

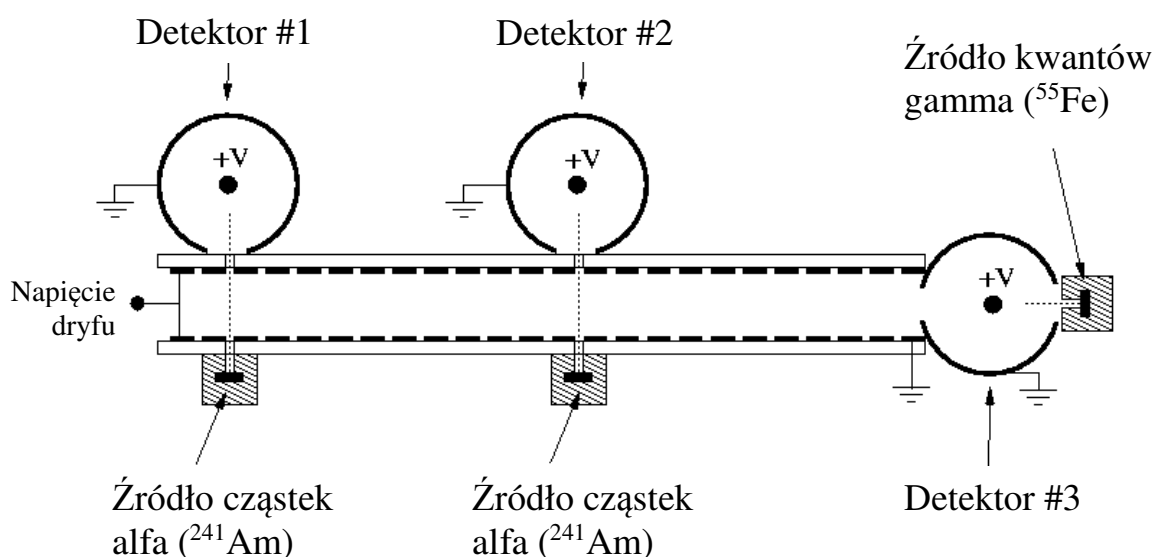
Ćwiczenie P2

Wyznaczanie prędkości dryfu elektronów w gazach

(także: <http://hep.fuw.edu.pl/index.php/studenci/>)

Wprowadzenie: Duża część współczesnych detektorów w fizyce cząstek elementarnych to detektory gazowe. Dla wielu z nich znajomość prędkości dryfu elektronów w wypełniającym detektor gazie jest niezbędna dla otrzymania informacji o przechodzących cząstkach. Stąd też układy monitorujące prędkość dryfu stanowią integralną część wielu detektorów. Układ stosowany w tym ćwiczeniu wzorowany jest na układzie monitorowania prędkości dryfu elektronów w zbudowanym przy udziale pracowników IFD kalorymetrze elektromagnetycznym HPC detektora DELPHI przy akceleratorze LEP, który działał do roku 2000 w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN.

Wykonanie ćwiczenia: Pomiar prędkości dryfu sprowadza się do wyznaczenia czasu przejścia elektronów pomiędzy detektorami #1, 2, 3 dla różnych wartości natężenia pola elektrycznego w obszarze dryfu. Pomiar dokonywany jest za pomocą oscyloskopu cyfrowego i ewentualnie komputera PC połączonego z oscyloskopem złączem GPIB lub RS-232.



- Rysunek 1. Schematyczny przekrój detektora do pomiaru prędkości dryfu elektronów. Cząstki alfa jonizują gaz a powstałe elektrony swobodne dryfują w niemal jednorodnym polu elektrycznym zadanym przez metalowe paski połączone drabinką oporową. Poszczególne drogi dryfu wynoszą:
- 94.2 mm – pomiędzy detektorami #1 i #3
 - 48.2 mm – pomiędzy detektorami #2 i #3
 - 46.0 mm – pomiędzy detektorami #1 i #2.

Wymagania na kolokwium wstępne:

Przed przystąpieniem do ćwiczenia student powinien opanować podstawowe informacje o:

- typach źródeł radioaktywnych
- stratach energii cząstki na jonizację ośrodka (formuła Bethe-Blocha),
- dryfie i dyfuzji w gazach,
- gazowych licznikach proporcjonalnych.

Zakłada się, że student potrafi posługiwać się oscyloskopem (analogowym i cyfrowym) i w szczególności potrafi ustawić:

- podstawę czasu, wzmocnienie, sprzężenie i impedancje wejściową,
- poziom wyzwalań, zbocze i kanał wyzwalań.

Przebieg ćwiczenia:

Przygotowanie układu do pracy

Układ detekcyjny wykorzystuje niepalną i nietoksyczną mieszanekę: **87% Argonu+13% CO₂**. Przed przystąpieniem do ćwiczenia należy upewnić się, że układ doświadczalny ma zapewniony przepływ mieszanki gazowej z szybkością około **1 NI/h**. Szklana bąblarka umieszczona na końcu linii gazowej służy do sprawdzania szczelności układu. Mieszanka powinna przepływać przez układ przynajmniej **1 godzinę** przed włączeniem wysokiego napięcia.

Wysokie napięcia reguluje się za pomocą potencjometrów na czołowej ścianie pudła kontrolnego. Dla poszczególnych detektorów nominalne napięcia pracy wynoszą:

- | | | | |
|-----------|-----------------------|------------------------|-----------------|
| • Kanał-1 | Detektor #1 | $V_1 = 1800V$ | dodatnie |
| • Kanał-2 | Detektor #2 | $V_2 = 1800V$ | dodatnie |
| • Kanał-3 | Detektor #3 | $V_3 = 1800 - 2200V$ | dodatnie |
| • Kanał-4 | Napięcie dryfu | $V_{dryf} = 0 - 3000V$ | ujemne |

Uwaga: Napięcia proszę włączać tylko pod kontrolą osoby prowadzącej ćwiczenia.

Ponieważ prędkość dryfu i wzmocnienie gazowe zależą od temperatury i ciśnienia należy zwrócić uwagę na to, czy te wielkości były stałe podczas wykonywania pomiaru.

Sygnaly z drutów anodowych trzech detektorów są wzmacniane przez liniowe wzmacniacze zasilane niskim napięciem z pudła kontrolnego. Impulsy powinny być odczytywane na oscyloskopie na 50Ω ze sprzężeniem AC (ze względu na niezerową składową stałą napięcia generowaną na wyjściu wzmacniaczy).

Wstępne pomiary

Przy wyłączonym napięciu dryfu V_{dryf} należy zapoznać się z kształtem sygnałów otrzymywanych z detektorów #1, 2, 3. W szczególności trzeba odróżnić sygnały pochodzące od cząstek α w detektorach #1, 2 oraz od kwantów γ w detektorze #3. Zwrócić uwagę na amplitudę i czas narastania impulsów.

W pierwszej kolejności powinno się wykonać pomiary prędkości dryfu w funkcji napięcia dryfu V_{dryf} wykorzystując ekran oscyloskopu. W tym celu ustawiamy napięcia nominalne na detektorach następująco:

$$\begin{aligned} V_1 &= +1800V \text{ dla detektora \#1} \\ V_2 &= 0V \text{ dla detektora \#2 (ważne!)} \\ V_3 &= +2000V \text{ dla detektora \#3} \end{aligned}$$

Napięcie dryfu można początkowo ustalić na $V_{dryf} = -1000V$.

Trzeba tak dobrać czułość w poszczególnych kanałach oraz podstawę czasu w oscyloskopie, aby jednocześnie zaobserwować sygnały z detektorów #1, 3.

Uwaga: Jeśli efektywność rejestracji impulsów z detektora #3 jest niewystarczająca nawet dla skali 2mV/div, można stopniowo zwiększać napięcie pracy detektora #3. Jednak przy zbyt wysokim wzmocnieniu sygnał będzie zawierał wiele pików, które niekorzystnie wpłyną na czasową zdolność rozdzielczą pomiaru.

Gdy już zaobserwujemy oba sygnały napięcie dryfu należy zwiększać i obserwować zmiany różnicy czasu pomiędzy sygnałami.

Dla napięć dryfu poniżej -1000V wygodnie jest używać detektorów #2, 3 zamiast #1, 3.

Właściwe pomiary

W następnym kroku należy do pomiarów wykorzystać komputer PC połączony z oscyloskopem złączem GPIB lub RS-232. Najprościej skorzystać z zainstalowanej nakładki na program LabView™ dla oscyloskopu cyfrowego HAMEG. Program pozwala w pełni kontrolować ustawienia oscyloskopu (wyzwalanie, wzmocnienie, podstawa czasu) oraz zapisywać zebrane przebiegi w postaci pliku tekstowego do dalszej samodzielnej analizy. Podczas zbierania danych można na bieżąco oglądać histogramy amplitud i czasów przyjscia sygnałów z dwóch detektorów.

Literatura:

Podstawowe informacje o działaniu detektorów gazowych można znaleźć w Ref. [1].

Dane dotyczące prędkości dryfu elektronów dla stosunkowo słabych pól zamieszczone są w Ref. [2]. Niedawno systematyczne studia prędkości dryfu elektronów dla mieszanki Ar-CO₂ przeprowadzone zostały przez T. Zhao et al. [3]. Patrz też [4].

1. F. Sauli, *Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers*, CERN Yellow Report **77-09**, Geneva 1977.
2. A. Peisert and F. Sauli, "*Drift and diffusion of electrons in gases: a compilation*", CERN Yellow Report **84-08**, Geneva 1984.
3. T. Zhao et al., *A study of electron drift velocity in Ar-CO₂ and Ar-CO₂-CF₄ gas mixtures*, Nucl. Instr. and Methods **A 340** (1994) 485-490.
4. *Magboltz* (autor S. Biagi) – program do numerycznego obliczania prędkości dryfu, współczynników: dyfuzji, wzmocnienia Townsenda, pochłaniania elektronów w mieszankach gazowych; więcej informacji w artykule Nucl. Instr. and Methods **A 421** (1999) 234-240 oraz na stronach CERN-u: <http://magboltz.web.cern.ch/magboltz/>