

# Note su "esperienza di statistica":

→ Contatore

→ Pallinometro

## → Contatore

L'esercitazione si propone di  
**sperimentare fenomeni di conteggio.**

Il sistema e' costituito da:

- **scintillante**, materiale le cui molecole emettono luce (cioe' fotoni) al passaggio di radiazioni ionizzanti;
- **fotomoltiplicatore (PM)**, che converte (fotocatodo) il segnale luminoso in un impulso elettrico di ampiezza proporzionale al numero dei fotoni prodotti. Questo impulso ha una durata inferiore al  $\mu\text{s}$  ed un'ampiezza che dipende dalla tensione (HV) applicata al fotomoltiplicatore stesso.
- **circuito elettronico di conteggio** che conta il numero di volte che il segnale elettrico supera una **soglia regolabile** sull'ampiezza dell'impulso.

Il rivelatore descritto viene utilizzato per stabilire il **livello di radioattività ambientale**, misurata in numero di conteggi nella unità di tempo.

... ma c'è un livello di **arbitrarietà in questa misura**:

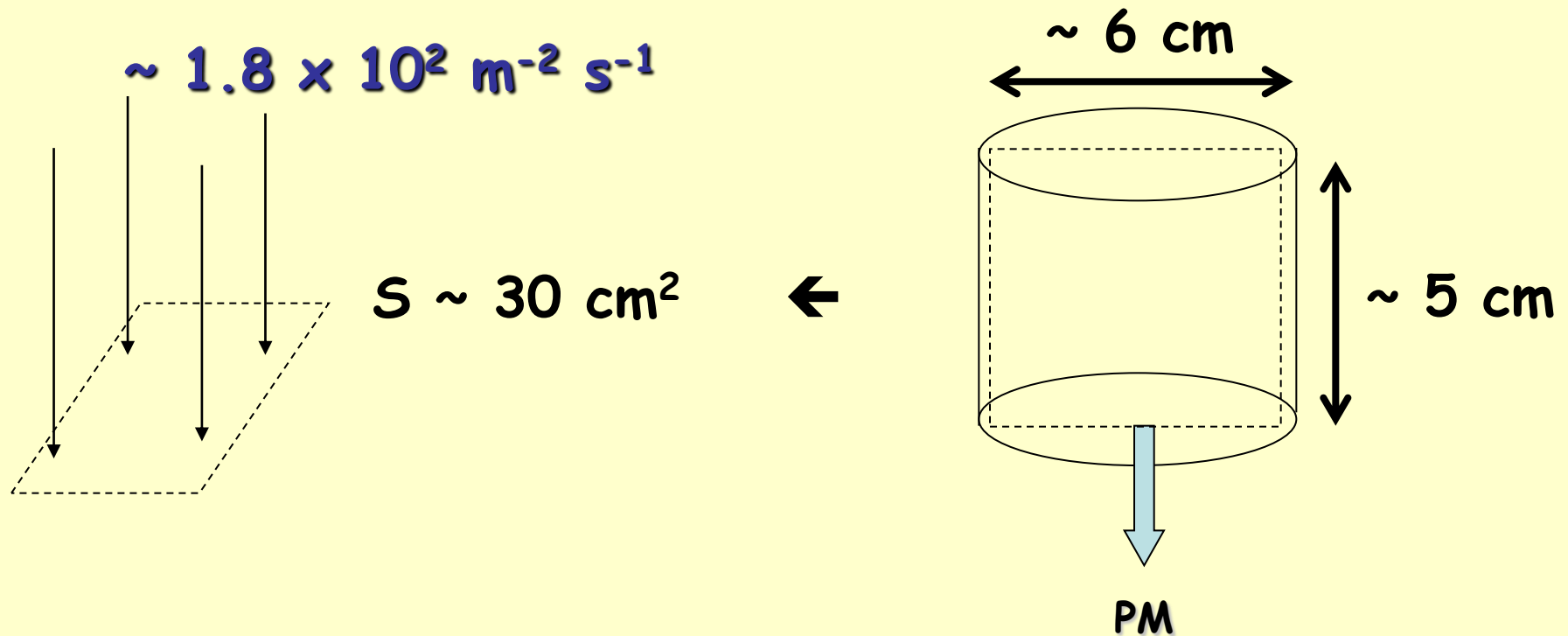
- in generale il numero di conteggi registrato in un certo intervallo di tempo dipende sia dalla **HV** applicata al PM, sia dalla **soglia** scelta per contare gli impulsi.

- ... **contando** il numero di segnali che superano una certa soglia **si perde l'informazione** contenuta nell'ampiezza del segnale analogico concernente la ionizzazione prodotta.

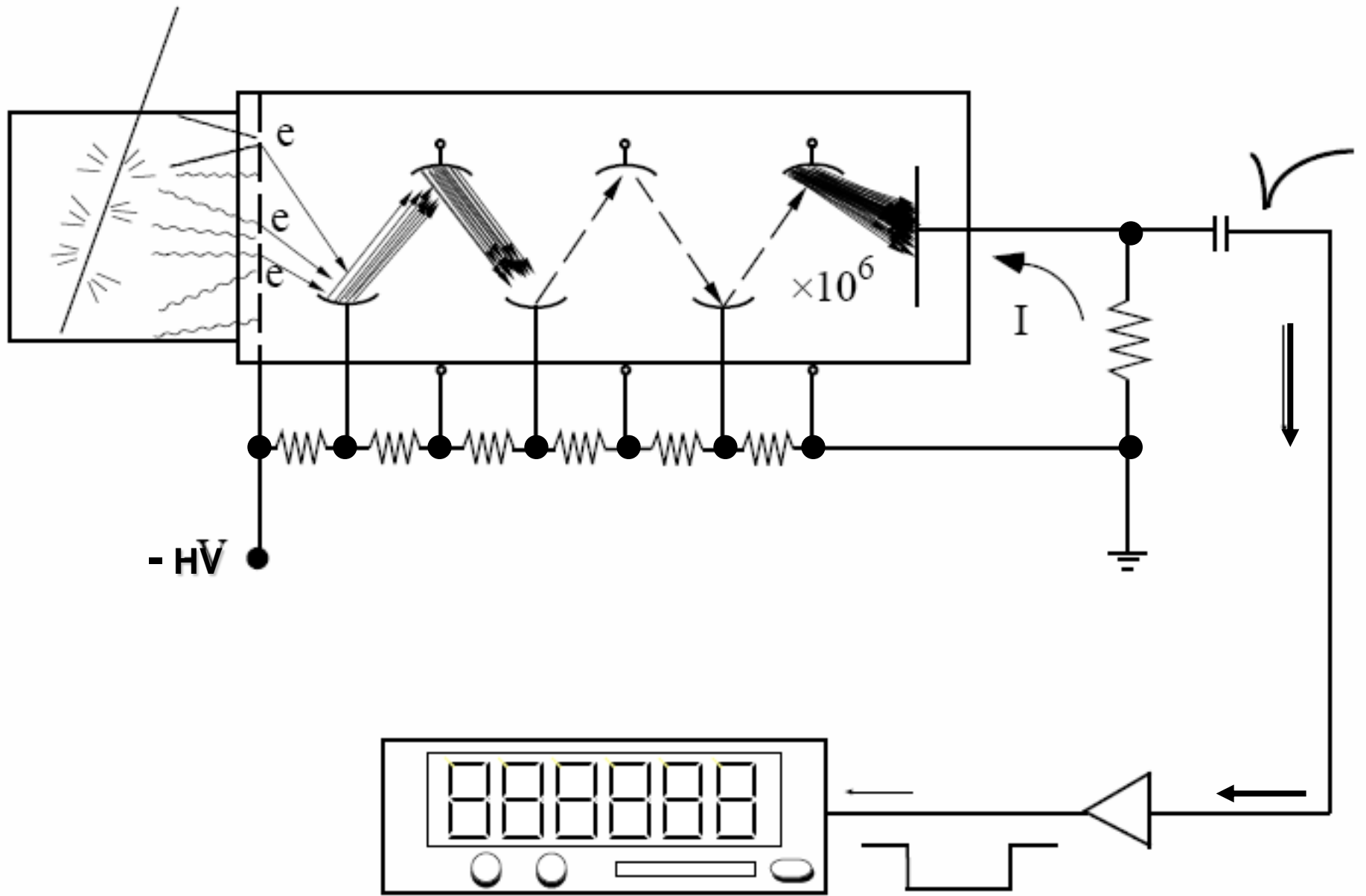
- ... non sempre un conteggio è causato da un segnale di radioattività, ma **può essere anche dovuto a rumore interno allo strumento**.

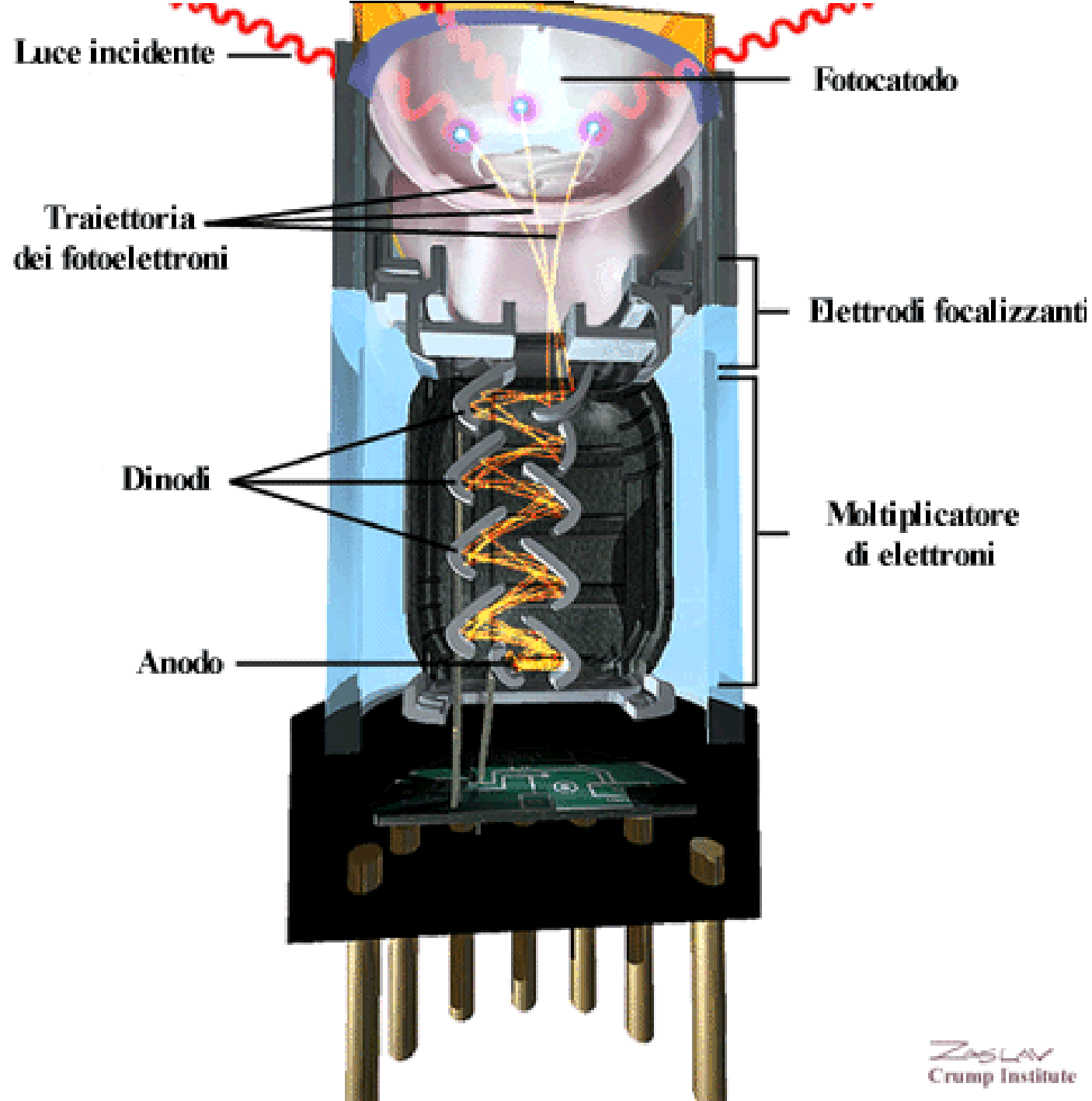
# Numerologia: stima del contributo dei "raggi cosmici":

Numero di particelle cariche al livello del mare incidenti su di una superficie unitaria posta in orizzontale nella unita' di tempo

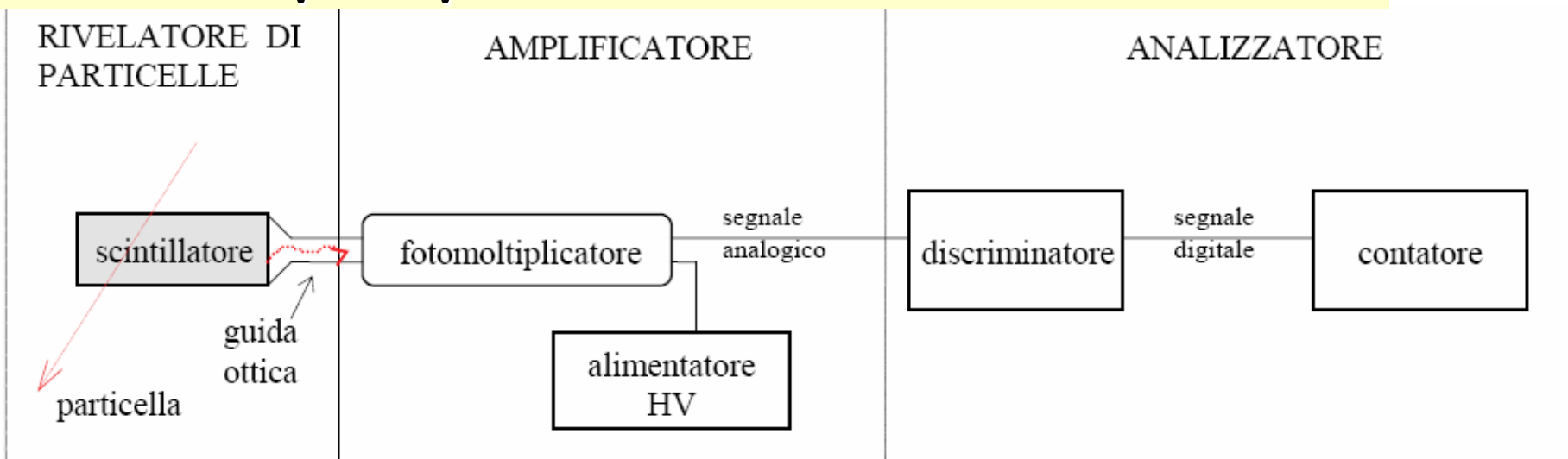


→ ...  $(1.8 \times 10^2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \times (30 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \approx \mathbf{0.54 \text{ s}^{-1}}$

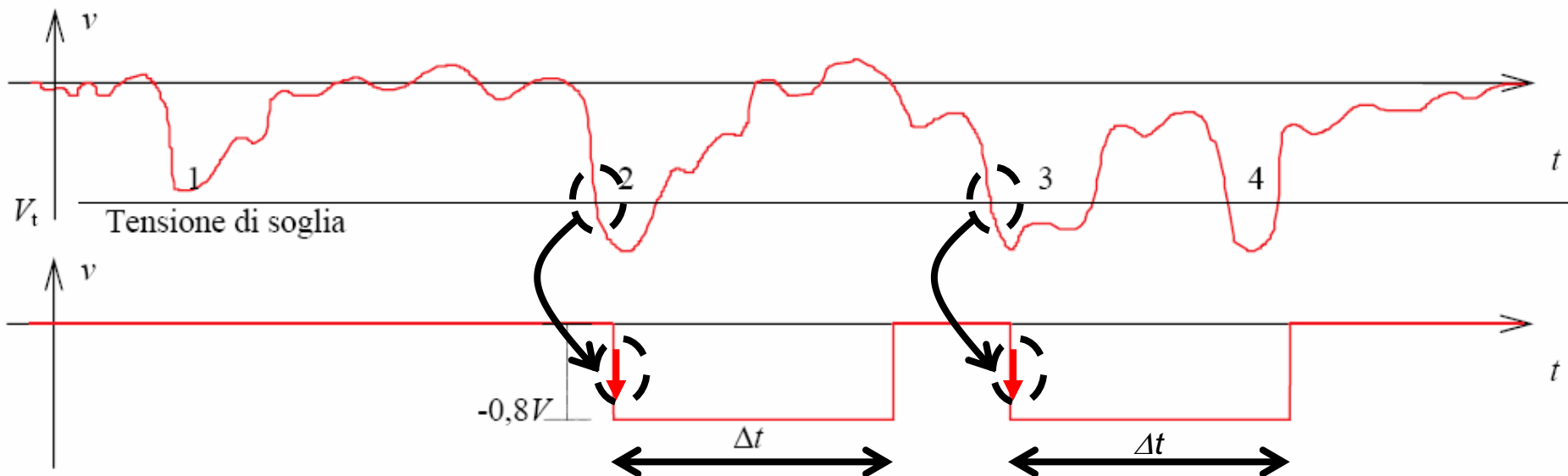




# Schema di principio di un contatore a scintillazione



## Conversione di impulsi analogici in segnali digitali ... di durata prefissata



## Il contatore può essere fatto funzionare in due modi:

- **TIME MODE**: fissato un intervallo di tempo  $\Delta t$  (: GATE) si misura il numero di conteggi in questo intervallo  $\Delta t$ ;
- **COUNT MODE**: fissato un numero di conteggi  $N$  si misura l'intervallo di tempo necessario per avere  $N$  conteggi.

Sulla scatola di conteggio sono visibili:

- un deviatore a 2 posizioni per la selezione tra le 2 modalità di funzionamento (TIME, COUNT);
- un gruppo di deviatori rotativi a 10 posizioni (0,1, ..., 9) per fissare o la durata del GATE o il numero totale dei conteggi;
- un display che indica il numero raggiunto o dei conteggi in  $\Delta t$ , oppure del tempo trascorso per averne  $N$ .



**Come fase preliminare** va fissata la soglia ad un valore tale da avere una frequenza di conteggi dell'ordine di **1 Hz**.

... ricordarsi che **la soglia regolata all'inizio non deve essere modificata in alcun modo durante la fase di misura:**

Si propone di effettuare per prima cosa delle **misure di conteggi a  $\Delta t$  fissati (TIME MODE)** :

- scegliere valori opportuni di  $\Delta t$   
(per esempio 1 s, 10 s, 100 s);
- per ogni intervallo di tempo scelto  $\Delta t$  raccogliere un campione di misure ( $\approx 50 - 100$ ).

**PS**

Quando vengono riempiti gli istogrammi dei valori ottenuti, ricordarsi che **0 conteggi nell'intervallo fissato e' una misura ... pertanto non va scartata!**

# Pianificazione del **tempo totale necessario alla misura:**

@ 1Hz & # 60 misure &  $\delta t_{\text{morto}} = 1 \text{ minuto} / \text{misura}$

→  $\Delta t = 100s$

$$\begin{aligned} & \boxed{(60 \text{ misure} \times 100'' / \text{misura})} + \\ & \quad \downarrow \quad + \quad \boxed{(1' / \text{misura} \times 60 \text{ misure})} = \\ & = 1 \text{ h } 40' + 1 \text{ h} = \mathbf{2 \text{ h } 40'} \end{aligned}$$

→  $\Delta t = 10s$

$$\begin{aligned} & (60 \text{ misure} \times 10'' / \text{misura}) + \\ & \quad + (1' / \text{misura} \times 60 \text{ misure}) = \\ & = 10 \text{ min} + 1 \text{ h} = \mathbf{1 \text{ h } 10'} \end{aligned}$$

... Molto interessante!

...Implicazioni? ...

Effettuare quindi **misure di durata temporale** necessaria per avere un conteggio fissato (**COUNT MODE**), per esempio  $N = 1$ .

In questo caso si consiglia di raccogliere un campione significativo ( $\approx$  **100**) di queste misure.

**PS**

Provare a fare l'**istogramma** dei valori ottenuti, sia usando una carta millimetrata di tipo **doppio lineare**, sia usando una carta millimetrata di tipo **semi-logaritmico**.

Infine, **confrontare le misure di conteggio con ciò che predice la distribuzione di Poisson**.

... a questo fine basterà calcolare il numero medio dei conteggi dalle misure.

$$P(n) = \frac{(\langle n \rangle)^n \exp(-\langle n \rangle)}{n!}$$

$$\lambda = \frac{\langle n \rangle}{t}$$

$\lambda$  = tasso medio (o rateo medio) dei decadimenti in t

$$\Rightarrow P(n) = \frac{(\lambda t)^n \exp(-\lambda t)}{n!}$$

$$\dots P(0) = \exp(-\lambda t)$$

$P(0)$  = Probabilità di NON avere un "decadimento" in t

$$\dots P(1) = \lambda t \exp(-\lambda t)$$

$P(1)$  = Probabilità di avere un "decadimento" in t

.....

## → Pallinometro

Si tratta di un **esperimento "virtuale"** basato su di una simulazione al calcolatore, o meglio non si simula alcuna realta', ma si ottiene semplicemente una **migliore realizzazione pratica del modello di cammino casuale ideale**.

Il pallinometro o meglio **quinconce di Galton** (quinconce sta per "disporre degli oggetti a righe sfalsate")

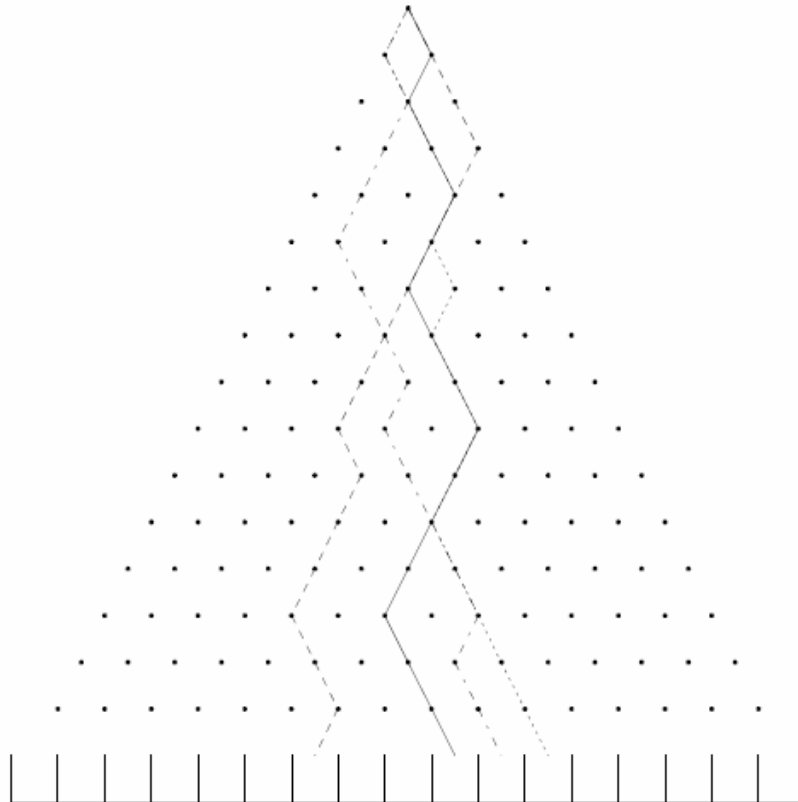
... e' **costituito da**  $N$  file di chiodi disposte in modo tale che la  $k$ -esima fila sia costituita da  $k$  chiodi spostati di mezzo passo rispetto ai  $k-1$  chiodi della fila immediatamente superiore.

Se lanciamo una **pallina** con diametro **d**:

$$((1/2) \text{ passo}) < d < (1 \text{ passo})$$

dalla sommita' del pallinometro, alla fine degli urti con le file di chiodi, questa andra' a disporsi tra le **N+1** posizioni raggiungibili.

Lanciando un **campione** di **M** palline, otterremo cosi' la distribuzione delle **M** palline.



## Sequenza di operazioni.

Prendere i dati con il pallinometro (impostando  $p = 0.5$ ) per diversi valori del numero delle file di chiodi (per esempio  $N = 4, 10, 30$ ) e, in ciascun caso, per diversi valori del numero di palline (per esempio  $M = 10, 1000, 100000$ ).

## Aspettative teoriche

Ricavabili dalla **distribuzione binomiale**.

Per ciascuno dei valori di  $N$  scelti, disegnare la distribuzione binomiale attesa.

Sovrapporre a ciascuna distribuzione teorica le tre distribuzioni delle frequenze sperimentali ottenute per i diversi valori di  $M$  scelti.

Test di compatibilita' del  $\chi^2$ .