

Radon w powietrzu

Marcin Polkowski

marcin@polkowski.eu

10 marca 2008

Streszczenie

Celem ćwiczenia był pomiar stężenia ^{222}Rn i produktów jego rozpadu w powietrzu. Pośrednim celem ćwiczenia było również zapoznanie się z detektorem scyntylacyjnym cząstek α .

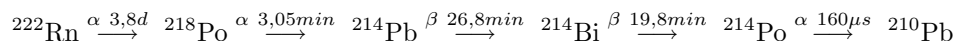
Spis treści

1	Wstęp teoretyczny	1
2	Przyrządy pomiarowe	2
3	Prędkość pompowania	2
4	Pomiary	2
4.1	Magazyn na II p.	2
4.2	Piwnica	4
5	Wnioski	5
6	Bibliografia	5
7	Tabele	6

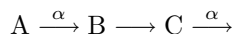
1 Wstęp teoretyczny

Człowiek w ciągu życia spotyka się z różnego rodzaju promieniowaniem jonizującym. Blisko 40% wkładu do dawki promieniowania stanowi radon.

Poniższy schemat pokazuje fragment rozpadu ^{222}Rn .



który możemy uprościć do:



Interesuje nas pomiar aktywności (ilości rozpadów w jednostce czasu w jednostce objętości) izotopu ^{218}Po oznaczany jako A_a . Jednostką aktywności jest bekerel [Bq].

Intensywność rejestrowanego promieniowania α można opisać równaniem:

$$N_\alpha(t) = v\eta\epsilon [ae^{-\lambda_a T} + be^{-\lambda_b T} + ae^{-\lambda_b T}]$$

które zostało dokładniej opisane w dalszej części raportu.

2 Przyrządy pomiarowe

Do przeprowadzenia doświadczenia użyto następujących urządzeń i przedmiotów:

- detektora scyntylacyjnego (DS),
- zasilacza wysokiego napięcia (ZWN),
- wzmacniacza sygnałów fotopowielacza (WZ)
- dyskryminatora progowego (DP)
- przelicznika
- odkurzacza
- stopera
- nakładki z filtrem

3 Prędkość pompowania

Do pomiaru prędkości przepływu powietrza przez odkurzacza wykorzystano plastikowy worek do którego wstawiono odkurzacza. Zmierzono czas pompowania worka:

$$t = 3 : 00 \text{ min} = 180 \text{ sekund}$$

Worek ma kształt walca o długości $L = 10 \text{ m}$ i promieniu (promień wyliczono znając szerokość pustego worka) $r = 0,3211 \text{ m}$. Ponieważ worek nie był idealnym walcem jego końce przybliżono do stożków o wysokości $h = 0,3 \text{ m}$. Tak więc objętość walca wynosiła:

$$V = \pi r^2 \left(L + \frac{2}{3}h \right) = 3,11 \pm 0,15 \text{ m}^3$$

Niepewność pomiaru objętości została oceniona ze względu na brak informacji o wielu parametrach mających wpływ na pomiar.

Znając czas pompowania i objętość możemy obliczyć prędkość:

$$v = \frac{V}{t} = 0,0173 \pm 0,0008 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

4 Pomiary

Przed przystąpieniem do pomiarów właściwych zmierzono ilość zliczeń na minutę powodowanych przez cząstki z rozpadu toru ze źródła dla czterech różnych napięć zasilania detektora. Na podstawie tych pomiarów zdecydowano wykonywać kolejne pomiary przy maksymalnym napięciu 1000V.

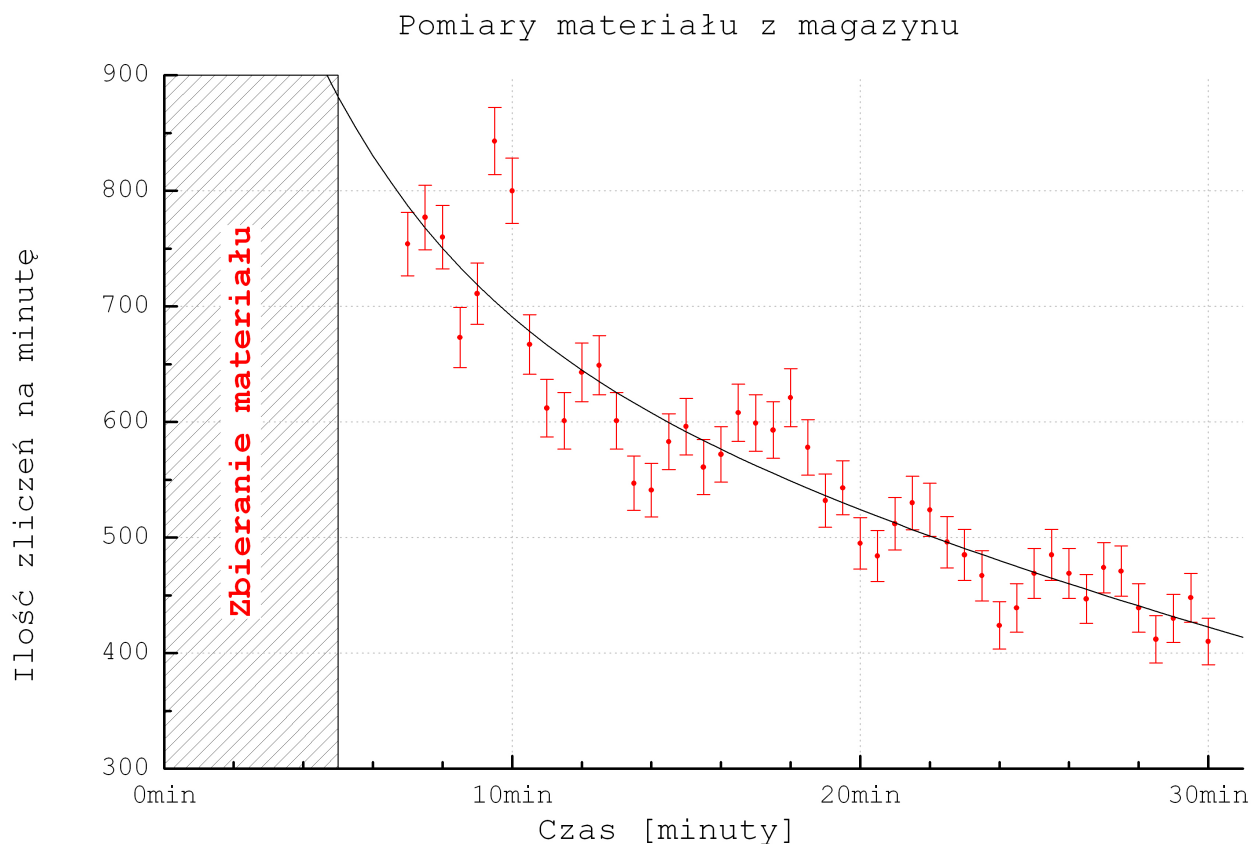
Dla tak wybranego napięcia zasilania zmierzono promieniowane tła, które wyniosło 1,6 zliczenia na minutę. Wartość ta ze względu na swoją wielkość nie była uznawana w analizie późniejszych pomiarów.

4.1 Magazyn na II p.

Przez pięć minut pompowano powietrze przez filtr w magazynie pierwszej pracowni fizycznej. Następnie przeniesiono filtr na detektor i czytywano ilość zliczeń w odstępach co 30 sekund poczynając od 6 minuty (licząc od początku pompowania). Na podstawie tak zebranych danych obliczono ilość zliczeń w każdym 30-sekundowym okresie. Otrzymane wyniki zsumowano aby otrzymać ilości zliczeń na minutę. Pomiary były zbierane przez 25 minut.

Do zebranych w ten sposób pomiarów (przeliczonych na ilość zliczeń na sekundę) dopasowano krzywą:

$$N_{\alpha}(t) = v\eta\epsilon [ae^{-\lambda_a T} + be^{-\lambda_b T} + ae^{-\lambda_b T}] \quad (1)$$



Rysunek 1: Pomiary materiału z magazynu

gdzie:

$\lambda_a = 3,783 \cdot 10^{-3} \frac{1}{s}$	← stała rozpadu jąder A
$\lambda_b = 4,317 \cdot 10^{-4} \frac{1}{s}$	← stała rozpadu jąder B
$\lambda_c = 5,833 \cdot 10^{-4} \frac{1}{s}$	← stała rozpadu jąder C
$v = 0,0173 \pm 0,0008 \frac{m^3}{s}$	← prędkość pompowania
$\eta = 1$	← wydajność absorpcji filtra
$\epsilon = 0,4$	← współczynnik docierania do derektora

W powyższym równaniu parametrami były zmienne a , b i c , których wartości po dopasowaniu krzywej przedstawiały się następująco:

$$\begin{aligned} a &= 1415 \pm 699 \\ b &= 3430 \pm 1141 \\ c &= -1602 \pm 987 \end{aligned}$$

Zebrane pomiary wraz z dopasowaną krzywą przedstawiono na wykresie (1).

Na podstawie układu równań:

$$\begin{cases} a = 307A_a \\ b = 148A_a + 1154A_b \\ c = -156A_a - 1154A_b + 300A_c \end{cases}$$

Wyznaczono wzory na A_a , A_b oraz A_c :

$$A_a = \frac{a}{307} \quad (2)$$

$$A_b = \frac{-148a + 307b}{354278} \quad (3)$$

$$A_c = \frac{8a + 307b + 307c}{92100} \quad (4)$$

Oraz, korzystając z zasady propagacji małych błędów niepewności tych wartości:

$$\delta A_a = \frac{\sqrt{\delta a^2}}{307} \quad (5)$$

$$\delta A_b = \sqrt{\frac{5476\delta a^2}{31378225321} + \frac{\delta b^2}{1331716}} \quad (6)$$

$$\delta A_c = \sqrt{\frac{4\delta a^2}{530150625} + \frac{\delta b^2}{90000} + \frac{\delta c^2}{90000}} \quad (7)$$

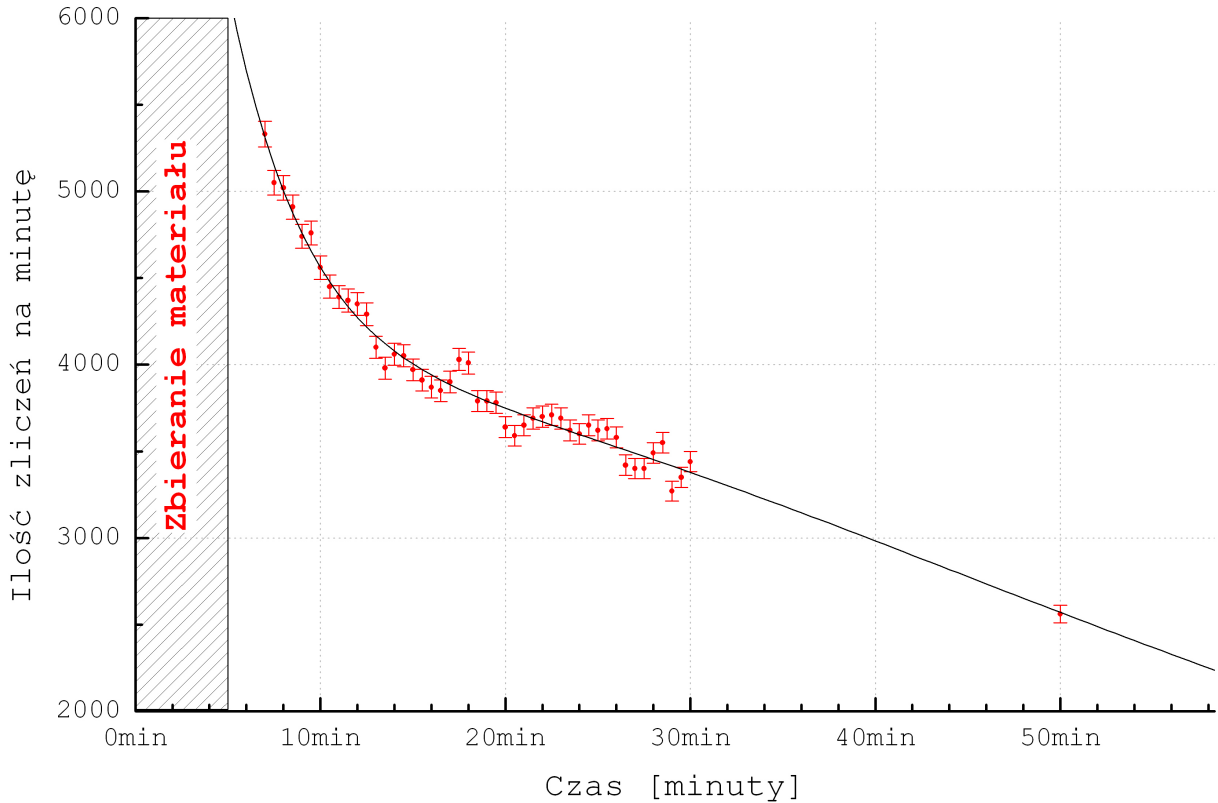
Po podstawieniu wartości parametrów a , b i c otrzymano ostatecznie:

$$\begin{aligned} A_a &= 4,61 \pm 2,28 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \\ A_b &= 2,38 \pm 0,76 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \\ A_c &= 6,21 \pm 4,25 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

Uzyskane niepewności są duże ze względu na zbyt krótki (w mojej ocenie) czas zbierania pomiarów. W przypadku próbki z piwnicy dokonano dodatkowych pomiarów po 50 minutach od początku pompowania. Pozwoliło to na dokładniejsze dopasowanie krzywej, a co za tym idzie mniejszą niepewność wyznaczonej wartości aktywności A_a .

4.2 Piwnica

Pomiary materiału z piwnicy



Rysunek 2: Pomiary materiału z piwnicy

Na identycznej zasadzie dokonano pomiaru w pomieszczeniu w piwnicy. Tym razem uzyskano następujące wartości współczynników równania (1):

$$\begin{aligned} a &= 18817 \pm 1194 \\ b &= 47403 \pm 1327 \\ c &= -39088 \pm 1625 \end{aligned}$$

Zebrane pomiary wraz z dopasowaną krzywą przedstawiono na wykresie (2).

Z równań (2-4) oraz (5-7) wyznaczono wartości A_a , A_b oraz A_c :

$$\begin{aligned} A_a &= 61,29 \pm 3,89 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \\ A_b &= 33,22 \pm 1,25 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \\ A_c &= 29,35 \pm 6,99 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

5 Wnioski

Otrzymano następujące wyniki intensywności promieniowania:

$$\begin{aligned} \text{W piwnicy} &\rightarrow 61,29 \pm 3,89 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \\ \text{Na piętrze} &\rightarrow 4,61 \pm 2,28 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

Intensywność promieniowania α wynikająca z rozpadu izotopu ^{218}Po będącego bezpośrednim produktem rozpadu radonu okazała się około 13 razy większa w piwnicy niż w magazynie na II piętrze. Wynika to z faktu, że głównym źródłem radonu w budynkach jest jego przenikanie z gruntu. Zbiera się on w niewietrzonych pomieszczeniach.

6 Bibliografia

Do sporządzenia niniejszego opisu wykorzystane zostały wiadomości z następujących źródeł:

- Instrukcja do ćwiczenia
- John R. Tylor, *Wstęp do analizy błędu pomiarowego*, Warszawa 1995
- Notatki własne

7 Tabele

Tabela 1: Wyniki pomiarów

Magazyn, IIp.		Piwnica	
czas [s]	ilość zliczeń	czas [s]	ilość zliczeń
420,0 ± 0,5	754 ± 27	420,0 ± 0,5	5330 ± 73
450,0 ± 0,5	777 ± 28	450,0 ± 0,5	5050 ± 71
480,0 ± 0,5	760 ± 28	480,0 ± 0,5	5020 ± 71
510,0 ± 0,5	673 ± 26	510,0 ± 0,5	4910 ± 70
540,0 ± 0,5	711 ± 27	540,0 ± 0,5	4740 ± 69
570,0 ± 0,5	843 ± 29	570,0 ± 0,5	4760 ± 69
600,0 ± 0,5	800 ± 28	600,0 ± 0,5	4560 ± 68
630,0 ± 0,5	667 ± 26	630,0 ± 0,5	4450 ± 67
660,0 ± 0,5	612 ± 25	660,0 ± 0,5	4390 ± 66
690,0 ± 0,5	601 ± 25	690,0 ± 0,5	4370 ± 66
720,0 ± 0,5	643 ± 25	720,0 ± 0,5	4350 ± 66
750,0 ± 0,5	649 ± 25	750,0 ± 0,5	4290 ± 65
780,0 ± 0,5	601 ± 25	780,0 ± 0,5	4100 ± 64
810,0 ± 0,5	547 ± 23	810,0 ± 0,5	3980 ± 63
840,0 ± 0,5	541 ± 23	840,0 ± 0,5	4060 ± 64
870,0 ± 0,5	583 ± 24	870,0 ± 0,5	4050 ± 64
900,0 ± 0,5	596 ± 24	900,0 ± 0,5	3970 ± 63
930,0 ± 0,5	561 ± 24	930,0 ± 0,5	3910 ± 63
960,0 ± 0,5	572 ± 24	960,0 ± 0,5	3870 ± 62
990,0 ± 0,5	608 ± 25	990,0 ± 0,5	3850 ± 62
1020,0 ± 0,5	599 ± 24	1020,0 ± 0,5	3900 ± 62
1050,0 ± 0,5	593 ± 24	1050,0 ± 0,5	4030 ± 63
1080,0 ± 0,5	621 ± 25	1080,0 ± 0,5	4010 ± 63
1110,0 ± 0,5	578 ± 24	1110,0 ± 0,5	3790 ± 62
1140,0 ± 0,5	532 ± 23	1140,0 ± 0,5	3790 ± 62
1170,0 ± 0,5	543 ± 23	1170,0 ± 0,5	3780 ± 61
1200,0 ± 0,5	495 ± 22	1200,0 ± 0,5	3640 ± 60
1230,0 ± 0,5	484 ± 22	1230,0 ± 0,5	3590 ± 60
1260,0 ± 0,5	512 ± 23	1260,0 ± 0,5	3650 ± 60
1290,0 ± 0,5	530 ± 23	1290,0 ± 0,5	3690 ± 61
1320,0 ± 0,5	524 ± 23	1320,0 ± 0,5	3700 ± 61
1350,0 ± 0,5	496 ± 22	1350,0 ± 0,5	3710 ± 61
1380,0 ± 0,5	485 ± 22	1380,0 ± 0,5	3690 ± 61
1410,0 ± 0,5	467 ± 22	1410,0 ± 0,5	3620 ± 60
1440,0 ± 0,5	424 ± 21	1440,0 ± 0,5	3600 ± 60
1470,0 ± 0,5	439 ± 21	1470,0 ± 0,5	3650 ± 60
1500,0 ± 0,5	469 ± 22	1500,0 ± 0,5	3620 ± 60
1530,0 ± 0,5	485 ± 22	1530,0 ± 0,5	3630 ± 60
1560,0 ± 0,5	469 ± 22	1560,0 ± 0,5	3580 ± 60
1590,0 ± 0,5	447 ± 21	1590,0 ± 0,5	3420 ± 58
1620,0 ± 0,5	474 ± 22	1620,0 ± 0,5	3400 ± 58
1650,0 ± 0,5	471 ± 22	1650,0 ± 0,5	3400 ± 58
1680,0 ± 0,5	439 ± 21	1680,0 ± 0,5	3490 ± 59
1710,0 ± 0,5	412 ± 20	1710,0 ± 0,5	3550 ± 60
1740,0 ± 0,5	430 ± 21	1740,0 ± 0,5	3270 ± 57
1770,0 ± 0,5	448 ± 21	1770,0 ± 0,5	3350 ± 58
1800,0 ± 0,5	410 ± 20	1800,0 ± 0,5	3440 ± 59
		3000,0 ± 0,5	2560 ± 51