita del cannone?

LEZ 7 SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO **ink jet printer** **applicazione**



1) le gocce di inchiostro vengono caricate negativamente nello ionizzatore che provvede anche ad accelerarle verso la carta

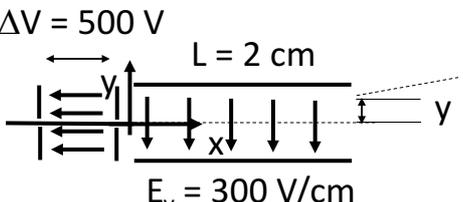
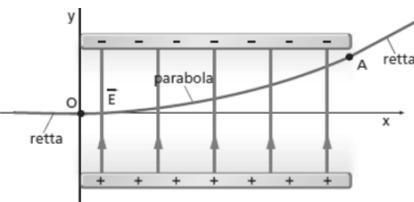
2) entrano nella regione delle placchette dove è presente un campo verticale uniforme

Determinare il tipo di traiettoria nelle placchette e lo spostamento verticale y

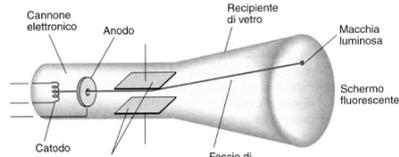
LEZ 7 SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO **ink jet printer** **applicazione**

$\Delta V = 500 \text{ V}$
 $L = 2 \text{ cm}$
 $E_y = 300 \text{ V/cm}$

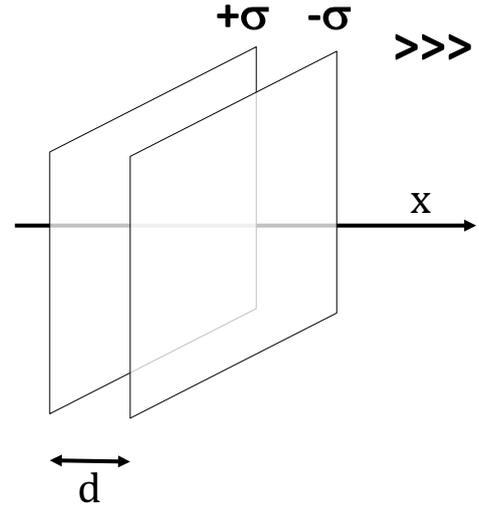
- 1) ionizzatore: $U = q \Delta V$; $K = \frac{1}{2} m v_x^2 \rightarrow \frac{1}{2} m v_x^2 = q \Delta V$
- 2) placchette: $v_x = \text{costante}$; $a_y = qE_y/m \rightarrow \text{parabola}$
- 3) $t = L/v_x$
- 4) $y = \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{1}{2} q E_y/m (L/v_x)^2 = \frac{1}{2} q E_y L^2 / 2K = \frac{1}{4} E_y L^2 / \Delta V$
- 5) $y = \frac{1}{4} 3 \cdot 10^4 \text{ V/m} \times 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / 500 \text{ V} = 3/500 \text{ m} = 6 \text{ mm}$

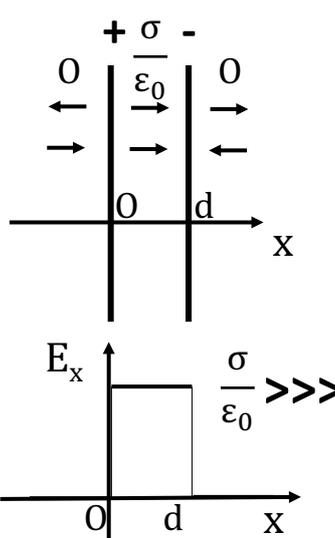


LEZ 7 **SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18**

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO **esempio** \vec{E}, V, ρ

campo elettrostatico e potenziale del doppio strato



$$\gg \gg E_x = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \frac{x}{|x|}$$


LEZ 7 **SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18**

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO esempio \vec{E}, V, ρ
 campo elettrostatico e potenziale del doppio strato

$dV(x) = -E_x dx$

$\Delta V = \frac{\sigma d}{\epsilon_0}$

$V(\infty) = 0$

$V(d/2) = 0$

$V(-\infty) = \frac{\sigma d}{\epsilon_0}$

$-\frac{\sigma d}{2\epsilon_0}$

LEZ 7

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO potenziale dipolo elettrico
 momento di dipolo elettrico: $\vec{p} = q\vec{\delta}$

approssimazione di dipolo: $r \gg \delta$

$r_+ \sim r - \frac{\delta}{2} \cos\theta$

$r_- \sim r + \frac{\delta}{2} \cos\theta$

$\vec{r}_+ \sim // \vec{r} \sim // \vec{r}_-$

$\sim \delta \cos\theta$

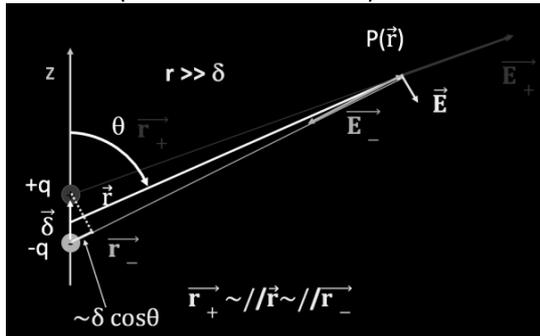
LEZ 7

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO potenziale dipolo elettrico

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_+} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{-q}{r_-} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r - \frac{\delta}{2} \cos\theta} - \frac{1}{r + \frac{\delta}{2} \cos\theta} \right)$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{\delta \cos\theta}{r^2 - \left(\frac{\delta}{2} \cos\theta\right)^2} \right) \sim \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\delta \cos\theta}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos\theta}{r^2}$$



$$r_+ = r - \frac{\delta}{2} \cos\theta$$

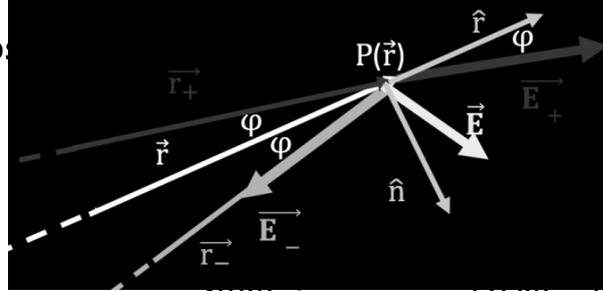
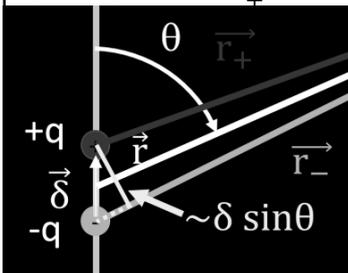
$$r_- = r + \frac{\delta}{2} \cos\theta$$

LEZ 7

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO campo dipolo elettrico

$$\vec{p} = q\vec{\delta} \quad r_+ \sim r - \frac{\delta}{2} \cos\theta$$



$$E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r_+^2} \cos\phi - \frac{q}{r_-^2} \cos\phi \right) \sim \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_+^2} - \frac{1}{r_-^2} \right) =$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{(r + \frac{\delta}{2} \cos\theta)^2 - (r - \frac{\delta}{2} \cos\theta)^2}{(r + \frac{\delta}{2} \cos\theta)^2 (r - \frac{\delta}{2} \cos\theta)^2} \sim \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{2r\delta \cos\theta}{r^4} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2p \cos\theta}{r^3}$$

LEZ 7

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

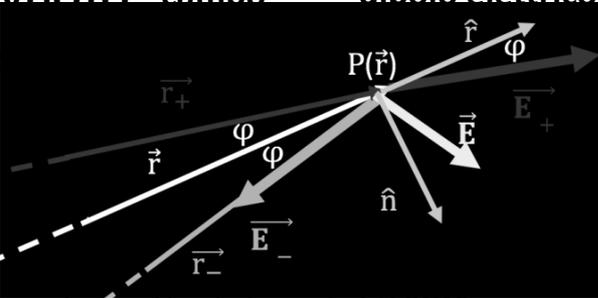
1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO campo dipolo elettrico

$\vec{p} = q\vec{\delta}$ $r_+ \sim r - \frac{\delta}{2} \cos\theta$

$\sin\varphi \sim \frac{\delta}{2} \frac{\sin\theta}{r}$

$$E_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r_+^2} \sin\varphi + \frac{q}{r_-^2} \sin\varphi \right) \sim \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_+^2} + \frac{1}{r_-^2} \right) \frac{\delta \sin\theta}{2r} =$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{(r + \frac{\delta}{2} \cos\theta)^2 + (r - \frac{\delta}{2} \cos\theta)^2}{(r + \frac{\delta}{2} \cos\theta)^2 (r - \frac{\delta}{2} \cos\theta)^2} \frac{\delta \sin\theta}{2r} \sim \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{2r^2 \frac{\delta \sin\theta}{2}}{r^4} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \sin\theta}{r^3}$$



LEZ 7 SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO dipolo elettrico

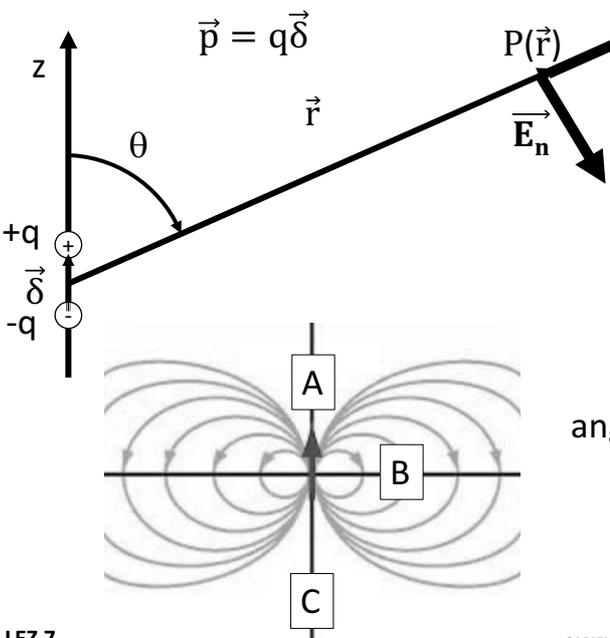
$\vec{p} = q\vec{\delta}$ $r \gg \delta$

$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos\theta}{r^2}$

$E_r(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2p \cos\theta}{r^3}$

$E_n(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \sin\theta}{r^3}$

angoli notevoli: $0, \pi/2, \pi$



LEZ 7 SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO ECG applicazione

un elettrodo applicato sul torace è in grado di percepire il campo dipolare generato dal cuore.

Stimare il momento di dipolo cardiaco ipotizzando che a ~3 cm di distanza si misuri una differenza di potenziale (rispetto alla terra) di ~1 mV

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos\theta}{r^2} \sim \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^2}$$

$$\rightarrow p \sim 4\pi\epsilon_0 V(r) r^2 = \frac{1}{9 \cdot 10^9} 10^{-3} (3 \cdot 10^{-2})^2 = 10^{-16} \text{ Cm}$$

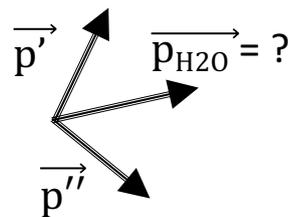
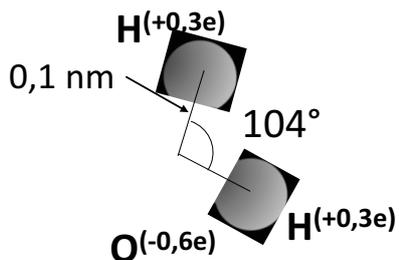
EEG ~ 0,1 mV

LEZ 7

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO acqua come dipolo

calcolare il momento di dipolo elettrico della molecola H₂O



$$p' = p'' = 0,3 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \times 0,1 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 4,8 \cdot 10^{-30} \text{ Cm}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 2 p' \cos 52^\circ = 5,9 \cdot 10^{-30} \text{ Cm}$$

LEZ 7

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO**sviluppo in multipoli**

a grande distanza qualsiasi distribuzione di carica può essere scomposta in serie di multipoli



monopolo

dipolo

quadrupolo

$$V(\vec{r}) \propto \frac{1}{r}$$

$$V(\vec{r}) \propto \frac{1}{r^2}$$

$$V(\vec{r}) \propto \frac{1}{r^3}$$

in questo corso considereremo solo cariche puntiformi e dipoli