# IONIZACIJSKI DETEKTORJI

MIS 4.3.2026

1

INTERAKCIJA NABITEGA DELCA: TIPIČNO (PO BB:) ~ NEKAJ MeV/cm V TRDNI SNOVI / TEKOČINI, IN ~ NEKAJ keV V PLINU

V PLINU: $\Delta E \sim 2$ keV/cm

$W_i$ - POVPREČNA ENERGIJA ZA IONIZACIJO ~30eV (> ION. ENERGIJA, KER TUDI VZBUJAMO) *

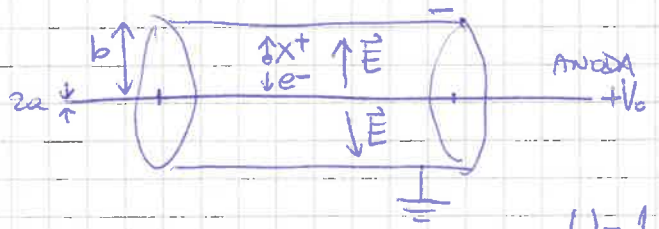
# e-ION SKIH PAROV 2000/30 ~ 60 NA CM.

→ NEKATERI $e^-$ IONIZIRAJO NAPREJ → 60-120 /cm

* $p + X \rightarrow p + e + X^+$ (p = NABIT DELEC)

$p + X \rightarrow p + X^*$

TIPIČNA GEOMETRIJA DETEKTORJA: CILINDER




$$\oint \vec{E}\, d\vec{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \Rightarrow 2\pi r l E = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 l} \cdot \frac{1}{r}$$

$$U = \underbrace{U(b) - U(a)}_{0 - V_0} = -\int_a^b \vec{E}\, d\vec{r} = -\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 l} \ln\frac{b}{a}$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 l} \ln\frac{b}{a}$$

$$\left[ C^{-1} = \frac{V_0}{Q} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0 l} \ln\frac{b}{a} \right]$$

$$\Rightarrow E = \frac{V_0}{\ln\frac{b}{a}} \cdot \frac{1}{r}$$

- BOMO POTREBOVALI KASNEJE

PREMIKAJOČE IONOV IN ELEKTRONOV

PROSTA POT ~0.1 μm

IONI: MAX. PORAZDELITEV SE SAMO MALO SPREMENI

HITROST $v_D^+ = \mu^+ E$ (IZ MFZ: POVEZANO Z DIFUZIJO $D/\mu = \frac{kT}{e}$)

[POTOVALNA = DRIFT]

TIPIČNO $\mu^+ \sim 1\text{-}2\ cm^2/Vs$; 1kV/cm → 1 cm/ms

DIFUZIJA: LOKALIZIRANA PORAZDELITEV ($\delta$) → $P(x) = \frac{1}{\sqrt{4\pi D t}} \cdot e^{\frac{-x^2}{4Dt}}$

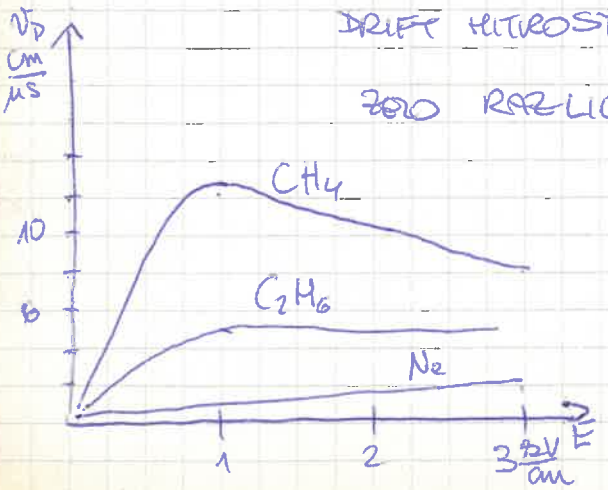
- GAUSSOVA, $\sigma = \sqrt{2Dt}$

ELEKTRONI: BOLJ ZAPLETENO, DALEČ OD MAXWELSKE

$\lambda_e \sim$ ATOMSKE DIMENZIJE, KVANTNOM. POJAVI

DRIFT HITROST: TIPIČNA VREDNOST $\frac{5\ cm}{\mu s}$

ZELO RAZLIČNO ZA RAZLIČNE PLINE




POMNOŽEVANJE V PLINU

- MED DVEMA TRKOMA SE ELETRON POSPEŠUJE
- ČE PRI TEM DOBI DOVOLJ $W_K$, IONIZIRA NAPREJ

MIS 4.3.2026

(2)

POMNOŽEVANJE

$\alpha$: PRVI TOWNSENDOV KOEFICIENT, VERJETNOST ZA IONIZACIJO NA DOLŽINSKO ENOTO

PRIRASTEK ŠTEVILA $e^-$

$dn = \alpha n \, dx \Rightarrow$ CE $\alpha = konst \Rightarrow n = n_0 e^{\alpha x}$

POMNOŽEVALNI FAKTOR $M = e^{\alpha x}$

SPLOSNO $M = e^{\int \alpha(x) dx}$ KER JE $\alpha = \sigma N_A$ ODVISEN OD $W_K$ $e^-$

CILINDRIČNI PROPORCIONALNI ŠTEVEC

KO $e_0 E(r) d \geq W_i$

$d \sim$ NEKAJ PROST. POTI $\sim 10 \mu m$

$\rightarrow e^-$ IONIZIRAJ NAPREJ

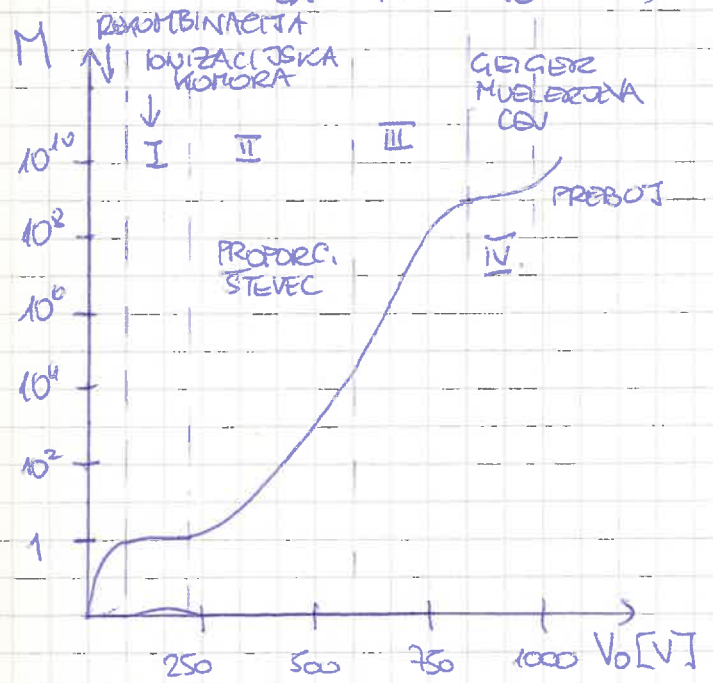
$E_{PRAG} \sim 10 \, kV/cm$

IZ 1 e DOBIMO 2, IZ 2 → 4, .... PLAZ

VEČINA ELEKTRONOV IN IONO V PLAZU NASTANE V NEPOSREDNI BLIŽINI ANODE – 1/2 NA ANODI, 1/4 ZA ~ μm NAD, 1/8 ŠE ~ μm NAD ITD.

$M \sim 2^N$

ZA $M \sim 10^4 \Rightarrow M = 1000 \times 10 \sim 2^{10} \times 2^3 \Rightarrow N \sim 13$




I: ZBEREMO VSE ELEKTRONE IN IONE

II. POMNOŽEVANJE – ŠTEVILO IONOVIČ $\alpha$ ŠTEVILU PRIMARNIH PAROV

III. OMEJENA PROPORCIONALNOST (SEVČENJE ANODE)

IV. FOTONI, KI NASTANEJO V PLAZU (DEEKSCITACIJA), IONIZIRAJO PO CELEM DETEKTORJU – VELIKO POMNOŽEVANJE, ~ NEODVISNO OD SIGNALA GEIGER-MÜLLERJEVA CEV

ZAKAJ JE POMNOŽEVANJE POTREBNO?

120 PRIMARNI e-IONSKIH PAROV $\rightarrow U = \frac{ne}{C} \sim \frac{120 e_0}{10 pF} \sim 2 \mu V$

TIPIČEN ŠUM $\sim mV \gg 2 \mu V$ !