

STUDIO DELLE PARTICELLE ALFA DI UNA SORGENTE RADIOATTIVA PER MEZZO DI UNA CAMERA A IONIZZAZIONE

Indicazioni preliminari

Computer della postazione

Ogni postazione è dotata di un PC con sistema operativo Linux CentOS 7 su cui è possibile anche operare da remoto. Come specificato nelle Linee Guida per la connessione, *alla fine del turno non spegnere il computer e non chiudere la sessione.*

Connessione remota con gli altri componenti del gruppo

In vista dell'esecuzione in gruppo dell'esperienza è buona cosa testare la connessione remota con i compagni di gruppo durante le sessioni individuali di training. Potete provare la connessione in qualsiasi momento del turno.

In laboratorio è disponibile un tablet per gestire un meeting zoom in modo completamente indipendente dal computer di controllo.

E' inoltre possibile operare da remoto sul computer di controllo attraverso il programma VNC Viewer. In questo caso è opportuno che non venga aperta più di una connessione VNC per gruppo e bisogna prestare attenzione, ovviamente, all'interferenza tra l'uso locale e l'uso da remoto.

Riferirsi al documento **LineeGuidaPerConnessione.pdf** disponibile sul sito moodle del corso (Spettroscopia -> Laboratorio) per tutte le indicazioni necessarie ad effettuare il collegamento

Logbook elettronico

Nel computer della postazione è predefinita una directory DATI_GRUPPI (/home/lab0/DATI_GRUPPI) all'interno della quale dovrete creare una sub-directory dove salverete i dati grezzi e analizzati e i risultati principali (*logbook elettronico*).

Per le esercitazioni singole iniziali utilizzate il vostro *Cognome* come nome della directory di lavoro, per quelle in gruppo usate *gruppoN* con il numero del vostro gruppo.

Vedete nei paragrafi successivi e in fondo a questo documento la lista delle informazioni da produrre durante l'esecuzione dell'esperimento.

Analisi dati con ROOT

Ogni PC ha installato ROOT6, che viene anche utilizzato per alcuni moduli di acquisizione e analisi. In appendice trovate una lista di comandi utili per l'analisi degli istrogrammi con ROOT.

Materiale e strumentazione disponibile

- una camera a ionizzazione tipo Bragg cilindrica con un volume di gas di circa 100 mm $\varnothing \times 120$ mm h , dotata di preamplificatore di carica, riempita con una miscela di Ar + CH₄ all' 1%.
- un crate NIM con moduli di elettronica comprendente:
 - o un amplificatore CANBERRA 2021 o simile
 - o un Flash ADC custom, 8 bit, 10 MS/s , 4 V input range
 - o un modulo HV (High Voltage) NHQ 112M pilotato in automatico da computer
- un PC con sistema operativo Linux Centos 7
- una sorgente alfa tripla (Am-241, Pu-239, Cm-244) inserita all'interno della camera di Bragg in prossimità del catodo (in basso)



Figura 1: camera di Bragg (sinistra) e cassetto dell'elettronica (destra)

Software

- **CONTROLLO PRESSIONE:** è un'applicazione per Arduino che serve per controllare la pressione della camera e l'intensità del campo elettrico. Si accede cliccando sull'icona con il disegno del manometro situata sul Desktop. Il programma regola automaticamente l'HV in modo da mantenere costante il campo ridotto E/p
 - o **il programma di solito**, quando vi loggate, è già aperto, in quanto per ripulire le camere da impurezze depositate e stabilizzare il flussaggio occorre attivare il circolo del gas almeno un paio d'ore prima.
 - o Se non lo fosse o dovesse bloccarsi per qualche ragione, si può riattivare dal link che trovate sul Desktop (PressureControl).
 - o Impostare la pressione voluta e premere enter. Il bottone verde Start si attiva e a questo punto potete premerlo per avviare effettivamente il flussaggio. Gli indicatori in blu mostrano i valori di Pressure e Voltage visti dall'arduino.
 - o Per modificare il valore premere Stop, inserire il nuovo valore e far ripartire.

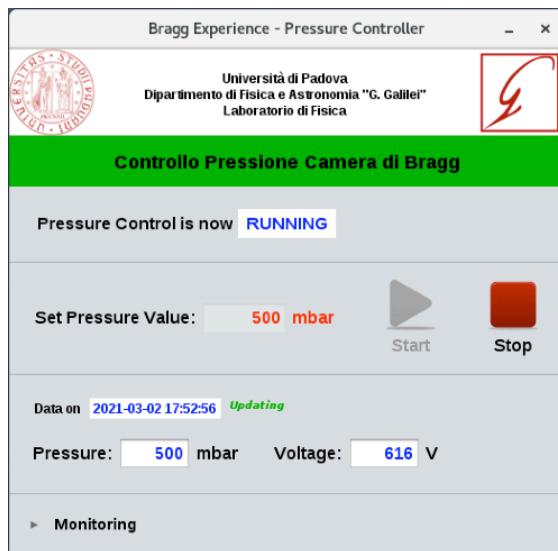


Figura 2: finestra di controllo della pressione

- **DAQ :** l'acquisizione dei dati gira sotto ROOT:
 - o aprire un terminale
 - o digitare l'alias “*root6*” per inizializzare il path e le variabili di ambiente
 - o spostarsi sulla directory di lavoro *DATI_GRUPPI/gruppoN*
 - o far partire ROOT
 - o al prompt caricare la libreria e creare la classe che gestisce l'acquisizione:
root[0] gSystem->Load("libLabNuc.so");
root[1] new LabNuc;
 - o posizionare le finestre in modo da averle tutte accessibili tipo in figura 3

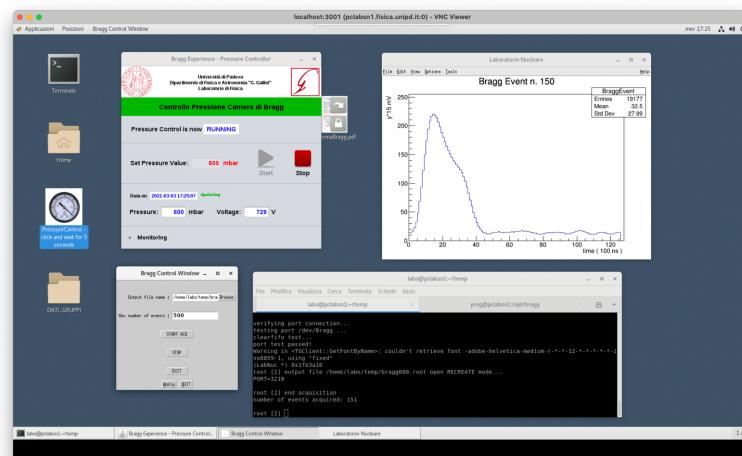


Figura 3: esempio di sessione di lavoro su un PC del laboratorio

PARTE I – TRAINING SULL'APPARATO IN LABORATORIO

Sequenza operazioni

- **Accensione elettronica e riconoscimento dei moduli**
 - o camera di bragg + circuito gas + preamplificatore
 - o Amplificatore-formatore (*connettori e controlli principali*)
 - Input polarity
 - Input/Output connectors
 - Coarse Gain / Fine Gain
 - Shaping Time
 - Pole-zero (trimmer)
 - o Flash ADC
 - Trigger Level a 8 bit selezionabile settando meccanicamente i bit del registro
 - Input
 - o HV
 - è abilitato solo l'ON/OFF
- **Operazioni sull'hardware**
 - o Impostare la pressione a 600 mb e attendere la stabilizzazione.
 - o Provare a visualizzare il segnale del preamplificatore sull'oscilloscopio, chiudendo il segnale su 50 ohm. A cosa serve *il tappo da 50 ohm?*
 - o **Scattate una foto del segnale sull'oscilloscopio da inserire nel logbook elettronico**
 - o Settare lo shaping time dell'amplificatore a 0.25 us
 - o Inserire il segnale del preamplificatore nell'input dello shaping-amplifier e collegare l'uscita dell'amplificatore all'oscilloscopio
 - o Visualizzare i segnali della camera, che dovrebbero mostrare la forma della curva di bragg invertita, e regolare l'amplificazione in modo che il picco di bragg capiti a circa 3V.
 - o **Scattate una foto del segnale sull'oscilloscopio da inserire nel logbook elettronico**
 - o Provare a variare lo Shaping Time: *cosa succede? dare una spiegazione della forma del segnale*
 - o Tornare a ST=0.25 us e inserire il segnale dell'amplificatore nell'ingresso dell'ADC
 - o Settare il Trigger Level intorno a 1.5 V utilizzando il selettore manuale: le 8 levette corrispondono agli 8 bit di un numero binario, con la levetta più bassa corrispondente all'LSB. Calcolare il valore binario da inserire tenendo presente che il fondo scala dell'ADC è pari a 4 V (256 = 4V) e impostare il selettore.

- Operazioni sul software

- Una volta connesso l'ADC dovrebbe essere possibile acquisire le forme d'onda campionate direttamente sul computer di controllo.
- Visualizzare i segnali (*vedi punto 1 della sezione sull'analisi dati*) verificando che abbiamo le caratteristiche attese e prendere nota dell'altezza massima dei segnali buoni (picco di Bragg) : il massimo dovrebbe capitare tipicamente tra 160 e 220 circa.

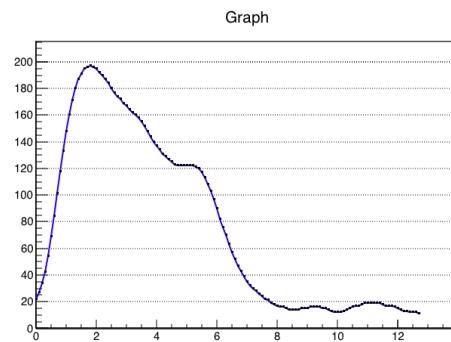


Figura 4: esempio di segnale

- Prendere un primo sample di prova di circa 100 eventi ed eseguire il punto 1 della sezione Analisi Dati (controllo della forma dei segnali)
- Se tutto è corretto avviare un'acquisizione di sufficiente statistica (~3000 eventi), sempre a 600 mb, con cui estrarremo una prima misura di particelle alpha (vedi punto 2 dell'Analisi dati)

Analisi dei dati

- Sono disponibili alcune macro per l'analisi dei dati in laboratorio:
 - [PlotSignals.C](#) : per visualizzare i segnali registrati
 - [AnaBragg.C](#) : per creare un'ntupla con le informazioni dei segnali analizzati singolarmente
- Le macro si trovano in [/home/studenti/macro](#)¹

1. Controllo della forma dei segnali:

- a. Utilizzate la macro PlotSignals.C per disegnare un centinaio di segnali uno sopra l'altro e:
 1. verificate che i massimi siano tutti più o meno attorno allo stesso valore (plot a sinistra)
 2. verificate che si vedano 3 “fasce” corrispondenti ai 3 diversi tempi di frenamento delle 3 energie diverse delle sorgenti (plot a destra)

¹ Attenzione: non è la vostra \$HOME, il path è proprio [/home/studenti/macro](#) e parte dalla radice /.

3. espandete le code dei segnali e determinate approssimativamente il valore della tensione continua di fondo (*baseline*)

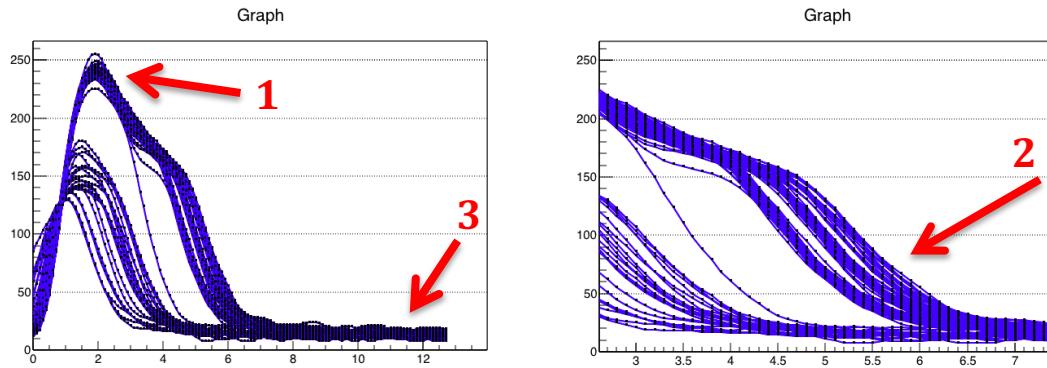


Figura 5:

esempio di segnali disegnati con PlotSignals

- b. Salvare i grafici come figura (.gif, .png, ...) nella directory di lavoro (logbook elettronico): es: `root[1] csig->Print("segnali.gif");`

2. Verifica del corretto funzionamento della camera:

- Copiatevi la macro AnaBragg.C nella vostra directory di lavoro, in modo da poterla successivamente modificare.
- Utilizzate la macro per creare un'ntupla con i risultati dell'analisi evento per evento. La funzione principale ha la seguente forma :

`int AnaBragg(char* filename, int intto = 128, float blfix = 13, int nsig = 0)`

filename = nome del file dei dati acquisiti (.root)

intto = limite dei campioni da integrare (128 = 12.8 us = tutto l'asse X) ← in base alla durata dei segnali potete ridurre questo valore

blfix = valore della baseline ← inserite il valore stimato in precedenza

nsig = numero dei segnali da analizzare (0 = tutti)

`nt->Print();` per vedere il contenuto dell'ntupla

- La macro ha predefinito il calcolo dell'integrale e la ricerca del massimo. Potete editare la macro per modificare i valori predefiniti adattandoli alle vostre misure.
- Analizzate il file con alta statistica degli eventi a 600 mb. Plottate l'integrale (energia) verificando di vedere 3 picchi ben distinti (plot a sinistra) e il massimo (picco di Bragg), dove dovreste trovare un singolo picco (plot a destra)

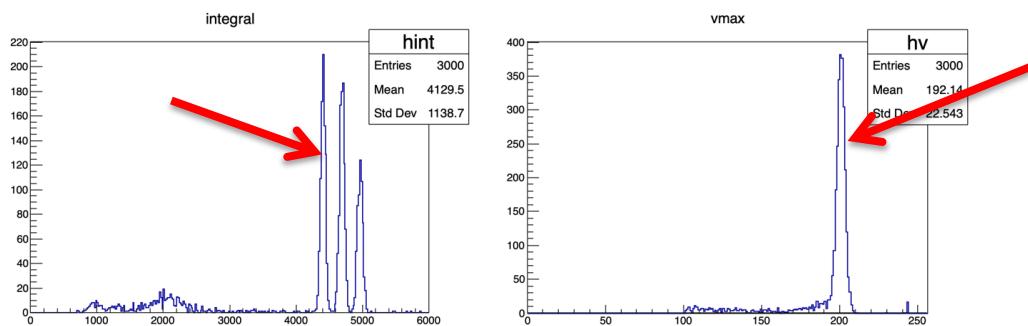


Figura 6: esempio di plot con AnaBragg : variabile integral (sinistra) e variabile vmax (destra)

- e. Plottate le energie e i massimi in funzione del numero di evento per verificare la stabilità della presa dati: le bande dovrebbero essere approssimativamente orizzontali

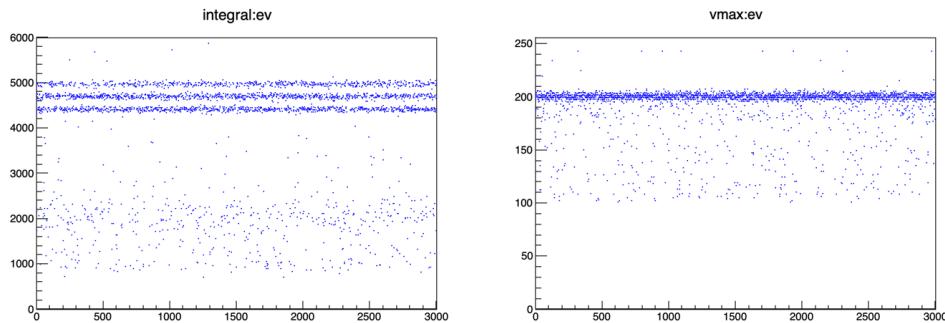


Figura 7: esempio di plot bidimensionali per controllo stabilità

- f. Plottate anche il valore del massimo vs. integrale
 g. Salvare tutti questi plot per i dati a 600 mb come figure (.gif, .png, ...) nella directory di lavoro (logbook elettronico)

Logbook elettronico

I dati acquisiti e i plot realizzati vanno lasciati nella directory di lavoro creata all'inizio. Più in dettaglio, per questa esperienza, nella directory ci dovrà essere:

- i plot in formato grafico e/o formato root indicati nelle sezioni precedenti

Alla fine dell'esperienza impacchettate tutto il materiale prodotto e sottomettete su moodle.

- Le foto potete caricarle invece direttamente su moodle.

Esempio di impacchettamento con **tar**:

- posizionarsi nella directory DATI_GRUPPI: cd /home/lab0/DATI_GRUPPI
- impacchettare: tar cvfz logbook_Rossi_bragg.tgz Rossi
- postare il file **logbook_Rossi_bragg.tgz** su moodle.

Se volete completare qualche conto o qualche punto dell'analisi, potete sottomettere su moodle il materiale aggiuntivo entro la sera del giorno successivo.

PARTE II – ESPERIENZA (modalità mista oppure completamente remota)

• Settings preliminari sull'hardware

- In caso di esecuzione mista (uno studente in laboratorio e il resto del gruppo online), lo studente in laboratorio provvederà a ripristinare i settaggi utilizzati nella fase di training. In particolare dovrà:
 - verificare i collegamenti dei moduli
 - visualizzare il segnale di Bragg sull'oscilloscopio e impostare la corretta amplificazione
 - collegare l'output sull'ADC e impostare il trigger manuale intorno a 1.5V
- In caso di esecuzione completamente da remoto, l'hardware sarà pre-impostato in condizioni standard.

• Misura delle particelle alfa al variare della pressione

- Acquisire un primo set di dati a 600 mb di sufficiente statistica (~2000 eventi)
- prendere altri 4 set di misure (~2000 eventi) a 650 mb, 550 mb, 500 mb e 450 mb
 - ogni misura richiede un tempo di 15-20min: è bene utilizzare questo tempo per procedere con l'analisi dati in parallelo. Questo permette anche di rivelare subito eventuali anomalie nella presa dati e, se necessario, di ripetere la misura.
 - Per analizzare i dati in parallelo aprite un nuovo terminale e lavorate su quello. Si sconsiglia di fare analisi sul terminale dell'acquisizione, onde evitare rischi di perdere la misura in corso.
- Prendere infine 4 set di dati a statistica più bassa (~1000 eventi) intorno a 400 mb: 425 mb, 400 mb, 375 mb e 350 mb.

Analisi dei dati²

3. Plot di controllo

Durante la sessione di laboratorio:

- Per ogni dataset creare i plot di controllo (vedi punto 2 della prima parte) per essere sicuri che la presa dati non presenti problemi o anomalie.

4. Misure al variare della pressione

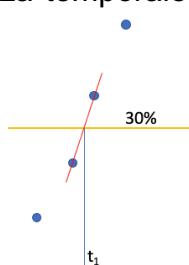
- a. Per ogni valore di pressione plottate il valore del massimo vs. integrale *Cosa succede per le misure a più bassa pressione? cercate un'interpretazione fisica per i risultati ottenuti.*

² In fondo alla scheda trovate una lista di comandi utili per l'analisi dei dati con ROOT

- b. Per le pressioni principali (quelle con 2000 misure) ricavare le posizioni dei centroidi delle alfa delle sorgenti e i valori di v_{max} e piazzarli in funzione della pressione (*un unico plot per tutti i centroidi vs. p , un unico plot per tutti i v_{max} vs. p*).

5. Stima del range delle alfa alle diverse pressioni

- a. Implementare nella macro AnaBragg.C la misura della larghezza temporale del segnale (campo *width* nell'ntupla), prendendo come riferimenti temporali i valori per i quali il segnale passa per il 30% del valore massimo. Per migliorare la precisione della stima si consiglia di determinare i tempi come intersezione tra la retta che definisce il livello del 30% e quella che passa tra il punto immediatamente sotto e quello immediatamente sopra detto livello (vedi schema a lato)
- b. Stimare in modo più preciso la velocità di drift degli elettroni utilizzando le misure a bassa pressione: dall'analisi dei plot bidimensionali (v_{max} vs. *integral*), (v_{max} vs. *width*) e (*width* vs. *integral*) identificare le condizioni per selezionare al meglio le particelle che non vengono fermate completamente nel volume di gas e sbattono sull'anodo. Utilizzare questa selezione per ricavare in modo pulito il tempo che impiegano gli elettroni ad attraversare tutta la lunghezza della camera.
- c. Calcolare quindi i range alle pressioni maggiori per tutti e 3 gli isotopi.
- d. Verificare la legge di Bragg-Kleeman (corrispondenza pressione-range).



6. Misura della risoluzione energetica (solo dataset a 600 mb)

- a. Determinare le posizioni dei picchi e associargli le energie delle tre sorgenti.
Nota: ogni sorgente emette più alfa di diverse energie: cercare su internet (es. DDEP) le energie e intensità delle 2-3 righe principali. Attenzione alla differenza tra “ α transitions” e “ α emissions”...
Un modo semplice di procedere consiste nel fissare con una gaussiana la spalla destra del picco (da poco prima del massimo fino alla base a dx) e farle corrispondere l'energia della riga più alta e intensa...
- b. Rappresentare in grafico la corrispondenza tra posizione(canale) ed energia (plot a sinistra), determinare il coefficiente di conversione canale-energia e quindi la risoluzione energetica $R = \text{FWHM}_E / E_\alpha$ come media dei valori trovati per i tre picchi.

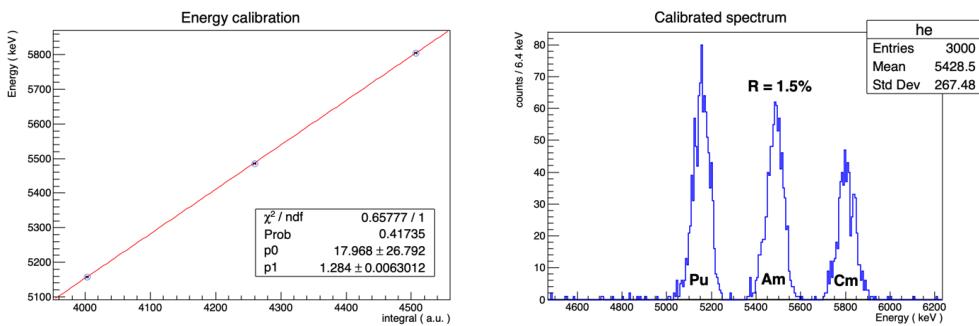


Figura 8: calibrazione in energia e plot ricalibrato

Logbook elettronico esteso

Preparare i seguenti plot e dati analizzati e impacchettarli possibilmente in un unico file da sottomettere su moodle ([logbook_gruppoN_bragg.tgz](#)) :

- i dati grezzi acquisiti durante l'esperimento (root files)
- le seguenti informazioni:
 - o plot pressione 600 mb:
 - integral
 - vmax
 - width
 - vmax vs. integral
 - width vs. integral
 - vmax vs. width
 - o plot altre pressioni:
 - vmax vs. integral
 - centroidi picco vmax e picchi alpha in funzione di p
 - o v_drift:
 - plot con l'indicazione degli eventi selezionati per la determinazione della v_drift
 - valore stimato della v_drift
 - o Bragg-Kleeman
 - plot range vs. 1/p per le alpha dei 3 isotopi
 - o calibrazione energia (solo 600 mb)
 - plot fit picchi con pad dei risultati
 - grafico E in funzione della posizione del picco
 - spettro ricalibrato delle alpha
 - stima della risoluzione energetica

Comandi utili in ROOT per l'analisi dei dati

Qui di seguito alcuni esempi di righe di comando utili per l'analisi dei dati con ROOT

- **PlotSignals:**

- PlotSignals("bragg500.root", 0, 50); // plotta i primi 50 segnali uno sopra l'altro
- La scala verticale viene definita sulla base dell'ampiezza del primo segnale. Se è troppo piccola:
 - cliccare col tasto destro sulla scala verticale (yaxis) e selezionare SetRangeUser
 - introdurre gli estremi del range che si vuole visualizzare

- **AnaBragg:**

- AnaBragg("bragg500.root",70,8); // carica il file, analizza i segnali integrando fino al sample 70 (7 us) e usando 8 come valore di baseline.

Iistogrammi 1D

- nt->Draw("integral"); // disegna il plot della variabile integral determinando range e binning in modo automatico.
- nt->Draw("integral","integral>3000"); // disegna il plot della variabile integral selezionando solo gli eventi con integral > 3000. Range e binning sempre automatici.
- nt->Draw("integral>>hint(200,3000,5000)"); // disegna il plot di integral in un istogramma custom di nome "hint" con 200 bin e range da 3000 a 5000
- nt->Draw("width","vmax<100 && integral>3000"); // disegna la larghezza width per eventi selezionati con vmax minore di 100 AND integral > 3000. La sintassi è quella del C++.

Iistogrammi 2D

- nt->Draw("integral:ev"); nt->Draw("vmax:integral"); // bidimensionali y (prima variabile) vs. x (seconda variabile, dopo i due punti). In entrambi i casi la scelta di range e binning è automatica
- nt->Draw("vmax:integral>>hint2d(200,3000,5000,256,0,256)"); // bidimensionale con binning e range fissati. Notare che nella definizione di hint2d i primi 3 campi si riferiscono alla x (quindi all'integral) e i secondi 3 alla y (vmax)
- nt->Draw("vmax:integral>>hint(200,3000,5000,256,0,256)", "", "colz"); // come sopra, ma con l'opzione grafica "colz", molto utile per visualizzare in modo chiaro queste distribuzioni bidimensionali. Notare il campo centrale "" corrispondente a una stringa vuota di selezione.

Calibrazione assi

- nt->Draw("integral>>hint(200,3000,5000)"); // disegnare il plot della variabile di interesse in un istogramma custom, in cui decidete voi binning e range
- Nella finestra dei comandi dovreste vedere il vostro istogramma nella lista degli oggetti. Digitate .ls e invio. Esempio:

```
root [6] .ls
TFile**      anabrapp_bragg500.root
TFile*       anabrapp_bragg500.root
OBJ: TNtuple nt      : 0 at: 0x7fad46ed68a0
OBJ: TH1F   hint    integral : 0 at: 0x7fad4456b330
OBJ: TH1F   hwidth  width : 0 at: 0x7fad4831f5a0
OBJ: TH2F   h2      integral:vmax : 0 at: 0x7fad450ee800
KEY: TNtuple nt;1
root [7]
```

- Potete anche digitare il nome dell'istogramma e dare invio. Esempio:

```
root [7] hint
(TH1F *) 0x7fad4456b330
root [8]
```

- Se non avete messaggi di errore significa che ROOT riconosce la scrittura "hint" come indirizzo dell'oggetto corrispondente e potete utilizzarlo per tutte le operazioni associate all'oggetto.
- hint->GetXaxis()->Set(200, da, a); // ricalibra l'asse X modificando il range dei 200 bin che ora andrà da "da" (corrispondente al valore 3000 grezzo) ad "a" (corrispondente a 5000).

Disegni e grafici utili sulla camera:

