

21. Pozitronannihiláció vizsgálata

Modern fizika laboratórium, Fizika BSc

Bokányi Eszter (BOERAAT.ELTE), Radics Máté (RAMRAAT.ELTE)

Mérés időpontja: 2011. április 13.

Leadás időpontja: 2011. május 5.

Érdemjegy:

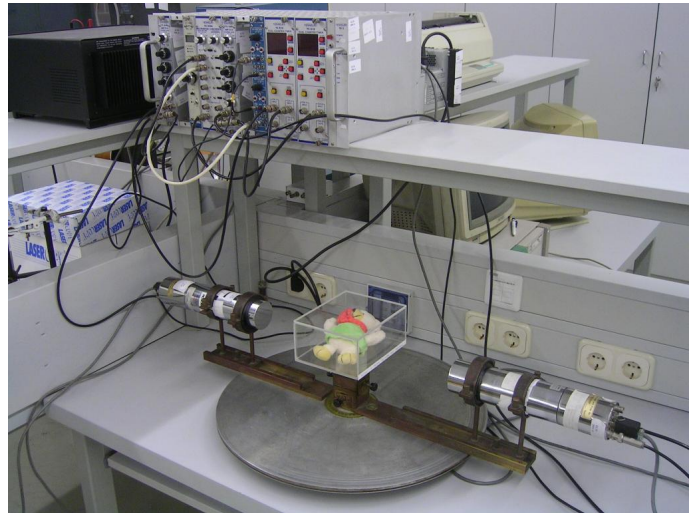
1. Bevezetés

1.1. A mérés célja

A mérés célja a pozitron annihilációjának vizsgálata volt olyan módon hogy egy, az orvosi gyakorlatban is használt diagnosztikai módszer (PET - pozitronemissziós tomográfia) segítségével pozitív béta-bomló izotópokat kellett feltérképeznünk egy próbatest belsejében.

1.2. Mérőeszközök

- Pozitív béta-bomló ^{22}Na -izotóp
- Próbatest (plüssmedve), amelyben elhelyeztük
- Detektoregység
 - Szcintillátor
 - Fotonelektron-sokszorozó
 - Erősítő
 - Differenciál diszkriminátor
 - Koincidencia-egység
 - Számláló
- Számítógép



A mérési összeállítás az 1. ábrán látható.

1. ábra. A mérési összeállítás

1.3. Az eszközök beállításainak leírása

1.3.1. Kötések

HV hátlapról a két detektorba; detektortáp hátlapról bal detektor: bal TC246 inp.; bal TC246 SCA: TC404-A, és bal TC512 CH1. jobb detektor: jobb TC246 inp.; jobb TC246 SCA: bal TC512 CH2 és LC222 felső START LC222: felső START: OUT/DEL → alsó START: OUT/TTL: TC404 B inp.; TC404: F out: jobb TC512 CH2.

1.3.2. Fix beállítások

HV: 31020 model, 0,82 kV (helip:4,05) positive

Amp: bal TC246: Au=20*5,9; jobb TC246: Au=20*6,1

Koincidencia: LC222: 1,0 us mind a kettőben; TC404: 250*2, COINC: *5

1.3.3. Mérőlánc (mérésfüggő beállítás)

Spektrum-felvétel: DD: dV=0,1; V=0,4-3,0; ASYM WINDOW; mérési idő 12s.

Szögfüggés: dV=0,4; V=0,8; ASYM WINDOW/INTGR; mérési idő 1 min.

Maci: 140-220 öt fokenként, 3 különböző állásban.

1.3.4. Scaler (mérésfüggő beállítás)

Jobb oldali TENNELEC 512

- MODE
- PROG PRESET, megjelenik az "Std Tmr A" felirat
- ENTER, idő beállítható a nyilas gombokkal (12 s, 1 min)
- ENTER
- SCROLL

- SCROLL
- SCROLL, megjelenik az "EXIT"
- ENTER

2. A mérésről

2.1. A mérés fontosabb momentumainak rövid leírása

1. A mérésvezető először „megbetegítette” a medvét olyan módon, hogy ^{22}Na -izotópot helyezett el benne (ekkor még nem tudtuk, hogy hány helyre), majd elhelyezte a tartódobozban. A dobozt lezárás után felcsavarozta a helyére. A doboz tetejére átlátszó fóliát ragasztottunk, és bekapcsoltuk a műszereket.
2. Kimértük a ^{22}Na fotonenergia-spektrumát a differenciál diszkriminátorok segítségével 0,4 V-tól 0,1 V-onként haladva egészen 3 V-ig, egyenként 0,2 perces (12 s) mérési idővel. Az eredményeket táblázatba foglaltuk, és grafikont készítettünk róla: 3.1 táblázat, és 2. ábra.
3. Az előző pont mérési eredményei alapján ráálltunk az 511 keV energiájú annihilációs vonalra.
4. A mozgó detektor szögállását 140° -tól 220° -ig 5 fokenként változtatva kimértük a koincidenenciák számát a szög függvényében; a detektálás szögállásonként 1 percig tartott. A kapott értékeket táblázatba foglaltuk, és grafikont készítettünk róla (3.2.1 táblázat, 3. ábra); a kapott válaszegyenest felrajzoltuk a doboz tetejére rögzített fóliára.
5. Az előző pontban foglaltakat a tartódoboz elforgatása után még kétszer megismételtük (3.2.2 és 3.2.3 táblázat, 4. és 5. ábrák).
6. A plüssmedve körvonalát felrajzoltuk a fóliára (6. ábra). A válaszegyenesekből megállapíthatóvá vált a két „daganat” helye: az egyik a medve fejében volt, a másik pedig a veséje tájékán. A tartódoboz felnyitása után a gyakorlatvezető „kioperálta” a „daganatokat”, így a mérést elvégzettnek tekinthettük.
7. Az izotópok elzárása és áramtalanítás után elhagytuk a laboratóriumot.

2.2. Az alapvonal indoklása

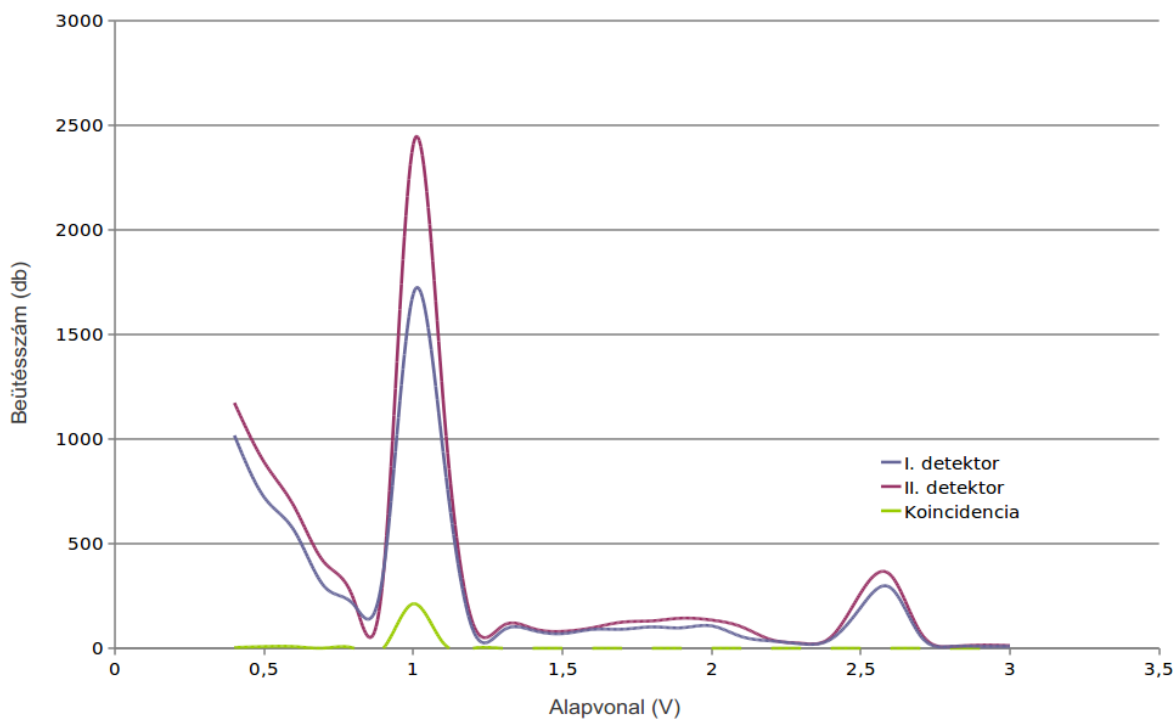
Említettük, hogy ki kellett mérni a ^{22}Na fotonenergia-spektrumát. Ezt azért kellett megtennünk, mert a vizsgált összeállításban kétféleképpen is keletkezhetnek γ -fotonok: a pozitronok annihilációjából 511 keV energiájúak, és a ^{22}Ne (a ^{22}Na leányeleme) alapállapotba való visszatérésekor kibocsátott 1280 keV energiájúak, nekünk viszont csak az előbbire volt szükségünk. A keletkezett görbén (3.1 pont) jól látható a két maximum, ám koincidenencia csak az 1 V-os alapszintnél lévőnél volt tapasztalható – ez volt a keresett, annihilációból származó szint. Annak érdekében, hogy a nemkívánatos fotonokat kiszűrjük, az alapvonalat 0,9 V-ra, a csatornaszélességet pedig 0,2 V-ra állítottuk, így a differenciál diszkriminátorok csak a számunkra érdekes feszültség- (és így energia-) sávban, 0,9 V-tól 1,1 V-ig engedték át a jelet, a többi tartományt kiszűrték.

3. A mért adatok

3.1. A ^{22}Na fotonelektron-spektruma

Alapvonal (V)	Beütésszám		Koincidencia
	I. detektor	II. detektor	
0,4	1018	1174	4
0,5	722	890	8
0,6	564	679	8
0,7	298	413	1
0,8	209	234	1
0,9	369	360	1
1,0	1696	2412	213
1,1	939	1187	26
1,2	87	118	0
1,3	85	108	0
1,4	86	95	0
1,5	70	81	0
1,6	90	98	0
1,7	91	125	0

Alapvonal (V)	Beütésszám		Koincidencia
	I. detektor	II. detektor	
1,8	102	131	0
1,9	98	144	0
2,0	107	135	0
2,1	56	103	0
2,2	35	41	0
2,3	21	24	0
2,4	43	53	0
2,5	195	264	0
2,6	290	351	0
2,7	60	77	0
2,8	8	8	0
2,9	9	15	0
3,0	9	13	0
-	-	-	-



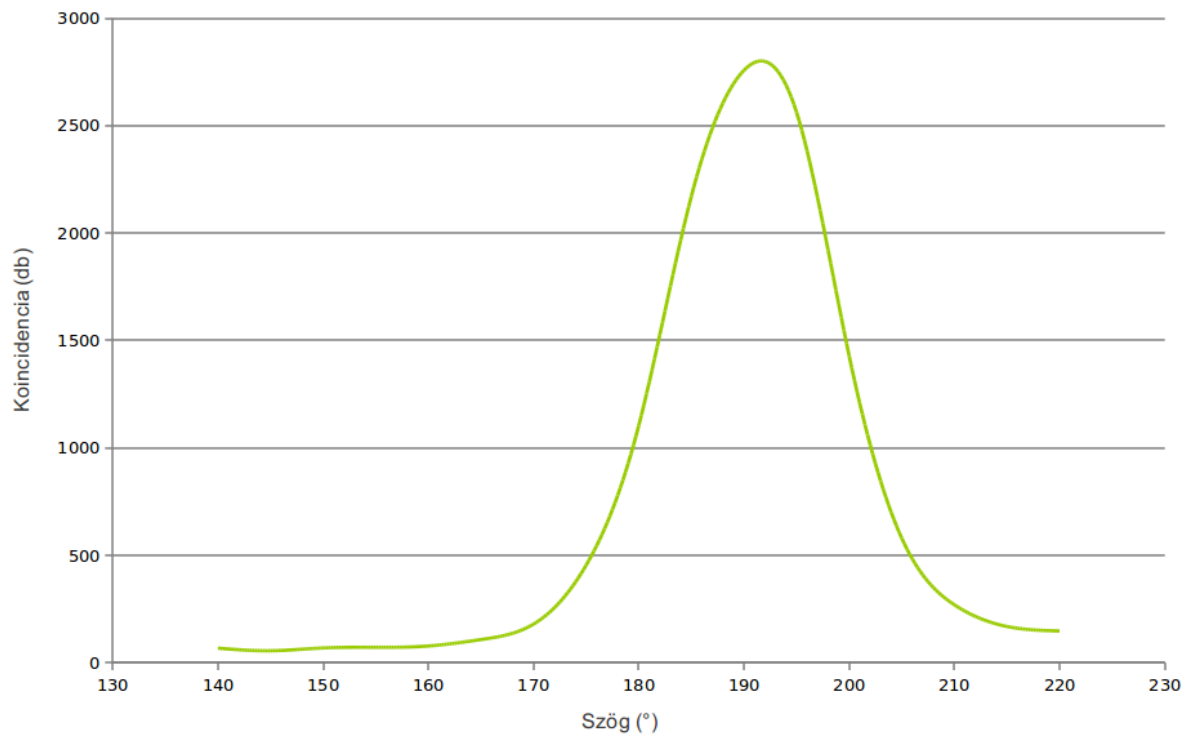
2. ábra. A ^{22}Na fotonelektron-spektruma

3.2. A koincidencia szögfüggése

3.2.1. 1. mérés

Szög (°)	Beütésszám		Koincidencia
	I. detektor	II. detektor	
140	15491	22380	68
145	15911	22317	56
150	16083	22396	69
155	16272	22292	72
160	16623	22135	78
165	16658	22476	108
170	17047	22322	180
175	17525	22357	454
180	17623	22454	1104

Szög (°)	Beütésszám		Koincidencia
	I. detektor	II. detektor	
185	17929	22337	2171
190	18333	22294	2758
195	18622	22563	2563
200	19101	22270	1429
205	19314	22545	580
210	19237	22351	270
215	19630	22474	169
220	19811	22627	148
-	-	-	-

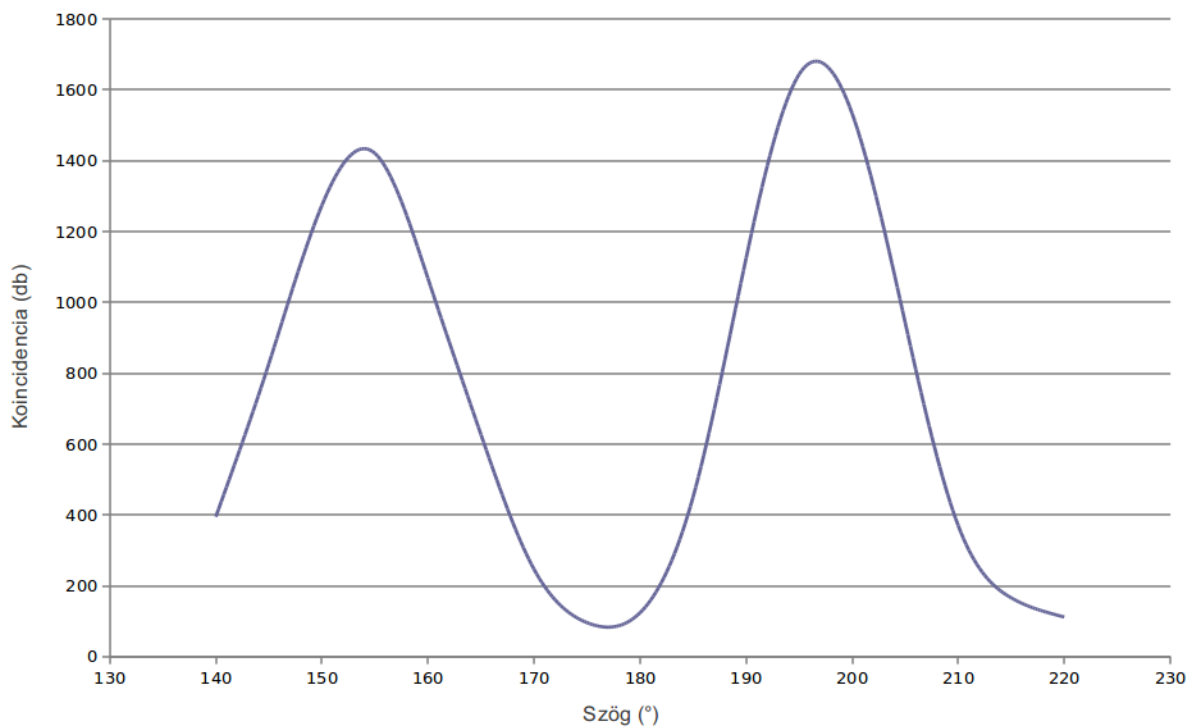


3. ábra. Az 1. mérés koincidenziagörbéje

3.2.2. 2. mérés

Szög (°)	Beütésszám		Koincidencia
	I. detektor	II. detektor	
135	16634	21701	174
140	16321	21491	395
145	16256	21898	827
150	15805	21702	1274
155	16093	21671	1421
160	15935	21281	1068
165	15496	21648	627
170	15681	21662	247
175	15300	21582	96
180	15098	21705	124

Szög (°)	Beütésszám		Koincidencia
	I. detektor	II. detektor	
185	15155	21553	451
190	15012	21473	1125
195	15013	21448	1644
200	15070	21467	1533
205	15535	21729	943
210	15746	21401	370
215	15896	21704	166
220	16302	21473	112
225	16619	21198	126
-	-	-	-

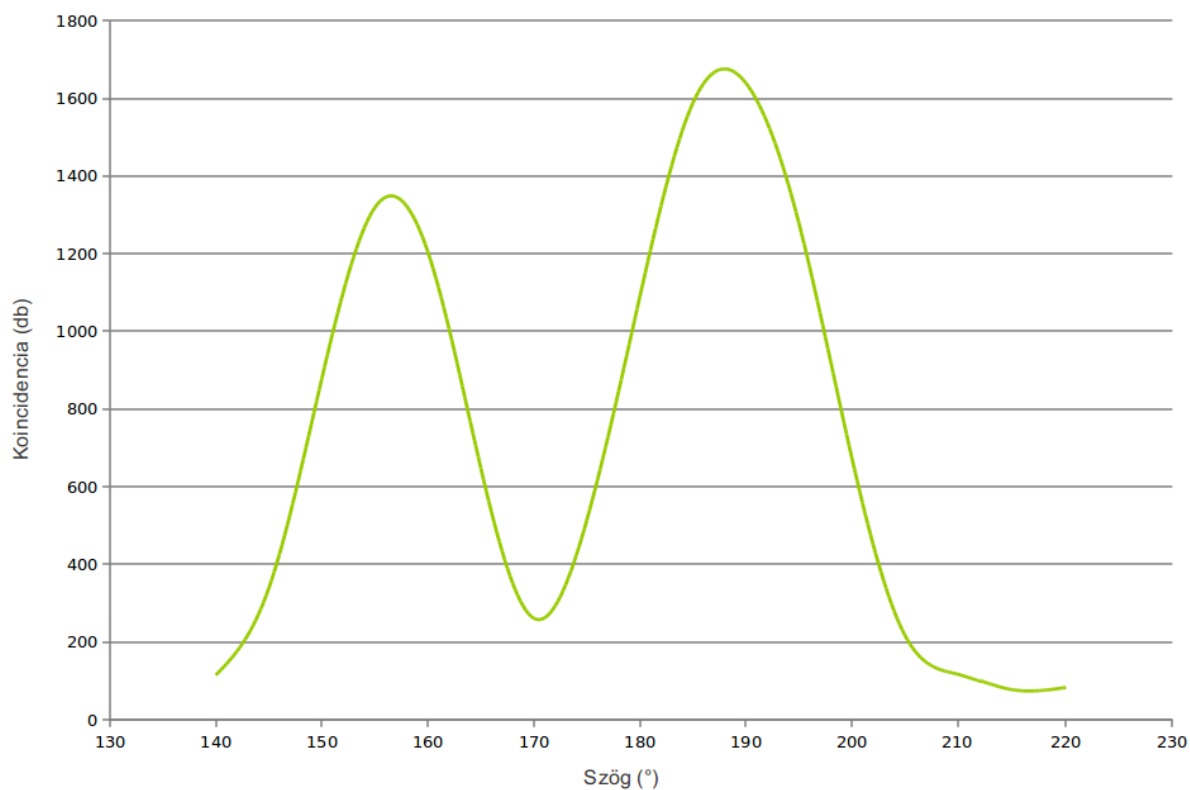


4. ábra. A 2. mérés koincidenziagörbéje

3.2.3. 3. mérés

Szög (°)	Beütésszám		Koincidencia
	I. detektor	II. detektor	
140	20217	20594	115
145	19504	20466	339
150	19030	20541	879
155	18694	20723	1319
160	18043	20886	1205
165	17732	20339	648
170	17783	20575	261
175	17242	20766	514
180	16928	20330	1089

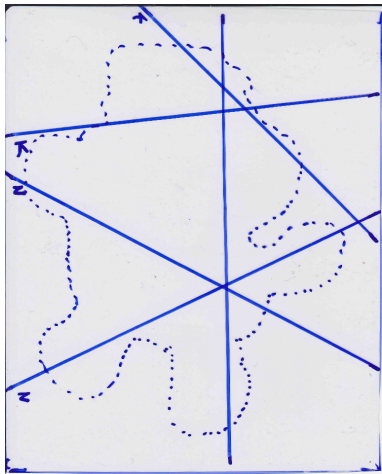
Szög (°)	Beütésszám		Koincidencia
	I. detektor	II. detektor	
185	17005	20210	1588
190	16706	20435	1640
195	16468	20440	1280
200	16294	20482	675
205	15950	20407	218
210	15662	20956	117
215	15469	20341	77
220	15662	20633	83
-	-	-	-



5. ábra. A 3. mérés koincidienciagörbéje

4. Az adatok kiértékelése

4.1. A sugárforrások helye, aktivitása és mérete



(A kép nagyobb méretben lejjebb tekinthető meg.)

4.1.1. Hely

A kép bal alsó sarkához rögzített koordináta-rendszerben: **(75,1; 63,9) [mm]** („alsó”), és **(76,8; 126,5) [mm]** („felső”), a beolvasott kép 129,3 mm × 160,5 mm-es nagyságát figyelembe véve (ezek hibáját lásd a következő pontban). Ez a plüssmedve fejének, illetve kb. a veséjének felel meg.

4.1.2. Aktivitáсарány

A 2.2.2 és a 2.2.3 pontokban lévő görbék, valamint az ábra alapján következtethetünk rá. Egyértelműen látszik, hogy a „kisebb” csúcsokhoz tartozó válaszegyenesek tartoznak a fejben lévő „daganathoz”, a „nagyobb” csúcsokhoz tartozók pedig a vesében lévőhöz. Az izotópok aktivitásának aránya közelítőleg egyenlő a csúcsoknál mérhető koincidenciák arányával, mivel az összebeütésszám az egész mérés során körülbelül azonos volt (36-40 000/perc), és csak a koincidencia-maximumoknál állapítható meg, hogy az adott bomlások melyik izotóphoz tartoznak. Ennek alapján megkaphatjuk, hogy **a vesében lévő izotóp aktivitása volt nagyobb, közelítőleg 15-20%-kal.**

4.1.3. Méret

A 2.2.2 és a 2.2.3 pontban lévő görbék félértékszélességéből lehet rá következtetni: a kisebb csúcsok félértékszélessége mintegy 10-11°, míg a nagyobbaké kb. 12-13°. Ennek alapján a **vesében lévő izotóp** valamivel nagyobb-nak adódik a másiknál.

Ezen adatok hitelességét sajnos nagymértékben rontja, hogy - mint kiderült - a két izotóp nem volt egy síkban.

4.2. Hibaszámítás

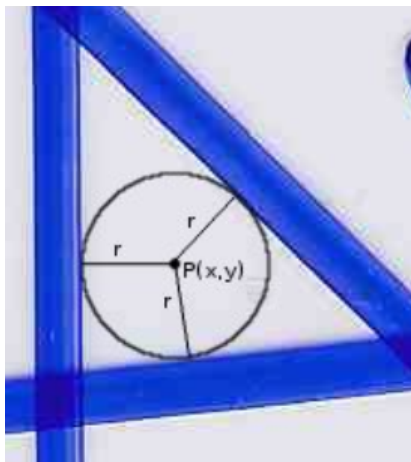
4.2.1. A szögmérés hibája

A forgatható detektor felfüggesztése igen jónak mondható, könnyen és pontosan be lehetett állítani a kívánt szöghelyzetbe. Az esetlegesen fellépő hibák a leolvasási pontatlanságból adódnak, mely két részből tevődik össze:

1. A skála egész fokként volt beosztva, ez egy $\pm 0,5^\circ$ -os járulékot ad a hibához.
2. Ennél nagyobb azonban az emberi tényező miatti hiba, mivel a skálát kb. 20 cm-ről láttuk, és onnan sem volt merőleges a rálátás. Ez a hiba becslésem szerint mintegy 2° -ot jelent.

Mivel a szögmérés hibájának járuléka is az egyenesek helyzetnének pontosságát rontja, ezért a számolt hibának a tangensével kell dolgoznunk: $\tan 2^\circ \approx 0,03$ egység.

4.2.2. A válaszegyenesek metszéspontjának hibája



Elegendő a „felső” metszéspont hibáját kiszámítani, mivel az jól láthatóan sokkal nagyobb a másiknál, ám még így is ki kell nagyítani a kép idevágó részletét, hogy érdemben tárgyalhassuk. Mint látható, a háromszögbe a GIMP nevű program segítségével berajzoltuk a beírható kört, mivel az egyenlő távolságra van az oldalaktól. A $P(x,y)$ pont helye a kép bal alsó sarkához rögzített koordináta-rendszerben a 4.1.1 pontban foglaltak szerint: **(76,8; 126,5) [mm]**. A programmal megmértük a kör sugarát, ami 1,8 mm-nek adódott. Mivel a filctoll nyomának is van vastagsága, ezért ezt nyugodtan tekinthetjük 2 mm-nek (szintén a beolvasott kép mérete által meghatározott egységrendszerben mérve). Ez az érték láthatóan jóval nagyobb, mint a szögmérés hibájából adódó. Mindezek figyelembevételével két „daganat” végleges helye a következő:

Koordináta	Daganat	
	„Alsó”	„Felső”
x (mm)	75 ± 2	77 ± 2
y (mm)	64 ± 2	127 ± 2

