

Datum: 21.4.2005

Vypracoval: Tomáš Henych

Název: Určení energie beta záření a koeficientu absorpce gama záření

Úkol:

1. Pomocí zařízení Cassy naměřte energiové spektrum radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$ . Pomocí známé, tabelované hodnoty energie záření  $\gamma$  pro fotopík tohoto radionuklidu ocejchujte energiovou osu měřícího zařízení.
2. Naměřte energiové spektrum radionuklidu  $^{60}\text{Co}$  a určete energie záření  $\gamma$  pro fotopíky tohoto radionuklidu a porovnejte je s tabelovanými hodnotami.
3. Určete lineární součinitele zeslabení  $\mu$  záření  $\gamma$  pro hliník, olovo a plexisklo pro jednotlivé fotopíky radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{60}\text{Co}$ .
4. Vyneste graficky hodnoty uvedené v *tabulce 1* pro hliník a olovo ve funkční závislosti  $\mu_m = f(\text{energie záření } \gamma)$  a porovnejte je s vámi naměřenými hodnotami hmotnostního součinitele zeslabení  $\mu_m$  pro energie fotopíky radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{60}\text{Co}$ .

Teorie úlohy:

Záření gama je emitováno při přechodech atomového jádra mezi různými energiovými hladinami jádra. Energie záření gama je tedy čárové a jeho energie bývá v rozsahu 0,05 - 3 MeV. Záření gama je velmi pronikavé. Při průchodu záření gama hmotou dochází vlivem různých jevů k absorpci záření. Je-li  $I_0$  hustota proudu částic gama, pak po průchodu látkou o tloušťce  $d$  dojde ke zeslabení  $I = I_0 e^{(-\mu d)}$ , kde  $\mu$  je lineární součinitel zeslabení. Tento součinitel závisí na složení absorbujícího materiálu i na druhu absorbovaného záření. Pro spektroskopii gama záření použijeme scintilační detektor. Jestliže gama foton ztratí celou svoji energii v krystalu scintilátoru, pak velikost výsledného napěťového pulsu na výstupu fotonásobiče je úměrná energii absorbovaného gama fotonu. Na obrazovce počítače jsou pak vynášeny četnosti velikosti jednotlivých pulsů - energiové spektrum gama fotonu. Lineární součinitel zeslabení  $\mu$  je funkcí energie záření  $\gamma$ . Známe-li hodnotu lineárního součinitele zeslabení pro danou absorbující látku, můžeme přibližně určit hodnotu energie záření  $\gamma$ . Pro tento účel je definován tzv. hmotnostní součinitel zeslabení  $\mu_m$ , pro nějž platí  $\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$ , kde  $\mu$  je lineární součinitel zeslabení absorbující látky a  $\rho$  je hustota absorbující látky. V *tabulce 1* jsou uvedeny tabulkové hmotnostní součinitele zeslabení, pro nejčastěji užívané stínění materiály, v závislosti na energii  $\gamma$  záření.

Hmotnostní součinitelé zeslabení $\mu_m$ ( $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ )			
energie $\gamma$ (MeV)	$10^3 \cdot \mu_m$		
	Al	Pb	vzduch
0.1	16.9	546	15.5
0.2	12.2	94.2	12.3
0.4	9.27	22.0	9.53
0.6	7.79	11.9	8.04
0.8	6.83	8.66	7.06
1.0	6.14	7.03	6.35
1.5	5.00	5.50	5.15
2.0	4.31	4.63	4.45
3.0	3.60	4.10	3.60
4.0	3.10	4.21	3.07

Tabulka 1

Mezi radionuklid (zářič) a scintilační detektor CASSY vkládejte postupně plechy (desky) z olova, hliníku a plexiskla tak, aby bylo využito všech přiložených materiálových prvků a bylo naměřeno 5 - 10 hodnot intenzit. Tloušťku desek změřte jednotlivě posuvným měřítkem. Doporučená doba jednotlivého měření je 60 - 120 s.

*Použité hodnoty:*

Hustoty:  $\rho_{Al}=2700 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $\rho_{Pb}=11340 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $\rho_{vzd}=1,293 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $\rho_{plexi}=1180 \text{ kg.m}^{-3}$

Výsledky:

ad 1) a 2) ocejchování energiové osy, určení energií fotopíků radionuklidu kobaltu  $^{60}\text{Co}$

	$\frac{E_t}{\text{MeV}}$	$\frac{E_z}{\text{MeV}}$
$^{137}\text{Cs}$	0,661	
$^{60}\text{Co I}$	1,172	1,143
$^{60}\text{Co II}$	1,331	1,269

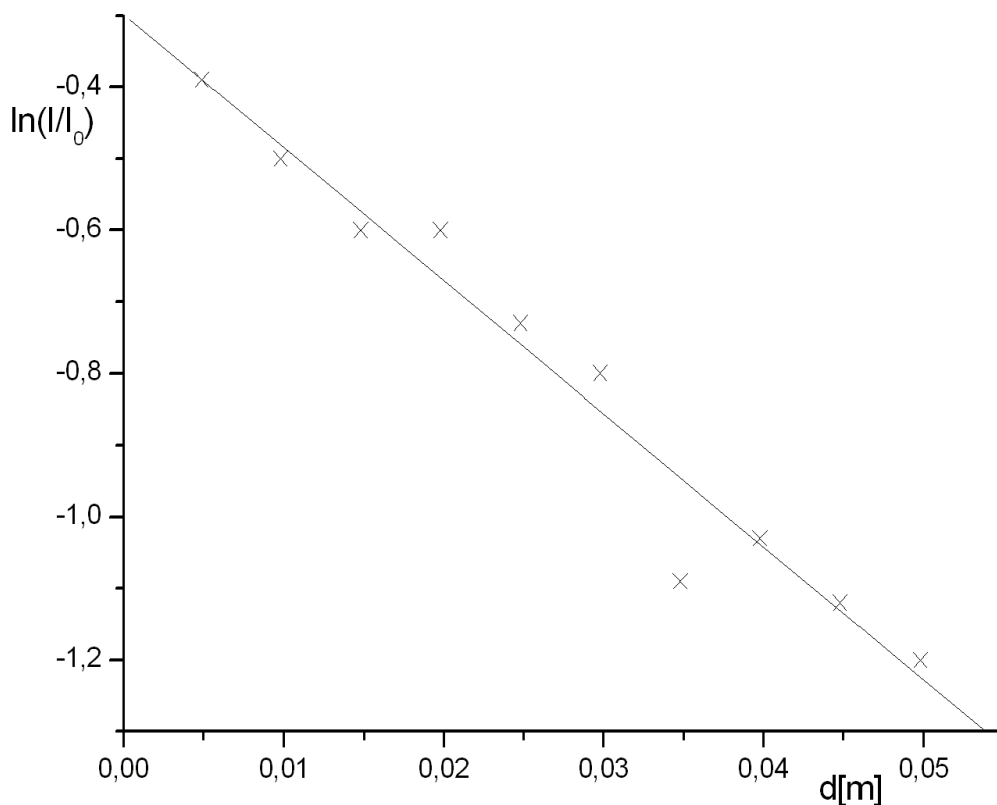
Tabulka 2

ad 3) určení lineárního součinitele zeslabení  $\mu$  a hmotnostního součinitele zeslabení  $\mu_m$  záření  $\gamma$  pomocí radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$  (0,661 MeV).

-hliník

$\frac{d}{\text{mm}}$	$\frac{N}{\text{počet částic}}$	$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$
0	2718,0	
4,9	1832,5	-0,39
9,8	1646,0	-0,50
14,8	1495,5	-0,60
19,8	1496,0	-0,60
24,8	1307,0	-0,73
29,8	1224,5	-0,80
34,8	912,0	-1,09
39,8	970,5	-1,03
44,8	885,5	-1,12
49,8	816,5	-1,20

Tabulka 3



Graf 1

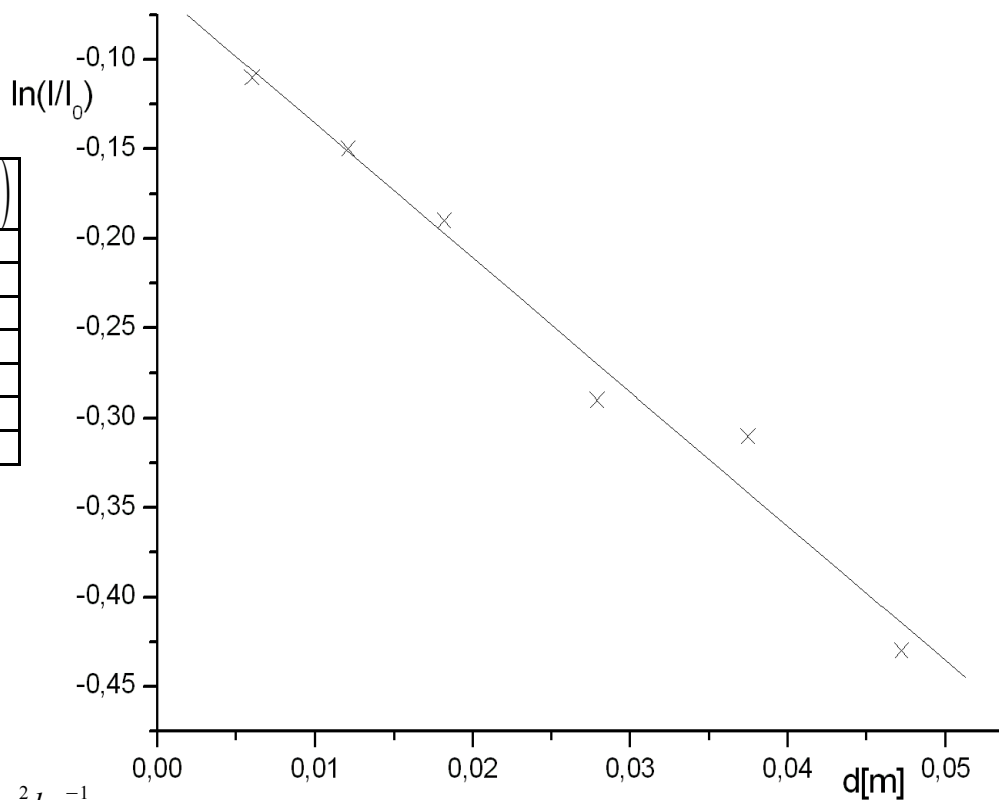
$$\mu = (18,6 \pm 1,4) \text{ m}^{-1}$$

$$\mu_m = (6,9 \pm 0,6) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$$

- plexisklo

$\frac{d}{mm}$	$\frac{N}{\text{počet částic}}$	$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$
0	2663,0	
6,0	2388,0	-0,11
12,1	2298,0	-0,15
18,2	2197,0	-0,19
27,9	1984,5	-0,29
37,5	1953,0	-0,31
47,2	1735,0	-0,43

Tabulka 4



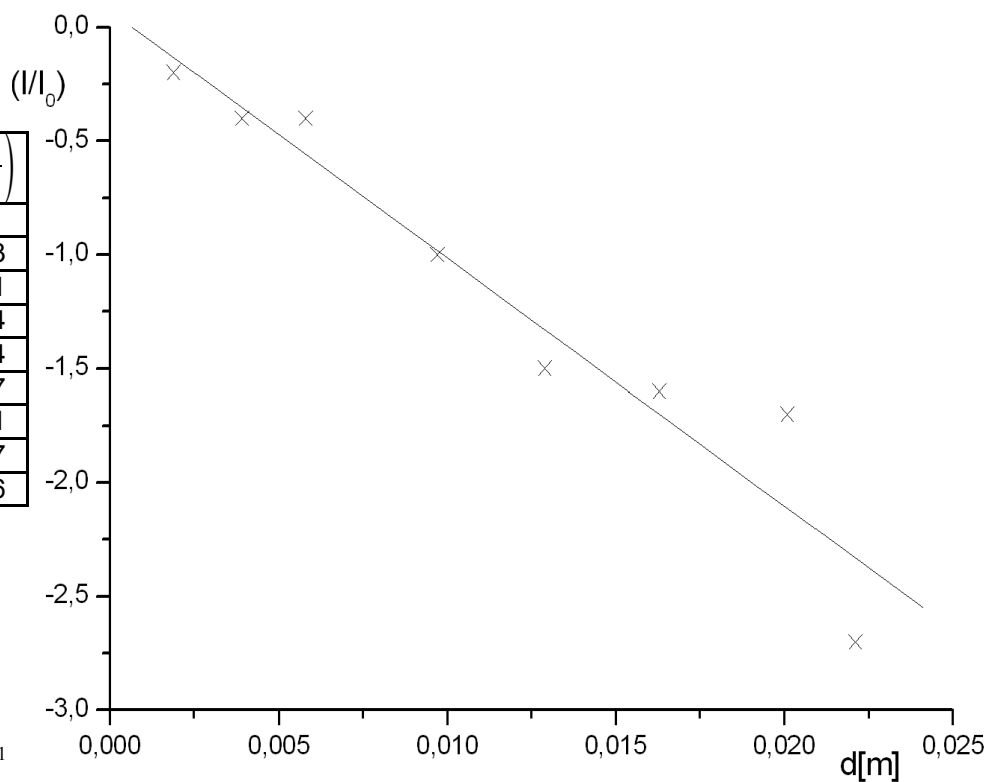
$$\mu = (7,5 \pm 0,6) m^{-1}$$

$$\mu_m = (6,4 \pm 0,6) \cdot 10^{-3} m^2 kg^{-1}$$

- olovo

$\frac{d}{mm}$	$\frac{N}{\text{počet částic}}$	$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$
0	5610,0	
1,9	4450,5	-0,23
3,9	3718,5	-0,41
5,8	3596,0	-0,44
9,7	1990,0	-1,04
12,9	1293,0	-1,47
16,3	1122,8	-1,61
20,1	1058,5	-1,67
22,1	394,0	-2,66

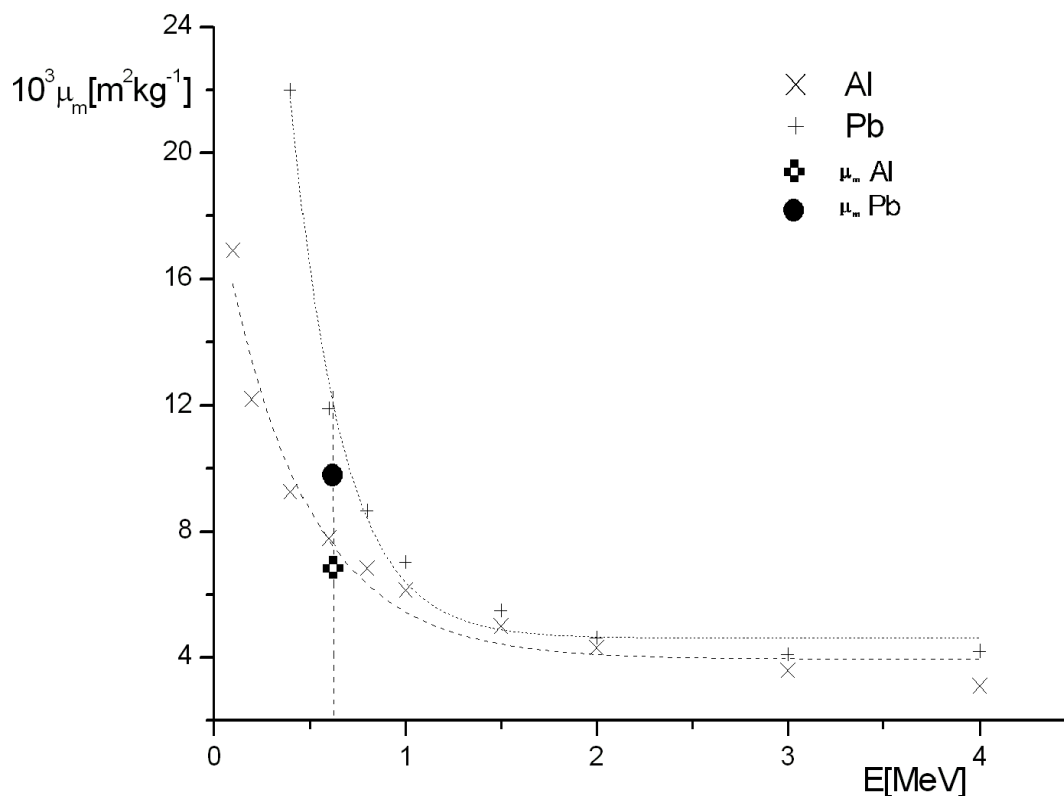
Tabulka 5



$$\mu = (108,7 \pm 12,6) m^{-1}$$

$$\mu_m = (9,6 \pm 1,1) \cdot 10^{-3} m^2 kg^{-1}$$

ad 4) hmotnostní součinitel zeslabení v závislosti na energii záření  $\gamma$



Graf 4

Závěr:

Naměřené hodnoty hmotnostních součinitelů zeslabení  $\mu_m$  pro olovo a pro hliník odpovídají energii  $\gamma$  záření asi 0,7 MeV, což zhruba odpovídá fotopíku <sup>137</sup>Cs (0,661 MeV). Hmotnostní součinitel zeslabení pro plexisklo vyšel jen o málo menší než pro hliník, o něco vyšší je pro olovo. Naproti tomu lineární součinitele zeslabení mají silnou vazbu na hustotu materiálu. Zdaleka nejvyšší má tento součinitel olovo, následuje hliník a plexisklo.