

FYZIKÁLNE PRAKTIKUM

Spracoval: Vladimír Domček

Namerané: 15.4.2013

Obor: Astrofyzika **Ročník:** II **Semester:** IV

Testované:

Úloha č. 8: Rutherfordov experiment

1. Zadanie

- Sledujte počet zaznamenaných α častíc pre aspoň 10 polôh zlatej fólie
- Overte vzťah (2) pre Rutherfordov rozptyl
- Pre polohu s maximom detekovaných častíc overte, či α častice majú Poissonovo rozdelenie

2. Teória

Rutherfordov experiment je jeden z najvýznamnejších experimentov 20. storočia. Na jeho základe bol vytvorený planetárny model atómu s malým kladne nabitým jadrom v strede a záporne nabitom elektrónovom obale. Počas experimentu je tenká zlatá fólia bombardovaná kladne nabitými α časticami. V prípade, že sa priblížia k jadru, tak sú vychýlene odpudzujúcou elektrostatickou silou. Je možné odvodiť počet častíc odrazených od elementu priestorového uhlu $d\Omega$ pod uhlom χ ako:

$$n = \frac{K_1}{\sin^4\left(\frac{\chi}{2}\right)} d\Omega \quad (1)$$

kde K_1 je konštanta popisujúca parametre experimentu. V našom prípade je schéma zapojenia experimentu na obr.1.

Vzťah pre počet detekovaných častíc za čas:

$$n = K \frac{\cos \alpha \cos \beta}{r_1^2 r_2^2 \sin^4\left(\frac{\chi}{2}\right)} = K f(d-f)(v^2 - f^2)^{-\frac{3}{2}}(v^2 + (d-f)^2)^{-\frac{3}{2}} \sin^{-4} \frac{1}{2} \left(\arctan \frac{v}{f} + \arctan \frac{v}{d-f} \right) \quad (2)$$

Zriedkavé rádioaktívne rozpady jadier je možné popísať Poissonovým rozdelením:

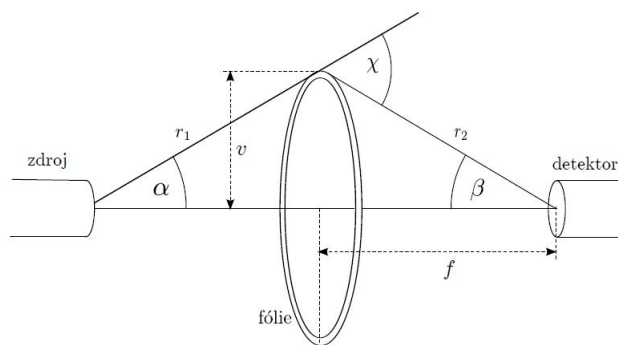
$$P_{(n)} = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda} \quad (3)$$

kde $P_{(n)}$ je pravdepodobnosť, že dôjde k n rozpadom a λ je stredná hodnota počtu zaznamenaných rozpadov počas meracieho intervalu. Na to aby sme mohli tento vzťah využiť musíme overiť či má rádioaktívny rozpad skutočne Poissonovo rozdelenie. To sa robí tzv. χ^2 (chi kvadrát) testom.

$$\chi^2 = \sum_j \frac{(K_j(n) - NP_j(n))^2}{NP_j(n)} \quad (4)$$

Podmienky χ^2 testu:

- 1.) Každá hodnota musí mať 5 a viac výsledkov
- 2.) Musí platiť $NP(n) \geq 5$, v opačnom prípade musíme nevyhovujúce body zlúčiť do skupín



Obr.1: Schéma experimentu

3. Meranie

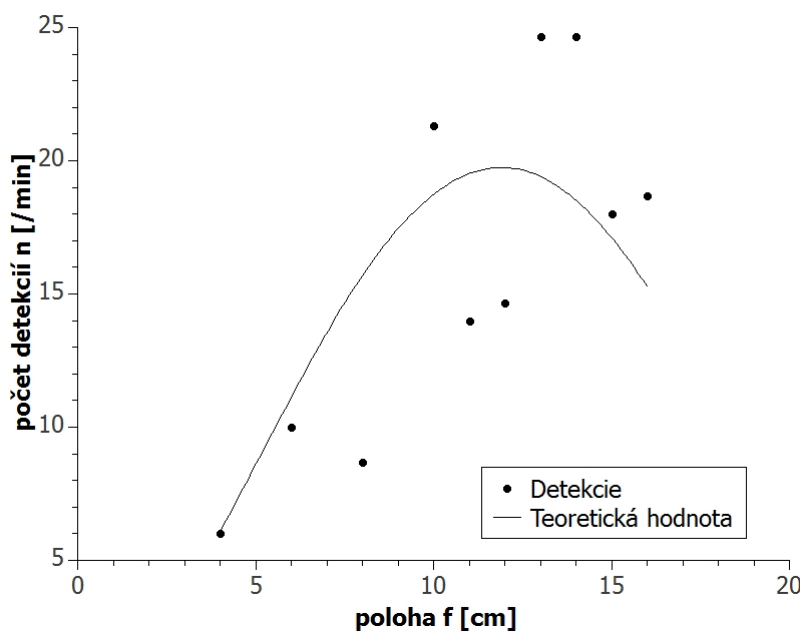
Polomer fólie: $v = 2$ cm

Použitý zdroj α častíc: Americium Am^{247}

Vzdialenosť medzi zdrojom a detektorom: $d = 23,8$ cm

f [cm]	\bar{N} [j/60s]
16	18,6
15	18
14	24,6
13	24,6
12	14,6
11	14
10	21,4
8	8,6
6	10
4	5

Tab.1: Počet detekcií na danej polohe



Obr.2: Závislosť počtu detekcií na polohe
 Vypočítaná hodnota $K = (3,25 \pm 0,28) \cdot 10^{-6}$

j	N_j	j	N_j	j	N_j	j	N_j
1	6	21	6	41	3	61	5
2	4	22	9	42	6	62	4
3	5	23	2	43	5	63	5
4	5	24	5	44	6	64	8
5	10	25	2	45	7	65	4
6	3	26	7	46	3	66	8
7	4	27	6	47	5	67	11
8	4	28	3	48	7	68	8
9	4	29	4	49	7	69	3
10	3	30	3	50	1	70	1
11	6	31	3	51	5	71	5
12	2	32	2	52	7	72	6
13	3	33	2	53	2	73	3
14	4	34	5	54	7	74	5
15	2	35	6	55	5	75	3
16	8	36	8	56	7	76	10
17	8	37	1	57	2	77	9
18	3	38	1	58	9	78	6
19	6	39	3	59	6	79	2
20	4	40	3	60	1	80	7

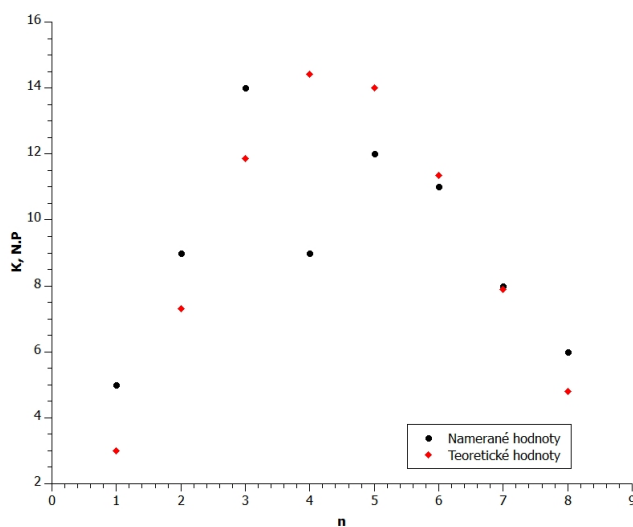
Tab.2: Stredná hodnota zaznamenaných rozpadov behom 20 minút: $\lambda = 4,8625$ za 15 sekúnd

n	K_n	P_n	χ_n^2
1-2	14	0,129	1,312
3	14	0,148	0,390
4	9	0,180	2,029
5	12	0,175	0,288
6	11	0,142	0,011
7	8	0,099	0,002
8+	12	0,127	0,329

Tab.3: χ^2 test

Kritická hodnota pre 8 stupňov voľnosti a pravdepodobnostnú hladinu 0,05: $\chi_K^2 = 15,507$

Vypočítaná hodnota: $\chi^2 = 4,361$



Obr.3: Závislosť počtu 15 sekundových intervaloch na detekcií v nich

4. Záver

V prvej časti úlohy sme mali overiť vzťah pre Rutherfordov rozptyl (2). Z grafu na obr.2 vidieť, že vzťah platí a dá sa teda predpokladať aj platnosť jeho modelu atómu.

V druhej časti sme overovali či α častice majú Poissonovo rozloženie. Výsledky χ^2 testu nám vyšli menšie než kritické a teda toto rozdelenie môžeme považovať za Poissonovo.