

RADYASYON ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Dođan BOR

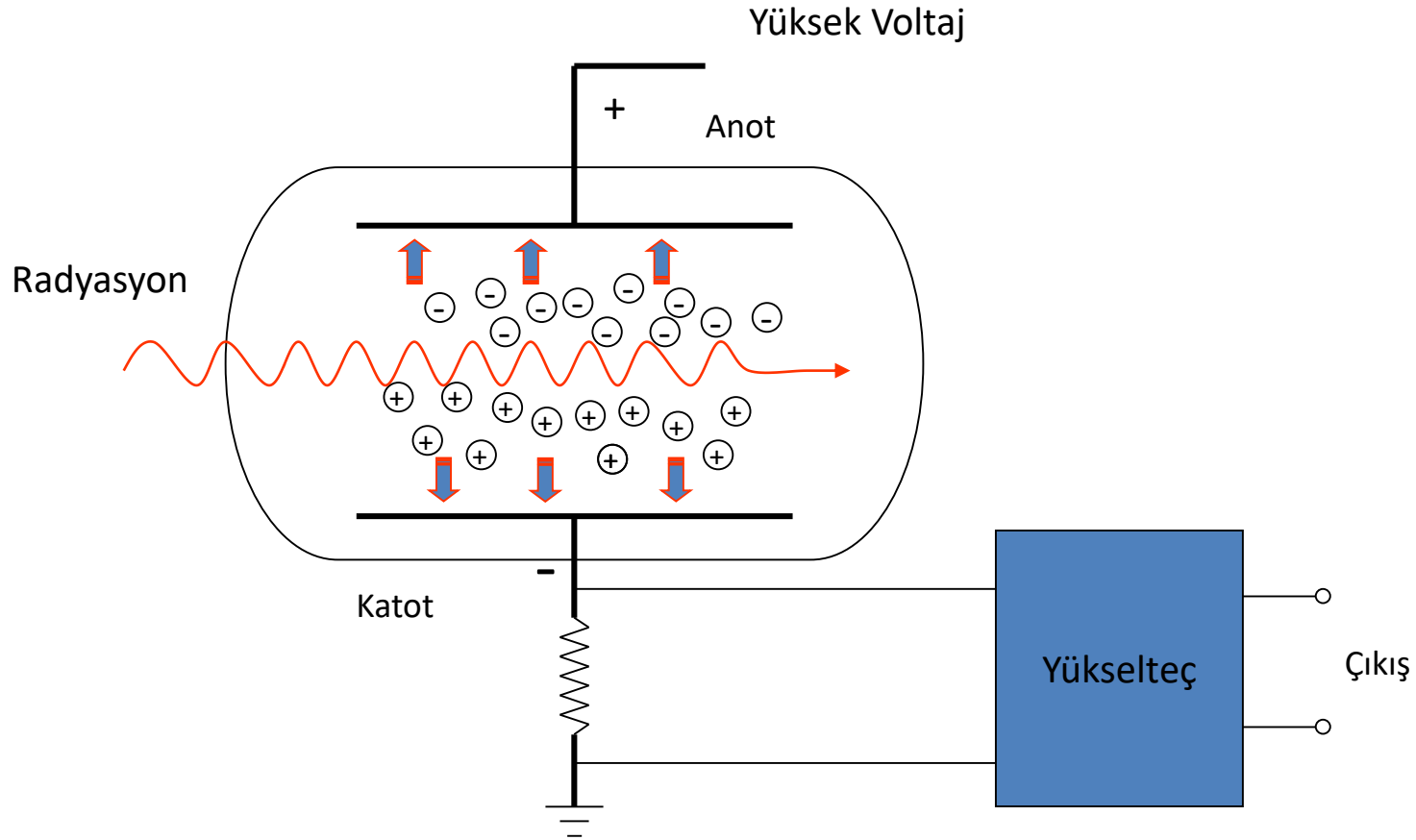
2017

FM 447

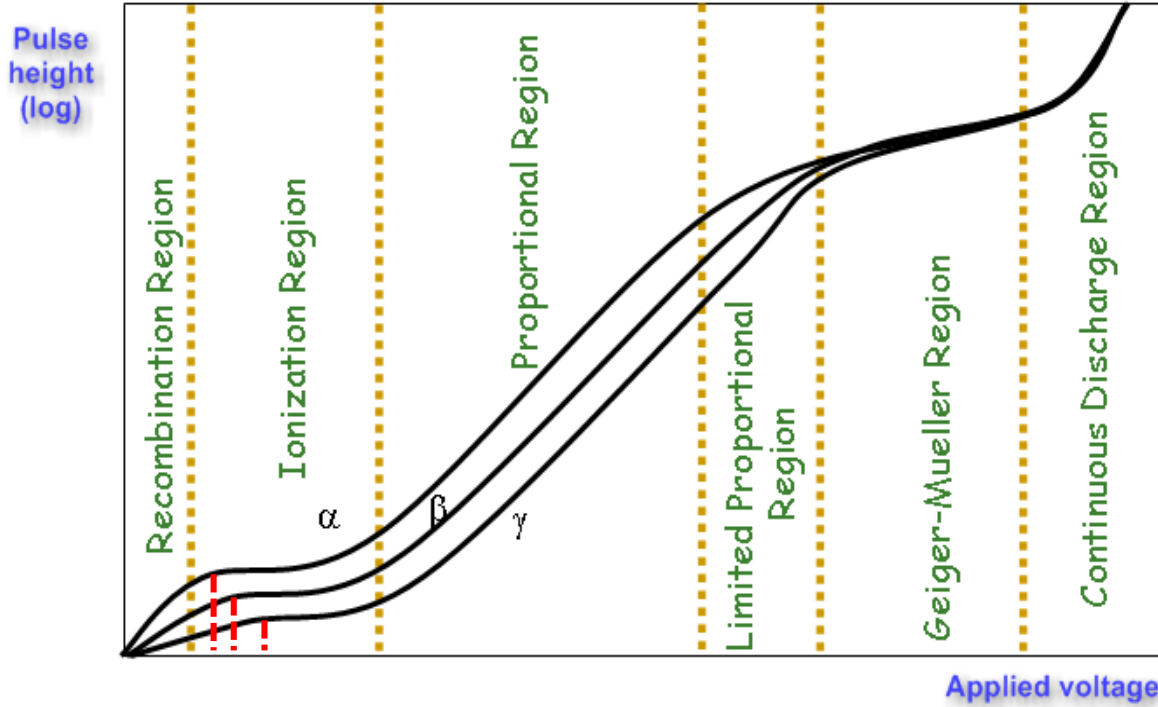
DERS 1

İYON ODALARI

GAZ ODALI DEDEKTÖR



GAZ ODALI DEDEKTÖR



Plato voltajının başlangıç değeri iyon çifti sayısı ile değişir
Tekrar birleşme olasılığı iyon çifti sayının artmasıyla fazlalaşır.

İyonizasyon bölgesinde gelen radyasyonun oluşturduğu tüm primer iyon çiftleri elektrotlara ulaşır.

İyonizasyon akımı gelen radyasyonun şiddetine bağlıdır (belirli bir enerji aralığı için).

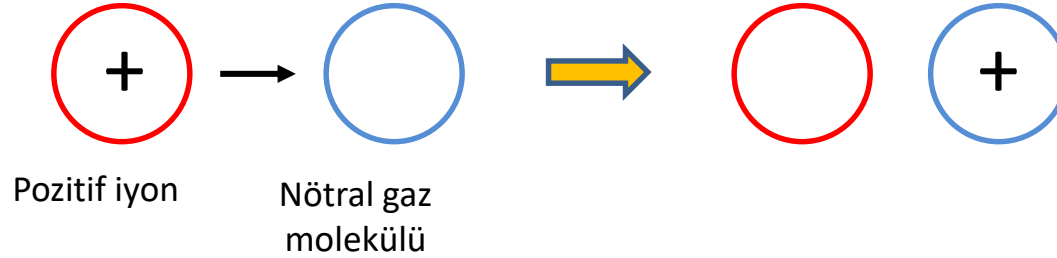
İYONİZASYON İŞLEMİ

Havada bir iyon çifti oluşması için gerekli enerji 34 eV'dir.

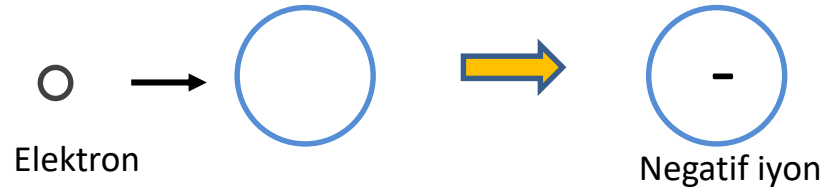
Örneğin,

Enerjisi 5 MeV olan bir alfa parçacığı havada yaklaşık olarak $1,5 \times 10^5$ iyon çifti oluşturur.

Yük Transferi: Elektron nötral molekülden pozitif iyonla elektron transferi



Elektron Bağlanması : Elektron nötral molekülü negatif iyonla çevirir



Hidrojen, Azot ve soy gazlarda elektron bağlanması daha az dolayısıyla elektron Serbest hareket edebilir, Oksijen ise hemen negatif iyon haline geçer.

YÜK HAREKETİ VE TOPLANMASI

İyonların gaz içerisindeki yayılım hızları (V),

$$V = \mu E / P$$

Burada E , elektrik alan şiddeti,
 P , gaz basıncı,
 μ ise mobilitedir.

μ , elektrik alanın geniş bir aralığı için sabittir ve aynı gazdaki (+) ve (-) iyonlar için büyük farklılık göstermez. Genelde 1 atm basınç ve 10^4 V/m elektrik alanı için 1m/sn'dir.

İYON ODASINDA OLUŞAN YÜK MİKTARI

Plato bölgesinde toplam yük sayısı (Q) ve meydana gelen iyon çifti (N) arasındaki ilişki:

$$Q = N e = (\Delta E / w) e$$

e : elementer yük ($1,6 \times 10^{-19}$ C)

ΔE : Gelen radyasyon tarafından odaya aktarılan enerji

W : Bir iyon çifti oluşması için gerekli enerji

Gas	First Ionization Potential (eV)	W-Value (eV/ion pair)	
		Fast Electrons	Alpha Particles
Ar	15.7	26.4	26.3
He	24.5	41.3	42.7
H ₂	15.6	36.5	36.4
N ₂	15.5	34.8	36.4
Air		33.8	35.1
O ₂	12.5	30.8	32.2
CH ₄	14.5	27.3	29.1

İYON ODASINDA VOLTAJ VE AKIM DEĞERLERİ

5 MeV enerjideki alfa parçacıklarının oluşturacakları voltaj ve akımın yaklaşık değeri :

İyon odasının kapasitansı 50 pF ve yüklerin 1 μ s'de toplandığı kabul edilirse;

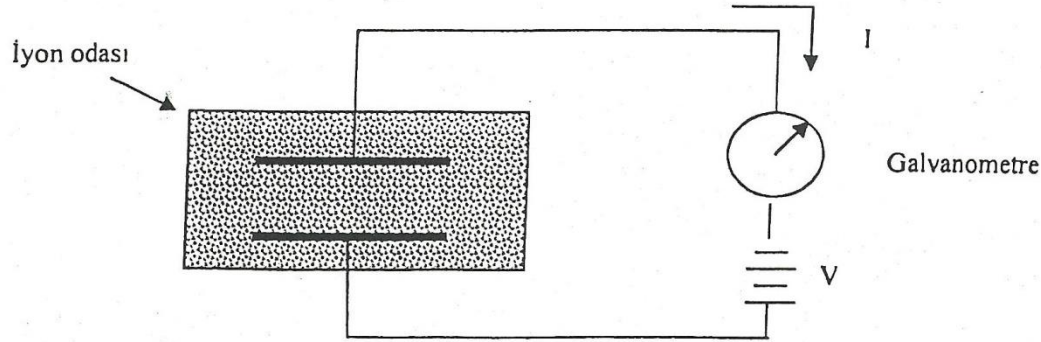
$$V = Q / C = \frac{1,5 \times 10^5 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} / e}{50 \times 10^{-12} \text{ F}} = 0,75 \text{ mV}$$

$$I = Q / t = \frac{1,5 \times 10^5 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} / e}{10^{-6}} \text{ A} = 1,6 \times 10^{-8} \text{ A}$$

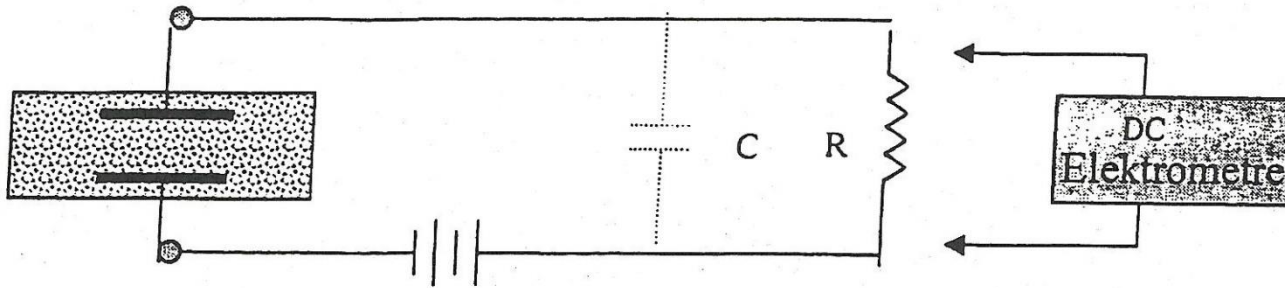
İYON ODALARININ ÇALIŞMA MODLARI

Akım Modunda Çalışan İyon Odaları

İyon odası akımının galvanometre ile ölçümü : Yüksek akımlarda ($> 10^{-8}$ A)

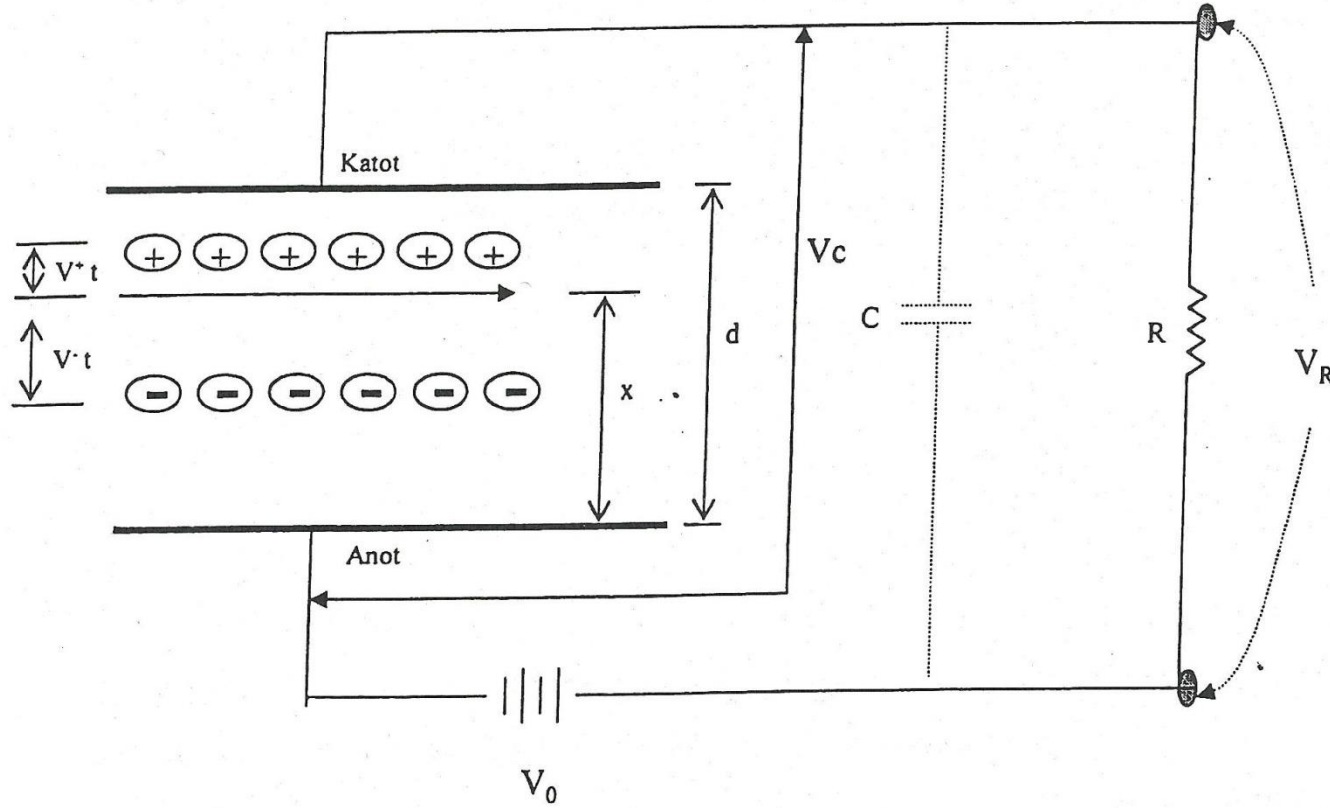


İyon akımının elektrometre ve R seri direnci ile ölçümü : (Çok düşük akımlarda)



İYON ODALARININ ÇALIŞMA MODLARI

Puls Modunda Çalışan İyon Odaları



İyon odasından gelen sinyalin puls şeklinin çıkartılması

PULS ŞEKLİNİN ÇIKARILMASI

$\Delta\phi$ potansiyel farkında hareket eden yükler tarafından soğurulan enerji :

$$\Delta\phi \quad Q$$

$$Q = Ne$$

N : Başlangıçtaki iyon çiftlerinin sayısı,

e : elektronik yüküdür.

$$\Delta\phi = E \quad r$$

E : Elektrik alan

r : Elektronların kat ettiği mesafe

Yükler tarafından soğurulan enerji = $E \quad vt \quad N \quad e$

Enerjinin Korunumu:

Başlangıçtaki enerji miktarı	=	+iyonlar tarafından soğurulan enerji	+	Elektronlar tarafından soğurulan enerji	+	Geri kalan enerji miktarı
------------------------------	---	--------------------------------------	---	---	---	---------------------------

$$\frac{1}{2} C V_0^2 = Ne E v^+ t + Ne E v^- t + \frac{1}{2} C V_c^2$$

$$\frac{1}{2} C (V_0^2 - V_c^2) = Ne E (v^+ + v^-) t$$

$$\frac{1}{2} C (V_0 + V_c) (V_0 - V_c) = Ne (V_c/d) (v^+ + v^-) t$$

PULS ŞEKLİNİN ÇIKARILMASI

Sinyal voltajı V_R , R boyunca ölçülmekte olup değeri V_0 'dan çoğu zaman daha küçüktür ve $V_0 - V_c$ olarak verilir. Bu durumda aşağıdaki yaklaşımlar yapılabilir.

$$V_0 + V_c \approx 2V_0 \quad \text{ve} \quad V_c/d \approx V_0/d$$

$$\frac{1}{2} C (V_0 + V_c) (V_0 - V_c) = N e (V_c/d) (v^+ + v^-) t$$

Bu ifadeler yukarıdaki ifadede yerine konulursa

$$\frac{1}{2} C (2V_0) V_R = N e (V_0/d) (v^+ + v^-) t$$

$$V_R = (N e / (d C)) (v^+ + v^-) t$$

PULS ŞEKLİNİN ÇIKARILMASI

Bir $t = x / v^-$ zamanından sonra elektronlar anota ulaşırlar.

$$V_R = (N e / (d C) (v^+ t + x)$$

Pozitif iyonlar katoda $t^+ = (d - x) / v^+$ zamanı sonrasında ulaşacaklardır.

Bu noktada sinyal voltajı artık artış göstermez.

$$V_R = (N e / (d C) [(d - x) + x] \quad \text{ya da} \quad V_R = (N e / C)$$

Sinyalin maksimum genliđi

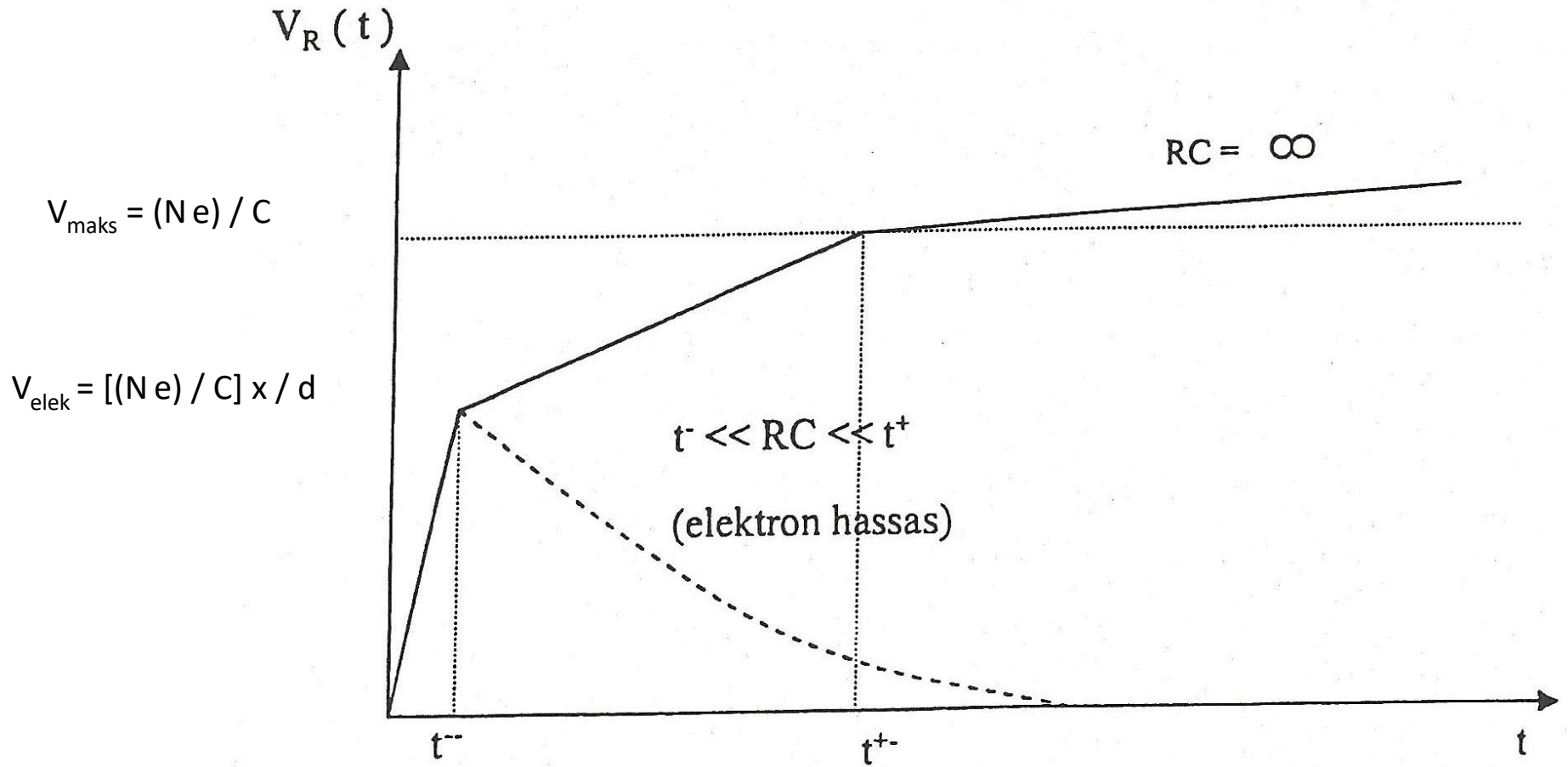
Devrenin zaman sabitinin çok büyük olması durumunda ($RC \gg t^+$), sinyalin maksimum genliği (V_{maks}) aşağıdaki gibi verilir;

$$V_{\text{maks}} = (N e) / C$$

Devrenin zaman sabiti pozitif iyonların toplanma süresine göre daha kısa seğilirse, sinyal pulsu sadece elektronların katkısından oluşur ve bu sinyalin genliği aşağıdaki gibi verilir;

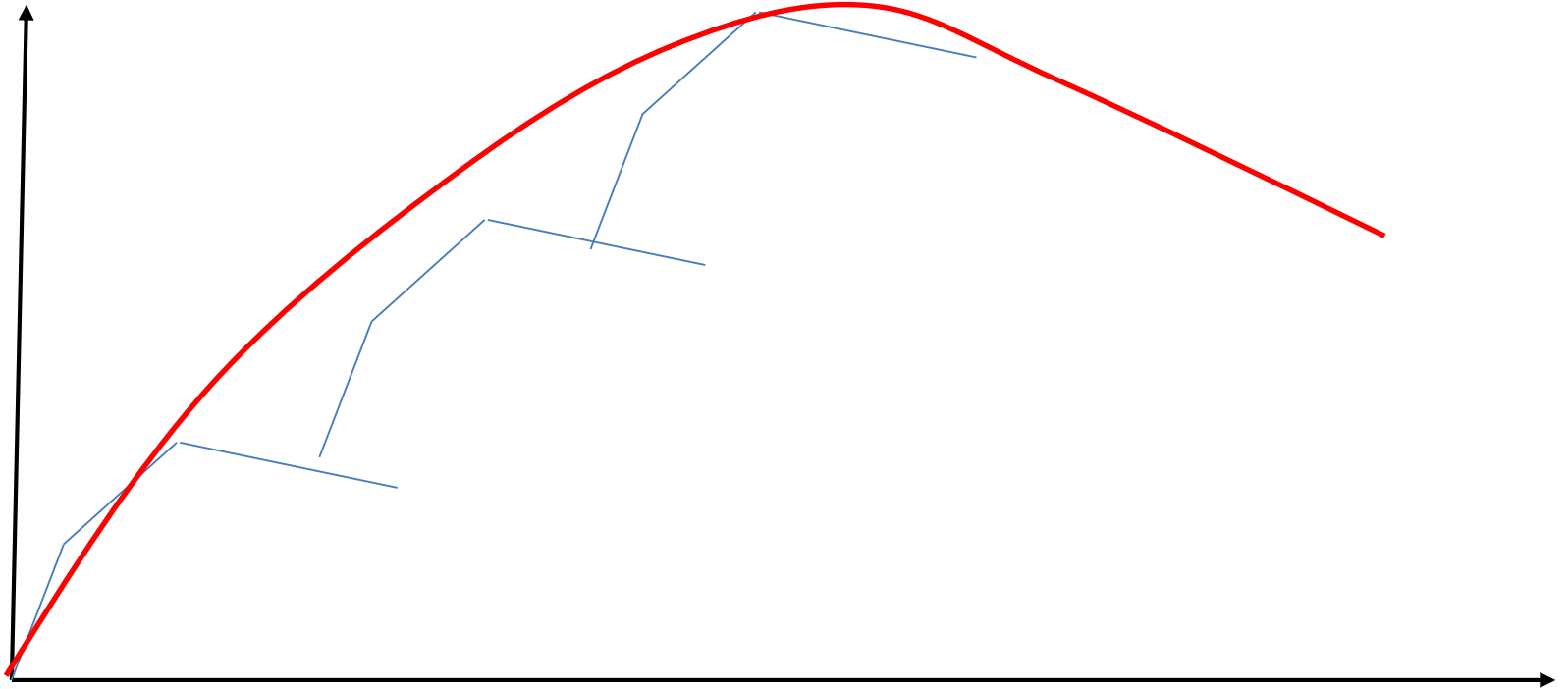
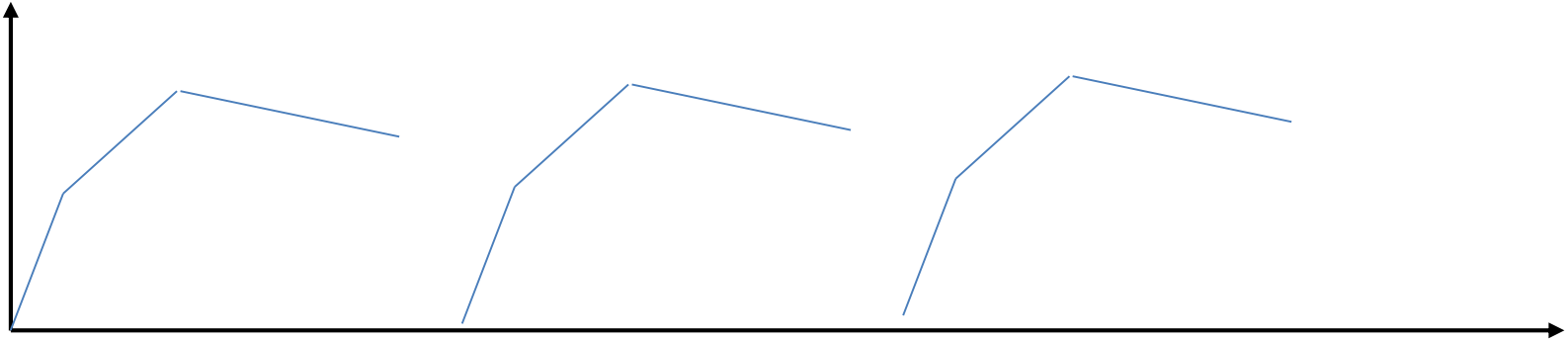
$$V_{\text{elek}} = [(N e) / C] x/ d$$

FARKLI ZAMAN SABİTLERİNDE ÇIKIŞ PULSUNUN ŞEKLİ



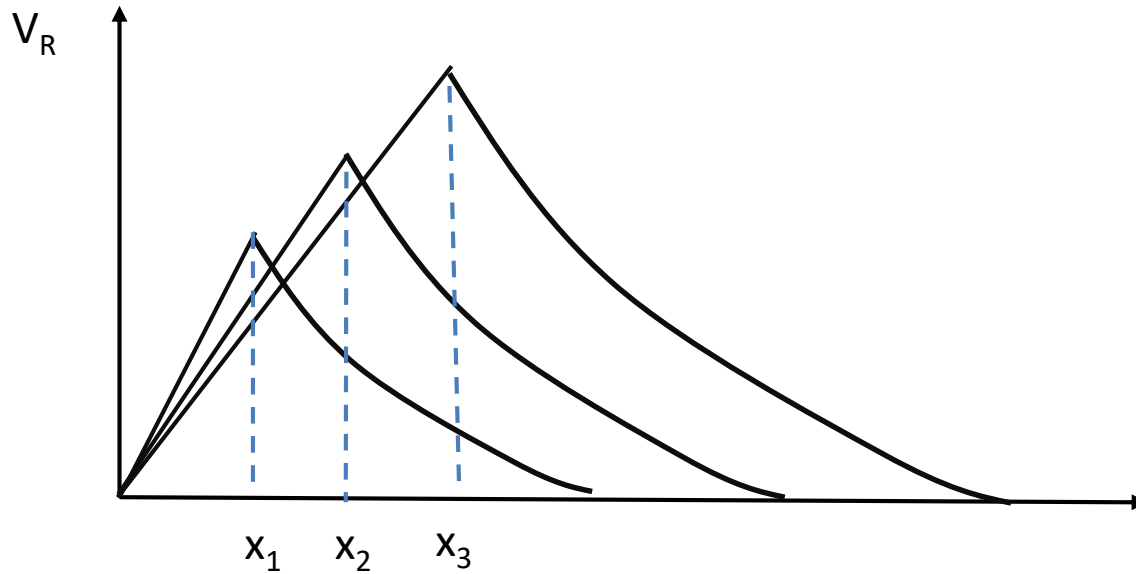
Çıkış pulsunun farklı zaman sabitlerindeki şekli

PULSLARIN ÜST ÜSTE BİNMESİ

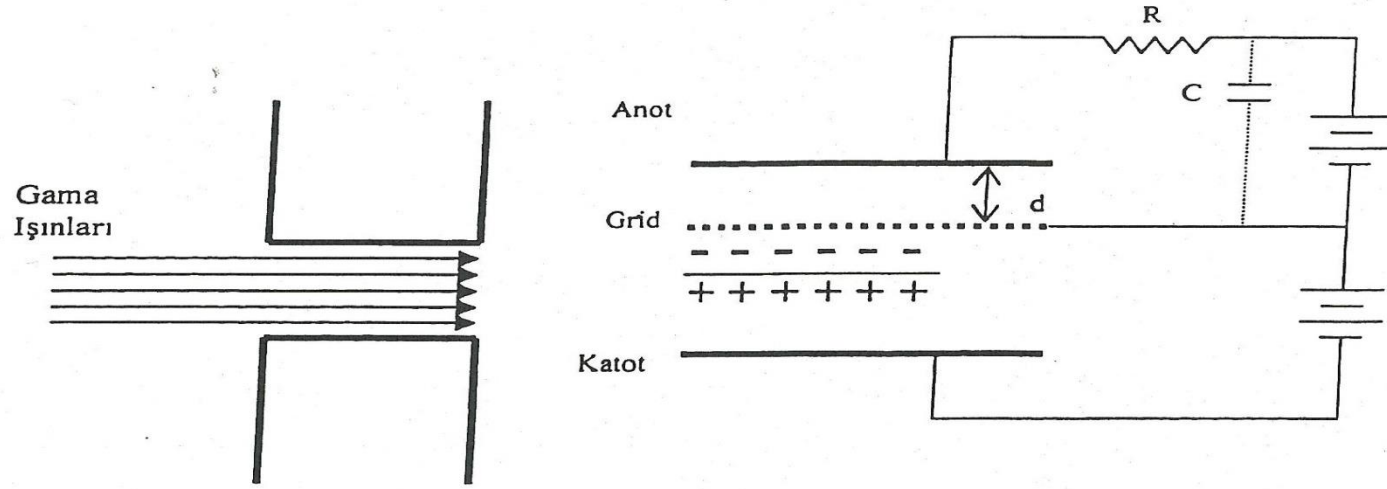


ELEKTRONLARIN OLUŞMA NOKTASI İLE ÇIKIŞ VOLTAJININ DEĞİŞİMİ

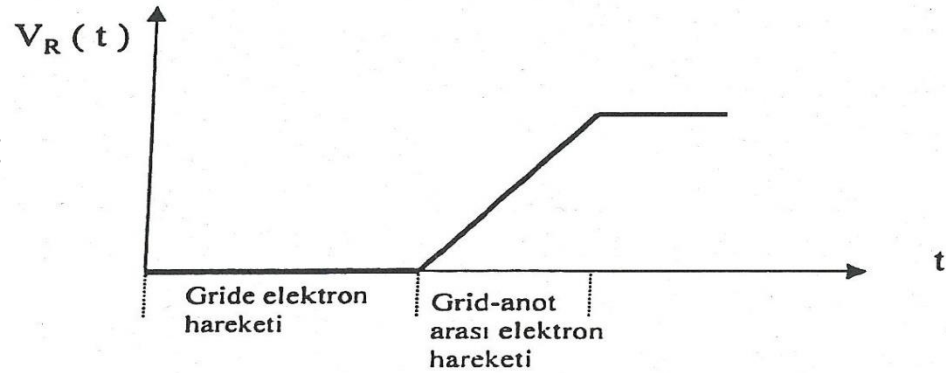
$$V_{\text{elek}} = [(Ne) / C] \times x / d$$



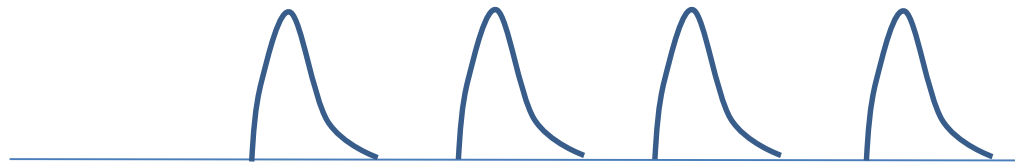
GRİDLİ İYON ODASI



$$V_R = (Ne / (d C) v^- t$$



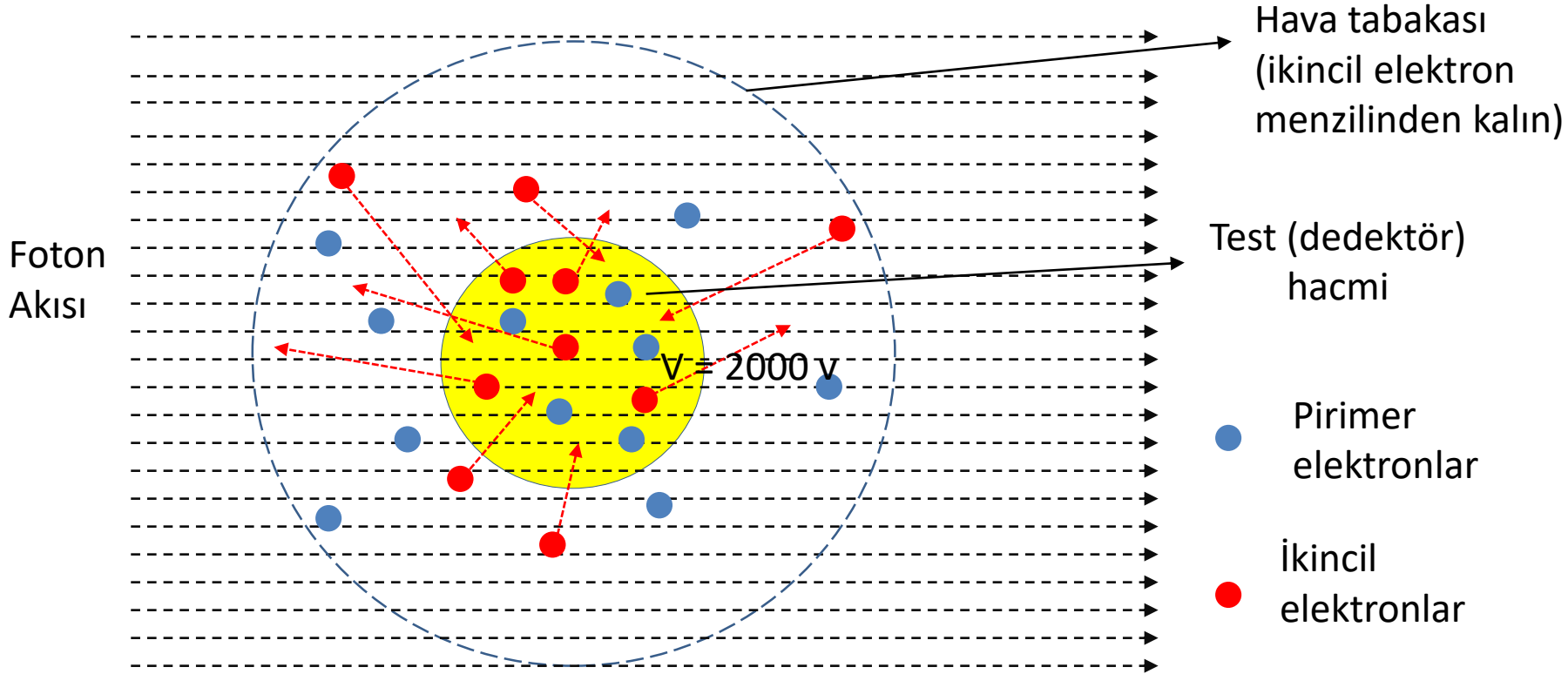
Pulsların sayımı



İYON ODALARI İLE RADYASYON ŞİDDETLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

1 Kg havada 1 Coulomb iyon yükü (iyon çifti sayısı) meydana getiren foton şiddeti

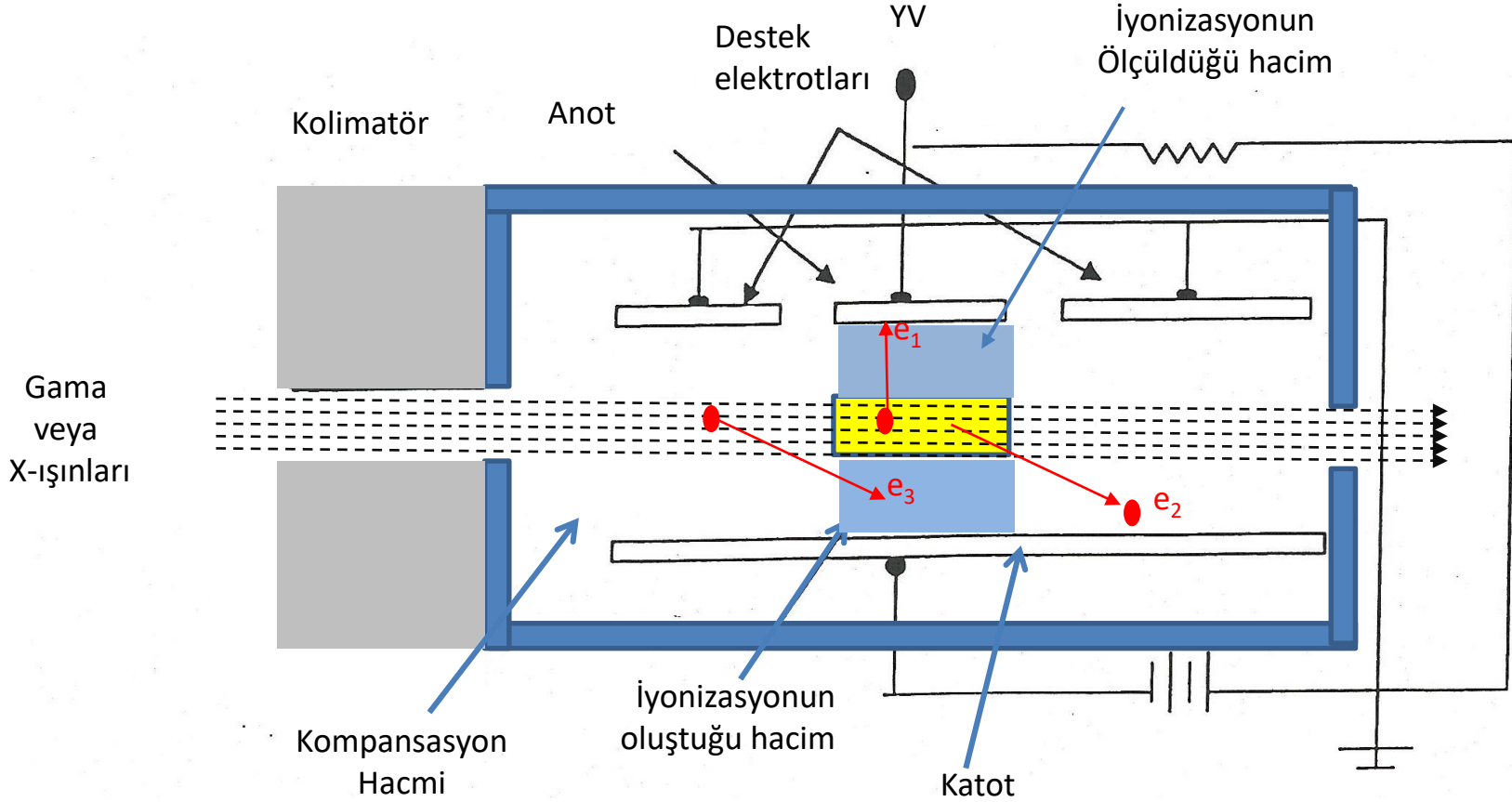
$$\text{Işınlama (Kerma)} = 1 \text{ Coulomb} / 1 \text{ Kg}$$



Secondary Electron Equilibrium – SEE - İkincil Elektron denklığı (Elektronik Denge)

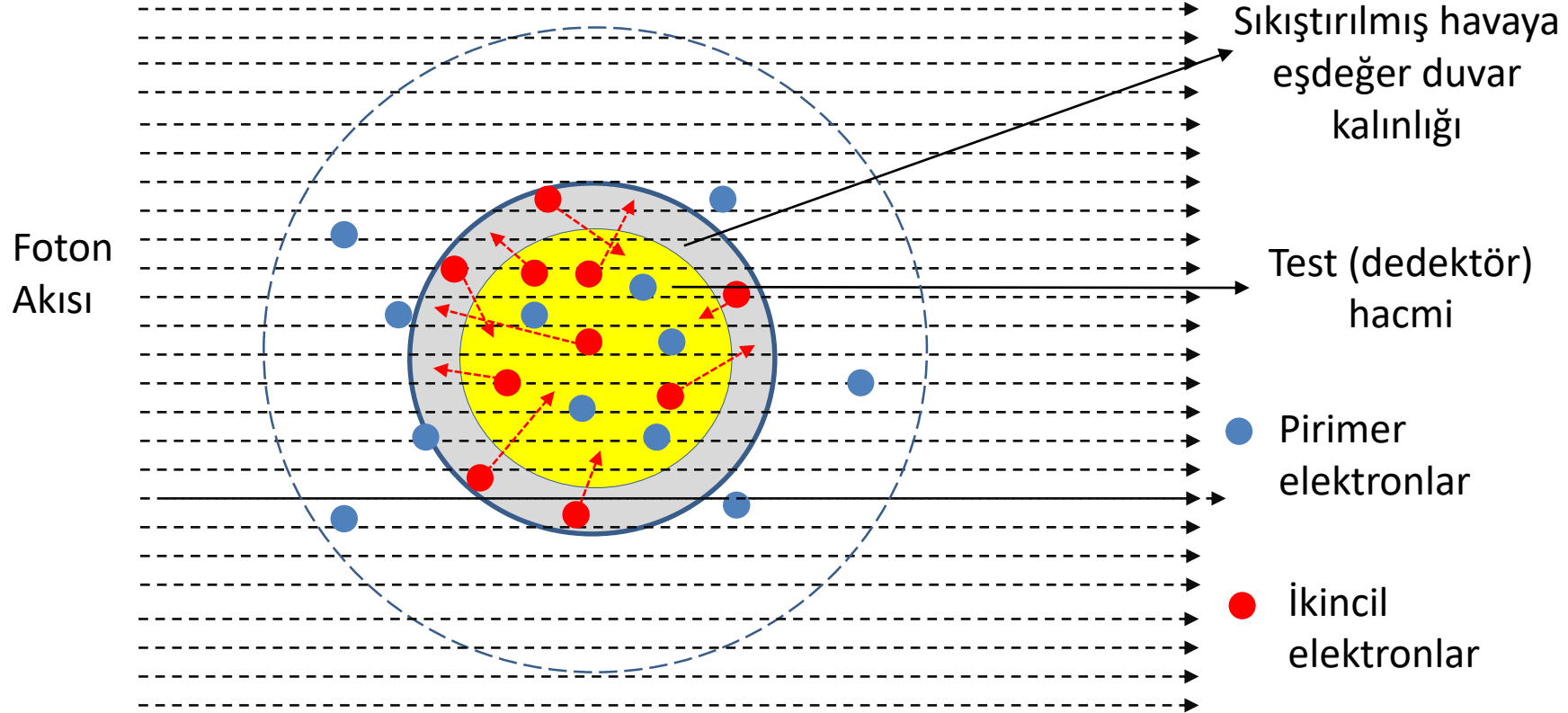
Dedektörden kaçan ikincil elektron sayısının, dedektör dışında oluşarak detektöre giren Elektron sayısı ile dengelenmesi

SERBEST HAVA İYON ODASI



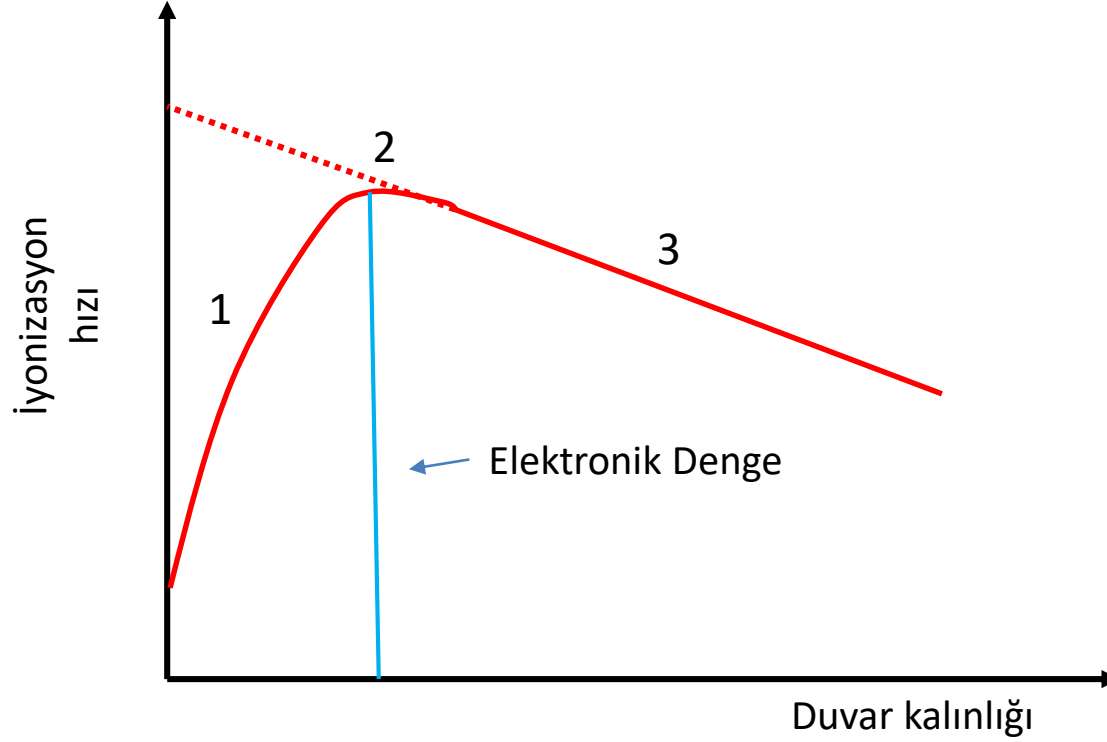
Elektronik denge e_3 ve e_2 ile sağlanır . e_1 elektronu doğrudan iyonizasyona katkıda bulunur

HAVA KAVİTE ODALARI



SEE : Hava eşdeğeri duvar malzemesinin kalınlığı ile belirlenir

HAVA KAVİTE ODALARINDA İKİNCİL ELEKTRONİK DENKLİĞİ VE DUVAR KALINLIĞI

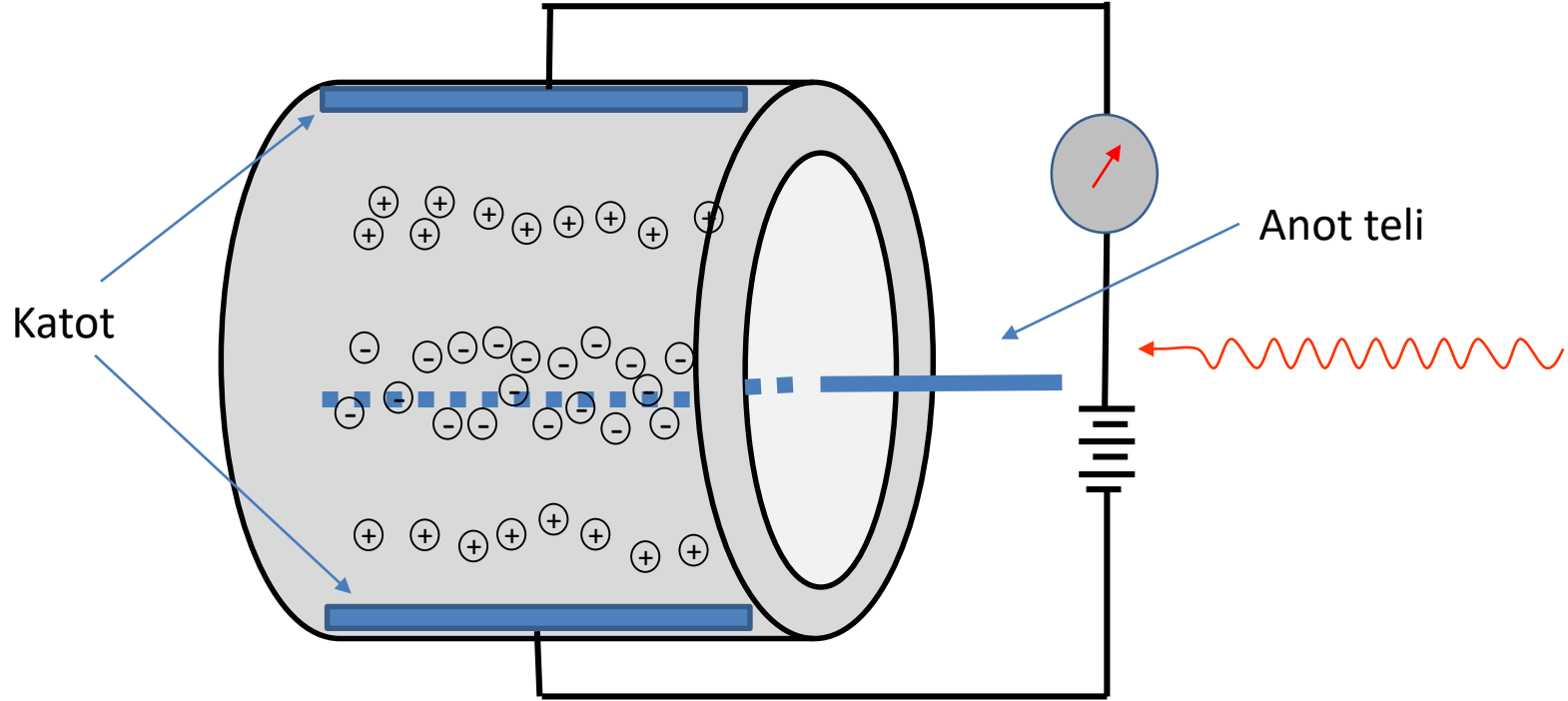


Belirli bir foton enerjisi için ;

- 1 : Artan duvar kalınlığı ile daha fazla elektron soğurulacağından iyonizasyon artar
- 2: Duvar kalınlığı gelen fotonlar oluşturduğu elektronların (primer + sekonder) menzile eşit olunca iyonizasyon maksimum olur
- 3: Duvar kalınlığının daha fazla arttırılması fotonların soğurulmasını da arttıracığından iyonizasyon azalmaya başlar

İYON ODALARININ TASARIMLARI

Silindirik İyon Odaları



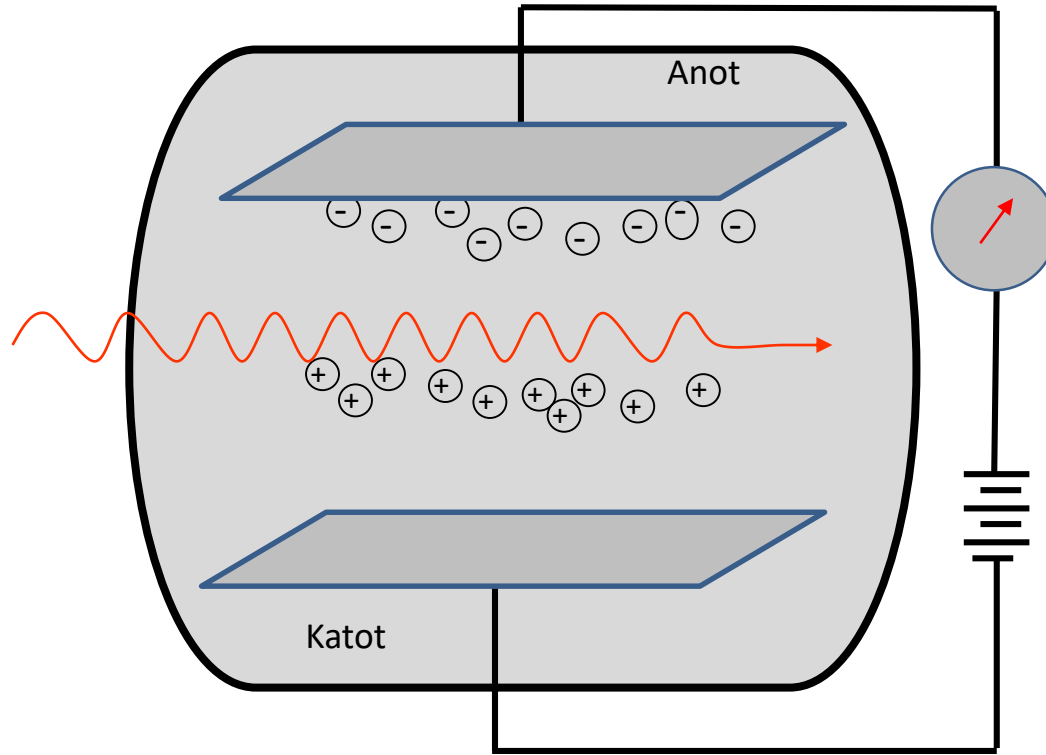
$$E(r) = V / r [\ln(b/a)]$$

$V = 2000 \text{ v}$, $a = 0.008 \text{ cm}$, $b = 1.0 \text{ cm}$ için

Anot yüzeyinde : $E = 5.18 \cdot 10^6$

İYON ODALARININ TASARIMLARI

Paralel Plakalı İyon Odaları



$$V = E / r$$

Anot yüzeyinde : $E = 5.18 \cdot 10^6$ \longrightarrow $V = 51\,800\text{ v}$!!!!!!!

IŞINLAMANIN ÖLÇÜLMESİ

Hava eşdeğeri bir iyon odasında, ışınlama hızı (C/Kg olarak), doyumdaki iyon akımının I_D (amper cinsinden) aktif hacimdeki kütleye M (Kg olarak) oranı olarak verilir;

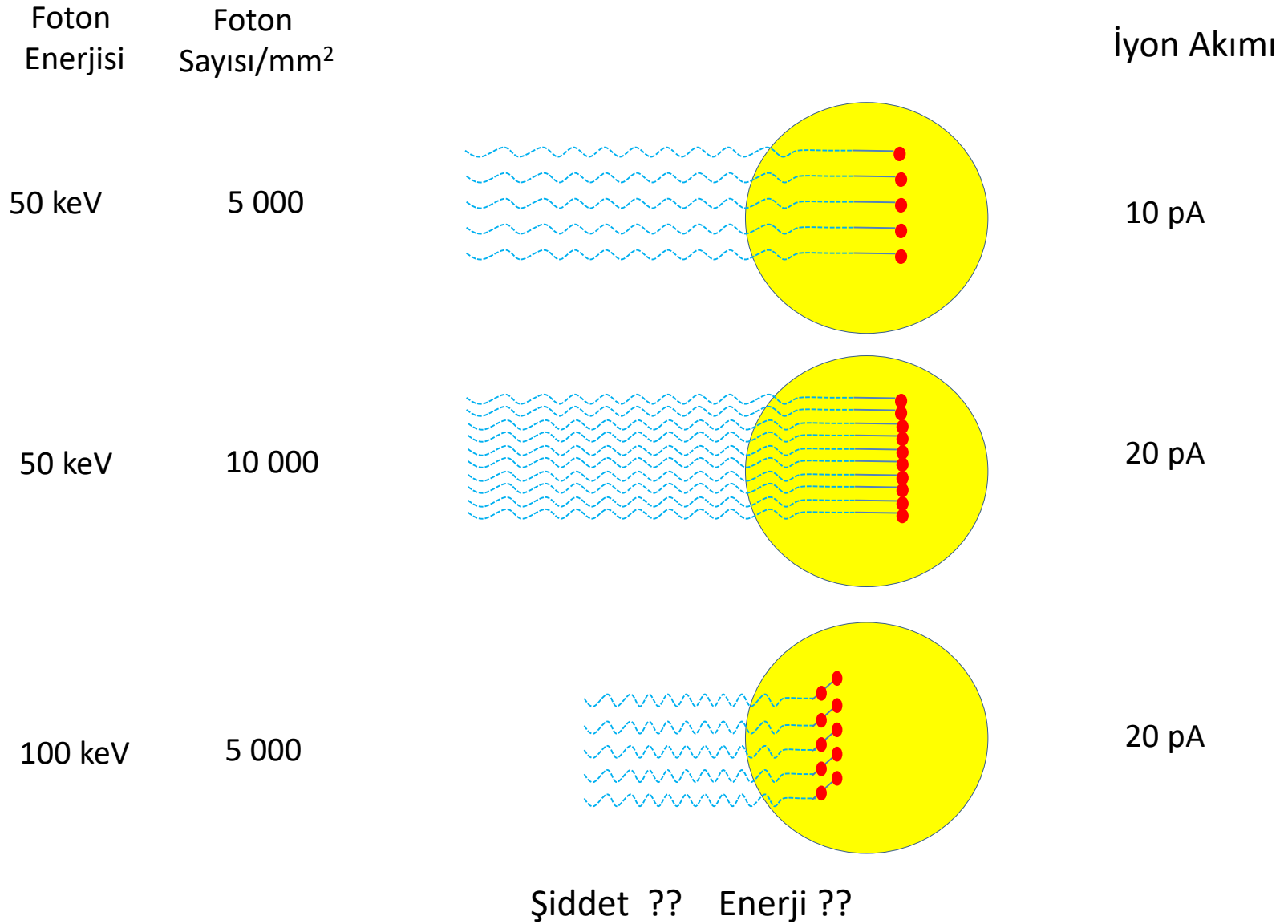
$$R = I_D / M$$

Hava kütlesi M ise iyon odasının ölçülen hacminden ve normal şartlardaki yoğunluğundan hesaplanır.

$$M = 1,293 \text{ Kg/m}^3 \times V \times (P / P_0) \times (T_0 / T)$$

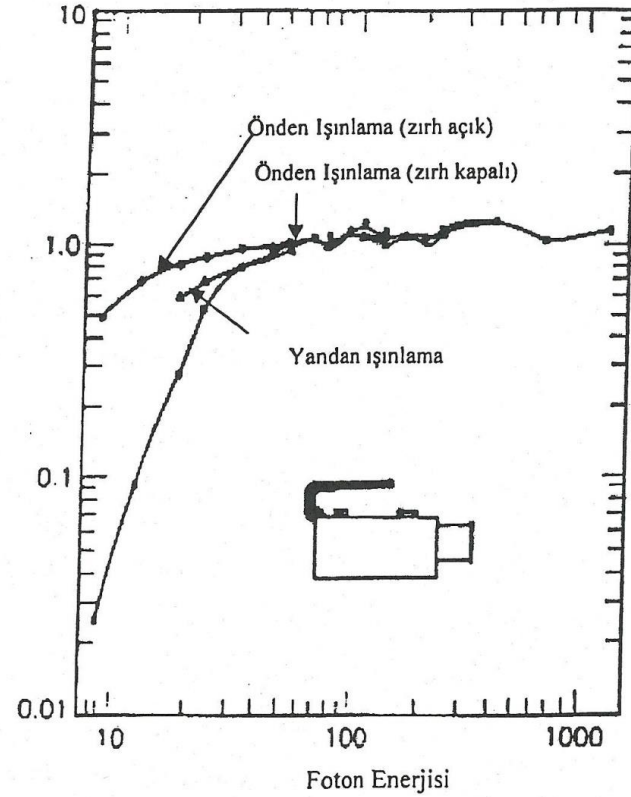
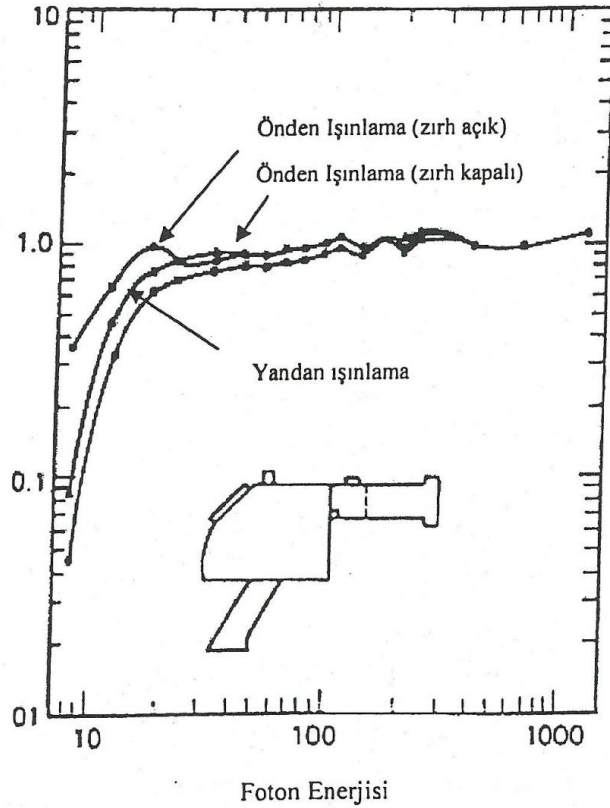
V	: Odanın hacmi (m^3)
P	: Odadaki hava basıncı
P_0	: Standart basınç (760 mm Hg)
T	: Odadaki hava sıcaklığı
T_0	: Standart sıcaklık (273,14 K)

İYON ODALARININ ENERJİ BAĞLILIĞI



ENERJİ KOMPANSASYONU

İyon odalarının tasarımları (duvar kalınlığı, elektrot aralıkları , uygulanan voltaj, vs) belirli bir enerji için yapılır. Örneğin Cs-137 (662 keV ve Co-60 (1.25 MeV). Diğer enerjiler için düzeltme faktörleri kullanılır



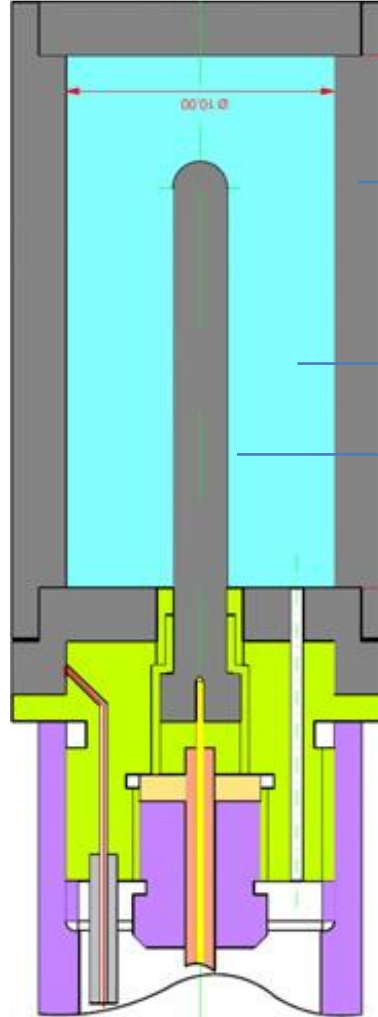
İki farklı sistem için enerji kalibrasyon eğrisi

SICAKLIK VE BASINCA GÖRE DÜZELTME

$$C_{DF} = (P_{ref} \times T) / (P \times T_{ref})$$

T_{ref} ve P_{ref} kalibrasyonun yapıldığı sıcaklık ve basınç değerleridir.

SİLİNDİRİK İYON ODASI



Grafit (karbon)

Hava eşdeğeri malzeme $Z_{\text{eff}} = 7.8$

Duvar (2 mm / Cs-137)

Hacim : 1.52 cm³

Merkezi elektrot

(anot)

200 V