

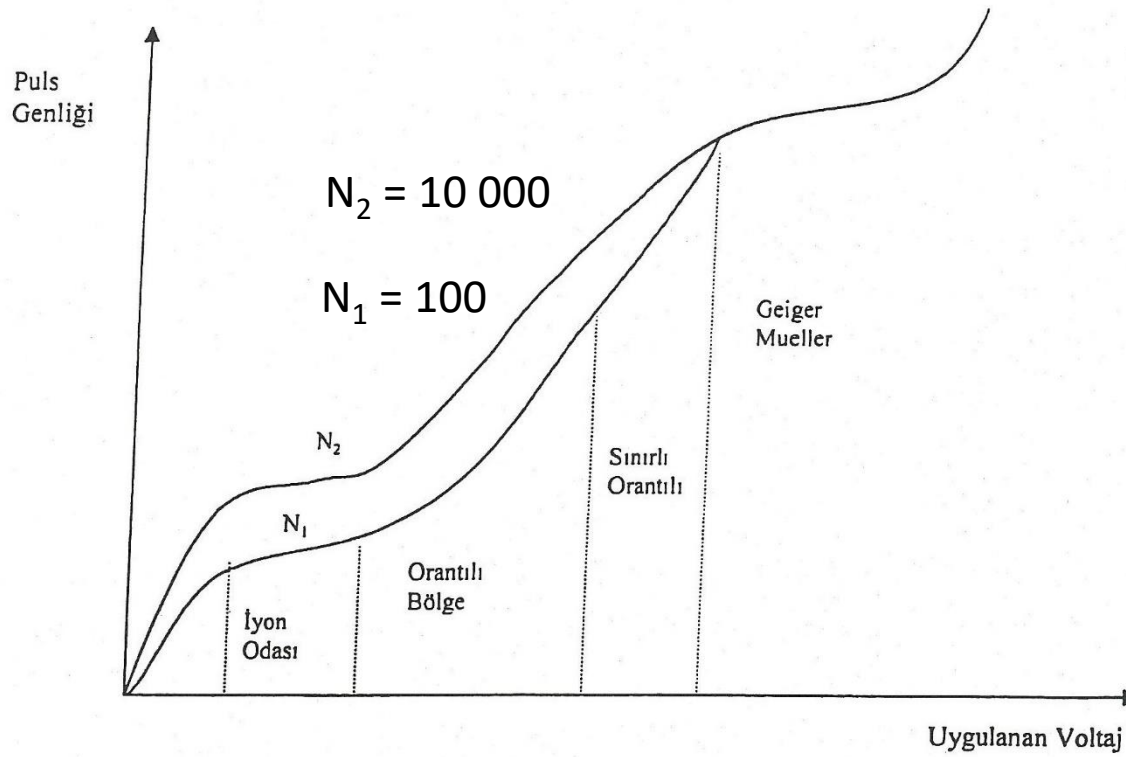
# RADYASYON ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Doğan BOR

ORANTILI SAYAÇLAR

DERS 2

# GAZ DOLDURULMUŞ DEDEKTÖRLERİN FARKLI ÇALIŞMA BÖLGELERİ



## İyonizasyon Bölgesi

İyonizasyon akımı primer iyon çiftlerinin sayısına bağlıdır

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

$\Delta E$ : Gelen radyasyon tarafından odaya aktarılan enerji

$W$  : Bir iyon çifti oluşması için gerekli enerji

## Orantılı Bölge

İyonizasyon primer iyon çiftlerinin sayısı ile **orantılıdır**

Ve

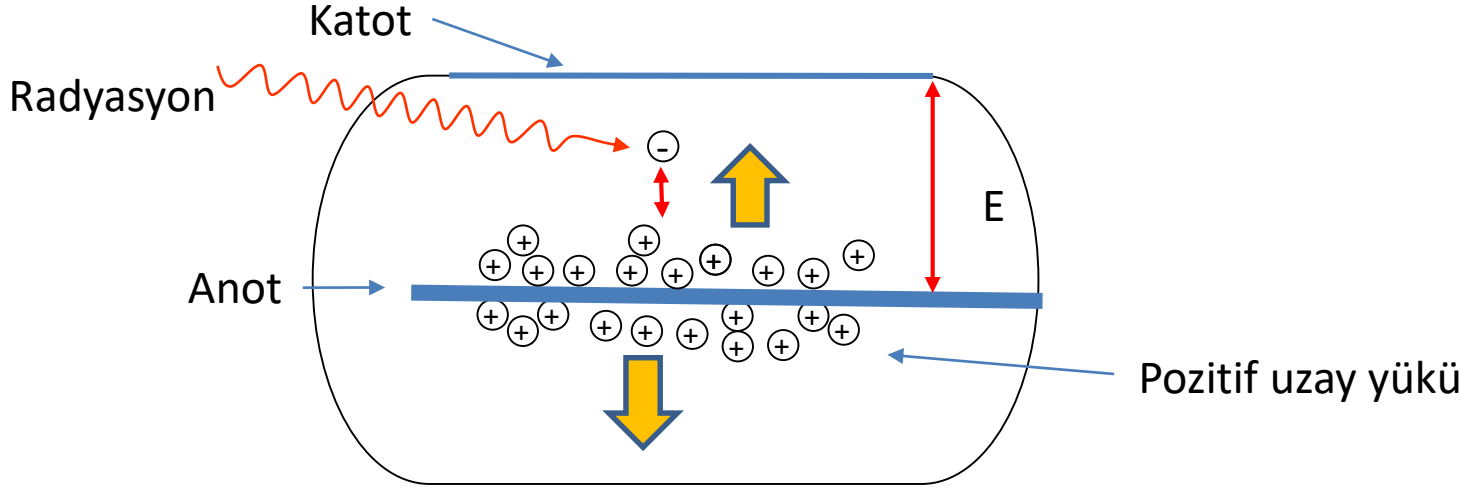
gaz moleküllerinin sayısı ile orantılı olarak artar

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

$M$  : Gaz çoğaltma katsayısı ( $10^5$  veya  $10^6$  )

# Sınırlı Orantılı Bölge

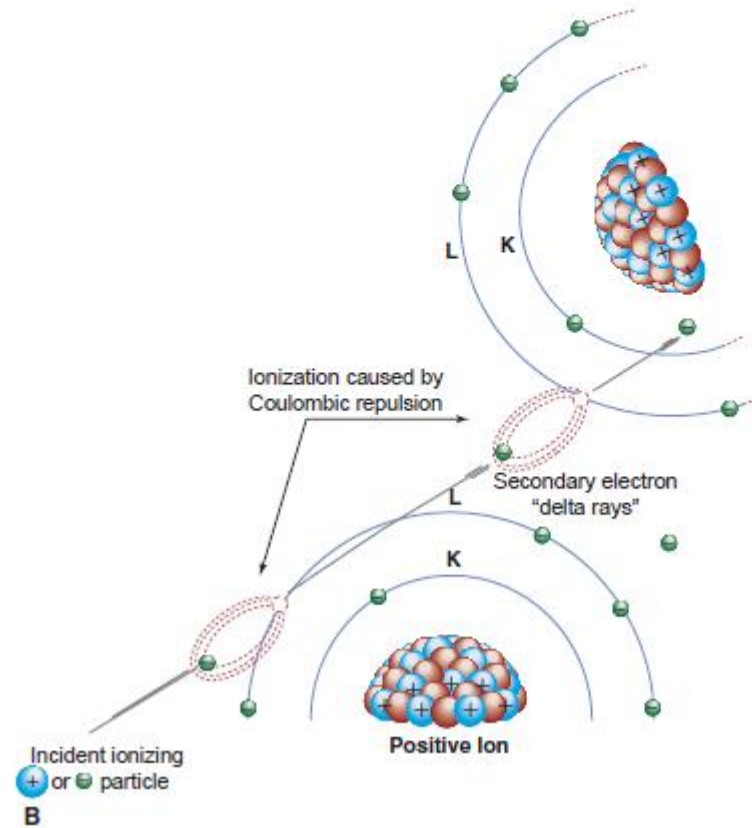
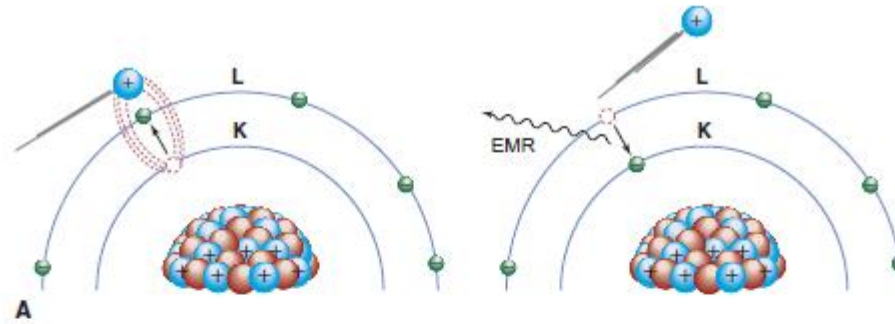
İyon akımı primer iyon çifti sayısı ile **orantılı değildir**



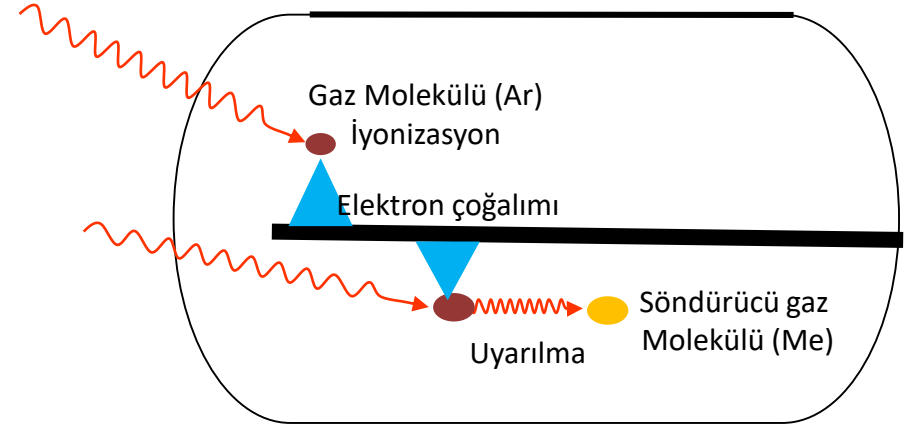
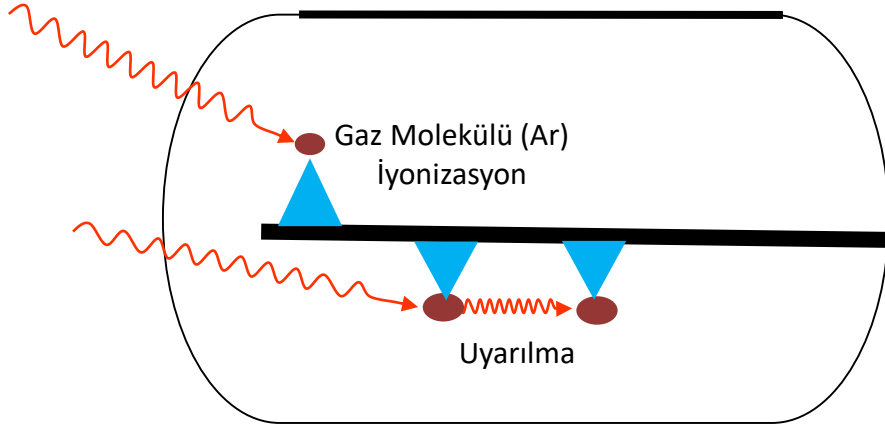
Anottan uzak bölgelerde oluşan elektronlar için anot teli etrafındaki elektrik alan zayıflatılır.

$N_2$ 'nin  $N_1$ 'e yaklaşmasının nedeni ikinci olayda daha fazla uzay yükü meydana gelmesi ve sonuçta artan voltaja rağmen birinci olay kadar çok puls oluşmamasıdır.

# ETKİLEŞİMLER VE KULLANILAN GAZ



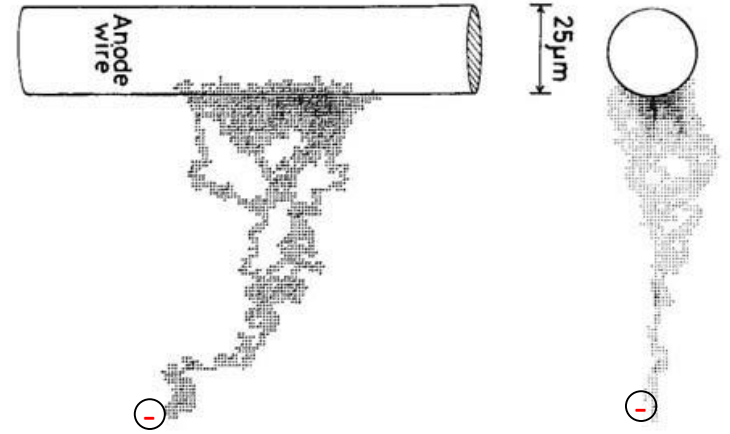
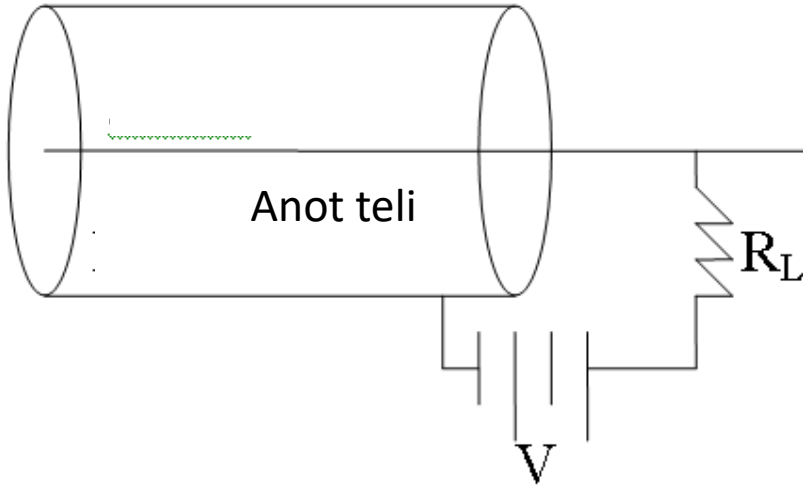
# SÖNDÜRÜCÜ GAZ



İyonizasyon için Argon (%90)

Söndürme için Metan (%10)

# ORANTILI SAYAÇLARIN TASARIMI



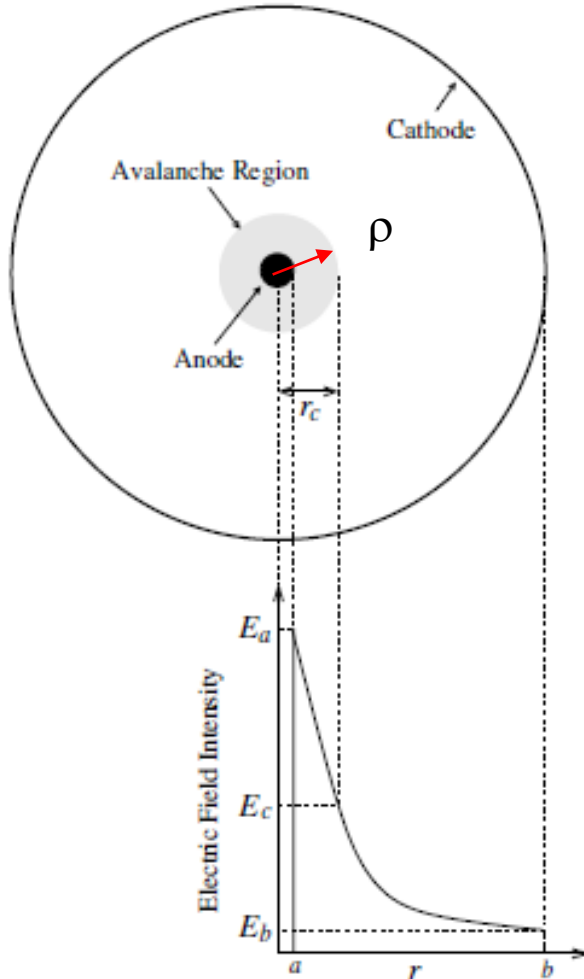
Tipik orantılı sayaçlar silindirik geometride yapılırlar. Anot silindir eksenini boyunca ince bir tel olarak tasarımılanır

$$E(r) = V / r [\text{Ln}(b/a)]$$

Gaz çoğalımı için yüksek elektrik alan gereksinimi

Oda içerisinde homojen gaz çoğalımının anot teli etrafındaki küçük hacimde olması  
( $r < ; E >$ )

# ORANTILI SAYAÇLARIN TASARIMI



$$E(r) = V / r [\text{Ln}(b/a)]$$

Gaz çoğalımı için yüksek elektrik alan gereksinimi

Oda içerisinde homojen gaz çoğalımının anot teli etrafındaki küçük hacimde olması ( $r < ; E >$ )



# SİNYAL PULSUNUN ZAMANA BAĞLI ÖZELLİĞİ

1- Orantılı tüpte meydana gelen tüm yükler, orijinal iyon çiftlerinin oluşma noktasından bağımsız olarak çıkış bölgesinden çıkarlar.

2- Elektron ve iyonların büyük bir kısmı anot tele çok yakın noktalarda yaratıldıkları için, çıkış pulsuna esas katkı elektronların değil pozitif iyonların hareketlerinden kaynaklanır.

# SİNYAL PULSUNUN ZAMANA BAĞLI ÖZELLİĞİ

$\Delta\phi$  potansiyel farkında hareket eden bir pozitif yük (Q) tarafından soğurulan enerji ( $\psi$ ):

$$d\psi = - Q \Delta \phi$$

Elektrik alan:  $E(r) = - d\phi (r) / dr$

Diğer taraftan bu geometri için elektrik alan ve potansiyel farkı arasındaki bağıntı dikkate alınarak;

$$E(r) = V_0 / r (\ln b/a)$$

Birim mesafede soğurulan enerji:

$$d \psi / dr = Q \Delta \phi / dr = Q E(r) = Q [ V_0 / ( r \ln (b/a)) ]$$

Anot telden  $\rho$  kadar bir mesafede çığ sonucunda N tane elektron ve pozitif iyon meydana geldiği varsayalım.

$$Q = Ne$$

## HER İKİ YÜK GRUBU TARAFINDAN SOĞURULAN TOPLAM ENERJİ

Katoda hareket eden pozitif iyonların soğurduğu enerji:

$$\begin{aligned}\Psi^+ &= \int_{a+\rho}^b (d\Psi / dr) dr = Q V_0 / \ln(b/a) \int_{a+\rho}^b dr / r \\ &= Q V_0 / (\ln(b/a)) \times (\ln b / (a + \rho))\end{aligned}$$

Anota hareket eden elektronlar tarafından soğurulan enerji ise:

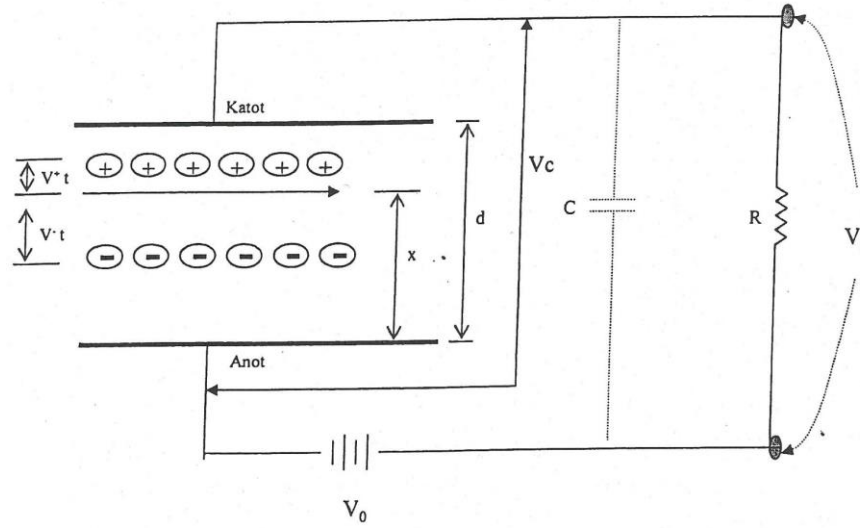
$$\Psi^- = -Q V_0 / \ln(b/a) \int_{a+\rho}^a dr / r = Q V_0 / \ln(b/a) \times (\ln(a + \rho) / a)$$

Her iki yük grubu için soğurulan toplam enerji:

$$\Delta\Psi = \Psi^+ + \Psi^-$$

$$\Delta\Psi = \frac{Q V_0}{(\ln(b/a))} \ln[(b/a + \rho) \cdot (a + \rho)/a] = Q V_0$$

# SİNYAL PULSUNUN ZAMANA BAĞLI ÖZELLİĞİ



Bu enerji başlangıçta kapasitörde soğurulan enerjideki azalma olarak ortaya çıkar:

$$\frac{1}{2} C V_c^2 = \frac{1}{2} C V_0^2 - \Delta\psi$$

$$\frac{1}{2} C (V_c + V_0) (V_c - V_0) = -\Delta\psi$$

$$V_c + V_0 = 2V_0 \text{ ve } V_R = V_0 - V_c \quad \text{yaklaşımlarını yerine koyarak,}$$

$$V_R = \Delta\psi / (C V_0) = Q V_0 / (C V_0) = Q / C$$

## POZİTİF İYONLARIN SİNYALE KATKISI

Elektron ve pozitif iyonların hareketlerinden doğan maksimum sinyal genliklerinin oranı ise aşağıdaki gibi verilir.

$$\Psi^- / \Psi^+ = [ (\ln (a + \rho) / a) / (\ln b (a + \rho)) ]$$

Eğer tüp boyutları olarak  $a = 25 \mu\text{m}$  ve  $b = 1 \text{ cm}$  seçilirse ve  $\rho = 3 \mu\text{m}$  için;

Maksimum sinyalin % 2'si elektron hareketi

$$\Psi^- + \Psi^+ = 0.019$$

# SİNYAL PULSUNUN ZAMANA BAĞLI DEĞERİ

Gaz içerisinde hareket eden iyonların hızı  $v = \mu (E/p)$  olarak verilir, burada  $p$  basınçtır. Buna göre;

$$v^+(r) = \mu [ E (r) / p ] = [\mu / p] [ V_0 / \ln (b / a) ] [1 / r]$$

Bu ifade hız denklemine konulursa;

$$\int_a^{r(t)} dr / v^+(r) = \int_0^t dt$$

# SİNYAL PULSUNUN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Bu ifadenin integrasyonu ile iyon hareketinin zamana bağlı ifadesi elde edilir.

$$r(t) = [ 2 (\mu / p) ] [ V_0 / \ln (b / a) ] [t + a^2]^{1/2}$$

İyonların toplanması için geçen zaman  $t = b$  yapılarak bulunur.

$$t^+ = [ (b^2 - a^2) p \ln (b / a) ] / 2 \mu V_0$$

Tipik parametrelerin kullanılması durumunda bu süre son derece uzundur (yüzlerce mikro saniye).

# SİNYAL PULSUNUN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Sinyalin önemli bir kısmı iyon hareketinin başlangıcında oluşmaktadır. Bu kısa zamanı dikkate alacak şekilde pozitif iyon hareketi ile soğurulan enerji aşağıdaki gibi yazılır.

$$\Psi^+ = [Q V_0 / \ln(b/a)] \int_a^{r(t)} dr / r = [Q V_0 / \ln(b/a)] [(\ln r(t) / a)]$$

$$r(t) = [2 (\mu / p) [V_0 / \ln(b/a)] [t + a^2]]^{1/2}$$

Denkleminin yukarıdaki ifadede kullanılması ve  $V_R(t) = \Psi^+(t) / (C V_0)$  yapılarak sinyal pulsunun zaman profili şöyle bulunabilir.

$$V_R(t) = [Q / C] [1 / \ln(b/a)] \ln \{ (2 \mu V_0) / [(a^2 p \ln(b/a)) t + 1] \}^{1/2}$$



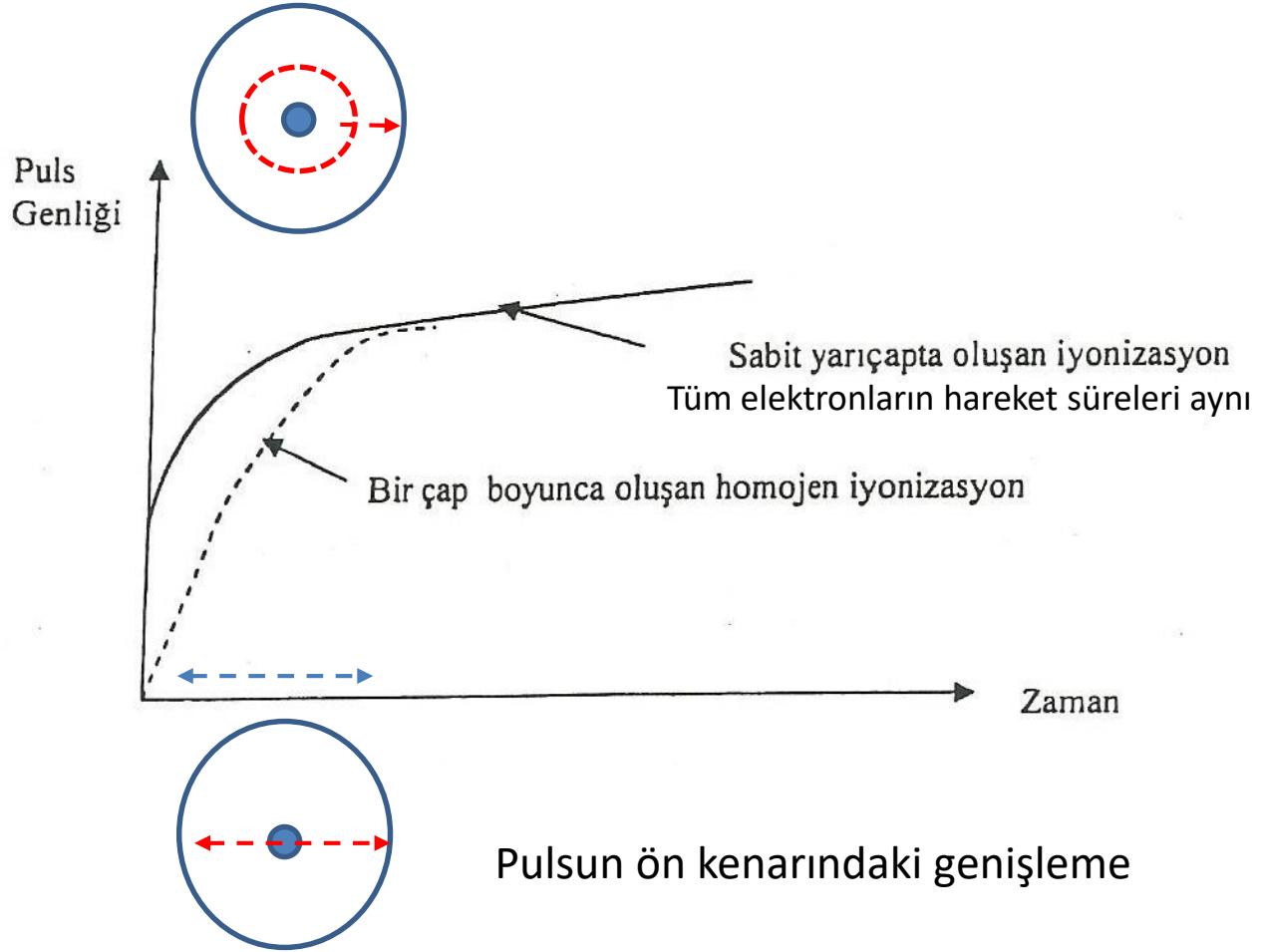
## PULSUN MAKSİMUM GENLİĞİN YARISINA ULAŞMA ZAMANI

$$t_{YG} = a / (a + b) t^+$$

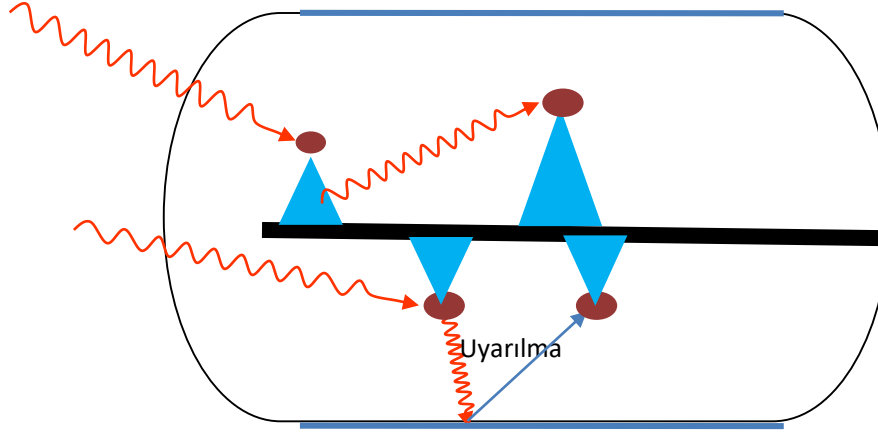
a = 25  $\mu\text{m}$  ve b = 1 cm seçilirse yukarıdaki ifade tüm iyonların hareket sürelerinin % 0,25 kadar bir süre sonra (mikro saniyenin kesri kadar) yarı genişliğe ulaşılacağını belirtir.

Bu noktada iyonlar tel yüzeyden 475  $\mu\text{m}$  kadar hareket etmişlerdir ve elektrik alanı yüzeydeki değerinden % 5 kadar daha azdır.

# ÇIKIŞ PULSUNUN ÖN KENARININ ŞEKLİ



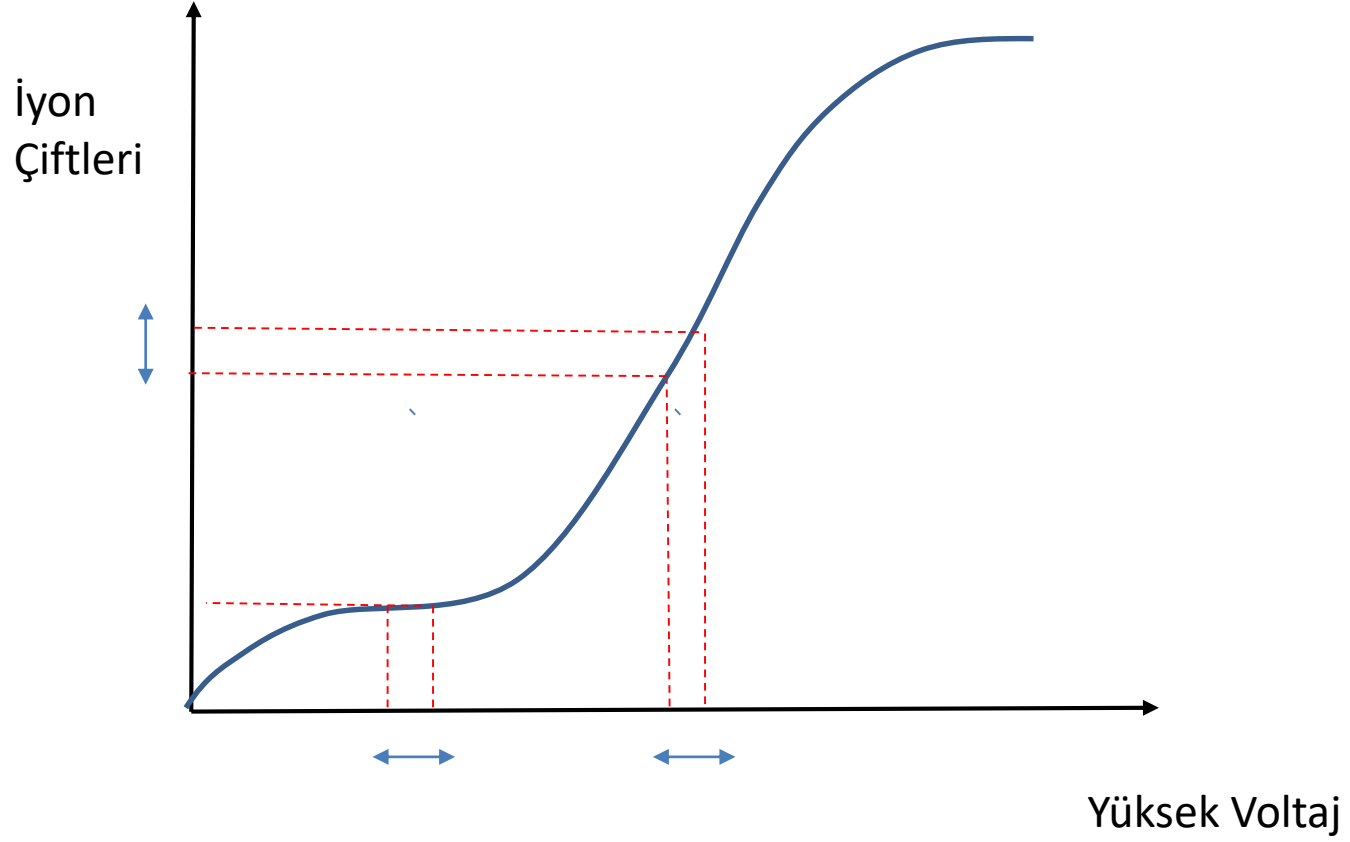
## SAHTE PULSLAR



Bazı durumlarda esas pulsu takiben bazı yalancı pulslar orantılı sayaçta görülürler, bu pulsların gelen radyasyon ile bir ilgisi yoktur. Bu pulsların bir nedeni, çığ sırasında meydana gelen uyarılmış atomlardan fotonların salınmasıdır.

Henüz nedeni tam anlaşılmayan diğer bazı nedenler, esas pulsa göre yüzlerce mikro saniye gecikmiş olan sahte pulslar üretirler.

# YÜKSEK VOLTAJ DALGALANMALARI



## ÇALIŞMA VOLTAJI – PLATO -

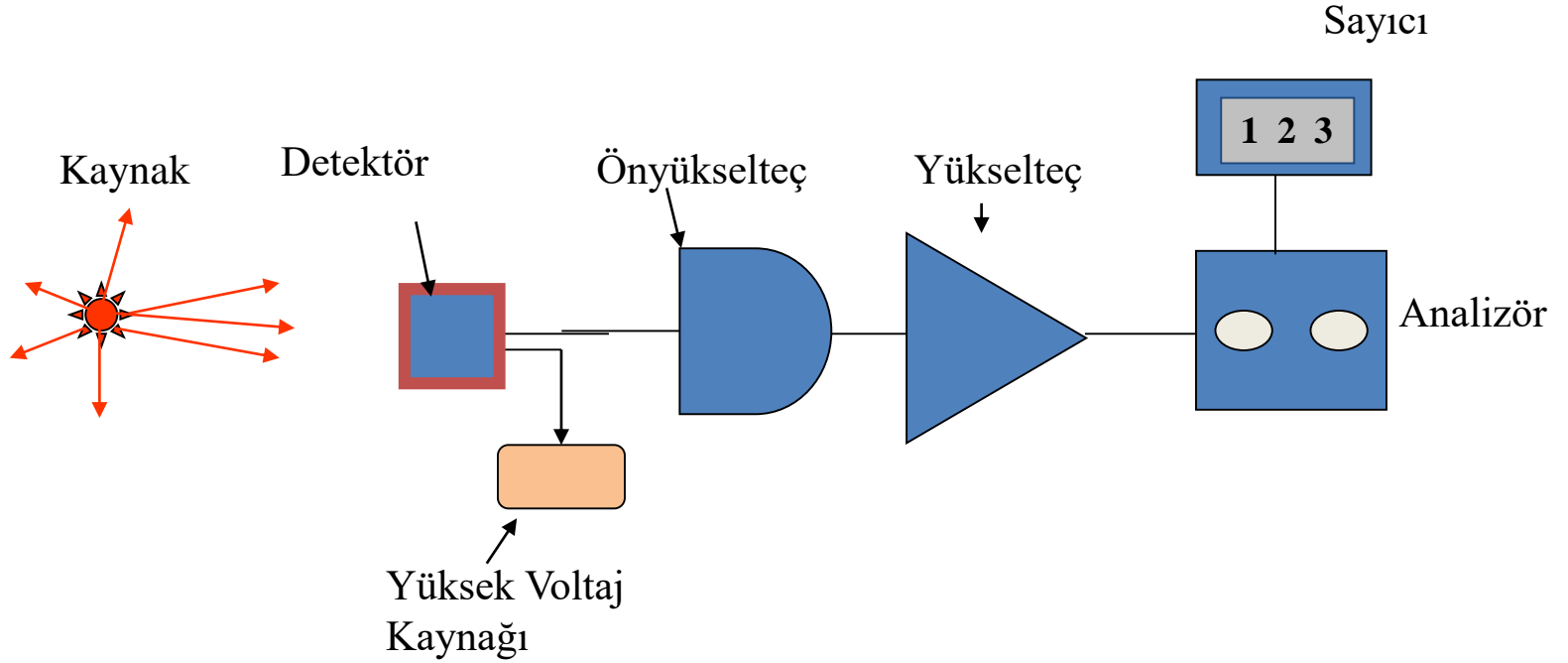
Yüksek voltajda ki dalgalanmalara bağlı olarak iyonizasyon akımının değişmemesi için plato oluşturulması gerekir. Bu aralık dedektörün çalıştırılacağı yüksek voltaj aralığını belirtmektedir. Bu plato birçok sayaçta etkinliğin artması nedeniyle pozitif bir eğim gösterir. Platonun performansı eğimi ile ifade edilir:

$$m = (\Delta r / r) \Delta V$$

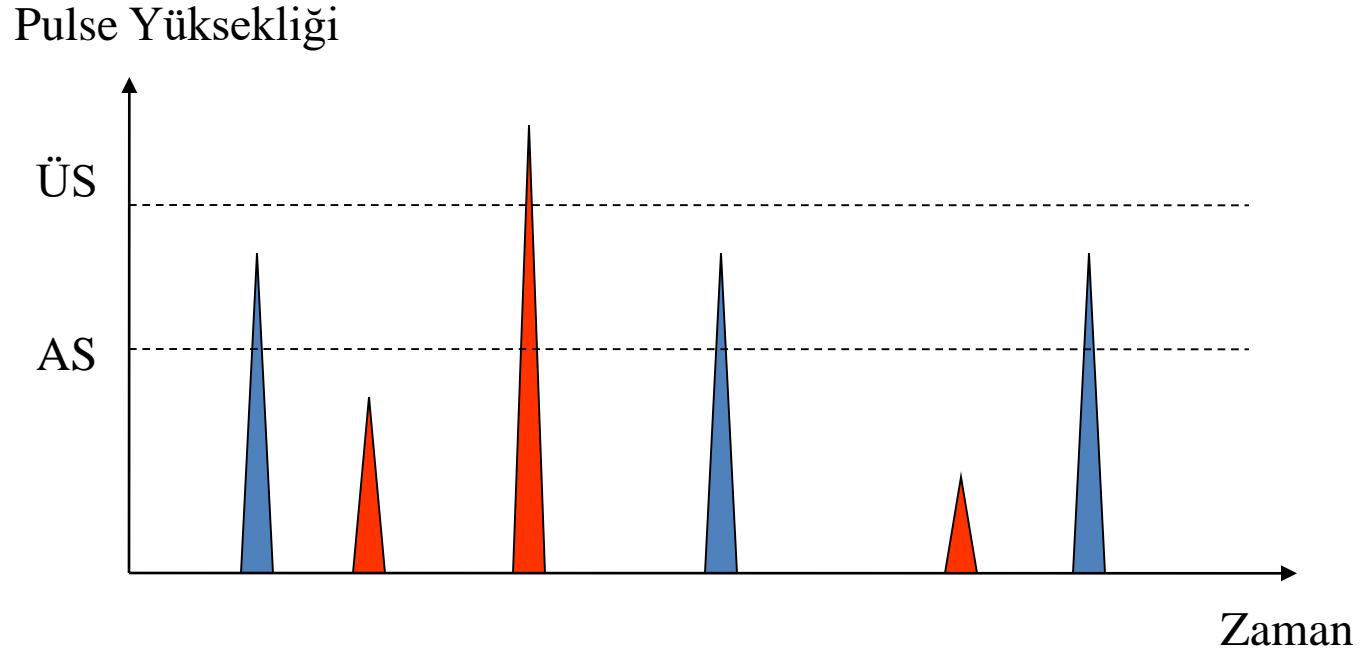
Burada  $\Delta r/r$ , voltajdaki  $\Delta V$  farkına karşı  $r$  sayım hızındaki rölatif değişmedir.

# ORANTILI SAYAÇLAR

## Çalışma prensibi



# PULS YÜKSEKLİK ANALİZÖRÜ

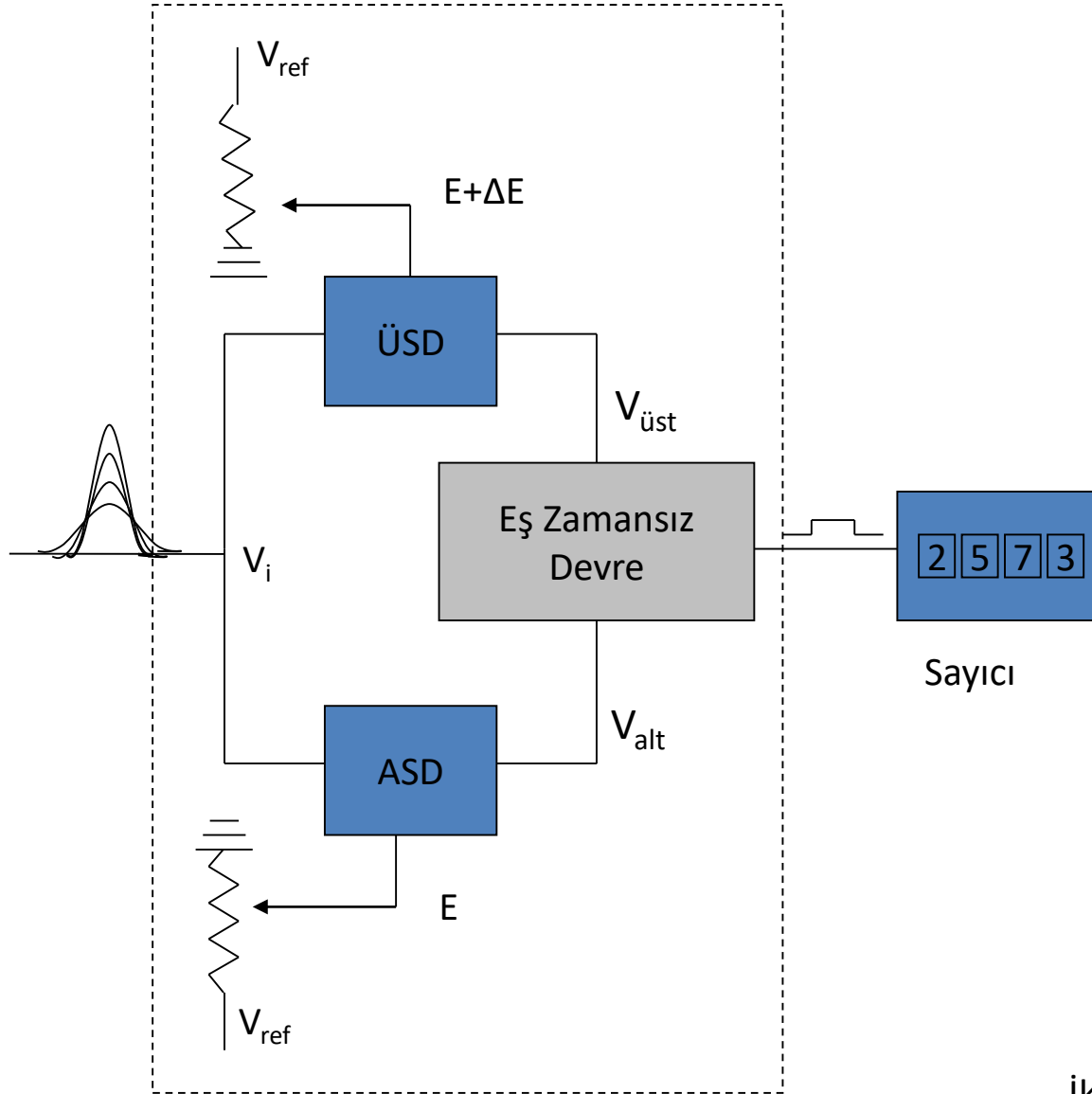


Puls Yükseklik Analizörü ile sadece belirli genlikdeki pulslar sayılır .

● Geçirilir

● Engellenir

# TEK KANALLI ANALİZÖR



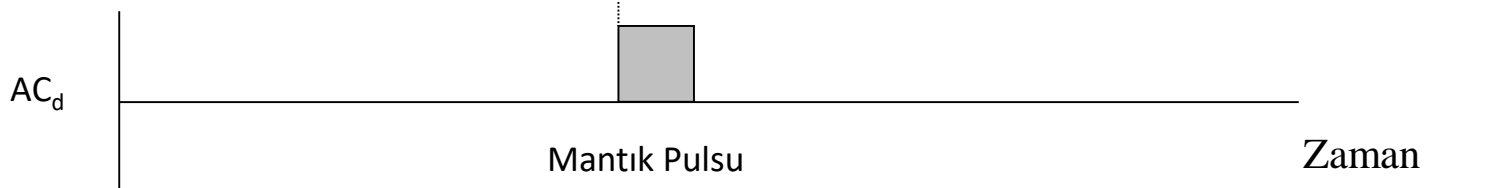
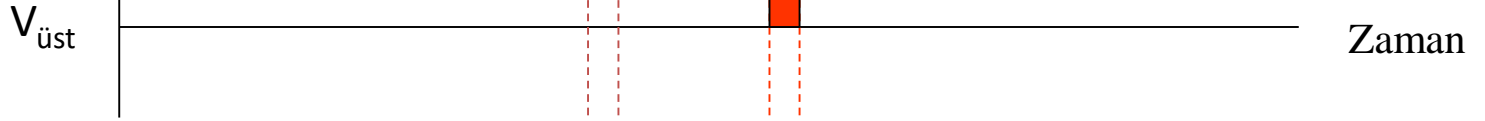
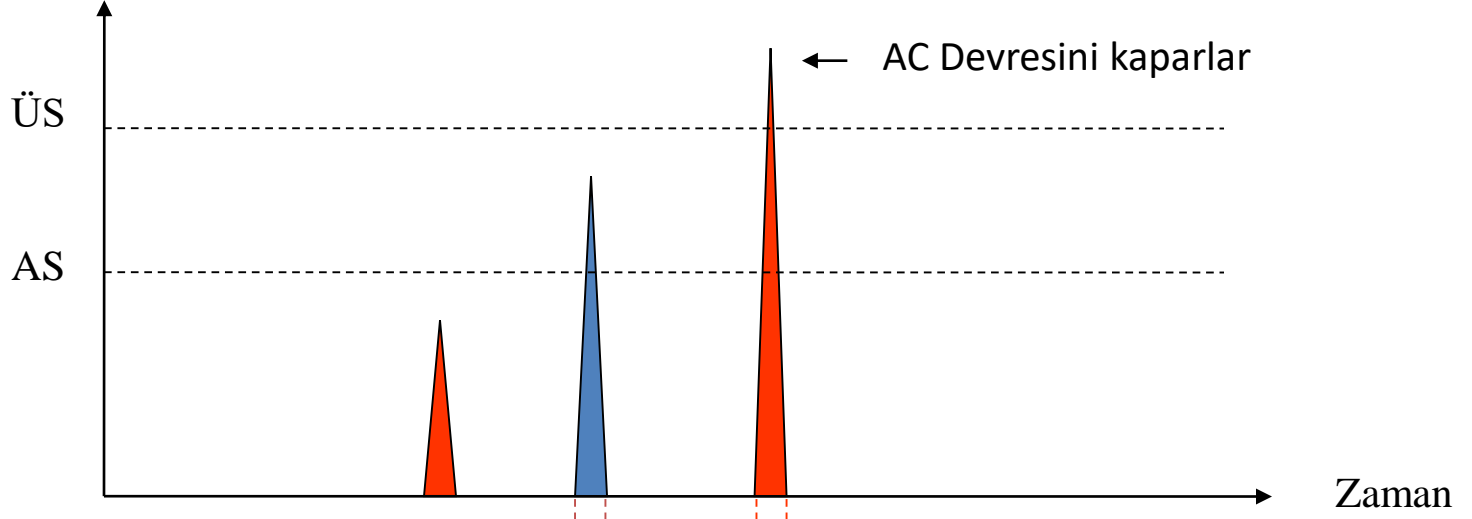
Eş zamansız devre:  
İki girişten birinde sinyal varsa  
Çıkış pulsu oluşur

ÜSD: Üst Seviye Diskriminatörü

ASD: Alt Seviye Diskriminatörü

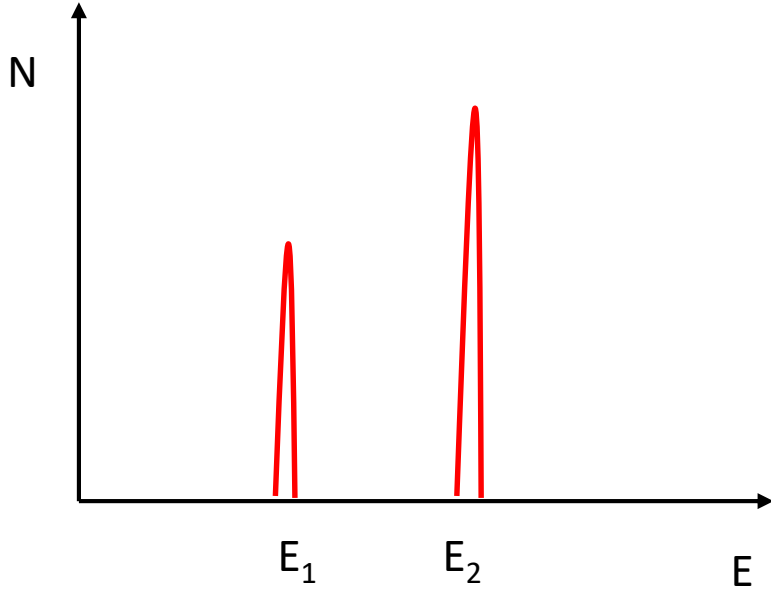


Pulse  
Yüksekliği

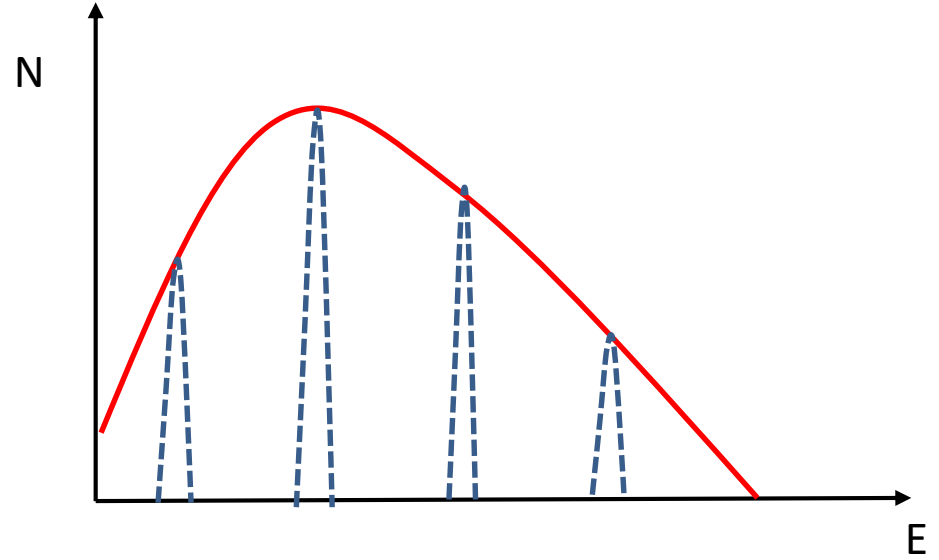


# ALFA VE BETA SPEKTRUMLARI

Alfa spektrumu

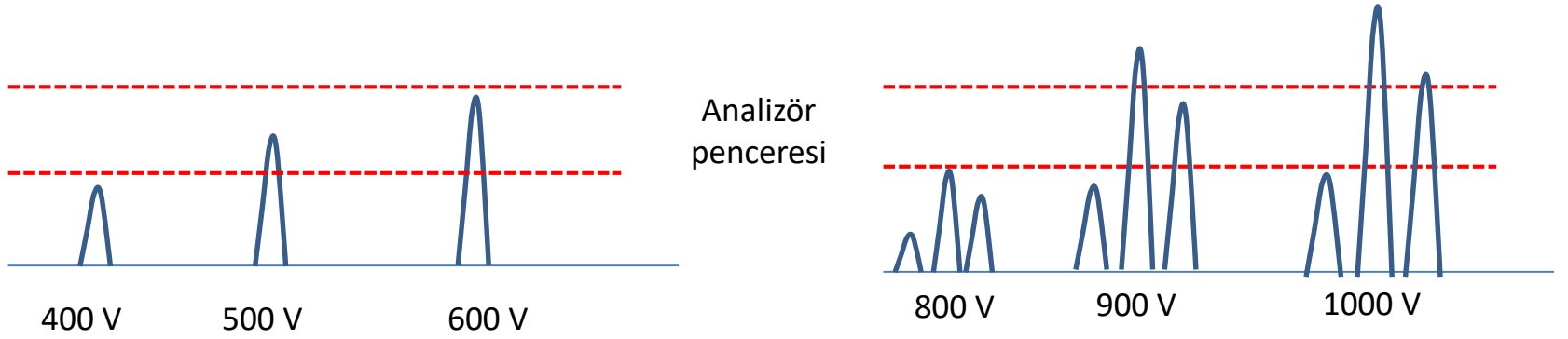


Beta spektrumu



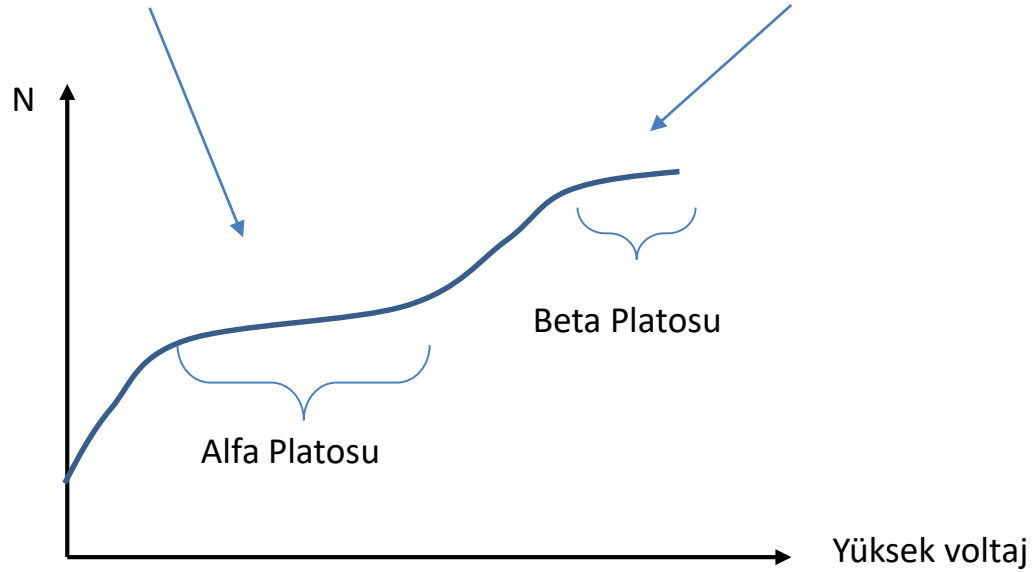
Artan menzil nedeniyle puls  
Yükseklikleri geniş bir aralıkta

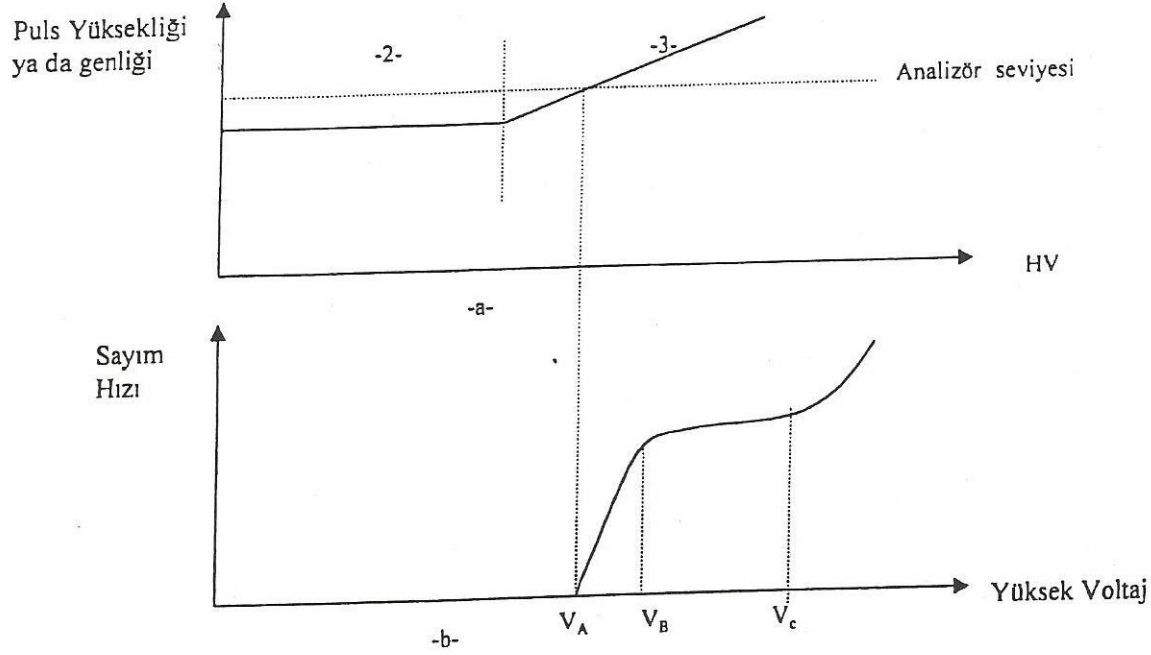
# ALFA VE BETA PLATOLARI



Tek bir puls genliği sayılıyor

Puls genlikleri arasında geniş dağılım var

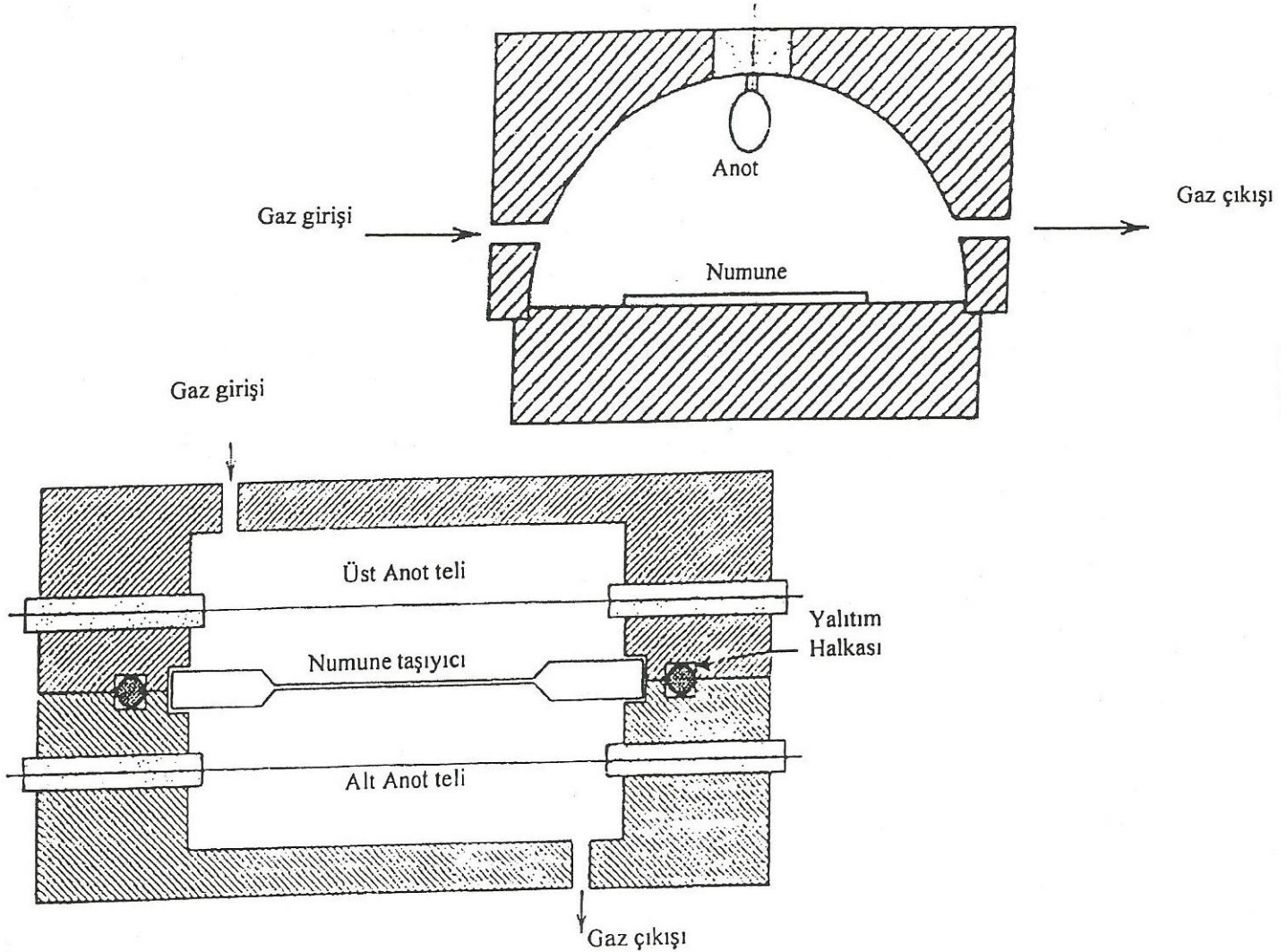




Çok düşük voltajlarda ( $V < V_A$ ) sayım hızı sıfırdır.

$V > V_B$  için gene iyonizasyon ve analizör seviyesini geçen puls sayısı artmakta tüm pulsler sayılmaktadır.

# FARKLI TASARIMLAR



(a) Gaz akışlı orantılı sayaç (b)  $2\pi$  geometride sistem (c)  $4\pi$  geometride sistem