ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1981

Seria: MATEMATYKA-FIZYKA z. 39 Nr kol. 686

Anna PAZDUR

POMIAR KONCENTRACJI ^{222}Rn W MIESZANINIE GAZÓW $Rn-CO_2$ ZA POMOCĄ LICZNIKA PROPORCJONALNEGO. CHARAKTERYSTYKI LICZNIKA POMIAROWEGO

Streszczenie. Przedstawiono metodę wyboru i kontroli punktu pracy licznika proporcjonalnego zastosowaną w pomiarach koncentracji ^{222}Rn w mieszaninie gazów $Rn-CO_2$ podczas badania zjawiska dyfuzji termicznej. Omówiono i przedyskutowano charakterystyki licznika proporcjonalnego z punktu widzenia przydatności licznika do badania termodyfuzji w mieszaninie $Rn-CO_2$.

1. Metoda wyboru i kontroli punktu pracy licznika w pomiarach koncentracji radonu

Przyjęcie odpowiedniej metody wyznaczania i kontroli punktu pracy licznika proporcjonalnego w pomiarach koncentracji radonu w mieszaninie gazów $Rn-CO_2$ podczas badania zjawiska termodyfuzji w tej mieszaninie okazało się konieczne z następujących przyczyn:

1.1. Wzmocnienie gazowe, określające między innymi punkt pracy licznika, zależy od: wartości wysokiego napięcia przyłożonego na licznik, rodzaju gazu wypełniającego, temperatury oraz silnie zależy od rodzaju i ciśnienia cząstkowego niekontrolowanych domieszek gazowych. Licznik proporcjonalny wypełniony CO_2 jest szczególnie czuły na zanieczyszczenia CO_2 domieszkami gazów elektroujemnych, takich jak np.: O_2, tlenki siarki i azotu.

Z doświadczeń nad pomiarami radioaktywności za pomocą gazowych liczników proporcjonalnych wypełnionych CO_2 wiadomo [1-3], że np. domieszka O_2 w ilości rzędu 10^{-6} (stężenie względne) wpływa w znaczący sposób na pracę licznika proporcjonalnego wypełnionego CO_2. Obecność gazu elektroujemnego zniekształca widmo amplitudowe impulsów, powoduje zmiany wydajności detekcji i zmienia kształt charakterystyki licznika (zmiana pochylenia plateau, skrócenie plateau).

1.2. W procesie osiągania stanu równowagi promieniotwórczej pomiędzy radonem i produktami jego rozpadu, bezpośrednio po wypełnieniu liczników, szybkość osiągania maksimum aktywności jest duża oraz czas osiągania maksimum jest stosunkowo krótki (około 240 min) w porównaniu z czasem po-

trzebnym na kontrolę czystości wypełnienia przez pomiar charakterystyki licznika. Ponadto zmienna w czasie aktywność radonu i produktów rozpadu powoduje niepowtarzalność kształtu charakterystyki nawet w przypadku wypełnienia liczników w sposób poprawny.

1.3. W badaniach nad zjawiskiem dyfuzji termicznej śledzenie zmian koncentracji radonu w funkcji czasu wymagało również szybkiej metody właściwego ustawienia napięcia pracy licznika. Obserwację zjawiska dyfuzji termicznej rozpoczynano bezpośrednio po konwekcyjnym przepływie gazu z komory nagrzanej do chłodnej. Przepływ gazu powodował pojawienie się dodatkowej liczby atomów radonu w małym liczniku, a stąd ustalanie się nowego stanu równowagi promieniotwórczej. Ponadto zmiana gęstości gazu w małym liczniku wskutek cieplnego przepływu gazu była przyczyną przesunięcia się napięcia pracy licznika w kierunku wyższych napięć, a ze względu na stałe czasowe pozostałych zjawisk nową wartość napięcia należało ustalić w ciągu kilku minut.

1.4. Metoda wyznaczania i kontroli punktu pracy licznika proporcjonalnego powinna również umożliwić kontrolę stabilności wysokiego napięcia na liczniku oraz progów dyskryminacji aparatury rejestrującej.

Przy założeniu stałości w czasie całkowitego widma impulsów stosunek liczby impulsów rejestrowanych powyżej pewnego (górnego) progu dyskryminacji do całkowitej liczby impulsów określonej dolnym progiem dyskryminacji jest czuły na fluktuacje wysokiego napięcia oraz progów dyskryminacji aparatury rejestrującej, czystość gazu wypełniającego liczniki oraz nie zależy od liczby atomów substancji radioaktywnej wprowadzonej do licznika w zakresie stosowanych koncentracji radonu [2]. Stosunek ten (K) jest wprost równy stosunkowi liczby impulsów (N_g) rejestrowanych w jednostce czasu, powyżej progu górnego (V_g), do liczby impulsów (N_d) rejestrowanych powyżej dolnego progu dyskryminacji (V_d)

$$K = \frac{N_g}{N_d} \tag{1.1}$$

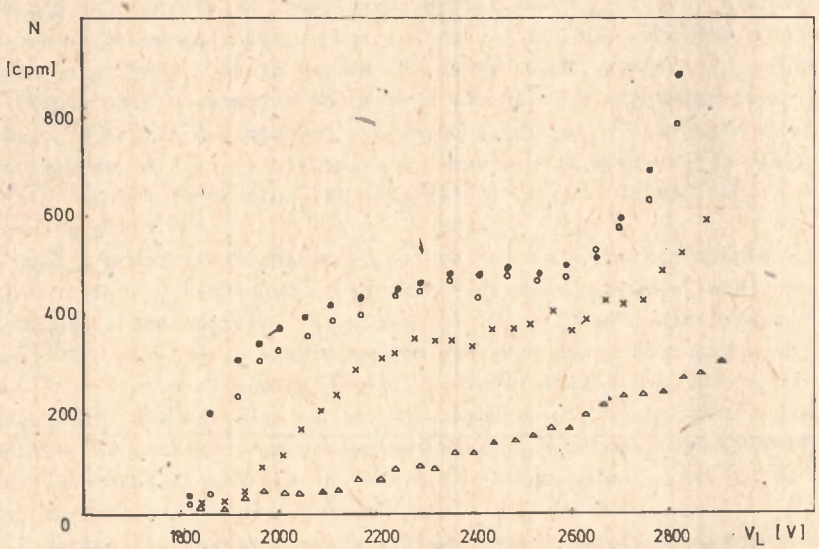
W stosowanej aparaturze elektronicznej wartość K mogła być wyznaczona dla każdego pojedynczego pomiaru. Umożliwiały to dwa przeliczniki podłączone równolegle na wyjście wzmacniacza o regulowanych progach dyskryminacji. Jako wartość dolnego progu dyskryminacji przyjęto $V_d = 10$ mV (w odniesieniu do amplitudy impulsów na wyjściu licznika). Wartość ta była kilkakrotnie wyższa od obserwowanego poziomu szumów aparatury elektronicznej. Górny próg dyskryminacji przyjęto $V_g = 100$ mV. Ustalenie punktu pracy licznika polegało na znalezieniu takiej wartości wysokiego napięcia zasilającego licznik, przy którym stosunek K posiadał wartość mieszczącą się w dopuszczalnym przedziale zmian jego wartości.

Dopuszczalny przedział zmian wartości K został określony z szeregu pomiarów charakterystyk licznika dla różnych wypełnień mieszaninę gazów Rn-CO_2, przebadania "czułości" K na zmiany wysokiego napięcia i dolnego progu dyskryminacji oraz "czułości" rejestrowanej liczby impulsów na zmianę wartości K.

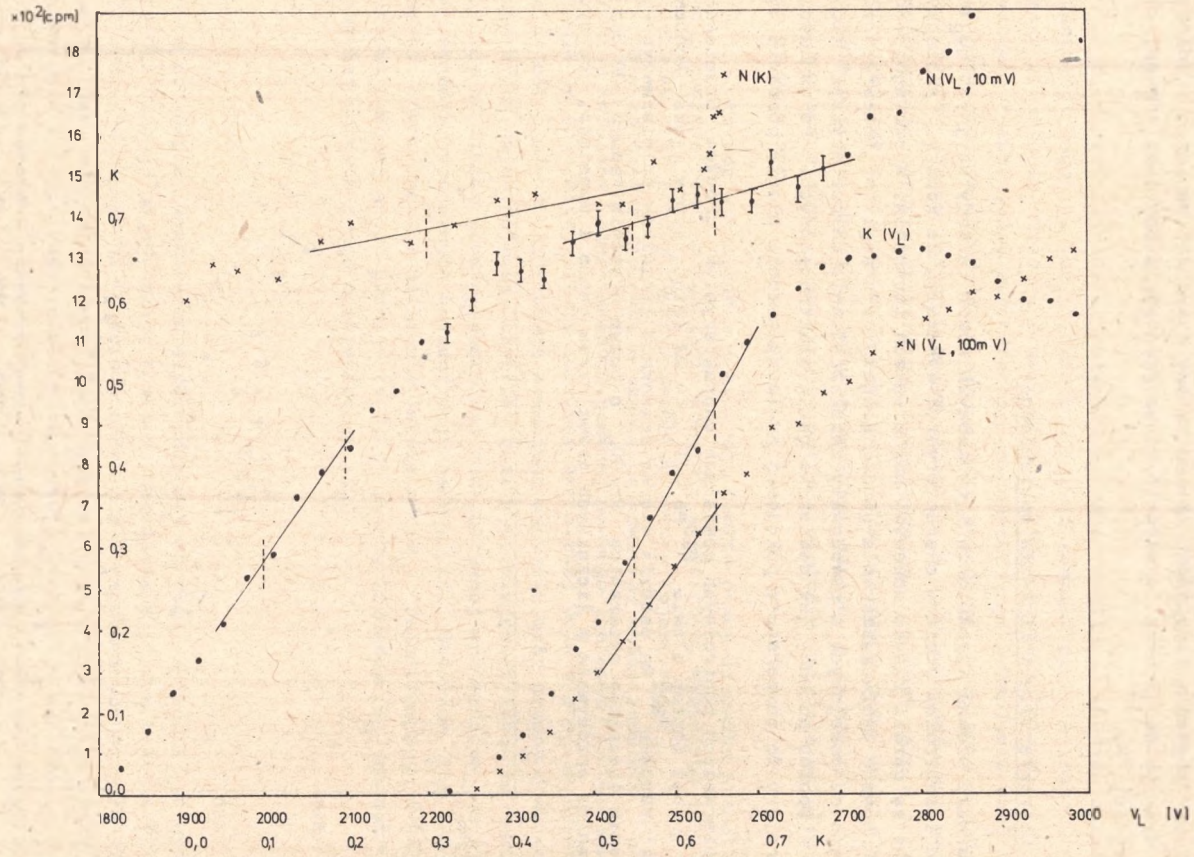
2. Charakterystyki licznika pomiarowego

Pierwsze próbne wypełnienie licznikowych komór termodyfuzyjnych CO_2 bez radonu i kontrolne pomiary charakterystyk wykazały, że komory zanieczyszczone są gazami zaadsorbowanymi na ściankach liczników. W szczególności zaadsorbowane zanieczyszczenia gazowe ulegały resorpcji w temperaturach wyższych od pokojowych i powodowały zniekształcenia charakterystyk liczników w sposób podobny jak domieszki gazów elektroujemnych. Po obniżeniu temperatury do temperatury pokojowej zanieczyszczenia uległy ponownie adsorpcji.

W pierwszych kontrolnych pomiarach charakterystyk źródłem promieniowania α był izotop ołowiu ^{210}Pb ($T_{1/2}$ = 22 lata), który jako końcowy produkt rozpadu ^{222}Rn osadził się na ściankach liczników po pierwszym wypełnieniu liczników mieszaniną Rn-CO_2 o dużym stężeniu radonu (~10^7 cpm). Mieszanina przebywała w licznikach przez okres około 1 miesięca, co spo-



Rys. 1. Zmiany kształtu charakterystyki licznika dużego w miarę poprawiania się czystości licznikowych komór termodyfuzyjnych (V_d = 10 mV). (X), (Δ) charakterystyki w temperaturach 70° i 100°C przed wygrzewaniem; (•), (o) charakterystyki w temperaturach 20°C i 120°C po wygrzewaniu



Rys. 2. Charakterystyki małego licznika (t_{LM} = 23°C, p_L = 482 Tr)

wodowało wytworzenie stałego tła w liczniku małym około 30 cpm, w liczniku dużym około 500 cpm.

W celu osiągnięcia odpowiedniej czystości komór licznikowych liczniki wypełnione CO_2 wygrzewano (licznik mały w temp. 70°C, licznik duży w temp. 130°C), a następnie nagrzane liczniki pompowano i wypełniano ponownie czystym CO_2. Każdorazowo kontrolowano charakterystyki liczników po ich nagrzaniu i w temperaturze pokojowej. Zmiany kształtu charakterystyk licznika dużego w temperaturach pokojowych i po nagrzaniu licznika w miarę polepszenia się czystości komór są przedstawione na rys. 1. Na rys. 2 pokazano przykładowo charakterystyki licznika mniejszego w temperaturze pokojowej, przy ciśnieniu gazu wypełniającego (mieszanina Rn-CO_2) 482 Tr. Wykres $N(V_L, 10\ mV)$ przedstawia szybkość zliczeń w funkcji wysokiego napięcia na liczniku dla progu dyskryminacji $V_d = 10$ mV.

Podobną zależność przedstawia krzywa $N(V_L, 100\ mV)$ dla progu dyskryminacji $V_g = 100$ mV. Nachylenie plateau w punkcie pracy $V_p = 2500$ V dla krzywej $N(V_L, 10\ mV)$ wynosi $\delta_N = 4{,}2\%/100$ V, a nachylenie czoła charakterystyki (nachylenie w punkcie odpowiadającym napięciu, przy którym liczba impulsów wynosi połowę zliczeń w plateau) jest równe $\delta_c = 40{,}4\%/100$ V. Wartość K odpowiadająca napięciu pracy wynosi K = 0.3868. Zmianę K w funkcji napięcia na liczniku przedstawia krzywa $K(V_L)$.

Względna zmiana K w otoczeniu punktu pracy jest równa $\delta_K = 46{,}9\%/100$ V.

Dla krzywej N(K) przedstawiającej zmianę liczby impulsów w funkcji parametru K (wartość K regulowana napięciem na liczniku) w otoczeniu K, odpowiadającemu wartości w punkcie pracy licznika, względna zmiana liczby impulsów przypadająca na zmianę K równą 0,01, wynosi $\delta_{NK} = 0{,}29\%/0{,}01$.

Zestawienie powyższych parametrów dla różnych charakterystyk licznika małego, zdjętych dla różnych wypełnień licznika, w podobnych warunkach ciśnienia gazu p_L (p_L - ciśnienie w temperaturze pokojowej), dla tych samych i różnych temperatur licznika małego (t_{LM}) i dużego (t_{LD}) znajduje się w tabeli 1.

Rys. 3 przedstawia zależność parametru K w funkcji dolnego progu dyskryminacji przy ustalonym napięciu na liczniku równym napięciu pracy. Względna zmiana wartości K w punkcie $V_d = 10$ mV odpowiadającemu ustalonej dla wszystkich eksperymentów wartości progu dolnego wynosi 12%/10 mV.

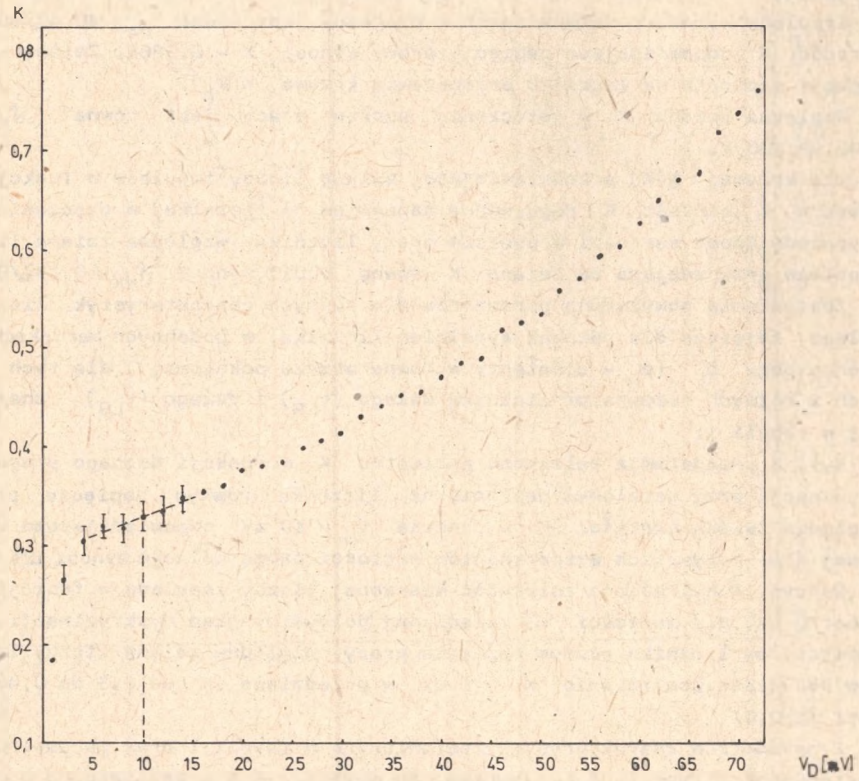
Na rys. 4 wykreślono zależność mierzonej liczby impulsów w funkcji parametru K, dla wartości K zmienianej dolnym progiem dyskryminacji, przy napięciu na liczniku równym napięciu pracy. Względna zmiana liczby impulsów odpowiadająca zmianie K o 0,01, w przedziale K od 0,3 do 0,4, wynosi 3%/0,01.

Z parametrów charakterystyk zestawionych w tabeli 1 oraz parametrów charakterystyk z rys. 2, 3 i 4 wynika, że wartość K z przedziału od 0,32 do 0,40 zapewnia:

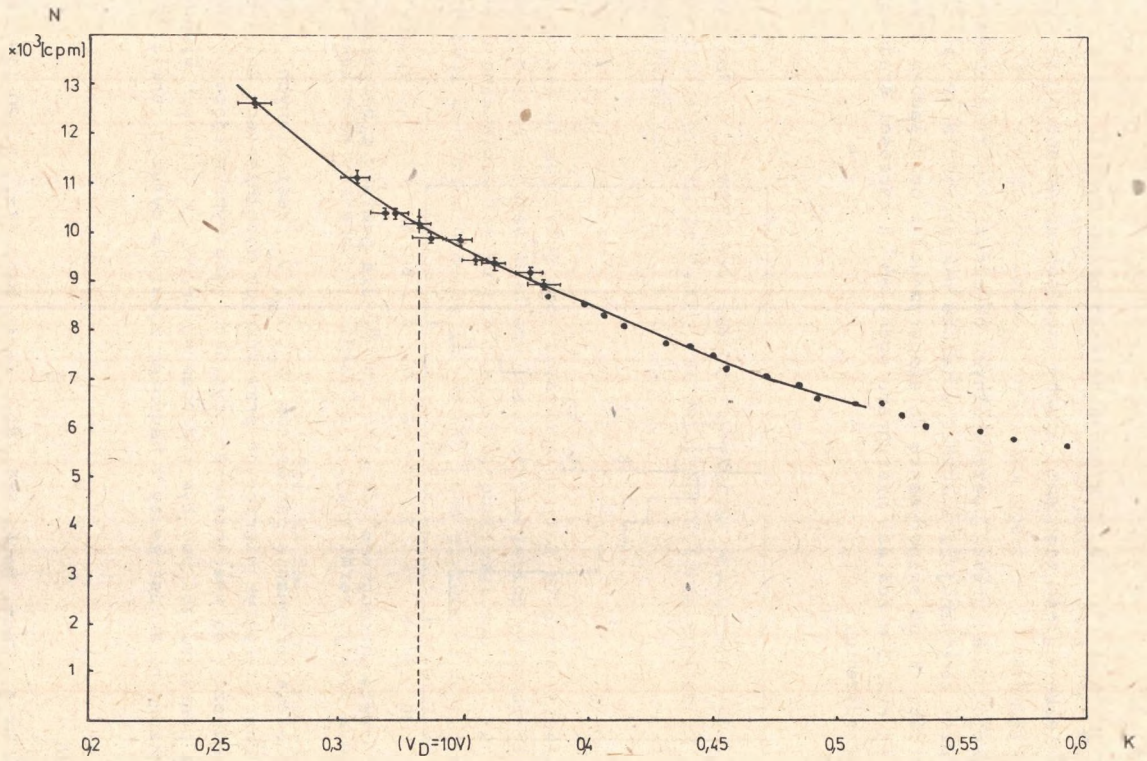
Tabela 1

Parametry charakterystyk małego licznika proporcjonalnego dla kilku różnych wypełnień licznikowych komór termodyfuzyjnych

p_L [Tr]	t_{LM} [°C]	t_{LD} [°C]	V_P [V]	K	δ_N [%/100V]	δ_C [%/100V]	δ_K [%/100V]	δ_{NK} [%/0,01]
473	23,0	23,0	2440	0,3516	4,5	43,3	52,0	0,20
475	22,5	22,5	2440	0,3420	3,0	40,8	54,2	0,16
469	23,0	23,0	2400	0,3255	3,5	41,4	55,8	0,23
477	19,8	19,8	2500	0,3507	3,5	38,8	53,6	0,15
473	23,8	23,8	2470	0,3605	4,2	41,7	58,7	0,26
482	23,2	23,2	2500	0,3868	4,2	40,4	46,9	0,29
482	20,6	120,8	2730	0,3465	2,8	34,2	47,8	0,21



Rys. 3. Parametr K w funkcji dolnego progu dyskryminacji przy ustalonym napięciu na liczniku, odpowiadającym napięciu pracy



Rys. 4. Szybkość zliczeń w funkcji parametru K przy ustalonym napięciu równym napięciu pracy. Wartość K zmieniana dolnym progiem dyskryminacji

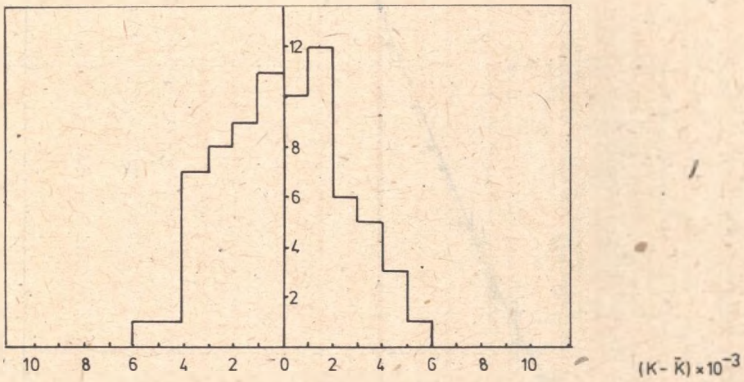
1. Dużą czułość parametru K na fluktuacje wysokiego napięcia (patrz wartość δ_K).

2. Małą czułość mierzonej liczby impulsów na zmianę wartości K (patrz wartość δ_{NK}).

3. Dobrą czułość K na fluktuacje dolnego progu dyskryminacji (rys.3).

4. Niewielką czułość mierzonej liczby impulsów na zmianę progu dyskryminacji (rys. 4).

Fluktuacje K w obrębie poszczególnych eksperymentów z badaniem zjawiska dyfuzji termicznej są znacznie mniejsze niż dopuszczalny przedział zmian wartości K od eksperymentu do eksperymentu i przykładowo przedstawione są na rys. 5 w postaci histogramu odchyleń od wartości średniej $\bar{K}$ w danym doświadczeniu.



Rys. 5. Przykład histogramu odchyleń $(K - \bar{K})$ dla pomiaru z badaniem zjawiska dyfuzji termicznej. $\bar{K}$ = 0,3435, 74 pomiary cząstkowe

Równocześnie porównanie parametrów V_p, δ_N, δ_C zestawionych w tabeli 1 dla charakterystyk mierzonych przy różnych wypełnieniach komór licznikowych wskazuje na powtarzalność czystości gazu wypełniającego komory, a więc na powtarzalność pod tym względem warunków, w których wykonywane były poszczególne eksperymenty z badaniem zjawiska dyfuzji termicznej.

LITERATURA

[1] ZASTAWNY A.: Zesz. Nauk. Pol. Śl., seria Mat.-Fiz., z. 20 (1972).

[2] ZASTAWNY A., KOSTKIEWICZ E., MOŚCICKI WŁ., PAZDUR A., PAZDUR M., POMYKAŁA W.: Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria "Mat.-Fiz.", z. 23, s. 41 (1973).

[3] SRDOČ D., SLIPCEVIC A.: Int. J. Appl. Radiation and Isotopes, 14/481 (1963).

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИЗОТОПА ^{222}Rn В ГАЗОВОЙ СМЕСИ $Rn-CO_2$ ПРИ ПОМОЩИ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО СЧЁТЧИКА

Р е з ю м е

Представлено методику определения и контроля рабочей точки пропорционального счётчика применяемую при измерениях концентрации изотопа ^{222}Rn в бинарной смеси $Rn-CO_2$ во время исследования процесса термодиффузии. Проанализировано характеристики пропорционального счётчика определяющие его пригодность в исследовании процесса термодиффузии в бинарной газовой смеси $Rn-CO_2$.

ON THE USE OF PROPORTIONAL COUNTER IN PRECISE MEASUREMENTS OF RADON CONCENTRATION IN $Rn-CO_2$ MIXTURE. PROPORTIONAL COUNTER CHARACTERISTICS

S u m m a r y

A method of adjusting and continuous control of proportional counter working points is described and the characteristics of proportional counter are presented. The suitability of proportional counter for the study of thermal diffusion process in $Rn-CO_2$ gas mixture is discussed.

Wpłynęło do Redakcji 20.XII.1977 r.

Recenzent

Doc. dr hab. inż. Andrzej ZASTAWNY