

Základní praktikum FJFI ČVUT v Praze

Název úlohy: Průchod svazku záření beta látkou

Datum: 1. 3. 2017

Vypracoval: Michal Šesták

Číslo úlohy: 6

Skupina: 3

Čas praktik: Středa, 11.30 Klasifikace:

1 Pracovní úkoly

1. Změřte zeslabovací křivku β záření $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ v papíru pomocí GM počítače. Dobu měření zvolte tak, aby počet detekovaných částic bez stínící vrstvy byl minimálně 100 000.
2. Po odečtení pozadí stanovte části experimentálně získané zeslabovací křivky, ve kterých je její průběh přibližně exponenciální a určete z ní hmotnostní a lineární součinitel absorpce odděleně pro β částice ^{90}Sr a ^{90}Y . Výsledky fitů srovnajte s výsledky podle vztahu (2).
3. Diskutujte vztah mezi počtem detekovaných částic N_{01} a N_{02} získaných z prokladů ^{90}Sr a ^{90}Y podle vztahu (1) a zhodnoťte jejich vztah k aktivitě obou radionuklidů.

2 Použité přístroje a pomůcky

MiniBin NIM rack ORTEC model 4006, zesilovač-jednokanálový analyzátor ORTEC model 590A, čítač ORTEC model 871, zdroj vysokého napětí ORTEC, sonda pro β záření s okénkovým GM počítačem, sada papírových destiček, mikrometr, olovený stínící domek s vestavěným kolimátorem, zdroj záření $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.

3 Teoretický úvod

Převážnou část zeslabovací křivky β záření je možno popsat vztahem

$$N = N_0 e^{-\mu x}, \quad (1)$$

kde N je počet elektronů zaznamenaných za vrstvou materiálu tloušťky x , N_0 je počet elektronů na tomtéž místě bez procházení materiálem a μ je součinitel absorpce.

Pro hmotnostní součinitel absorpce $\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$, kde ρ je hustota materiálu a μ je lineární součinitel absorpce, platí přibližný empirický vztah

$$\mu_m = 22 \cdot T_{max}^{-4/3}, \quad (2)$$

kde $T_{max}^{-4/3}$ se dosazuje v MeV a μ_m vychází v $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. Pro ^{90}Sr je $T_{max} = 0.546$ MeV, pro ^{90}Y je $T_{max} = 2.288$ MeV. Vztahy byly brány z [1].

4 Postup měření

Měřicí aparatura byla plně připravena, mohli jsme tedy rovnou přistoupit k měření. Nejprve jsme změřili třikrát každý rozměr balíku papírků (posuvným měřítkem s chybou 0.005 cm) a jeho hmotnost (digitální vahou s chybou 0.05 g). Měření zeslabovací křivky β záření zdroje $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ probíhalo postupným přidáváním papírků, přičemž pro každou tloušťku (daný počet papírků) se emitované částice zaznamenávali 100 sekund; bylo využito 58 papírků, proběhlo tedy 59 měření.

5 Výsledky měření

Vypočtené rozměry a hmotnost balíku podle vztahů (12) a (13) jsou v tab. 1. Z tloušťky balíku X se určila tloušťka jednoho papírku podle vztahu $x = \frac{X}{58}$ a tedy

$$x = 0.333 \text{ mm}, \quad (3)$$

chybu zanedbáme. Hustotu papírku byla vypočítána ze vztahu $\rho = \frac{m}{Xab}$, chyba podle vztahu (14), vyšlo

$$\rho = (746 \pm 8) \text{ kg/m}^3. \quad (4)$$

	X [m]	a [m]	b [m]	m [kg]
	0.0190	0.0618	0.0694	0.0617
	0.0194	0.0616	0.0694	0.0617
	0.0194	0.0616	0.0696	0.0617
Průměr	0.0193	0.06167	0.06947	0.06170
Chyba	0.0002	0.00012	0.00012	0.00005

Tab. 1: Naměřené hodnoty rozměrů balíku papírků X, a, b (X je tloušťka) s chybou 0.005 cm a hmotnosti balíku m s chybou 0.05 g. Tabulka dále obsahuje vypočtené průměry a chyby jednotlivých veličin; chyba veličiny je součtem střední kvadratické odchylky a chyby měřícího přístroje.

Naměřené počty částic v závislosti na tloušťce materiálu jsou v tab. 2 a v grafu 1. Jednotlivé fity pro pozadí, pro β částice emitované z ^{90}Y a pro β částice emitované z ^{90}Sr jsou na obrázcích 2, 3 a 4; v obr. 3 je odečtený příspěvek od pozadí a v obr. 4 je odečtený příspěvek od pozadí i od částic z ^{90}Y . Fitovalo se podle vztahu

$$f(z) = \ln N = -\mu \cdot z + \ln N_0, \quad (5)$$

kde z je tloušťka materiálu, μ a $\ln N_0$ parametry fitu. Při odečítání daných příspěvků od celkového počtu impulzů se chyba rozdílu určovala pomocí (14), tyto chyby jsou vidět v obr. 3 a 4 (zlogaritmované). Pro lineární součinitele absorpce máme

$$\mu_1 = (5.4 \pm 0.2) \text{ cm}^{-1}, \quad (6)$$

$$\mu_2 = (26 \pm 2) \text{ cm}^{-1}, \quad (7)$$

pro hodnoty N_0 máme

$$N_{01} = 24760 \pm 1, \tag{8}$$

$$N_{02} = 57492 \pm 1. \tag{9}$$

S využitím (4) a (7) získáváme

$$\mu_{m_1} = (7.2 \pm 0.3) \text{ cm}^2/\text{g}, \tag{10}$$

$$\mu_{m_2} = (35 \pm 3) \text{ cm}^2/\text{g}. \tag{11}$$

Počet papírků	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vrstva [mm]	0.00	0.33	0.67	1.00	1.33	1.67	2.00	2.33	2.66	3.00	3.33	3.66	4.00	4.33	4.66	5.00
N	102293	44564	28819	21689	17146	14103	12228	10561	9547	8610	7554	6953	6419	5955	5462	5331

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36	38	40	43
5.33	5.66	5.99	6.33	6.66	6.99	7.33	7.66	7.99	8.33	8.66	8.99	9.32	9.66	9.99	10.66	11.32	11.99	12.65	13.32	14.32
5130	4894	4754	4368	4299	4320	4104	4139	4055	3885	3864	3730	3791	3615	3679	3551	3624	3534	3674	3510	3628

46	49	52	55	58
15.32	16.32	17.32	18.32	19.31
3429	3499	3670	3518	3457

Tab. 2: Naměřené hodnoty počtu emitovaných částic N pro daný počet papírků. Tloušťka jednoho papírku je 0.333 mm.

6 Diskuze

i++i

7 Závěr

i++i

Reference

[1] Prusa, P.: Úloha ZPRA č. 6: Průchod svazku záření beta látkou. 2 s. Citováno 2. 3. 2017, dostupné z: <https://behounek.fjfi.cvut.cz/>

8 Přílohy

A Zpracování chyb měření

Při statistickém zpracování naměřených dat používáme vztahy pro aritmetický průměr a střední kvadratickou chybu aritmetického průměru

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i, \quad (12)$$

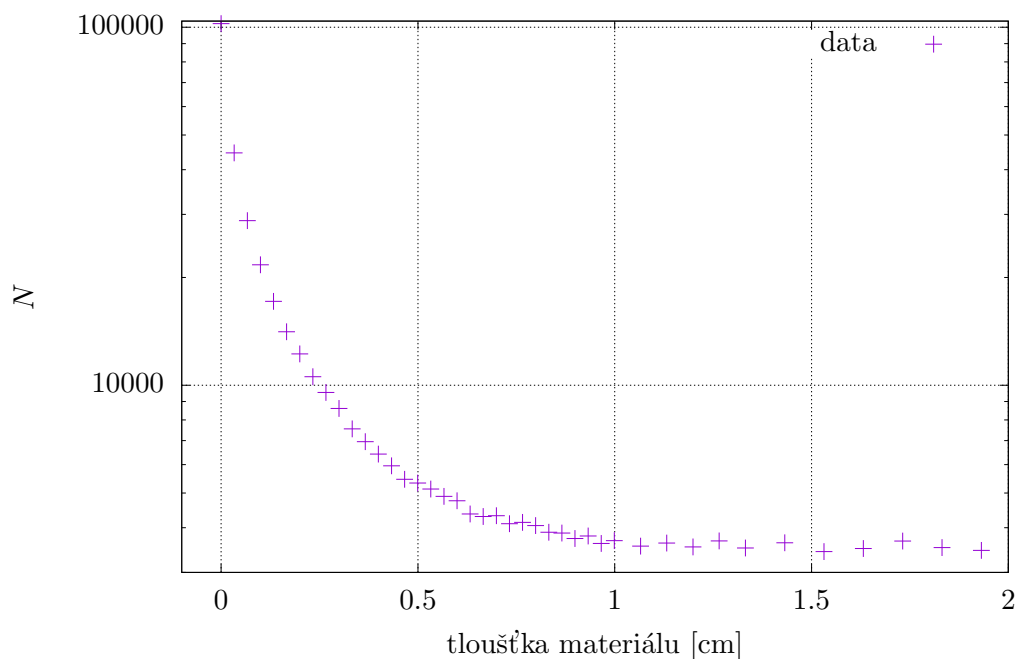
$$\sigma_{\bar{z}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{z} - z_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (13)$$

kde n je počet naměřených hodnot veličiny z .

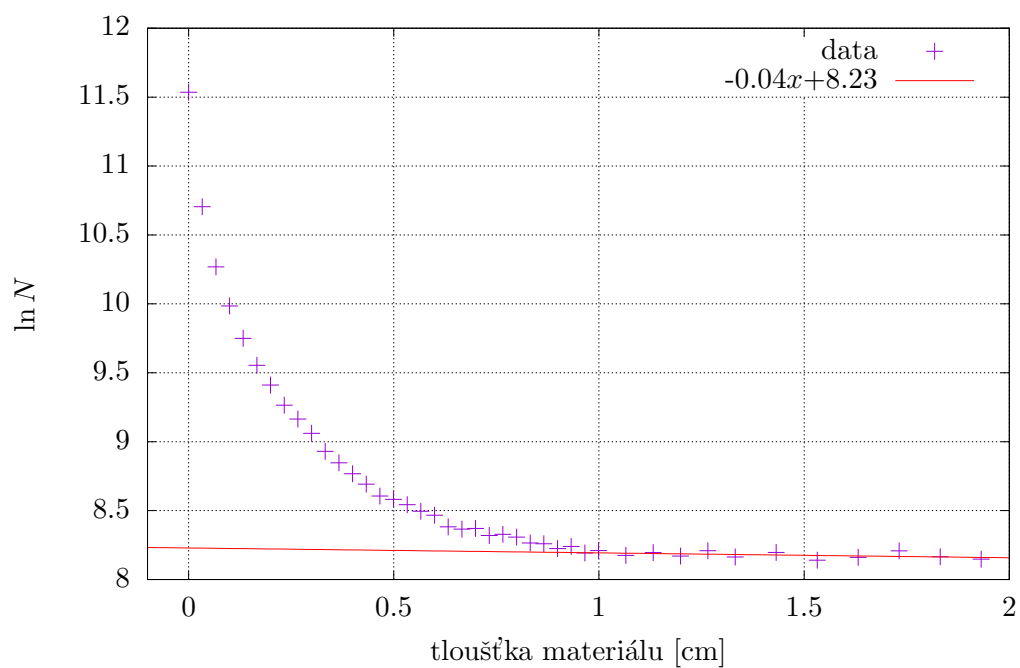
Máme-li zjistit nepřesnost veličiny $f = f(x_1, x_2, \dots)$ závislé na veličinách x_1, x_2, \dots ze známosti hodnot x_1, x_2, \dots s jejich chybami $\sigma_{x_1}, \sigma_{x_2}, \dots$, pak využijeme vzorec

$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \dots} \quad (14)$$

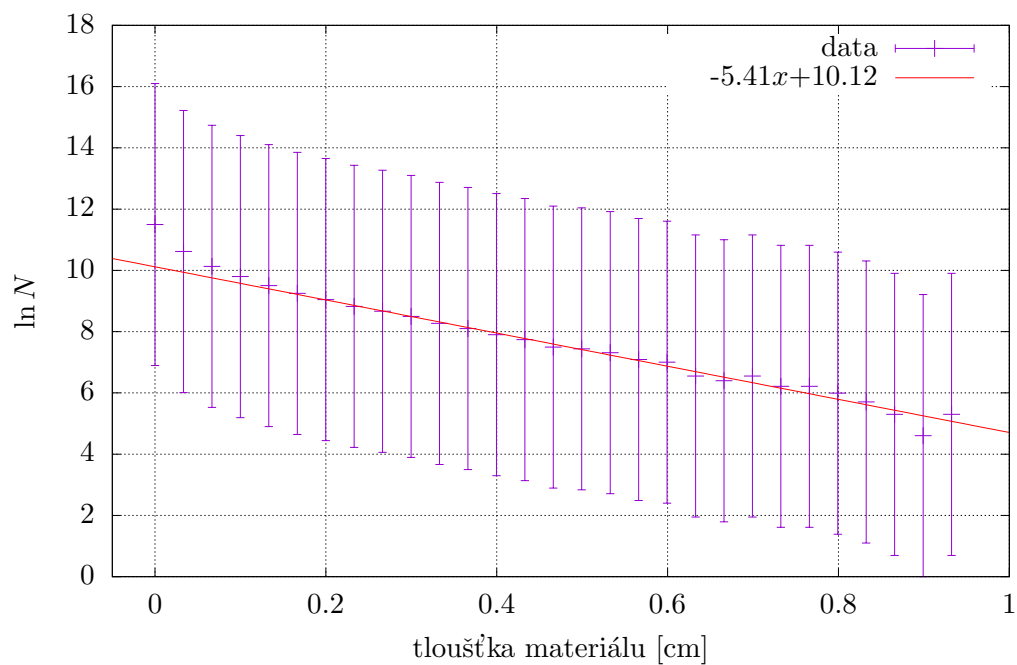
B Grafy



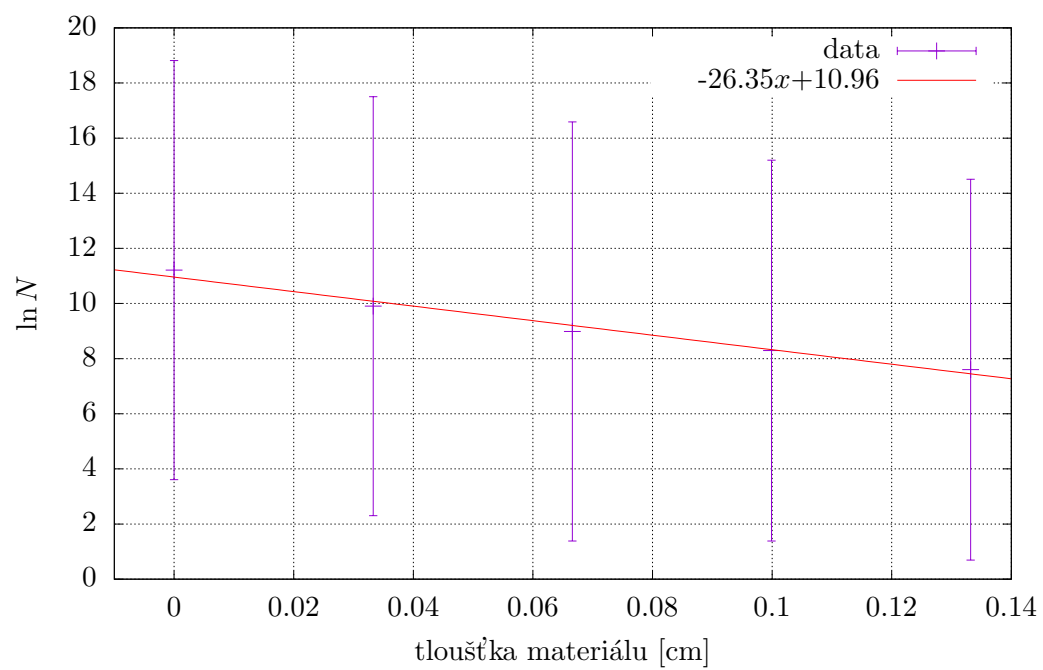
Obr. 1: Naměřené počty impulzů N v závislosti na tloušťce materiálu.



Obr. 2: Fitovaná závislost počtu impulzů pocházejících od pozadí na tloušťce materiálu. Data byla fitována cca od tloušťky 0.95 cm.



Obr. 3: Fitovaná závislost počtu impulzů pocházejících od zdroje ^{90}Y na tloušťce materiálu. Data byla fitována od tloušťky 0.16 cm.



Obr. 4: Fitovaná závislost počtu impulzů pocházejících od zdroje ^{90}Sr na tloušťce materiálu.