

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum



Úloha č. A7

Název úlohy: Pozitronová emisní tomografie

Jméno: Michal Grňo

Obor: FOF

Datum měření: 7. 10. 2019

Datum odevzdání: 20. 10. 2019

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0-3	
Teoretická část	0-2	
Výsledky a zpracování měření	0-9	
Diskuse výsledků	0-4	
Závěr	0-1	
Použitá literatura	0-1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:

dne:

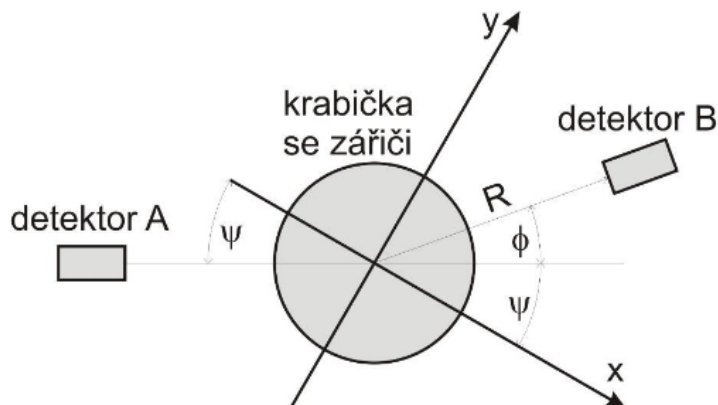
1 Pracovní úkoly

1. Poté, co vyučující umístí silnější zářič ^{22}Na do stojánku, změřte úhlové rozdělení koincidencí v oblasti úhlů potřebné pro nalezení polohy zářiče, doba měření 20s. Vysvětlete tvar naměřeného úhlového rozdělení, získané poznatky využijte při domácím zpracování.
2. Změřte četnost koincidencí pro úhly $\varphi = 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ bez plechu a 120° s Pb plechem mezi detektory, doba měření 100s. Vysvětlete pozorované četnosti.
3. Poté, co vyučující přidá do krabičky druhý zářič, změřte úhlové rozdělení koincidencí s krokem 5° .
4. Zvolte aspoň 2 další vhodné úhly otočení krabičky ψ a opakujte měření 3).
5. Narýsujte přímky spojující detektory do obrázku připraveného u úlohy a odečtěte polohu průsečíku - polohu zářiče vůči krabičce. Pozn.: Při volbě otočení krabičky ψ se můžete řídit polohou už zakreslených průsečíků.
6. Vzdálenost detektoru od zářiče zakresleného na obrázku porovnejte s měřením skutečné vzdálenosti.
7. Polohy zářičů vůči krabičce určujte pomocí vztahů a metod popsanych v návodu. Podle výsledků zpracování nakreslete obrázky analogické k obrázkům narýsovaným během praktika. Chyby polohy zářičů určete graficky

2 Teoretická část

Účelem práce je použít pozitronovou emisní tomografii (PET) k určení umístění radioaktivního vzorku uvnitř modelu lebky. PET využívá radionuklidů s β^+ rozpadem, tedy takových, které při rozpadu produkují pozitron – ten se po rozpadu v okolní látce zpomalí téměř do klidu (na vzdálenosti řádu 1 mm) a potom anihiluje s nějakým elektronem. Výsledkem anihilace jsou dva fotony letící téměř přesně opačným směrem. [1]

Po obvodu kolem krabičky se vzorky jsou umístěny dva detektory v koincidenčním zapojení – tzn. že zaznamenají pouze, když do obou přiletí foton téměř zároveň. Je žádoucí, aby byl časový interval mezi příchozími fotony co nejmenší. Současná technika je schopna dosáhnout intervalů 10^{-6} až 10^{-12} s. [1] Čím delší je interval, tím je aparatura náchylnější na šum.



Obrázek 1: Schéma koincidenčního měření, převzato z [1].

V našem experimentu byl jeden detektor (A) nepohyblivý a druhým detektorem (B) bylo možné pohybovat po kružnici se středem uprostřed vzorku. Polohu detektoru B popisujeme úhlem φ měřeným v kladném směru od polohy naproti detektoru A. Oba detektory jsou umístěny ve vzdálenosti R od středu vzorku. Samotným vzorkem lze otáčet kolem středu, jeho otočení popisujeme úhlem ψ .

Vztažnou soustavu vzorku popisujeme souřadnicemi x, y . V této souřadné soustavě budou mít detektory A a B souřadnice:

$$\begin{aligned} x_A &= -R \cos \psi & x_B &= R \cos(\psi + \varphi) \\ y_A &= -R \sin \psi & y_B &= R \sin(\psi + \varphi) \end{aligned} \quad (1)$$

Přímka mezi detektory, na které bude ležet zářič, je popsána rovnicí

$$(y_b - y_a)x + (x_a - x_b)y = (y_b - y_a)x_a + (x_a - x_b)y_a \quad (2)$$

3 Výsledky měření

Nejprve jsme s $t = 20$ s měřili koincidence pro vzorek s jedním zářičem. Pro pevné hodnoty ψ jsme proměřili několik hodnot φ , naměřené hodnoty jsou v grafu na obr. č. 2. Naměřenými daty byla pomocí metody nejmenších čtverců¹ proložena gaussova křivka. Maxima pro jednotlivé hodnoty ψ i s chybou fitu jsou v tabulce č. 1.

ψ	φ	$\Delta\varphi$
0	3.51	0.30
30	17.48	0.33
60	29.63	0.21
90	36.38	0.20

Tabulka 1: Úhly získané regresí, 1 zářič

Následně jsme pro fixní $\psi = 0^\circ$ proměřili koincidence při $t = 100$ s na $\varphi = 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$. Poté jsme oba detektory zastínili olověnou deskou a znovu změřili počet koincincí při $\varphi = 120^\circ$. Naměřené výsledky jsou v grafu na obr. č. 3. Z dat je zřejmé, že šum způsobený samotnou aparaturou (tj. hodnota naměřená po odstínění) je výrazně nižší, než šum přicházející od vzorku. Mírný růst počtu koincincí při přibližování detektorů může být buď důsledkem Comptonova jevu, anebo čistě náhodný.

Poté jsme odebrali olověnou deskou a do vzorku přidali druhý zářič. Pro každou hodnotu $\psi = 0^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ jsme při $t = 20$ s opět proměřili počet koincincí pro různá φ . Naměřené hodnoty jsou v grafu na obr. č. 4. Data jsme proložili součtem dvou gaussových křivek, tím získané peaky φ_1 a φ_2 jsou v tabulce č. 2.

ψ	φ_1	$\Delta\varphi_1$	φ_2	$\Delta\varphi_2$
0	-20.76	0.29	7.21	0.25
60	-21.59	0.25	21.14	0.18
90	-14.97	0.14	22.05	0.10

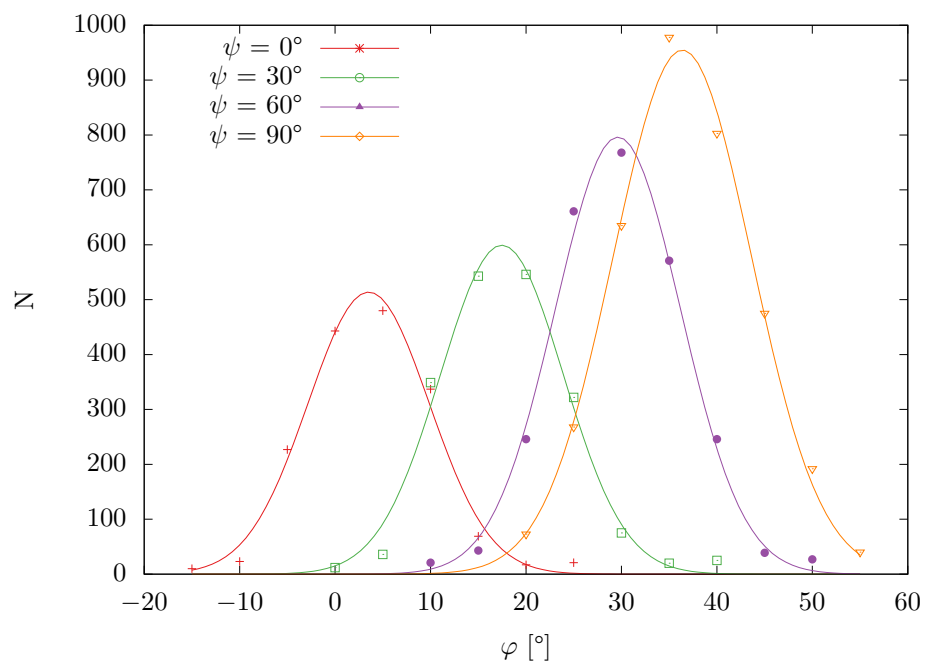
Tabulka 2: Úhly získané regresí, 2 zářiče

Podle údajů v tabulkách 1 a 2 jsme určili rovnice přímek, na kterých musí ležet zářiče, tyto přímky jsme vynesli do grafů na obr. č. 5. Na grafu 2 zářičů lze pozorovat i falešné průsečíky, které vznikají mezi přímkami pocházejícími od různých zářičů. Ze souřadnic průsečíků jsme vypočetli průměrné souřadnice a chybu průměru. Ty jsou v tabulce č. 3.

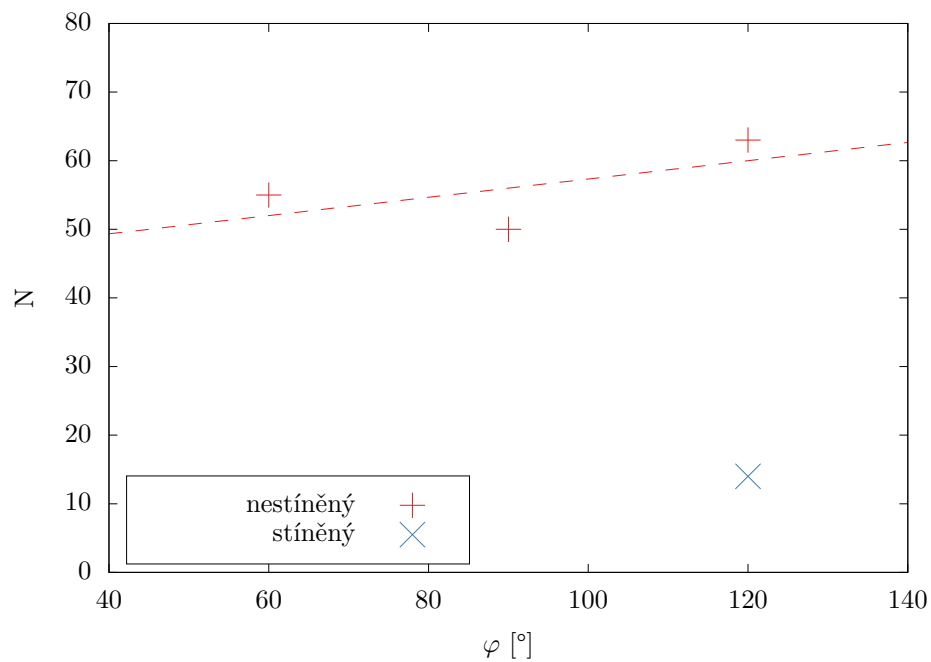
x	Δx	y	Δy	pozn.
-0.189	0.003	0.016	0.003	Jednozářičový setup
-0.007	0.015	-0.102	0.008	Dvouzářičový setup; zářič A
-0.099	0.011	0.038	0.009	Dvouzářičový setup; zářič B

Tabulka 3: Průměrné polohy středů zářičů

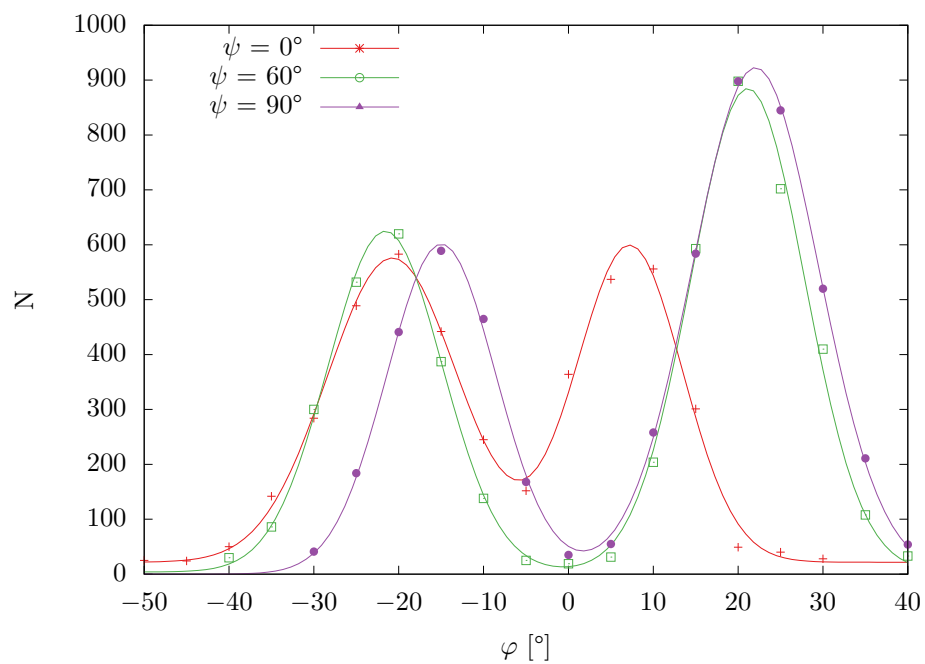
¹Teoreticky správné by bylo použít Poissonovu regresi, metoda nejmenších čtverců je ale stále dobrou aproximací.



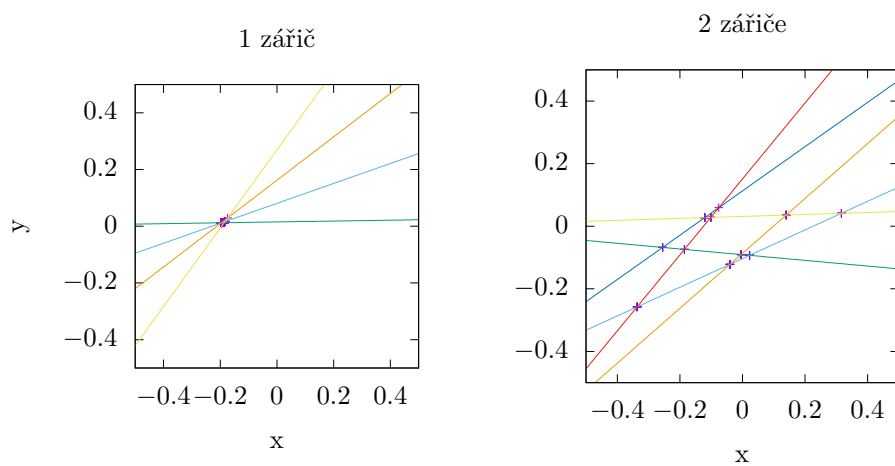
Obrázek 2: Naměřené koincidence, 1 zářič



Obrázek 3: Nestíněné vs. stíněné detektory



Obrázek 4: Naměřené koincidence, 2 zářiče



Obrázek 5: Průsečíky vypočtených přímek

4 Diskuse

Při zpracování dat bylo využito předpokladu, že při $\psi = \text{konst.}$ odpovídá vztah $N(\varphi)$ gaussově křivce, a že lze chybu měření N aproximovat normální distribucí. Z grafů vidíme, že křivky dobře kopírují naměřená data, předpoklady tedy zjevně byly splněny.

Ačkoliv by měl zářič v jednozářičovém setupu odpovídat zářiči B ve dvouzářičovém, vidíme, že se signifikantně liší. To bylo pravděpodobně způsobeno pootočením vzorku mezi měřeními (stejný zaznamenaný úhel ψ tedy odpovídal jinému natočení).

5 Závěr

Podařilo se proměřit koincidence pro různé úhly, z nich se podařilo přesně rekonstruovat polohu zářičů uvnitř vzorku (tabulka 3). Nepodařilo se ověřit přesnost měření tak, že by jeden zářič zůstal konstantní při obou měřeních.

6 Literatura

Reference

- [1] *A7 – Pozitronová emisní tomografie*. 3.10.2017.