CAMERE a DERIVA e MWPC

Daniela Calvo
INFN-Sezione di Torino

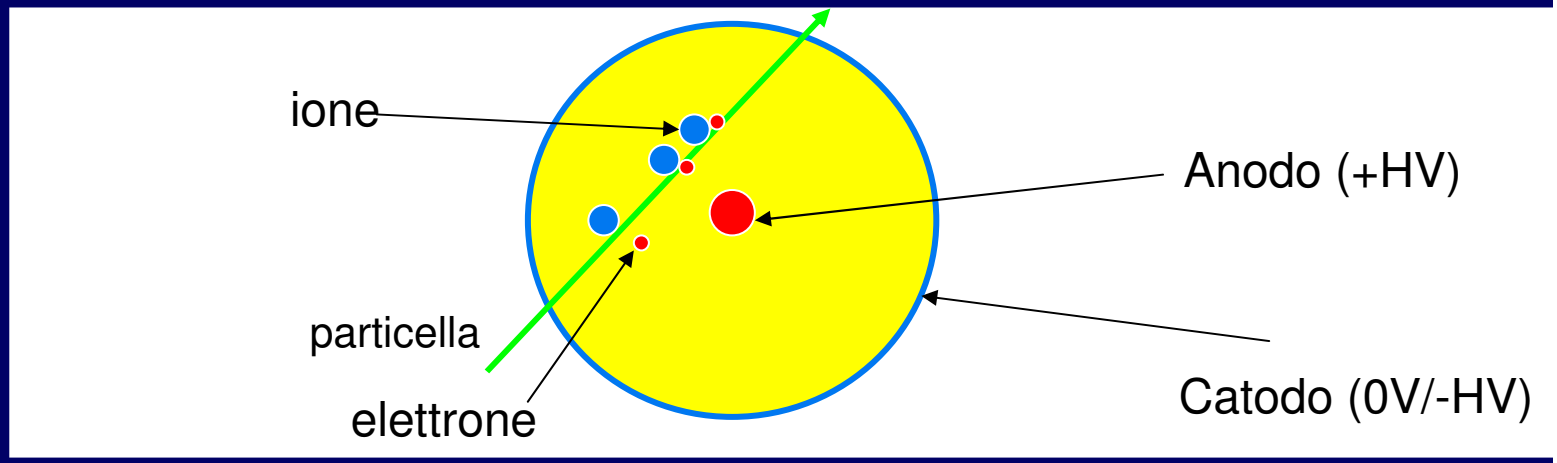
Lezioni sui rivelatori per il personale tecnico-amministrativo

Torino-26 aprile 2004

RIVELATORI A GAS – GENERALITA'

- LE PARTICELLE CARICHE ATTRAVERSANDO UN GAS LO IONIZZANO CREANDO DELLE COPPIE (PRIMARIE) ELETTRONE (e^-) IONE (X^+)
- IL MEZZO GASSOSO E' ADATTO AL TRASPORTO DEI PRODOTTI DI IONIZZAZIONE
- LA CONFIGURAZIONE PIU' SEMPLICE DI UN RIVELATORE A GAS E' QUELLA CON UN CATODO ED UN ANODO

RIVELATORE A GAS - GENERALITA'



- PER L'AZIONE DEL CAMPO ELETTRICO , GLI ELETRONI SI SPOSTANO VERSO L'ANODO E GLI IONI VERSO IL CATODO SEGUENDO LE LINEE DI CAMPO
- IL NUMERO DI COPPIE PRIMARIE PRODOTTE DA UNA PARTICELLA E' FUNZIONE DELL'ENERGIA 'DEPOSITATA' NEL RIVELATORE

IONIZZAZIONE

- IL NUMERO DI COPPIE DIPENDE PIU' DAL TIPO DI GAS CHE DAL TIPO DI RADIAZIONE IONIZZANTE
- IL NUMERO DI COPPIE SI OTTIENE DIVIDENDO L'ENERGIA DEPOSITATA DALLA PARTICELLA PER L'ENERGIA MEDIA RICHIESTA PER CREARE UNA COPPIA IONE ELETTRONE

ENERGIA MEDIA PER COPPIA elettrone – ione (eV)	
GAS	ENERGIA
He	41.3
H_2	36.5
N_2	34.8
Aria	33.8
O_2	30.8
CH_4	27.3
Ar	26.4

MOTO DI ELETTRONI e IONI

- ASSENZA DI CAMPO ELETTRICO
  - DIFFUSIONE UNIFORME ALL'INTERNO DEL GAS, COLLISIONI MUTIPLE E CONSEGUENTE PERDITA DI ENERGIA

- PRESENZA DI CAMPO ELETTRICO
  - SPOSTAMENTO DEGLI ELETTRONI LUNGO LA CELLA verso L'ANODO
  - SPOSTAMENTO DEGLI IONI verso IL CATODO
  - LUNGO IL PERCORSO AVVENGONO COMUNQUE DELLE COLLISIONI CHE LIMITANO LA VELOCITA' MASSIMA: LA VELOCITA' MEDIA RAGGIUNTA E' LA VELOCITA' DI DERIVA
  - LA VELOCITA' DI DERIVA DEGLI ELETTRONI E' MAGGIORE RISPETTO QUELLA DEGLI IONI (DA DUE A TRE ORDINI DI GRANDEZZA): IL SEGNALE GENERATO DAGLI ELETTRONI FORNISCE UNA RISOLUZIONE IN TEMPO MIGLIORE

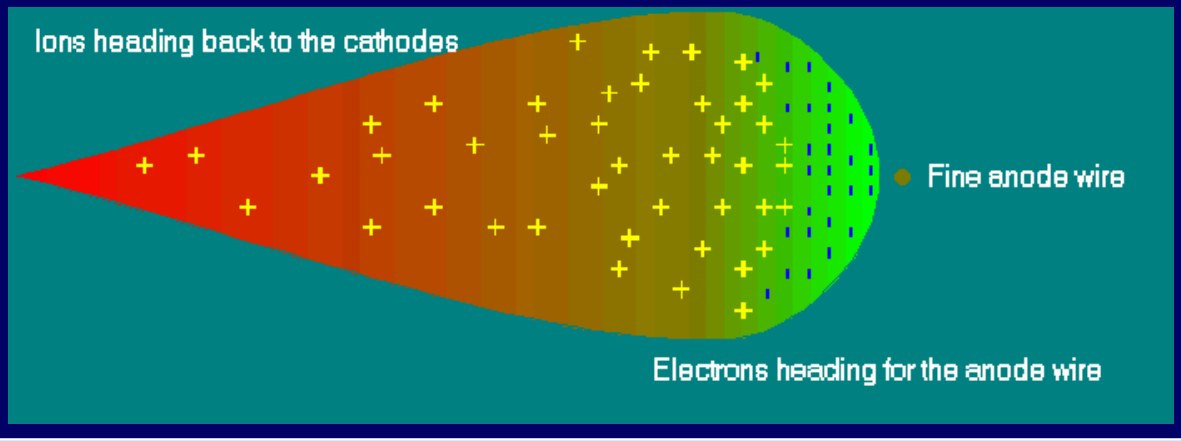
CATTURA ELETTRONI

- PURTROPPO ELETTRONI E IONI POSSONO SUBIRE RICOMBINAZIONI, SCOMPARENDO AL FINE DELLA RACCOLTA DELLA CARICA

- LA PRESENZA DI MOLECOLE DI GAS , QUALI OSSIGENO, ACQUA, ANIDRIDE CARBONICA… TENDONO A CATTURARE GLI ELETTRONI LIBERI ; ALTRE MOLECOLE QUALI ELIO, NEON, ARGON NON PRESENTANO QUESTA CARATTERISTICA

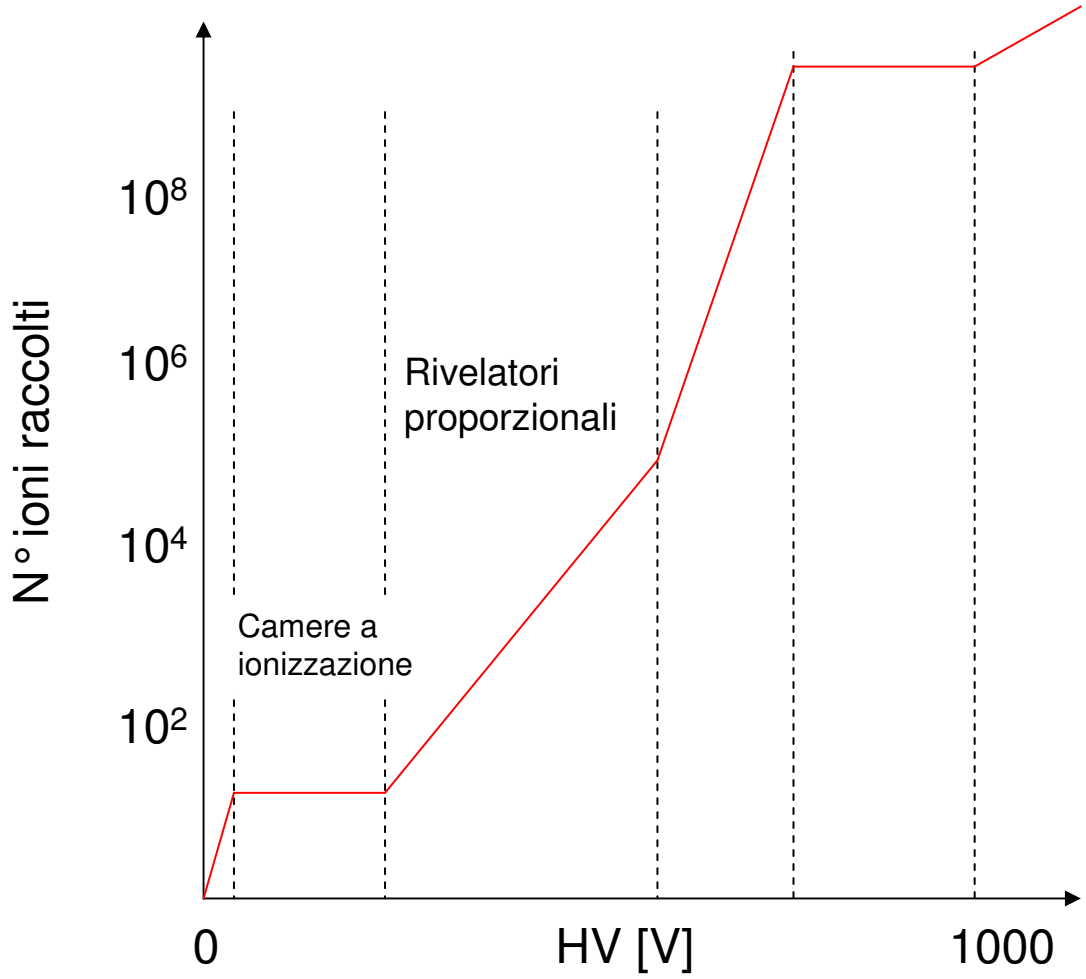
MOLTIPLICAZIONE A VALANGA

- GLI ELETTRONI PRIMARI IN PROSSIMITA' DELL'ANODO, DOVE MAGGIORE E' L'INTENSITA' DEL CAMPO ELETTRICO, ACQUISTANO SUFFICIENTE ENERGIA PER IONIZZARE MOLECOLE DEL GAS DANDO ORIGINE ALLA MOLTIPLICAZIONE CON LA CREAZIONE DI ELETTRONI SECONDARI
- IL PROCESSO PUO' CONTINUARE IN SUCCESSIONE: VALANGA
- LA DIFFERENTE VELOCITA' DI ELETTRONI E IONI POSITIVI CARATTERIZZA LA VALANGA A FORMA ASIMMETRICA



I RIVELATORI A GAS PROPORZIONALI

- IL SEGNALE (CARICA TOTALE RACCOLTA) OSSERVATO E' FUNZIONE DELLA DIFFERENZA DI TENSIONE TRA ANODO E CATODO



I GAS

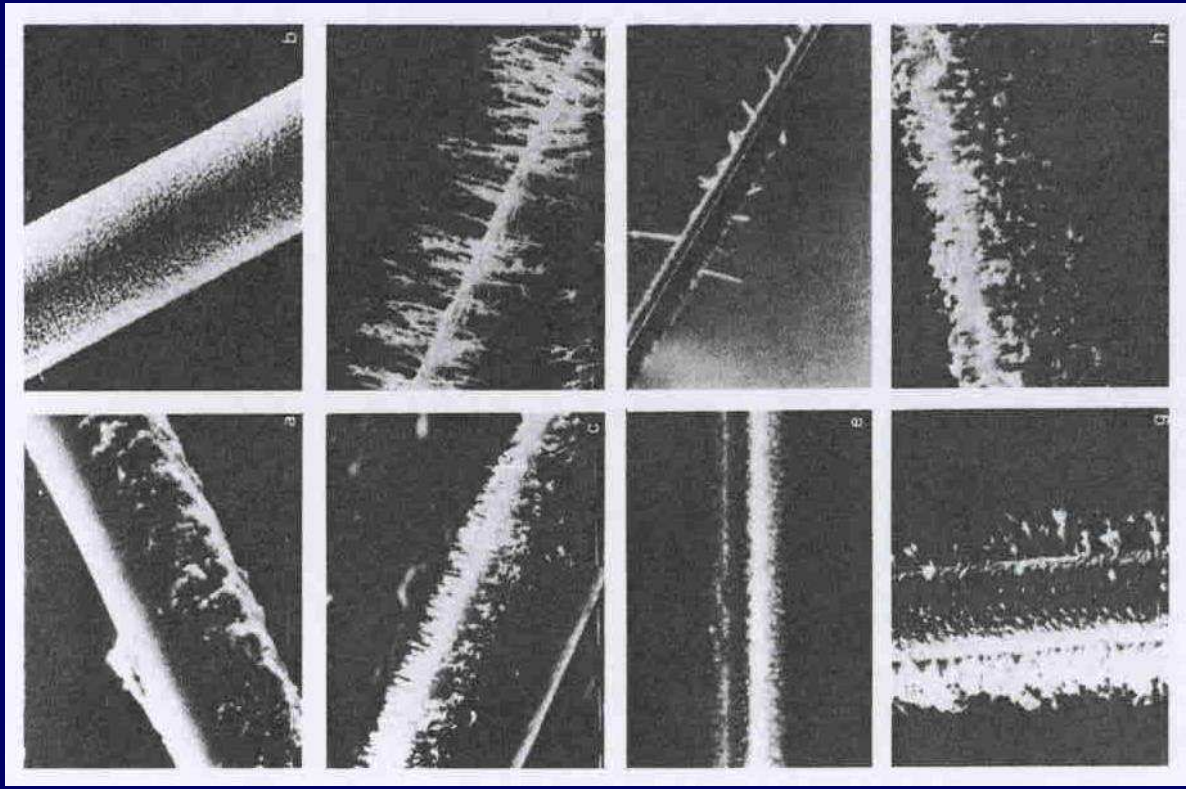
- SONO GENERALMENTE UTILIZZATE MISCELE DI GAS NOBILI CON GAS POLIATOMICI (QUALI GLI IDROCARBURI) O CO_2: I PRIMI PRODUCONO FACILMENTE VALANGHE , MENTRE I SECONDI , DETTI QUENCHER, SI INSERISCONO PER LIMITARNE LA PRODUZIONE
- IN ALCUNI CASI POSSONO ESSERE RICHIESTE MISCELE 'LEGGERE'
- IN ALCUNI CASI SI EVITANO GLI IDROCARBURI PER MOTIVI DI SICUREZZA

I GAS

- GLI IDROCARBURI CAUSANO INOLTRE, IN PRESENZA DI ALTI FLUSSI DI RADIAZIONE, LA FORMAZIONE DI POLIMERI CHE ANDRANNO A DEPOSITARSI SUGLI ELETTRODI: SI CERCA DI EVITARE IL FENOMENO AGGIUNGENDO AGENTI NON-POLIMERIZZANTI QUALI IL METHYLAL E L'ALCOOL PROPILICO

- UN FLUSSO CONTINUO DI GAS, AD ELEVATA PUREZZA, GARANTISCE UNA BUONA PULIZIA DEL RIVELATORE ED UN RINNOVAMENTO DELLE MOLECOLE.

DEPOSIZIONI SUI FILI

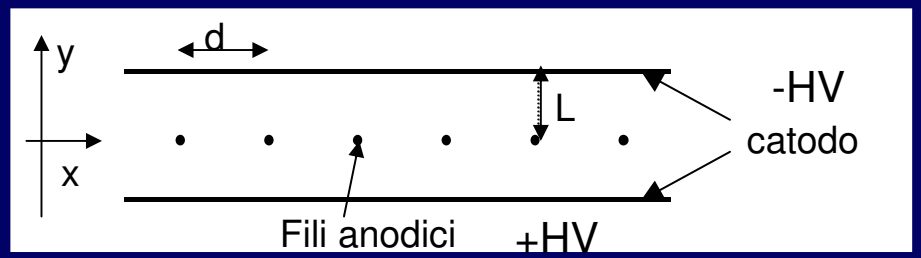


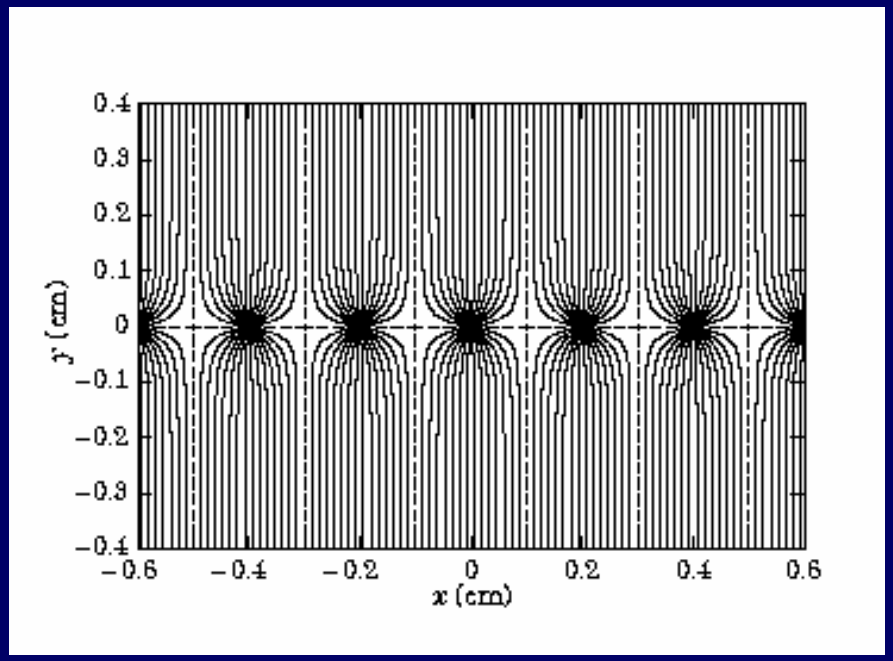
CAMERE PROPORZIONALI

- CAMERE A FILI (MWPC : MultiWire Proportional Chamber)
- CAMERE A DERIVA
- Time projection chamber (TPC)

MWPC

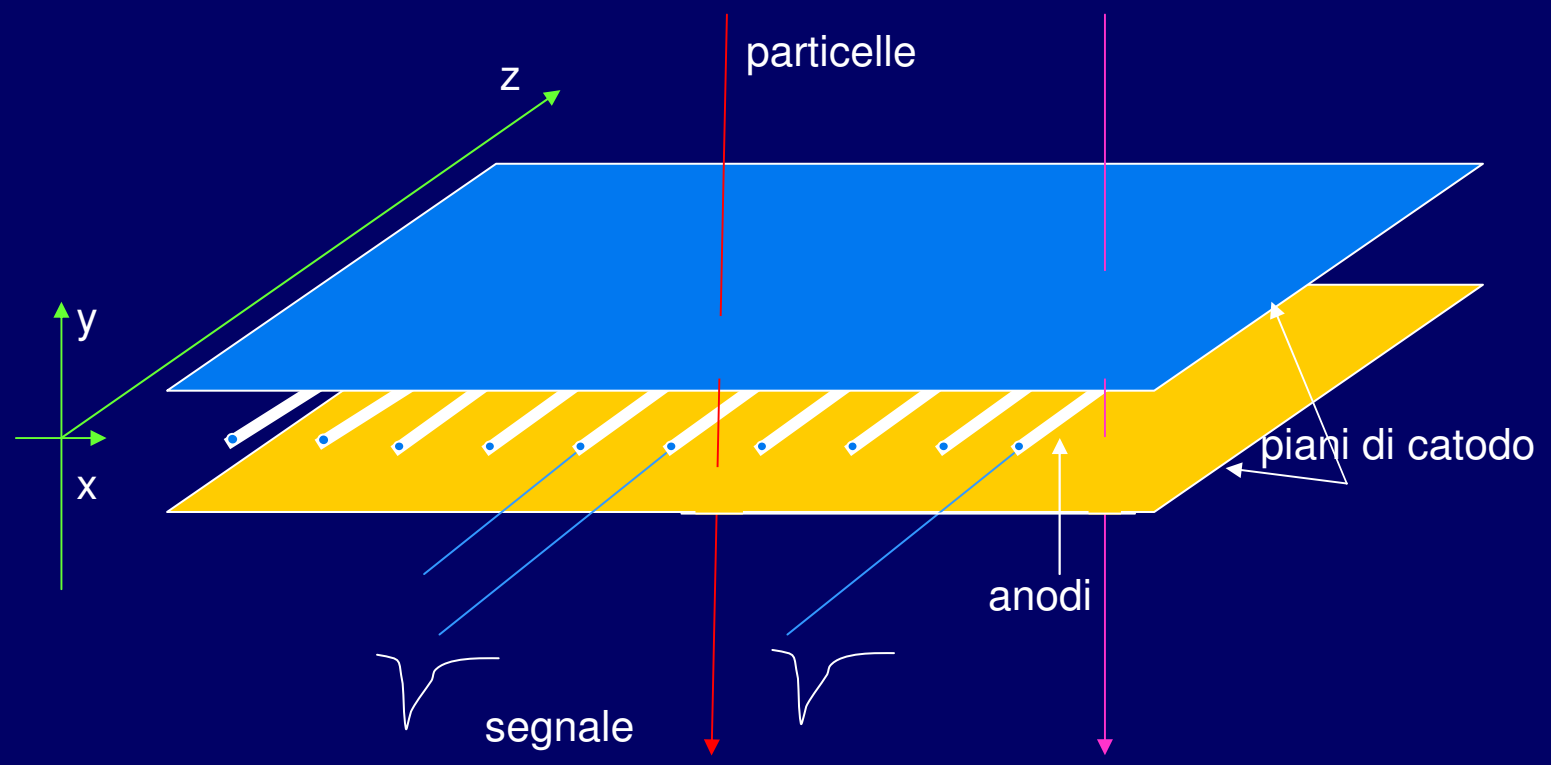
- INSIEME DI UN ELEVATO NUMERO DI SINGOLI CONTATORI PROPORZIONALI
- CARATTERIZZATE DA UNA SERIE DI FILI (DIAMETRO DI CIRCA 10μm) CHE COSTITUISCONO GLI ANODI POSIZIONATI A 2mm E DISTANTI CIRCA 4mm DA PARETI PIANE, CHE COSTITUISCONO IL CATODO





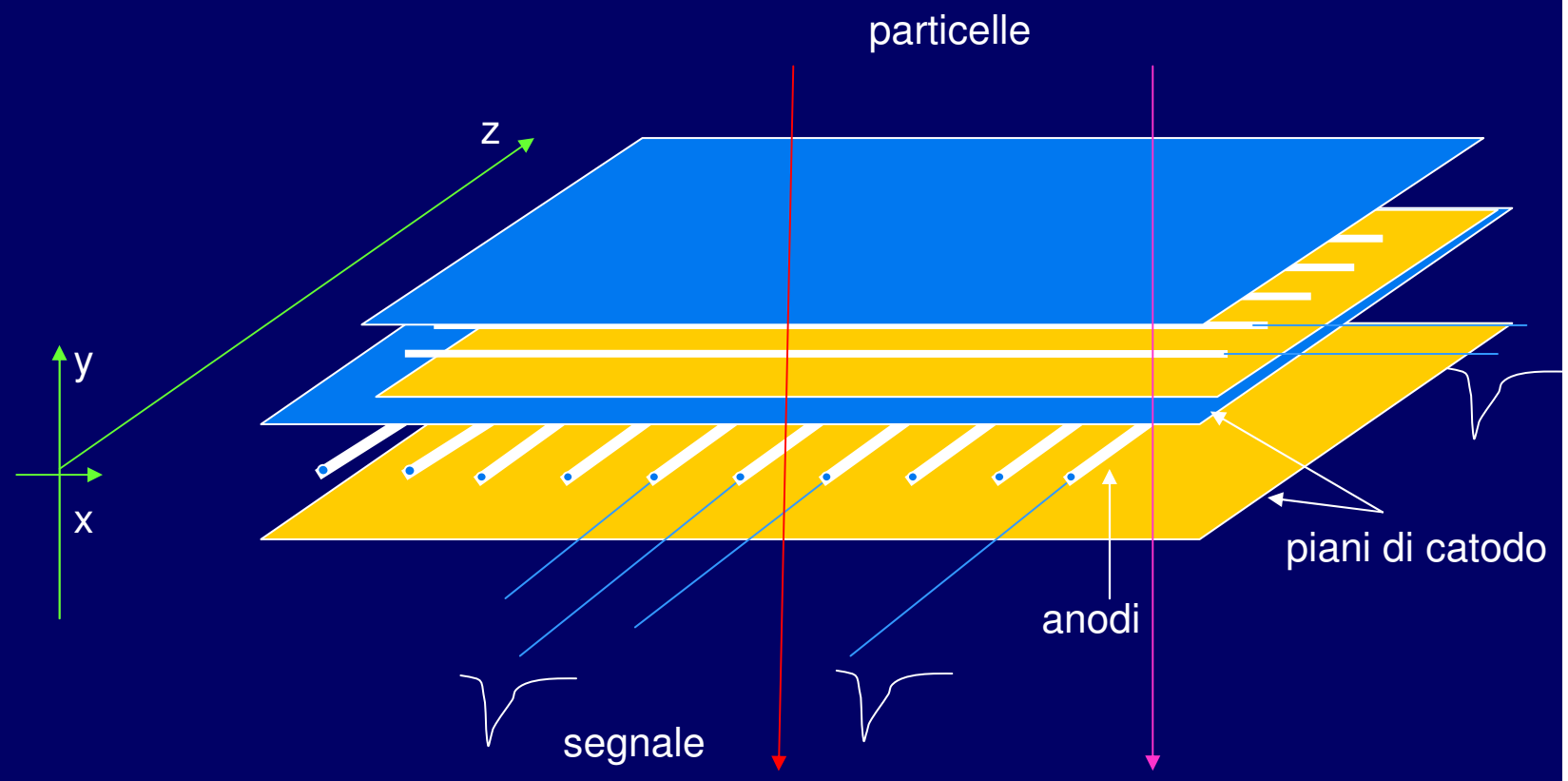
MWPC

- DETERMINAZIONE DELLA COORDINATA x PER LA PARTICELLA CHE ATTRAVERSA LA CAMERA
- CAPACITA' DI DISTINGUERE DIFFERENTI PARTICELLE



MWPC

- DETERMINAZIONE DELLE COORDINATE x E z PER LA PARTICELLA , RICORRENDO A DUE CAMERE IN SUCCESSIONE CON I FILI DI ANODO DISPOSTI PERPENDICOLARMENTE



MWPC

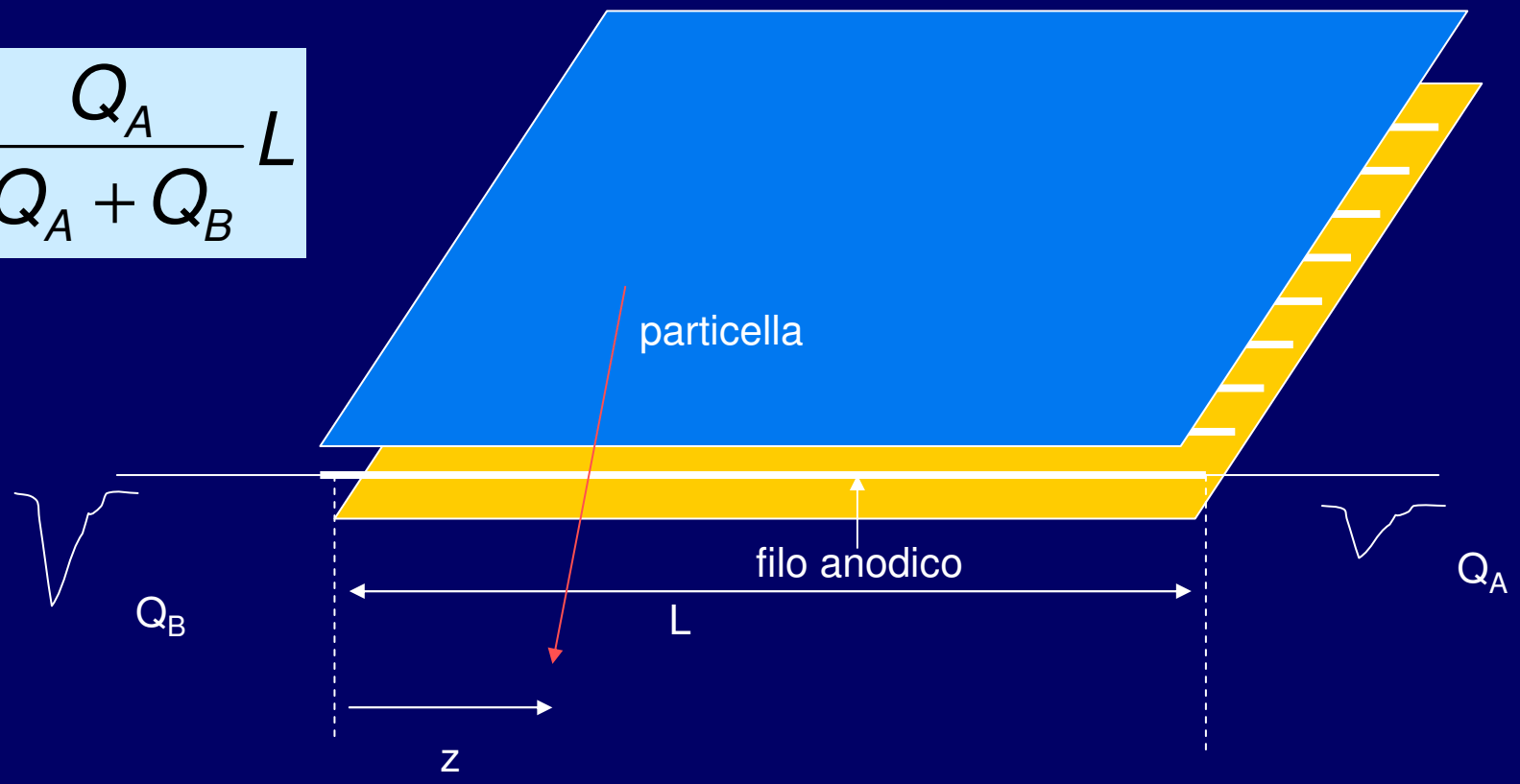
- LE DUE CAMERE CON I PIANI DISPOSTI PERPENDICOLARMENTE TRA LORO POSSONO ESSERE INTEGRATE IN UN'UNICA CAMERA

- UNA SUCCESSIONE DI TALI CAMERE PERMETTE DI MISURARE E RICOSTRUIRE LA TRAIETTORIA DI UNA PARTICELLA: SI TRATTA CIOE' DI UN COSIDDETTO TELESCOPIO DI MWPC

MWPC

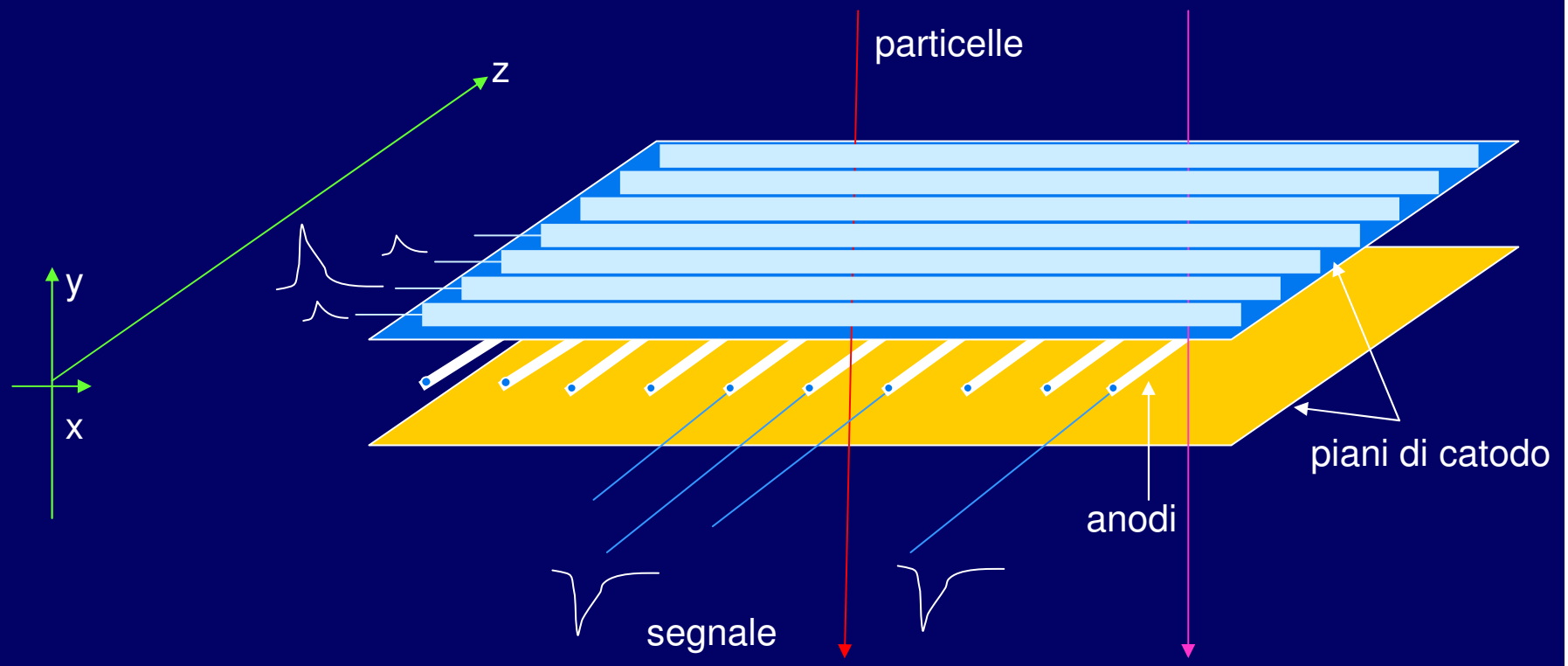
- CON IL METODO DELLA DIVISIONE DI CARICA IN PRESENZA DI FILI DI ANODO IN MATERIALE RESISTIVO SI DETERMINA LA COORDINATA DELLA PARTICELLA LUNGO IL FILO ANODICO

$$z = \frac{Q_A}{Q_A + Q_B} L$$



MWPC

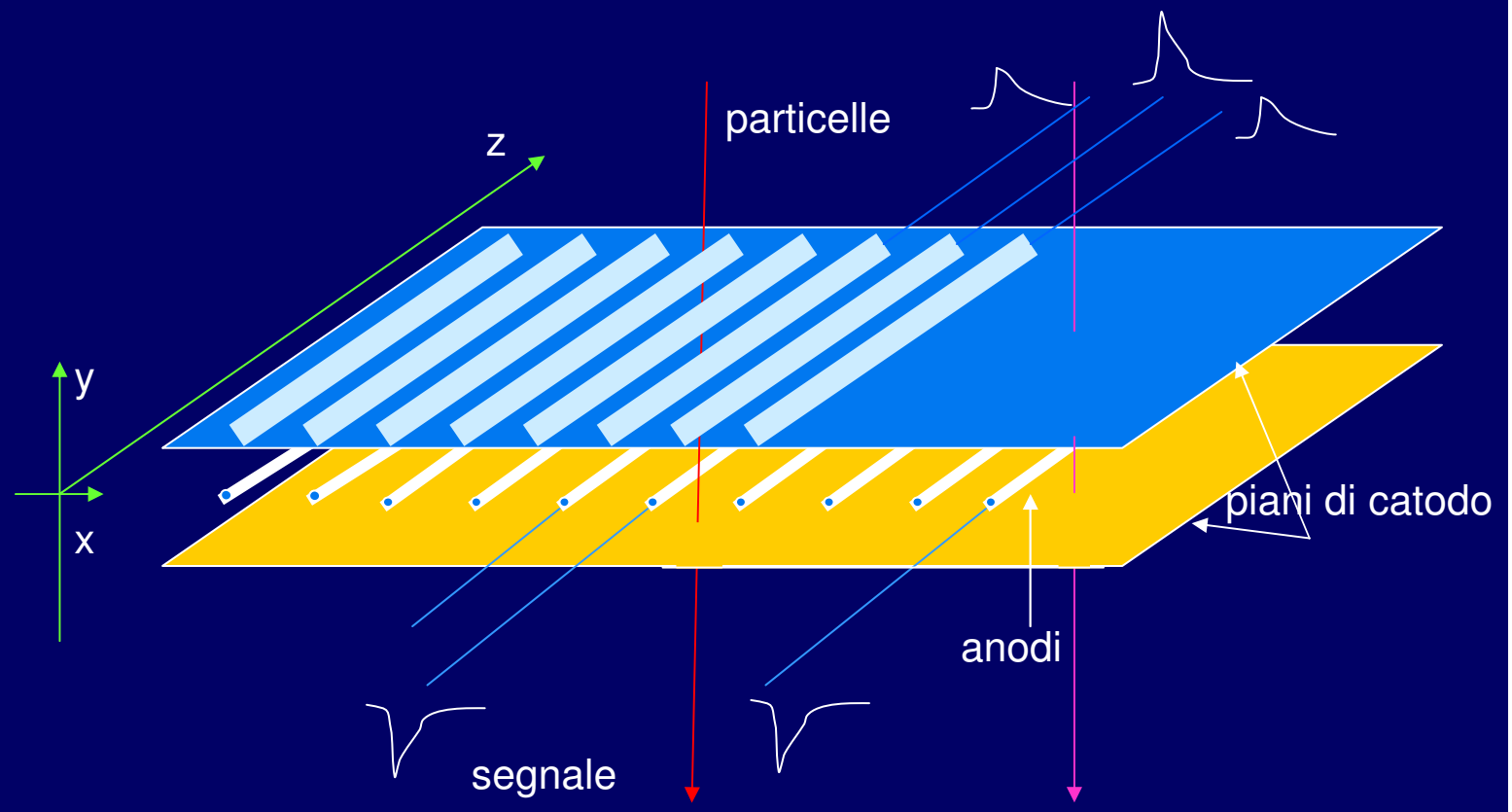
- DETERMINAZIONE DELLA COORDINATA x CON I FILI ANODICI E DETERMINAZIONE DELLA COORDINATA z TRAMITE STRIPS SUL PIANO DI CATODO



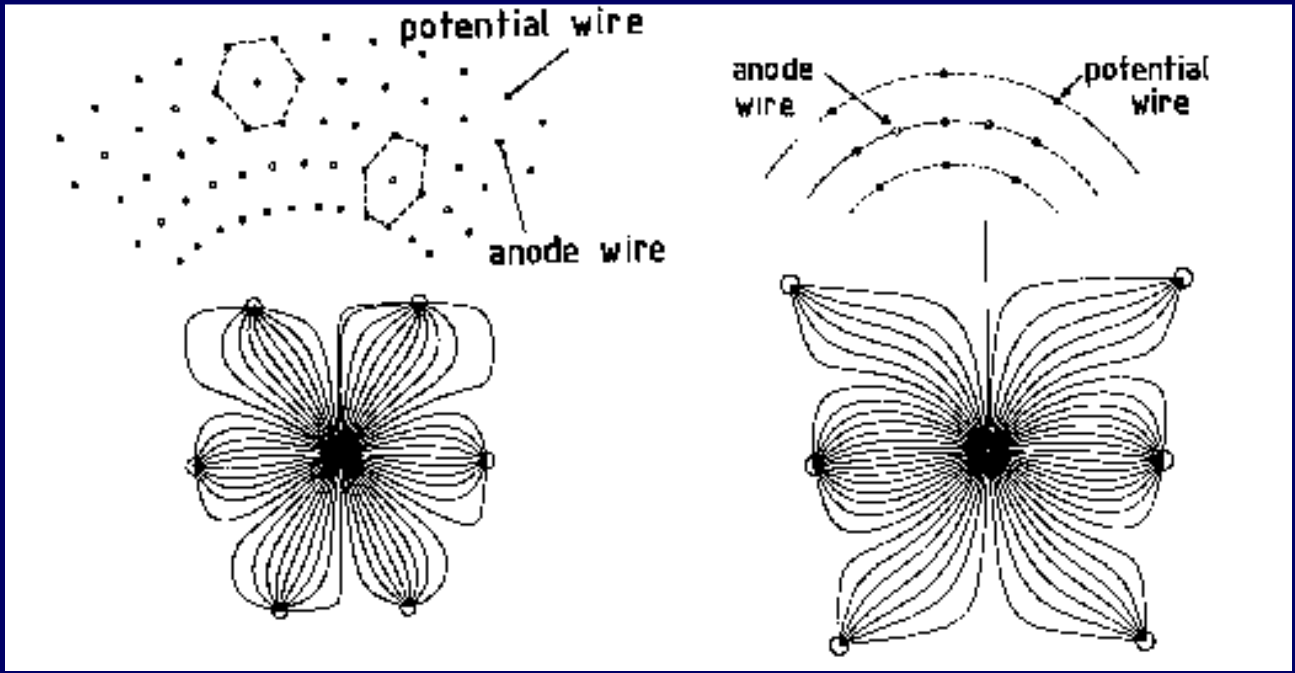
- IL SEGNALE SARA' PIU' GRANDE SULLA STRIP PIU' VICINA AL PUNTO DELLA CREAZIONE DELLA VALANGA E MINORE SULLE STRIPS ADIACENTI

MWPC

- DETERMINAZIONE DELLA COORDINATA x PER LA PARTICELLA SIA CON I FILI ANODICI CHE CON STRIPS SUL PIANO DI CATODO



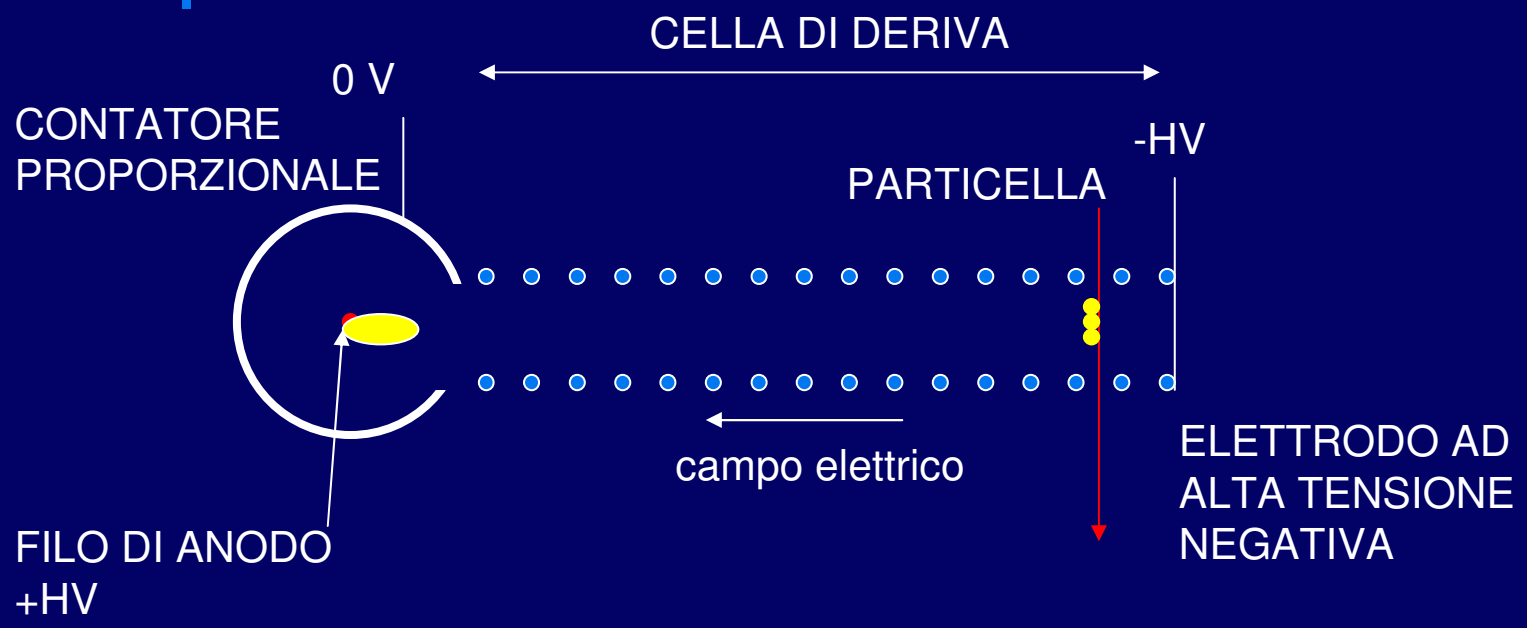
GEOMETRIA CILINDRICA



LE CAMERE A DERIVA

- I FILI DI ANODO SONO POSTI A DISTANZA SUPERIORE RISPETTO ALLE MWPC
- MIGLIORE CAPACITA' DI DEFINIZIONE DELLA COORDINATA SPAZIALE

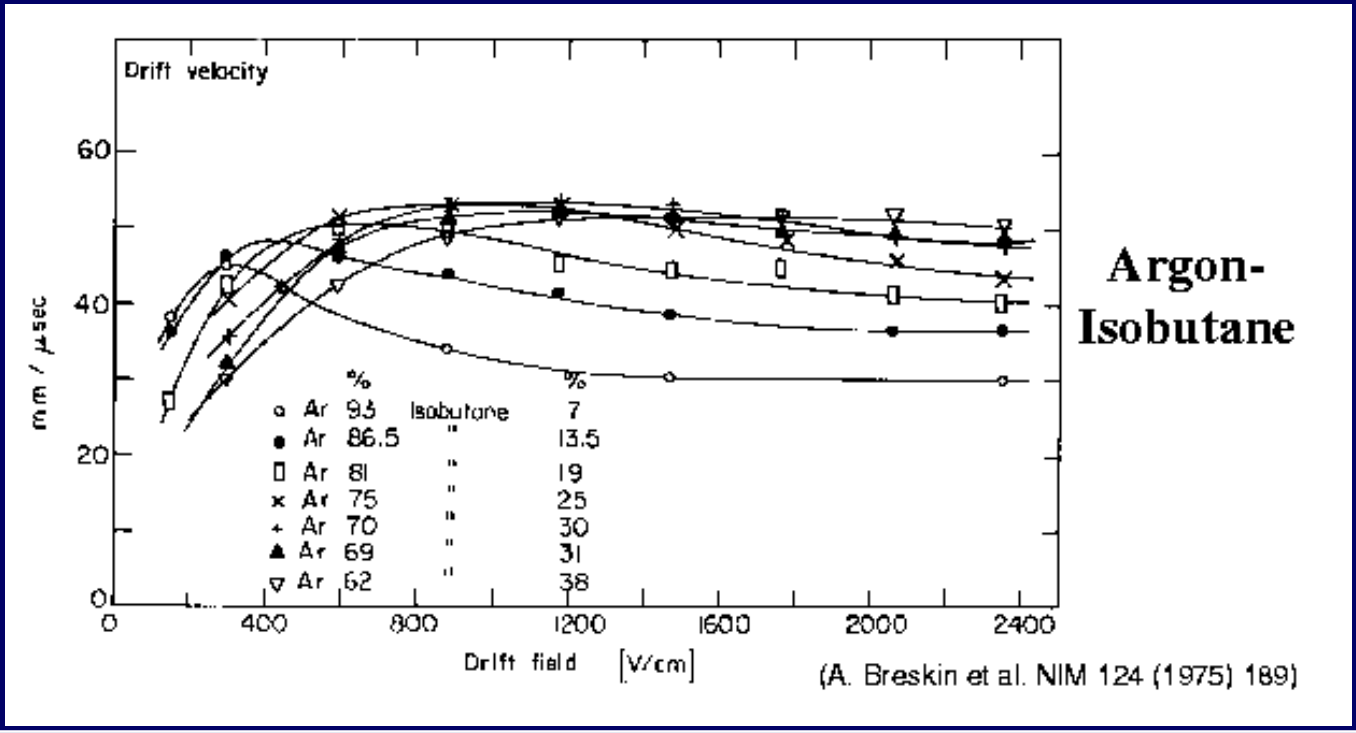
CAMERE A DERIVA
IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO



- CELLA DI DERIVA: COMPOSTA DA DUE PIANI DI FILI DI CAMPO EQUISPAZIATI
- I FILI DI CAMPO SONO POSTI A TENSIONE IN MODO DA CREARE UN CAMPO ELETTRICO COSTANTE
- LUNGO LE LINEE DI CAMPO SI MUOVONO GLI ELETTRONI PRIMARI A VELOCITA' MEDIA COSTANTE (VELOCITA' DI DERIVA)

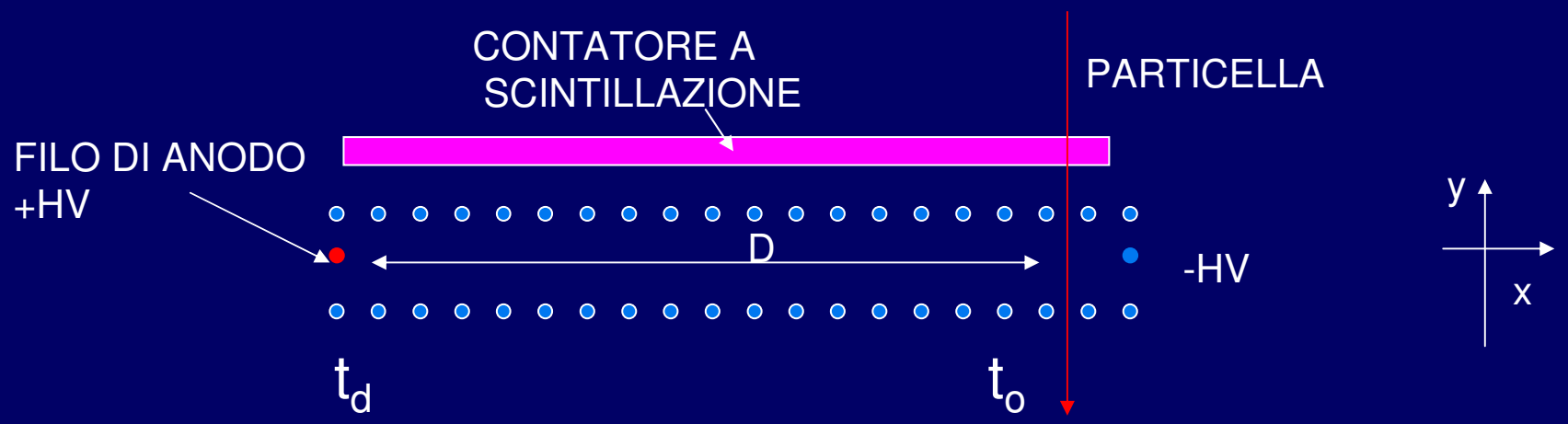
VELOCITA' DI DERIVA DEGLI ELETTRONI

ESEMPIO DI VELOCITA' DI DERIVA: 40 mm/µs = 40 m/ms = 40 Km/s



CAMERE A DERIVA

- MISURA DELLA COORDINATA SPAZIALE x

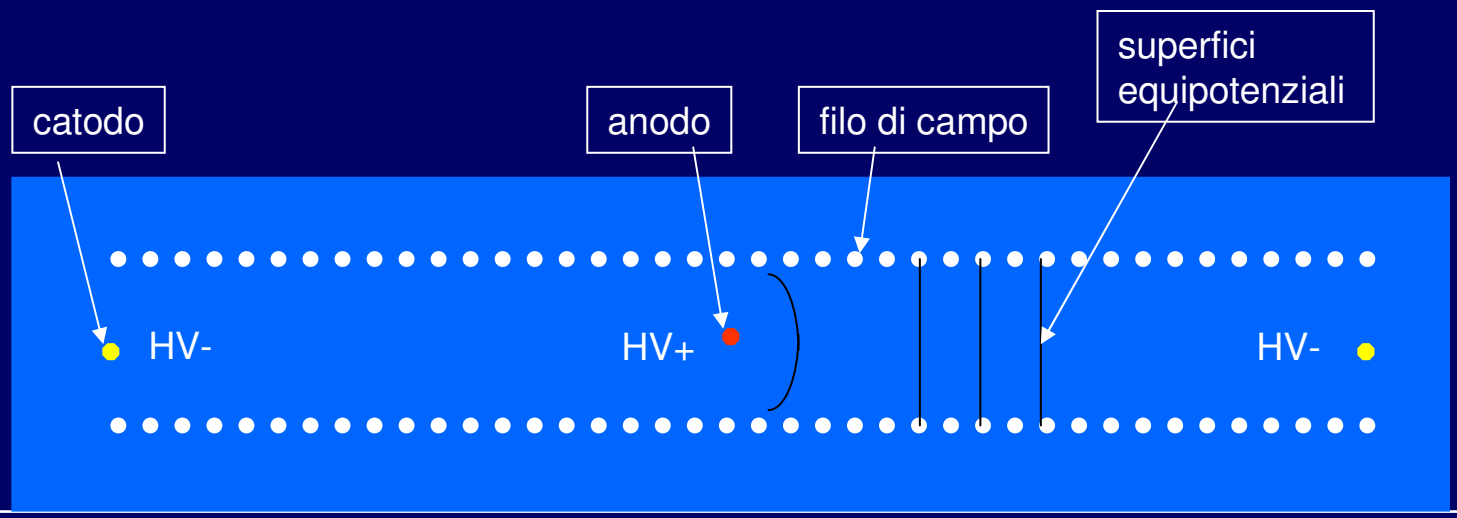


$$D = V_d \cdot (t_d - t_o)$$

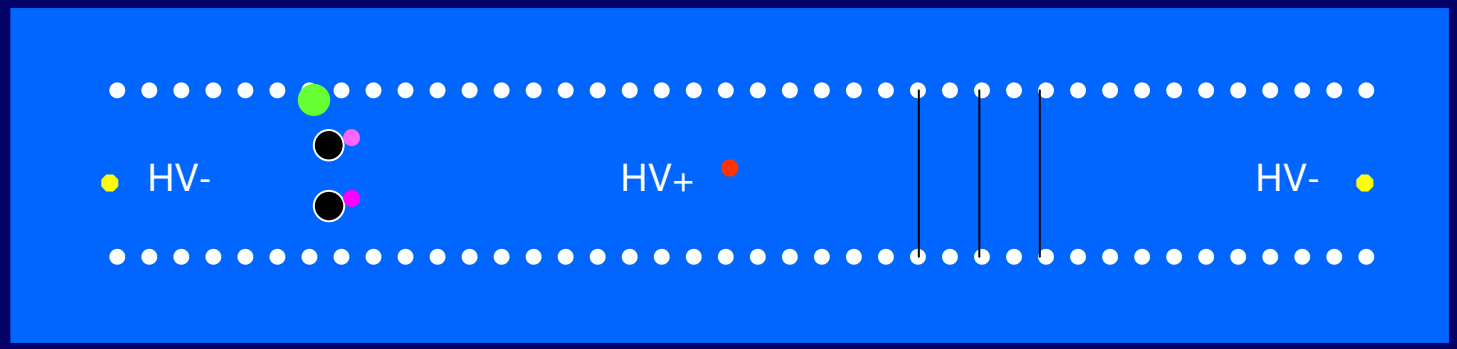
LA COORDINATA LUNGO IL FILO DI ANODO
E' DETERMINATA CON IL METODO DELLA DIVISIONE DI CARICA

CAMERE A DERIVA
GEOMETRIA PLANARE

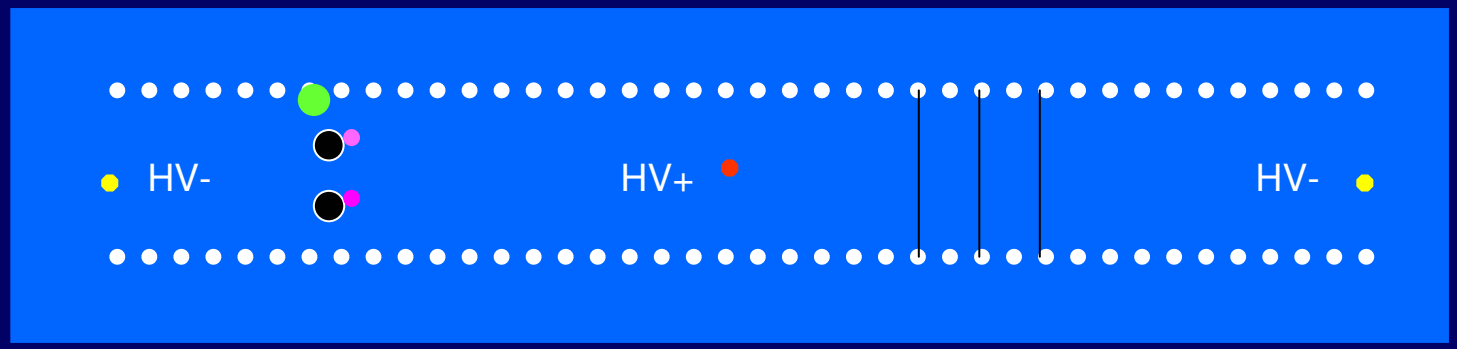
- SEQUENZA DI CELLE BASE (ogni cella ha una larghezza che varia da qualche centimetro a qualche decina di centimetri)
  - FILO DI ANODO: ALTA TENSIONE POSITIVA (+HV)
  - FILI DI CATODO: ALTA TENSIONE NEGATIVA (-HV)
  - FILI DI CAMPO: ALTA TENSIONE NEGATIVA, DA -HV A 0V



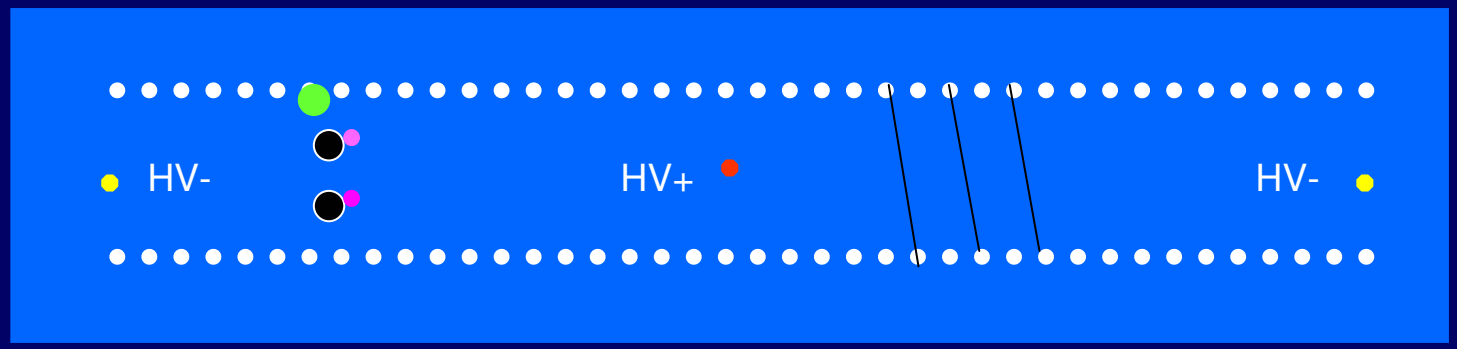
CAMERE A DERIVA



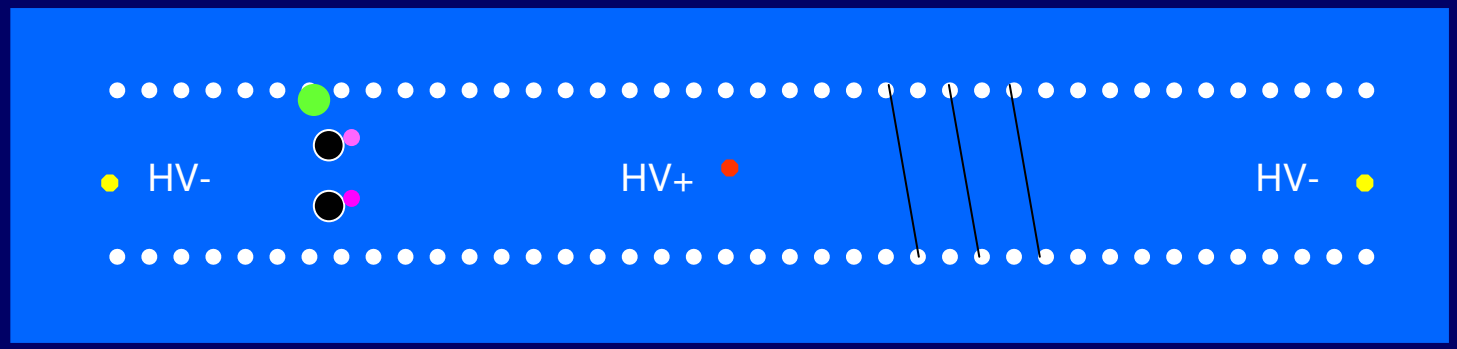
CAMERE A DERIVA CON CAMPO MAGNETICO



CAMERE A DERIVA CON CORREZIONE PER CAMPO MAGNETICO

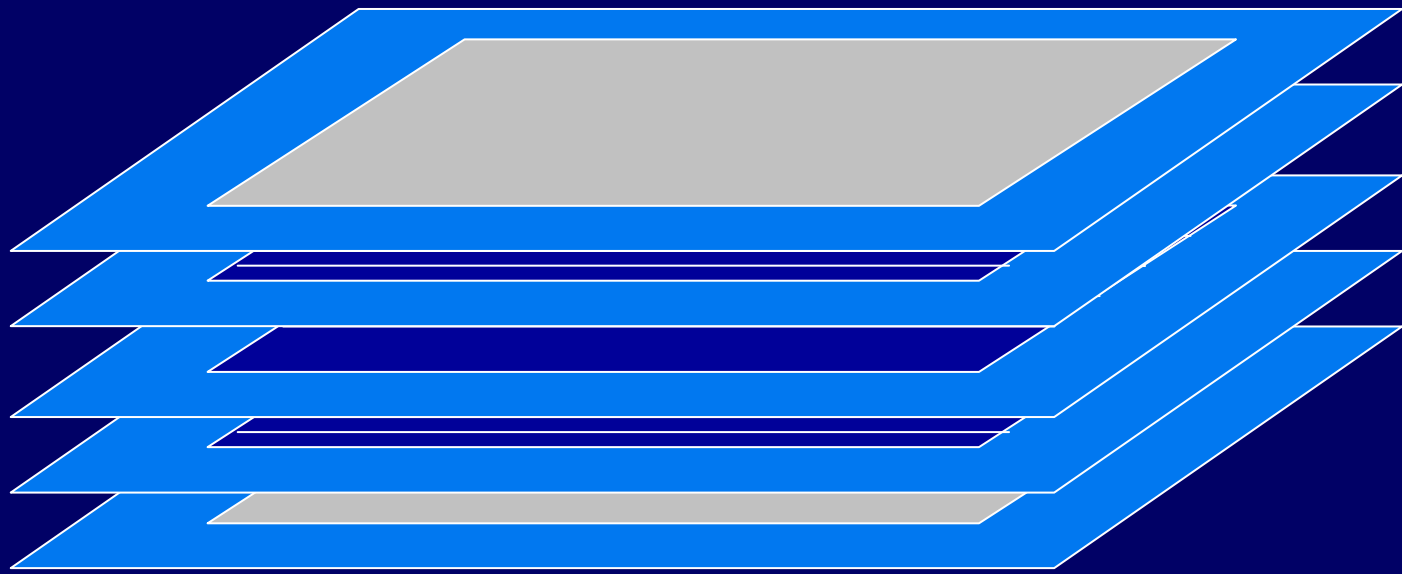


CAMERE A DERIVA CON CORREZIONE SENZA CAMPO MAGNETICO

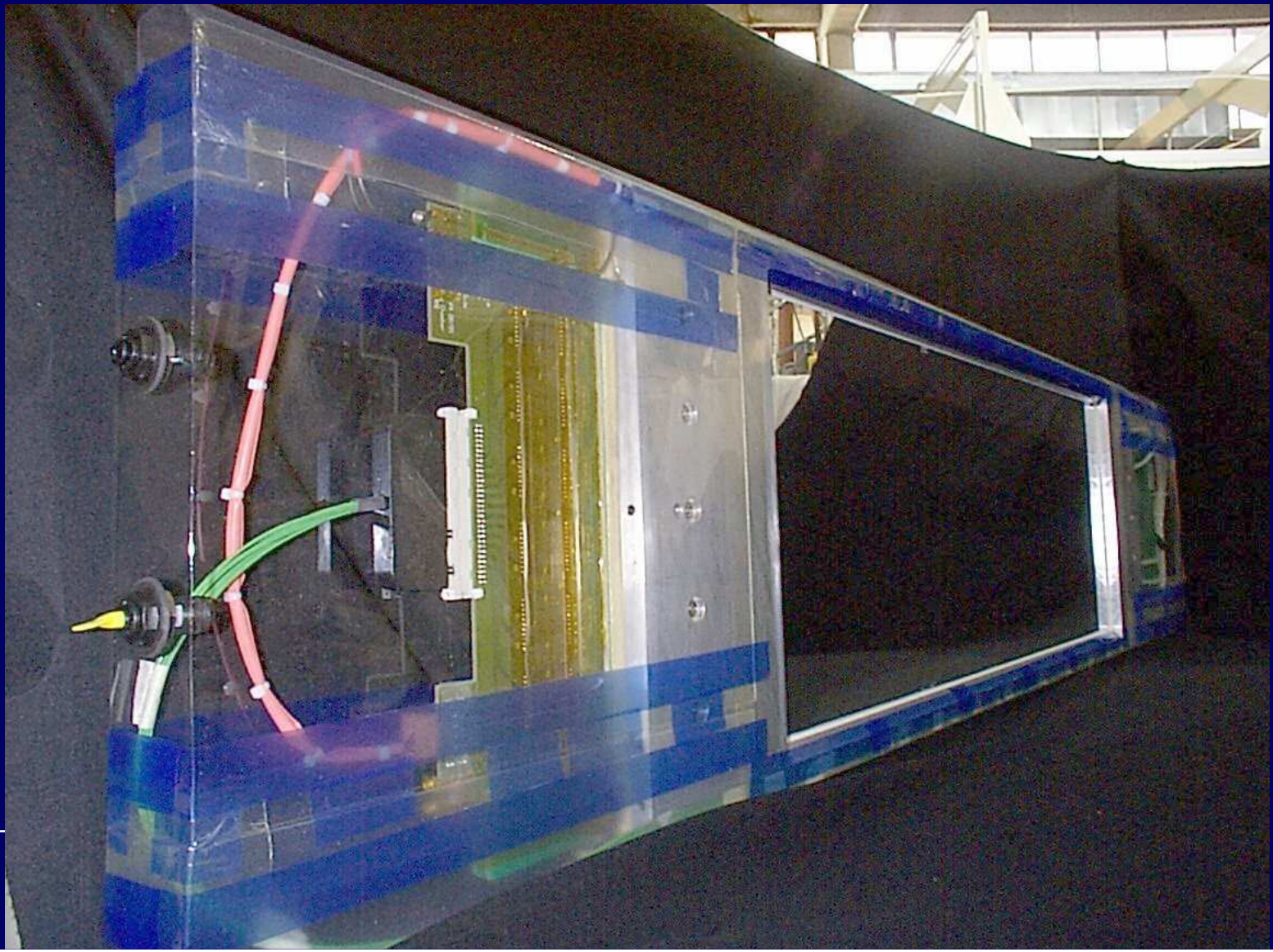


CAMERE A DERIVA
LA SCELTA DEI GAS

- PIU' E' LUNGO IL CAMMINO DI DERIVA, MAGGIORE DOVRA' ESSERE LA PUREZZA DEL GAS UTILIZZATO
- E' IMPORTANTE SCEGLIERE UNA MISCELA CON UNA VELOCITA' DI DERIVA COSTANTE IN UN INTERVALLO ABBASTANZA LARGO DI CAMPO ELETTRICO
- LA MISCELA DEI GAS SCELTA DOVRA' GARANTIRE ELEVATA VELOCITA' DI DERIVA IN PRESENZA DI UN ALTO FLUSSO DI RADIAZIONE IONIZZANTE
- SE E' RICHIESTA UNA ELEVATA PRECISIONE NELLA DETERMINAZIONE DELLE COORDINATE SPAZIALI DELLE PARTICELLE LA MISCELA DOVRA' ESSERE CARATTERIZZATA DA UNA LIMITATA VELOCITA' DI DERIVA

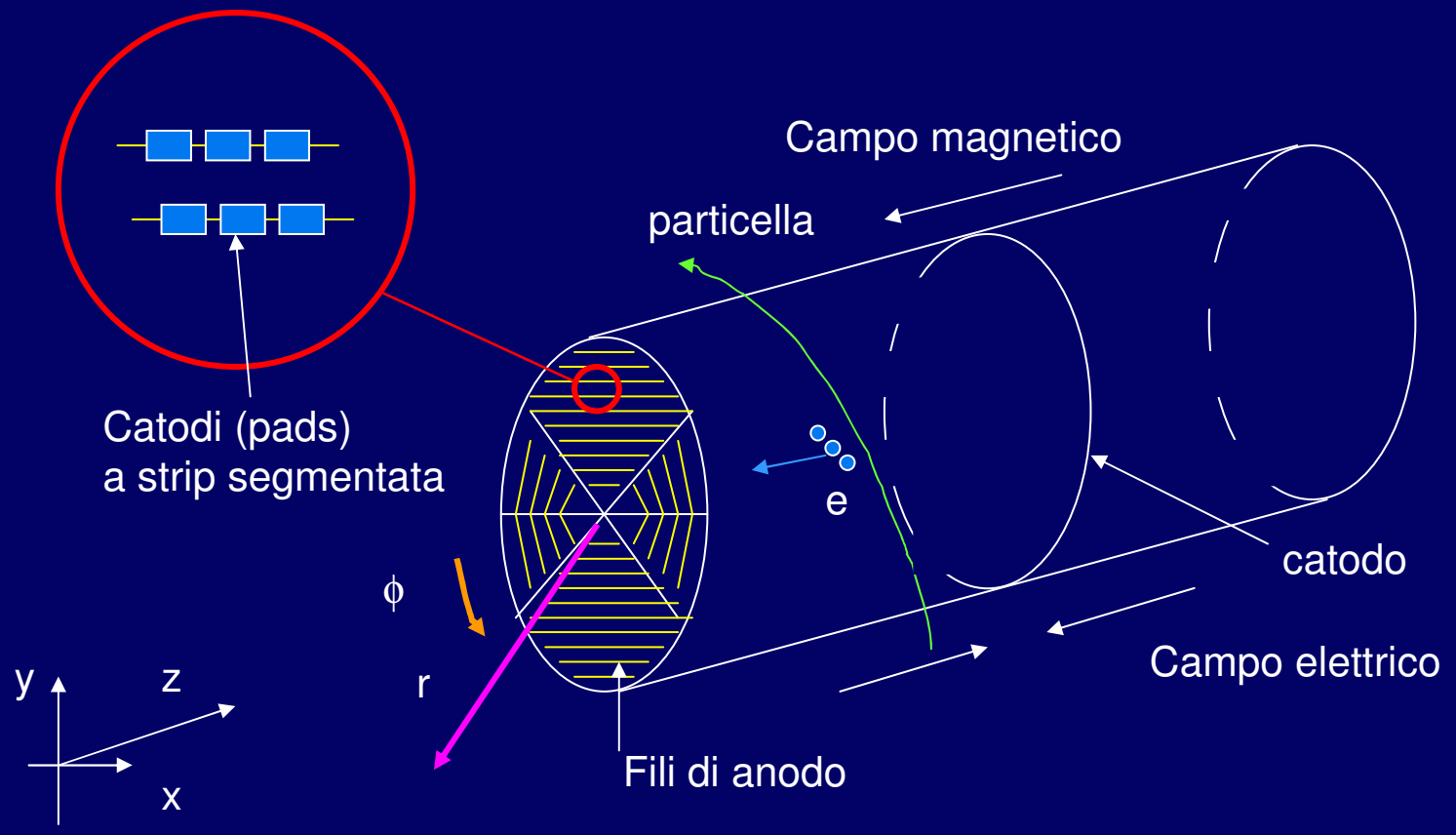


CAMERA A DERIVA DI FINUDA



TPC

- UNISCE LA TECNICA DELLA DERIVA LUNGO LA COORDINATA z E DELLA MWPC NEL PIANO ORTOGONALE DETERMINANDO LE COORDINATE r E ϕ



TPC

- VANTAGGI:
  - PERMETTE DI RICOSTRUIRE LE TRAIETTORIE DELLE PARTICELLE ALL'INTERNO DI UN GRANDE VOLUME, UTILIZZANDO POCHI FILI E STRIPS SEGMENTATE
  - GARANTISCE BUONA CAPACITA' DI DEFINIZIONE DELLE COORDINATE
  - PERMETTE DI VALUTARE LA PERDITA DI ENERGIA DELLE PARTICELLE

- SVANTAGGI:
  - GLI ELETTRONI TENDONO A DIFFONDERE PER IL LUNGO CAMMINO DI DERIVA (SI CERCA DI OVVIARE A QUESTO PROBLEMA CON OPPORTUNO CAMPO MAGNETICO)
  - ACCUMULO DI CARICA SPAZIALE VICINO AI FILI CHE TENDE A RITONARE NELLA CAMERA (SI OVVIA CON GRIGLIE A MASSA)

CONCLUSIONI

- LE CAMERE PROPORZIONALI UTILIZZANO MISCELE DI GAS, IN GENERALE A PRESSIONE ATMOSFERICA: GAS NOBILI IN COMBINAZIONE CON GAS POLIATOMICI ORGANICI (METANO,ETANO,ISOBUTANO) O GAS INORGANICI (ANIDRIDE CARBONICA)

- ESISTONO DIFFERENTI CONFIGURAZIONI: E' RICHIESTA AL MINIMO UNA DIFFERENZA DI POTENZIALE TRA DUE ELETTRODI IN GRADO DI FAR LAVORARE IL RIVELATORE NELLA ZONA PROPORZIONALE

- LE CAMERE PROPORZIONALI ILLUSTRATE :

  CAMERE A FILI (MWPC)

  CAMERE A DERIVA

  e TPC