



Софийски университет "Св. Климент Охридски"
Физически факултет
Катедра "Атомна физика"

Слабо колективни 2^+ възбуждания в ядрата $^{210,212}\text{Po}$

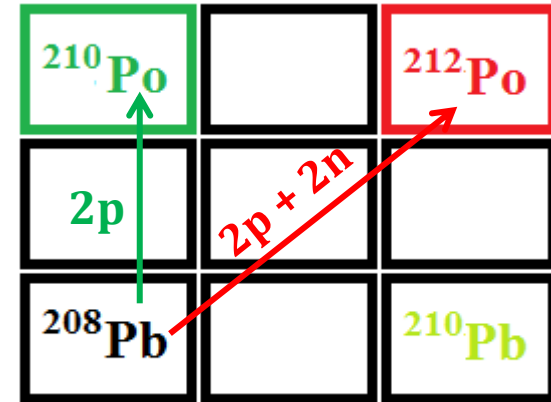
Атестационен семинар

Докторант: Диана Кочева

Научен ръководител: Проф. дфзн Г. Райновски

Преходът: едночастични → колективни възбуждания

- Слоест модел;
- Валентни нуклеони;



Преходът: едночастични → колективни възбуждания

- Слоест модел;
- Валентни нуклеони;

“Seniority” поведение

- Несдвоените нуклеони;
- Намаляване на енергиите между $0^+, 2^+, 4^+, \dots (2j-1)$;
- $(2j-1) \rightarrow (2j-3) \Rightarrow$ изомер $(2j-1)$;

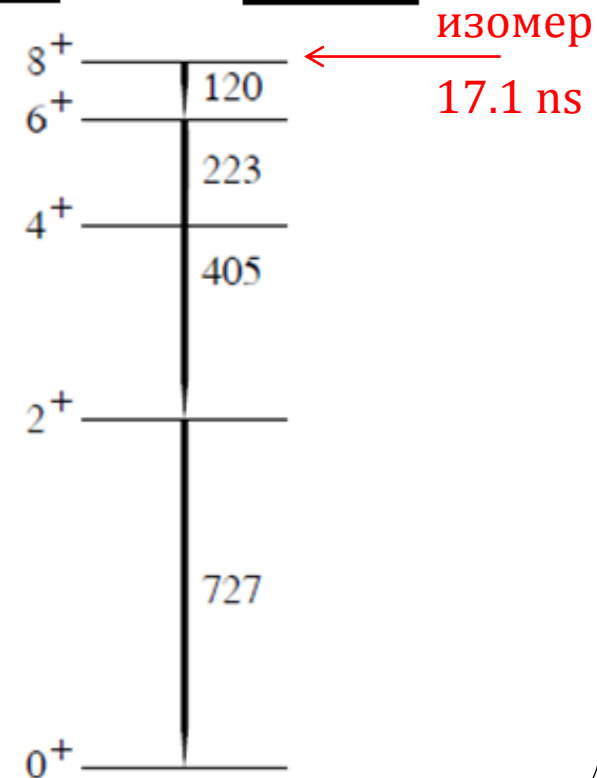
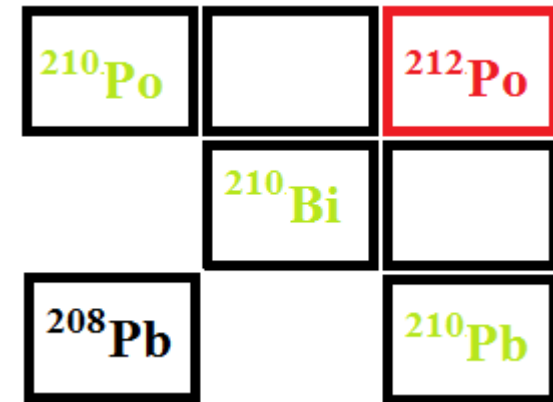
Single-shell approximation + empirical interaction from neighboring nuclei (P. Van Isacker)

$$^{212}\text{Po} : ^{208}\text{Pb} + \nu(2g_{9/2})^2 + \pi(1h_{9/2})^2$$

$V_{\nu\nu}^J$: from the spectrum ($0^+ - 8^+$) of ^{210}Pb (2ν in $2g_{9/2}$)

$V_{\pi\pi}^J$: from the spectrum ($0^+ - 8^+$) of ^{210}Po (2π in $1h_{9/2}$)

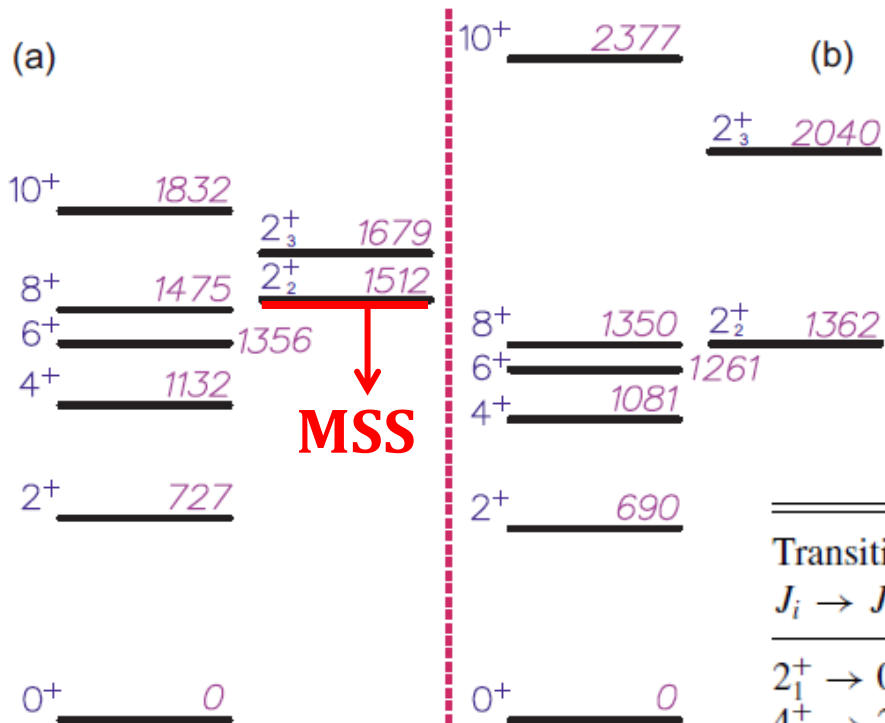
$V_{\nu\pi}^R$: from the spectrum ($0^- - 9^-$) of ^{210}Bi



Предходният експеримент

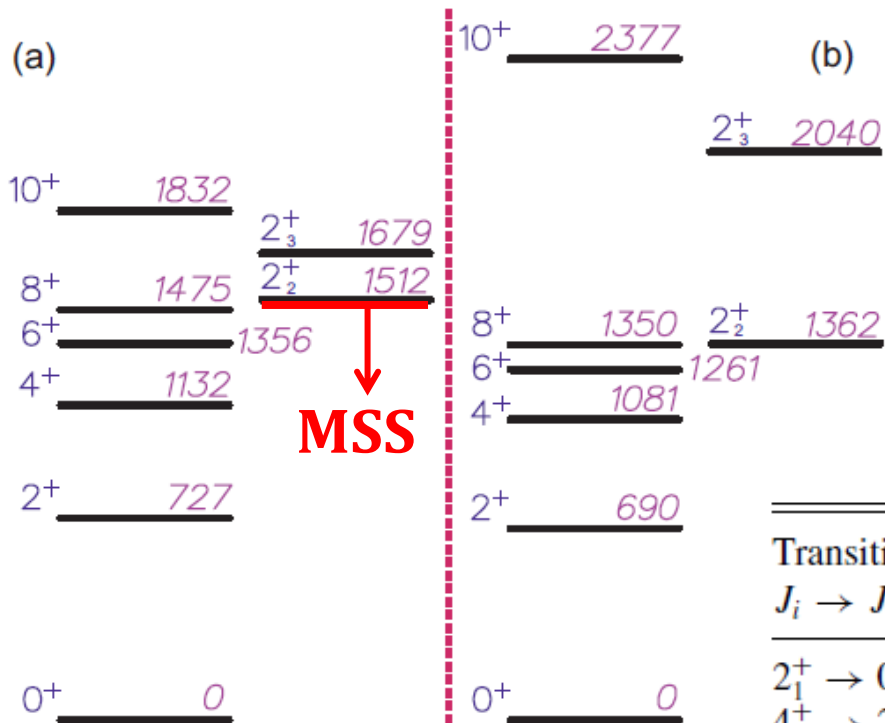


Предходният експеримент



Transition $J_i \rightarrow J_f$	$B(M1; J_i \rightarrow J_f)(\mu_N^2)$		$B(E2; J_i \rightarrow J_f)(e^2\text{fm}^4)$	
	Experiment	Theory	Experiment	Theory
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$				463
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$				533
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$			293 (83) ^a	300
			1051(300) ^b	
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$			173 (68) ^a	103
			353(9) ^b	
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$			165 (45) ^a	75
$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$			29 (4) ^c	59
$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.126(16) ^c	0.46	24 (16) ^c	17
$2_3^+ \rightarrow 0_1^+$			20 (5) ^c	7
$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0.042(20) ^c	0.0003	290 (273) ^c	186

Предходният експеримент

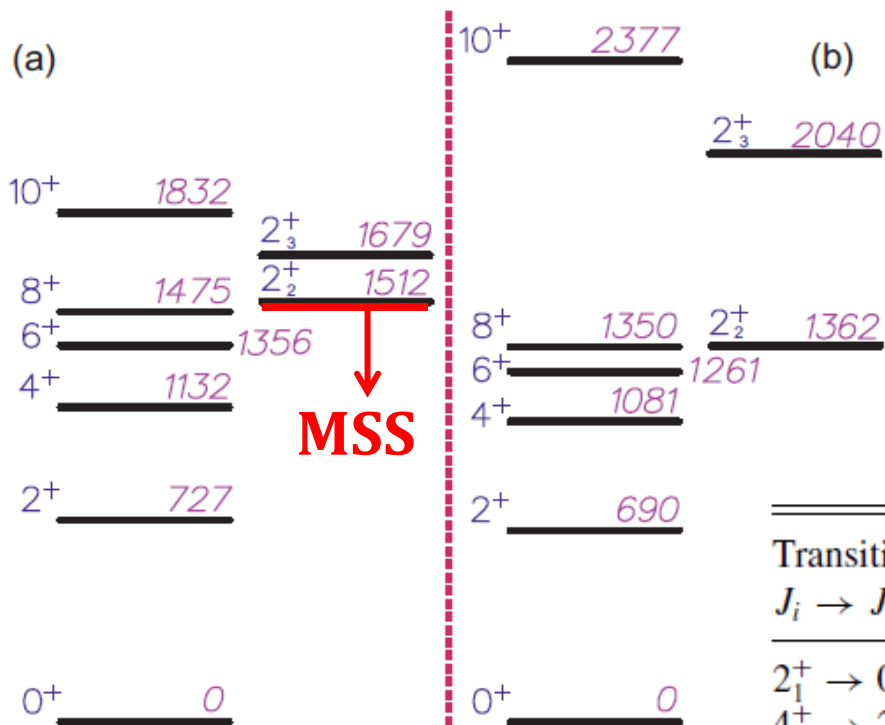


Ниски стойности на $B(E2)$ за второто и третото 2^+ възбудени състояния

➔ **НИСКА КОЛЕКТИВНОСТ**

Transition $J_i \rightarrow J_f$	$B(M1; J_i \rightarrow J_f)(\mu_N^2)$		$B(E2; J_i \rightarrow J_f)(e^2\text{fm}^4)$	
	Experiment	Theory	Experiment	Theory
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$				463
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$				533
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$			293 (83) ^a	300
			1051(300) ^b	
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$			173 (68) ^a	103
			353(9) ^b	
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$			165 (45) ^a	75
$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$			29 (4) ^c	59
$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.126(16) ^c	0.46	24 (16) ^c	17
$2_3^+ \rightarrow 0_1^+$			20 (5) ^c	7
$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0.042(20) ^c	0.0003	290 (273) ^c	186

Предходният експеримент



Ниски стойности на $B(E2)$ за второто и третото 2⁺ възбудено състояния

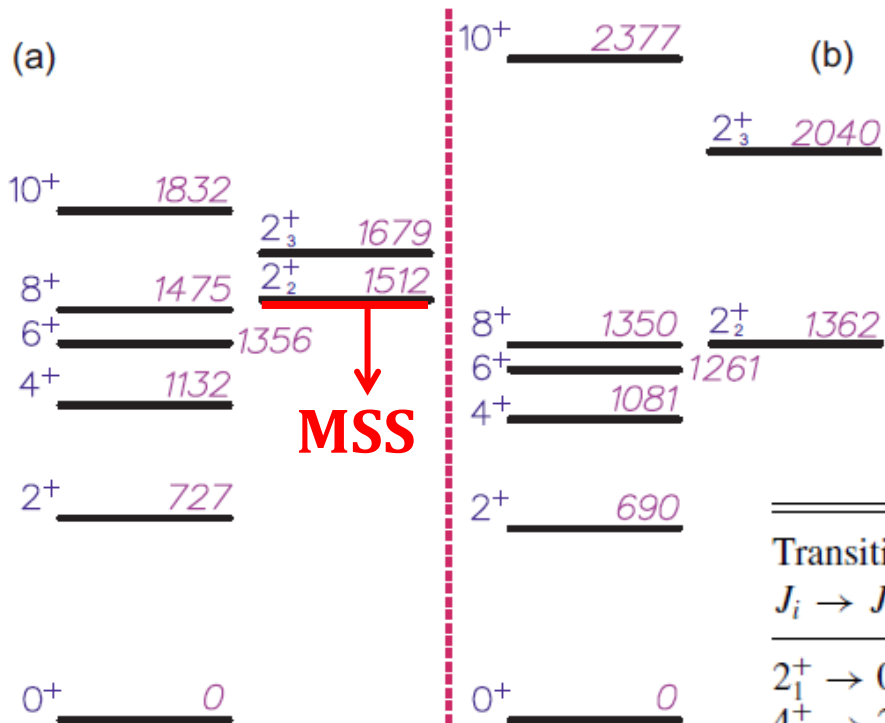
➔ **НИСКА КОЛЕКТИВНОСТ**

$$B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+) = ?$$

$$B(E2; 4_1^+ \rightarrow 2_1^+) = ?$$

Transition $J_i \rightarrow J_f$	$B(M1; J_i \rightarrow J_f)(\mu_N^2)$		$B(E2; J_i \rightarrow J_f)(e^2\text{fm}^4)$	
	Experiment	Theory	Experiment	Theory
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$				463
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$				533
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$			293 (83) ^a	300
			1051(300) ^b	
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$			173 (68) ^a	103
			353(9) ^b	
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$			165 (45) ^a	75
$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$			29 (4) ^c	59
$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.126(16) ^c	0.46	24 (16) ^c	17
$2_3^+ \rightarrow 0_1^+$			20 (5) ^c	7
$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0.042(20) ^c	0.0003	290 (273) ^c	186

Предходният експеримент



Ниски стойности на $B(E2)$ за второто и третото 2^+ възбудено състояния

➔ **НИСКА КОЛЕКТИВНОСТ**

$$B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+) = ?$$

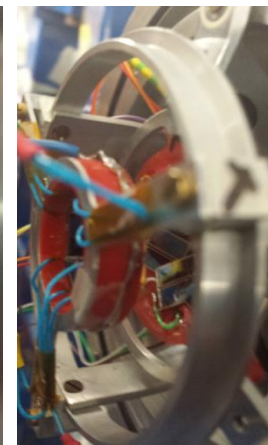
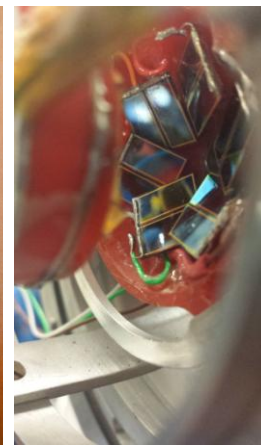
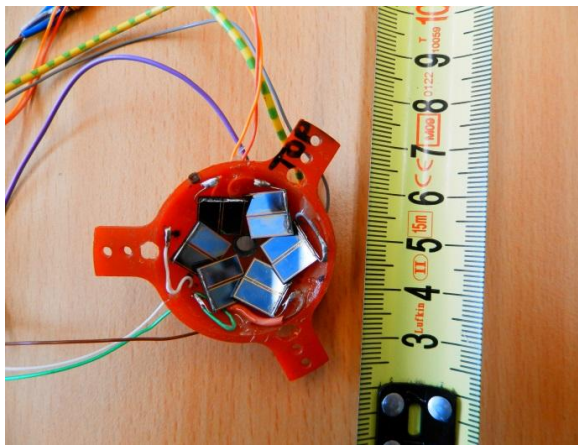
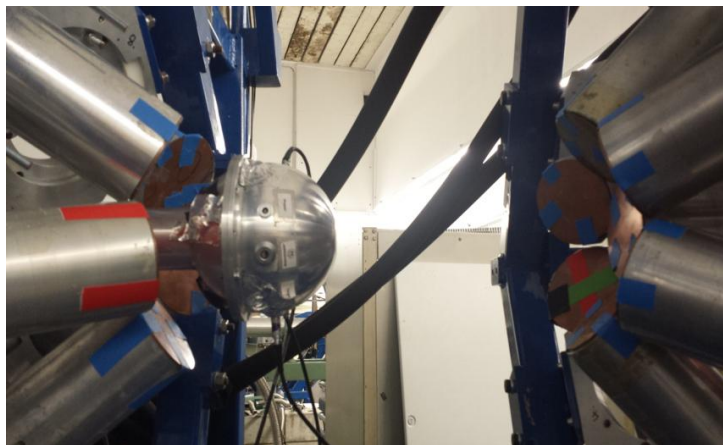
$$B(E2; 4_1^+ \rightarrow 2_1^+) = ?$$

Transition $J_i \rightarrow J_f$	$B(M1; J_i \rightarrow J_f)(\mu_N^2)$		$B(E2; J_i \rightarrow J_f)(e^2\text{fm}^4)$	
	Experiment	Theory	Experiment	Theory
$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$?	463
$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$				533
$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$			293 (83) ^a	300
			1051(300) ^b	
$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$			173 (68) ^a	103
			353(9) ^b	
$10_1^+ \rightarrow 8_1^+$			165 (45) ^a	75
$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$			29 (4) ^c	59
$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.126(16) ^c	0.46	24 (16) ^c	17
$2_3^+ \rightarrow 0_1^+$			20 (5) ^c	7
$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0.042(20) ^c	0.0003	290 (273) ^c	186

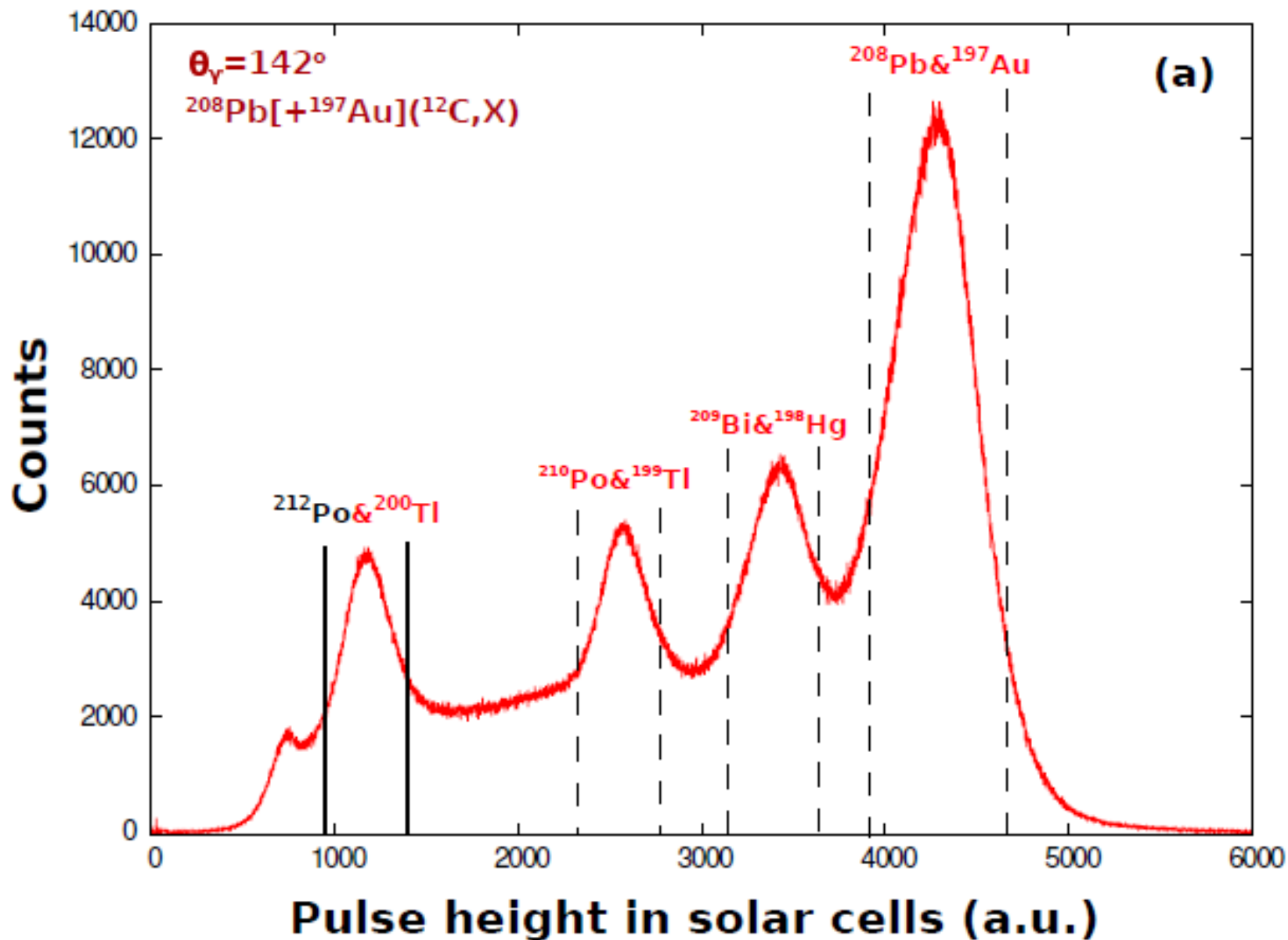
Експериментална част – ^{212}Po RDDS

Тандемен ускорител в Кьолн, Германия

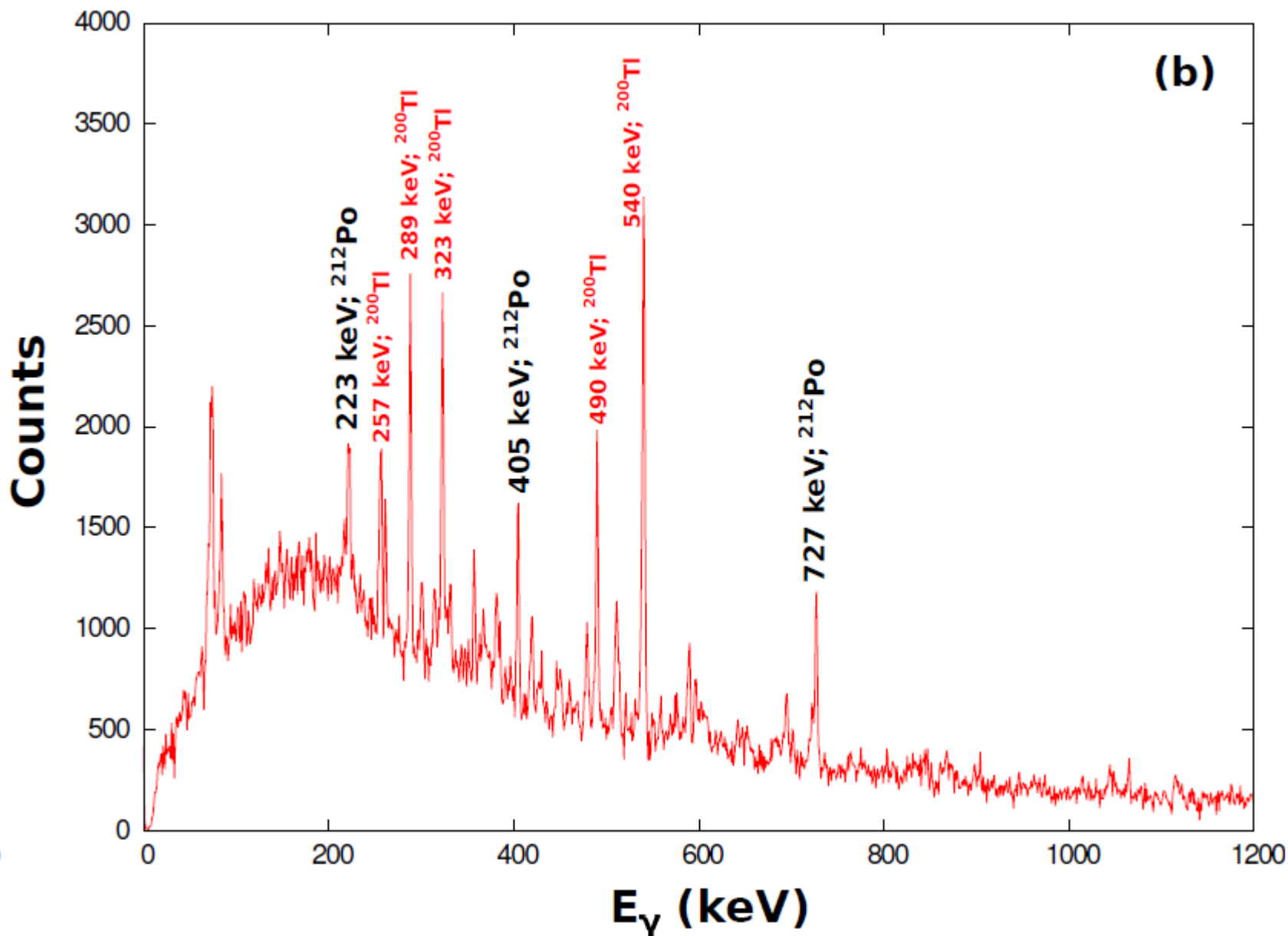
- Реакция – $^{208}\text{Pb}(^{12}\text{C}, ^8\text{Be})^{212}\text{Po}$ @ 64 MeV ($V_{\text{col}} \approx 64$ MeV);
- Мишена – 0.6 mg/cm^2 ^{208}Pb @ 2 mg/cm^2 ^{197}Au ;
- Стопер – 2 mg/cm^2 ^{197}Au ;
- Експериментална установка – „плънджерно устройство“:
 - 5 HpGe детектора на 142.3° , 6 HpGe детектора на 35.0° ;
 - пръстен от 6 соларни клетки (10 mm \times 10 mm) покриващи ъгъл м/у 116.8° - 167.2° ;
 - основен тригер - γ - α или γ - γ съвпадения;
- Дистанции – 25 μm , 35 μm , 43 μm , 55 μm , 70 μm , 100 μm ;



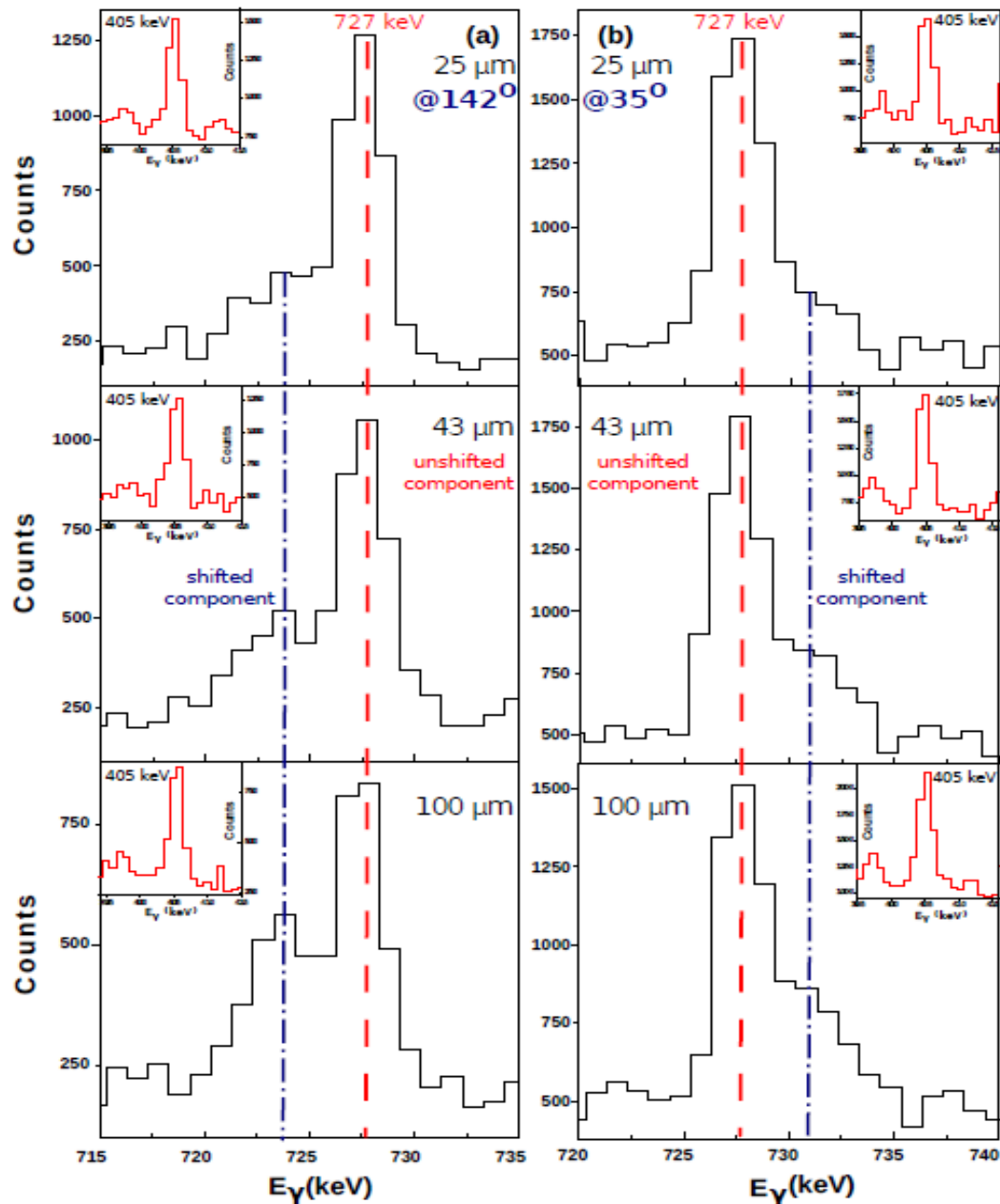
Експериментална част – ^{212}Po RDDS



Експериментална част – ^{212}Po RDDS

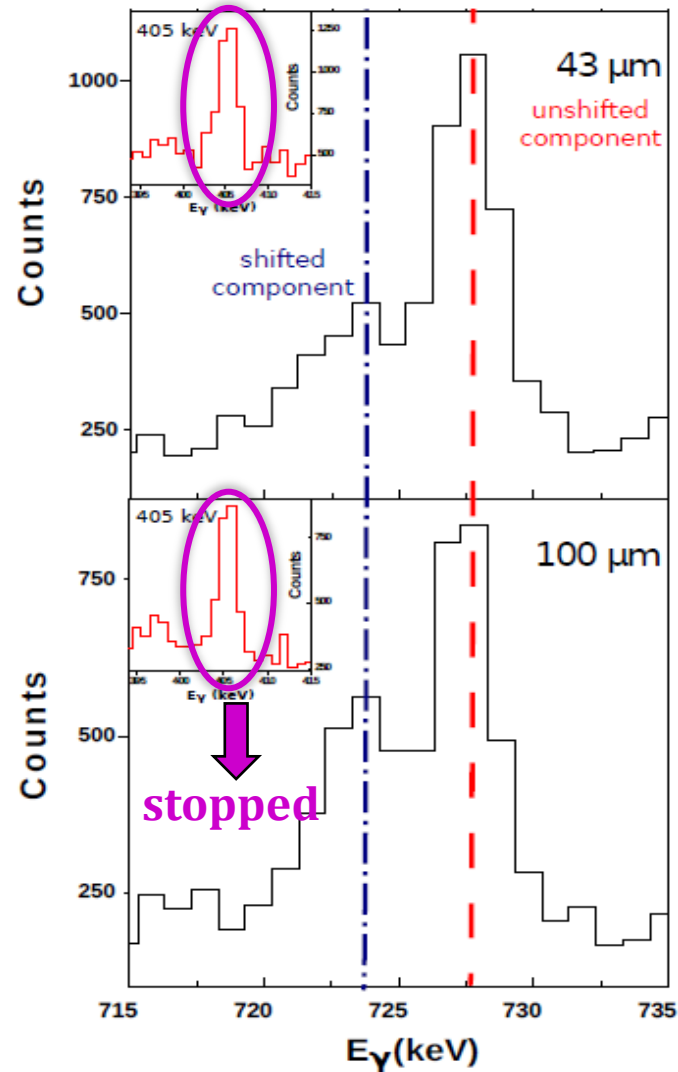
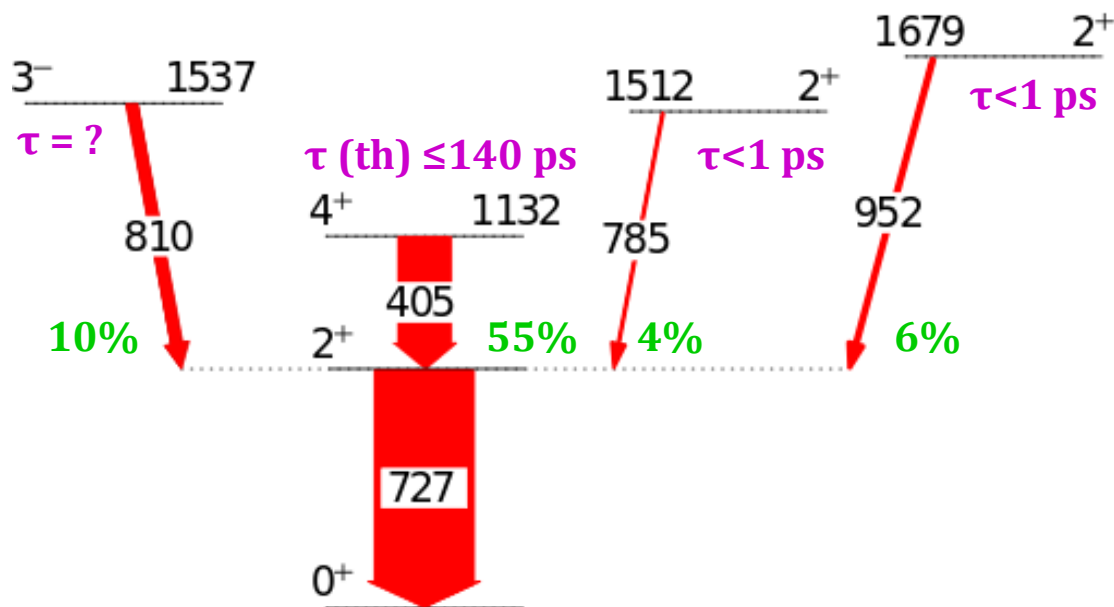


Експериментална част – ^{212}Po RDDS



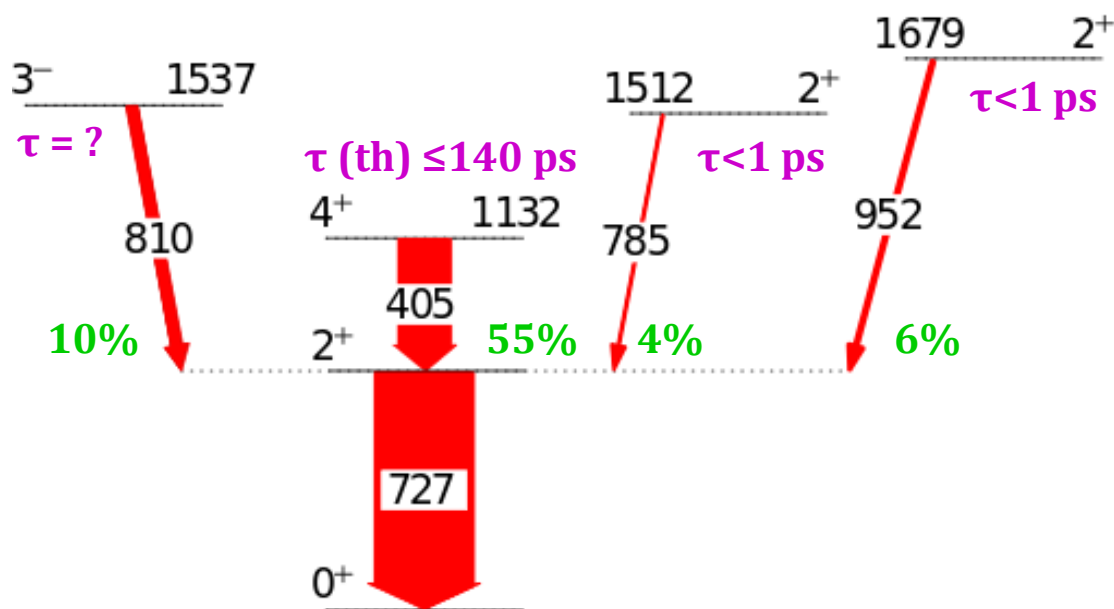
Експериментална част - ^{212}Po RDDS

DDCM \rightarrow $\tau_i(x) = \frac{I_{un}(x)}{\langle v \rangle \frac{d}{dx} I_{sh}(x)}$ \rightarrow *particle - γ - γ*

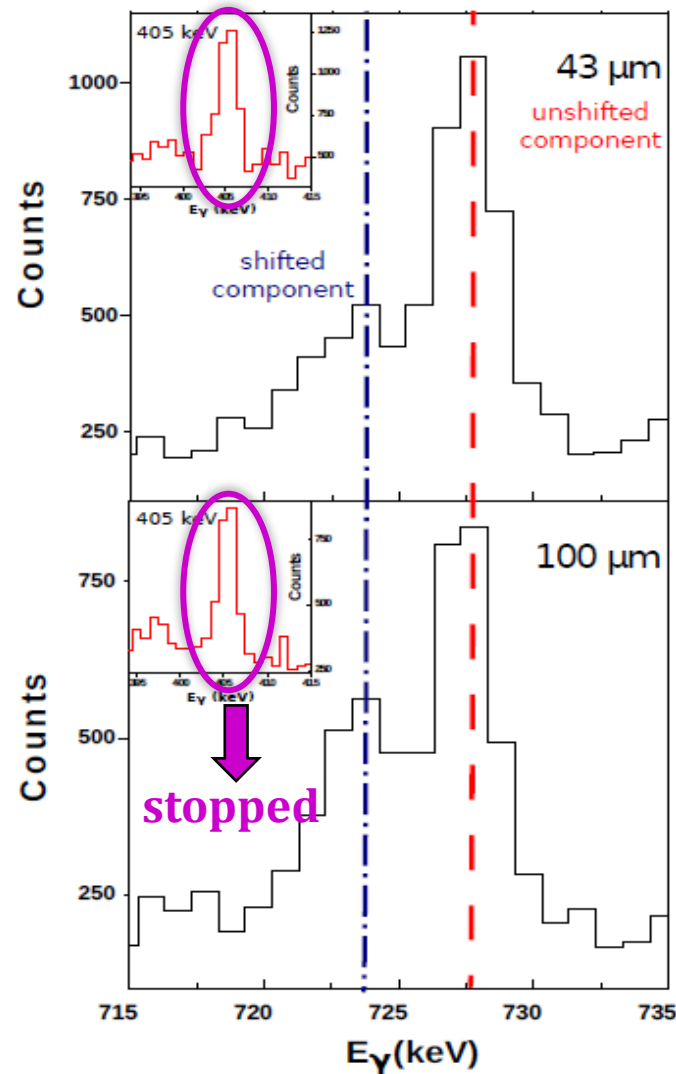


Експериментална част - ^{212}Po RDDS

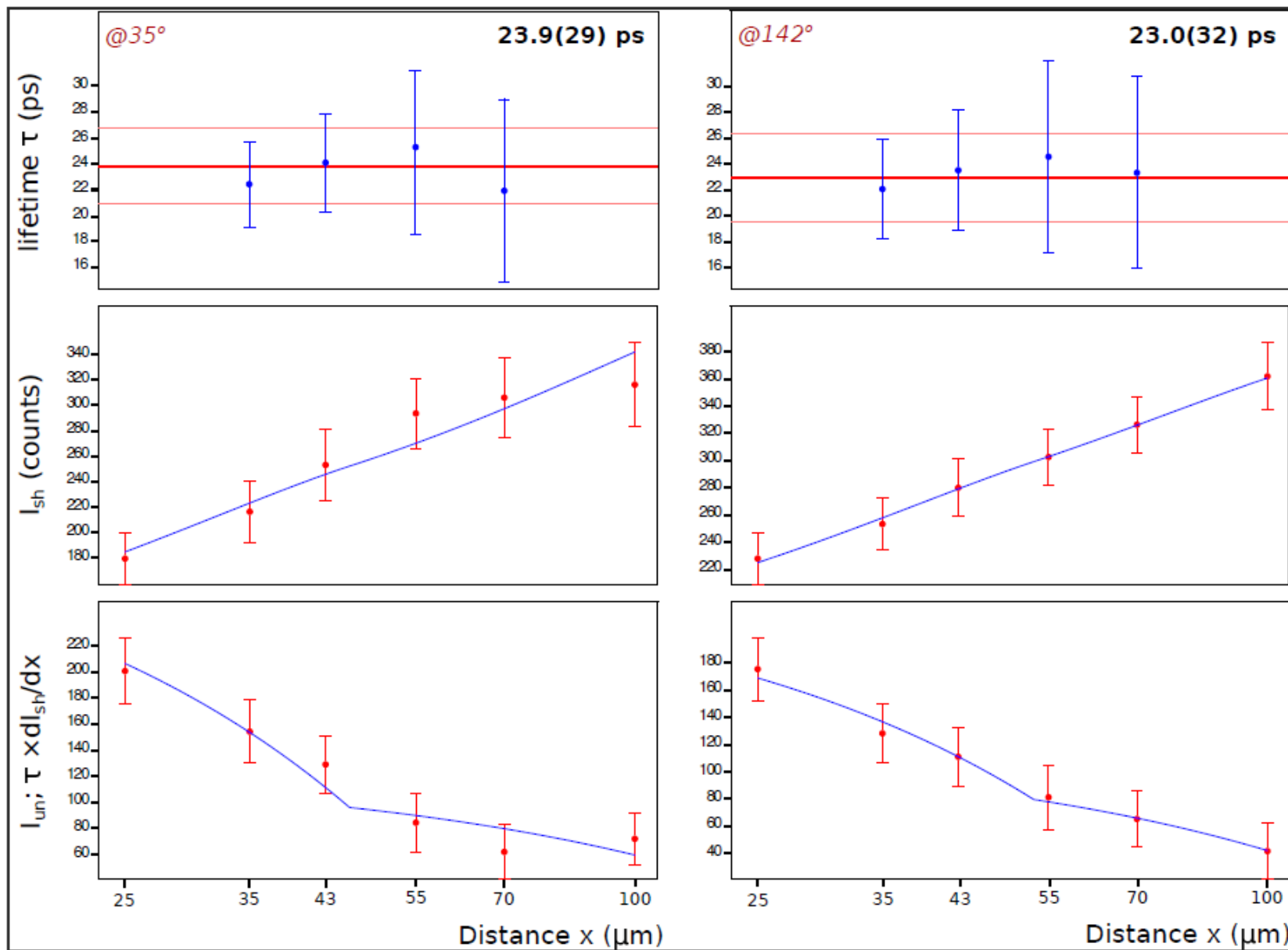
DDCM \rightarrow $\tau_i(x) = \frac{I_{un}(x)}{\langle v \rangle \frac{d}{dx} I_{sh}(x)}$ \rightarrow **particle - γ - γ**



- $\langle v \rangle$ \rightarrow
- 1) Монте Карло Симулации - 0.75(10)%c
 - 2) Експериментални данни - 0.72(5)% c



Експериментална част – ^{212}Po RDDS



Експериментална част – ^{212}Po RDDS

I. $\tau(3^-)$ – късоживущо \longrightarrow Принос само в отместената компонента на 727 keV

$$\tau(2_1^+) = 23.5(21) \text{ ps}$$

II. $\tau(3^-)$ – дългоживущо \longrightarrow Принос само в спрялата компонента на 727 keV

$$\tau(2_1^+) = 21.0(21) \text{ ps}$$

I. & II.

I. & II.



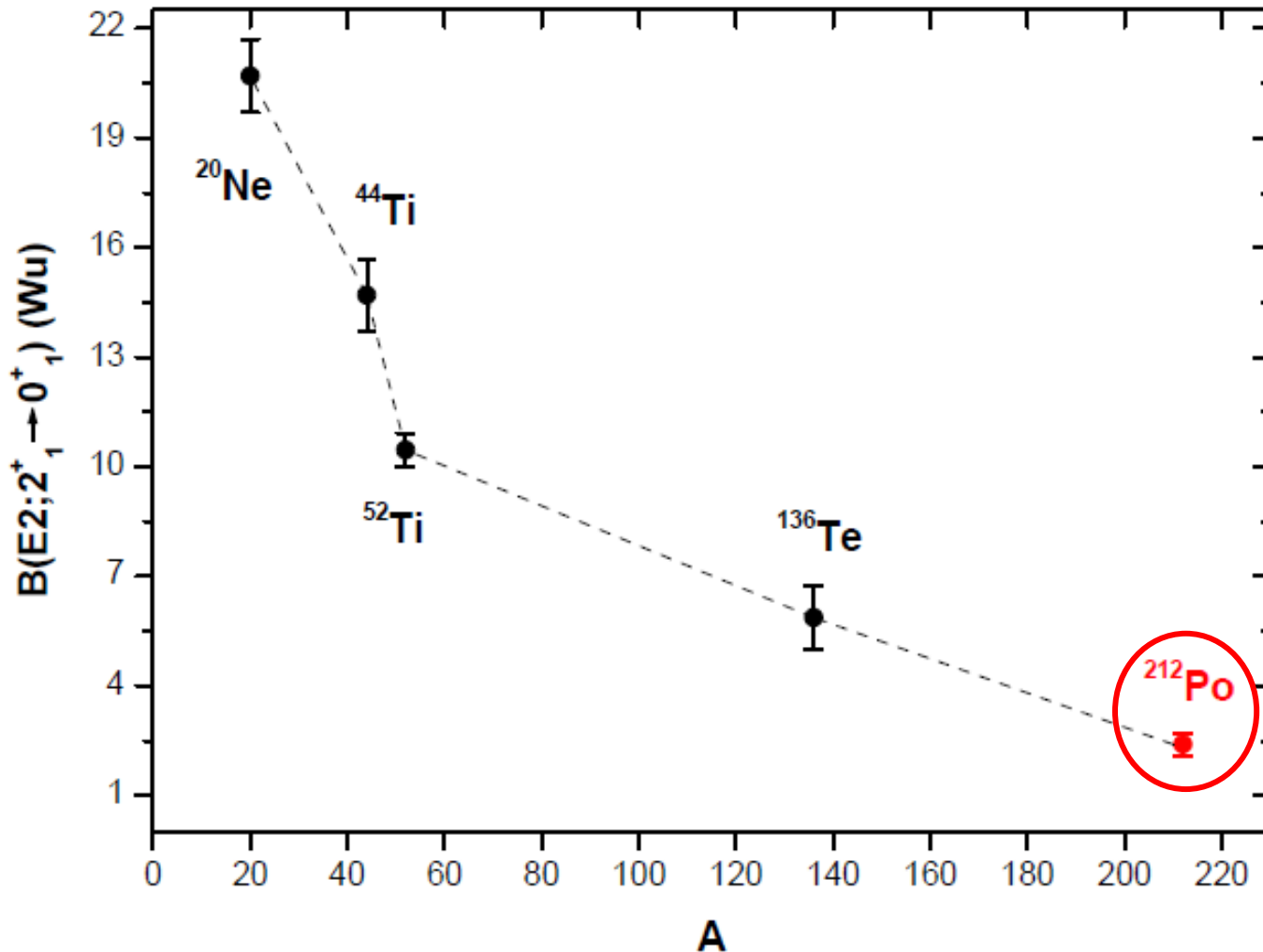
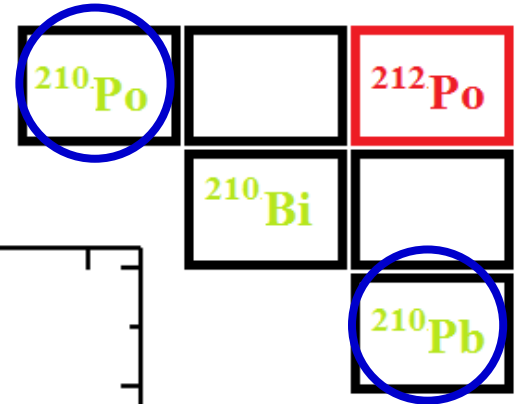
$$\tau(2_1^+, E_x = 727 \text{ keV}) = 22.3(29) \text{ ps}$$

$$B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+) = 178(23)e^2\text{fm}^4 = 2.4(3)\text{W. u.}$$

Интерпретация на резултатите за ^{212}Po

Single-j shell model: **2.4(3) W.u.** \longleftrightarrow **6.2 W.u.**

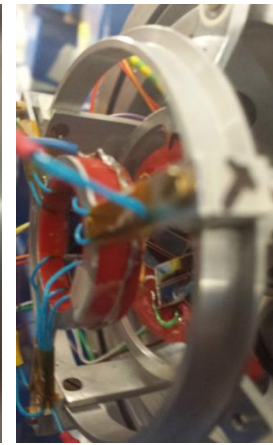
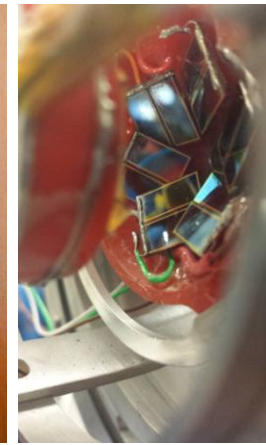
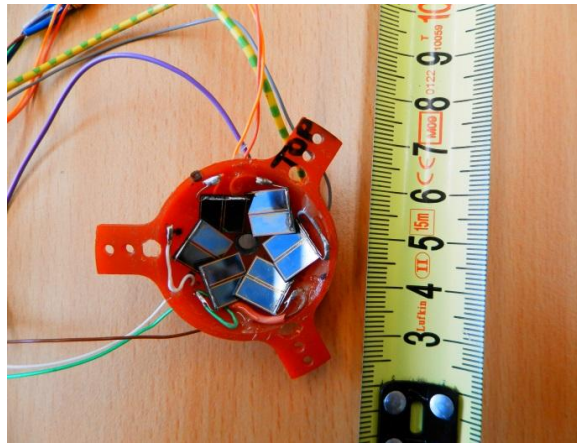
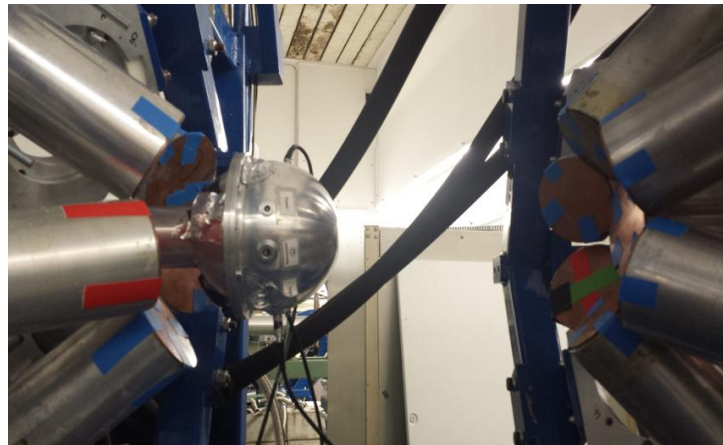
$$|2_1^+\rangle = 0.448|\pi^2\rangle + 0.819|\nu^2\rangle \quad \rightarrow \quad \begin{array}{l} n: 67\% \\ p: 20\% \end{array}$$



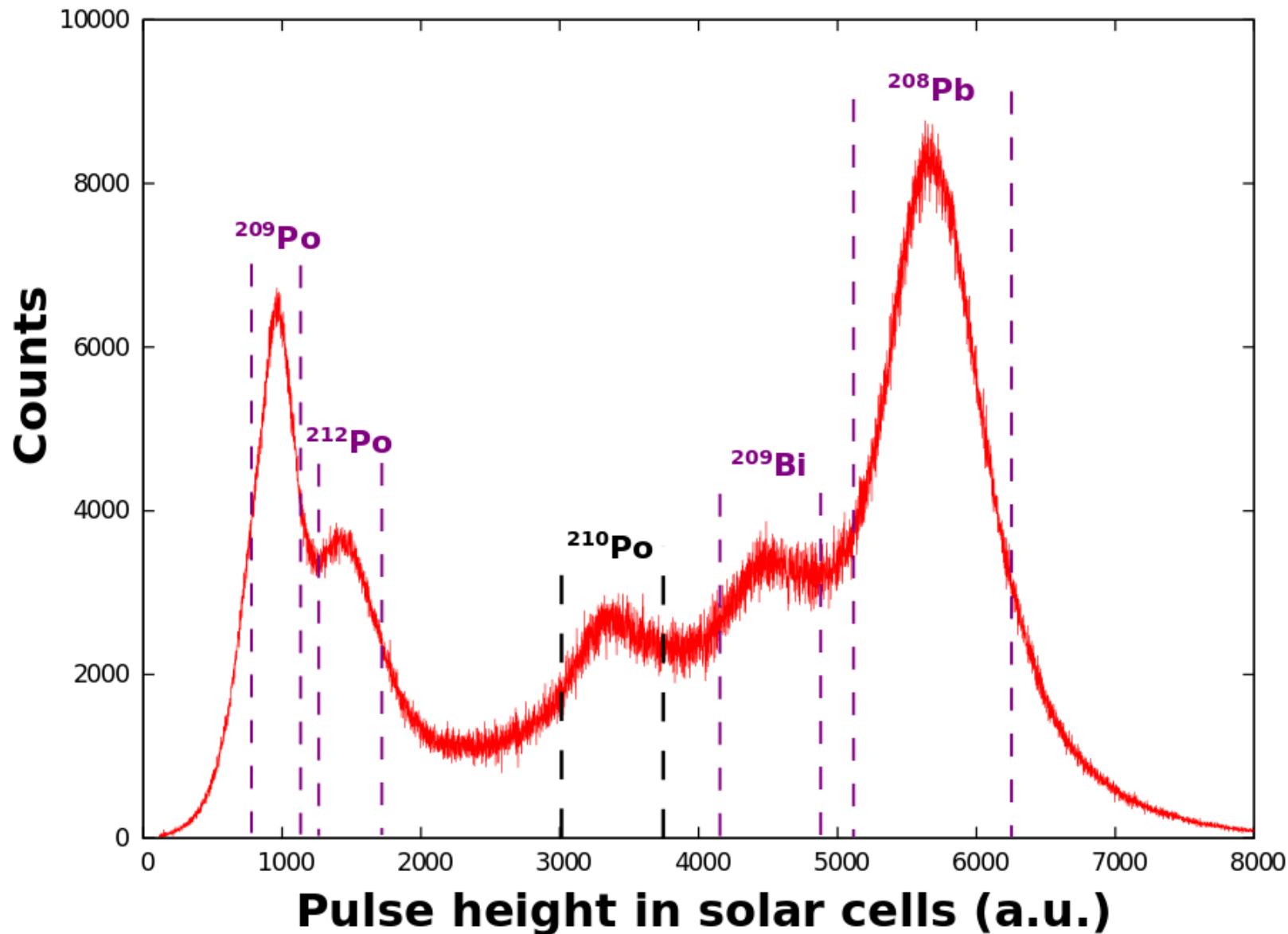
Експериментална част – ^{210}Po DSAM

Тандемен ускорител в Кьолн, Германия

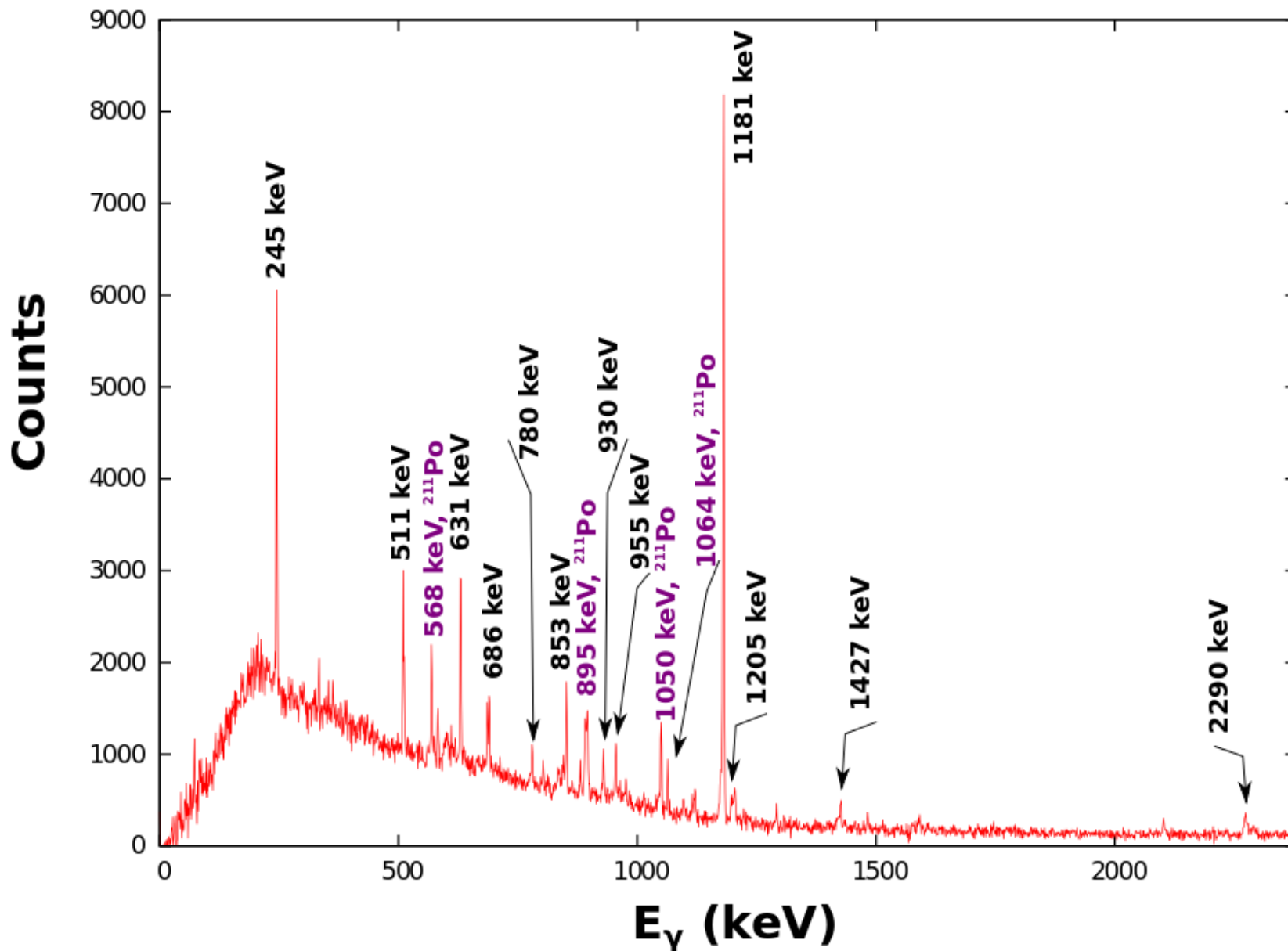
- Реакция – $^{208}\text{Pb}(^{12}\text{C}, ^{10}\text{Be})^{210}\text{Po}$ @ 62 MeV ($V_{\text{col}} \approx 64$ MeV);
- Мишена – 10 mg/cm^2 ^{208}Pb (99% обогатена);
- Експериментална установка – „плънджерно устройство“:
 - 5 HpGe детектора на 142.3° , 6 HpGe детектора на 35.0° ;
 - пръстен от 6 соларни клетки (10 mm × 10 mm) покриващи ъгъл м/у $116.8^\circ - 167.2^\circ$;
 - основен тригер - γ - α или γ - γ съвпадения;



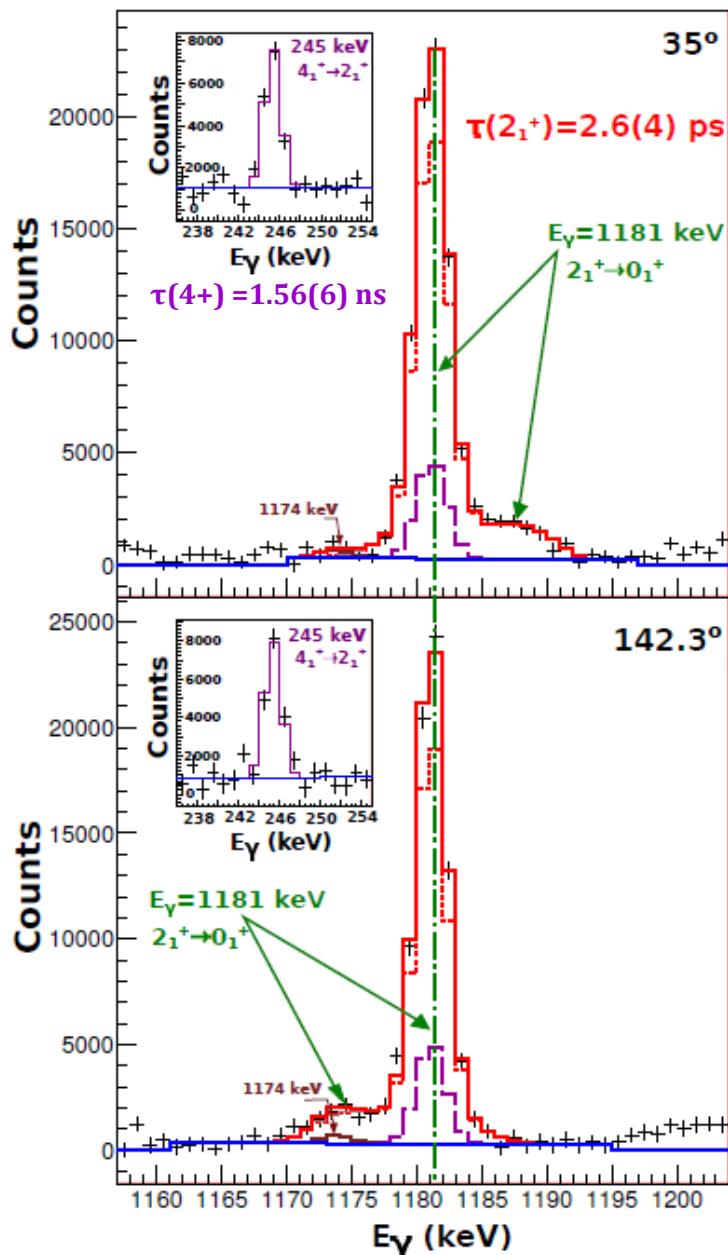
Експериментална част – ^{210}Po DSAM



Експериментална част - ^{210}Po DSAM

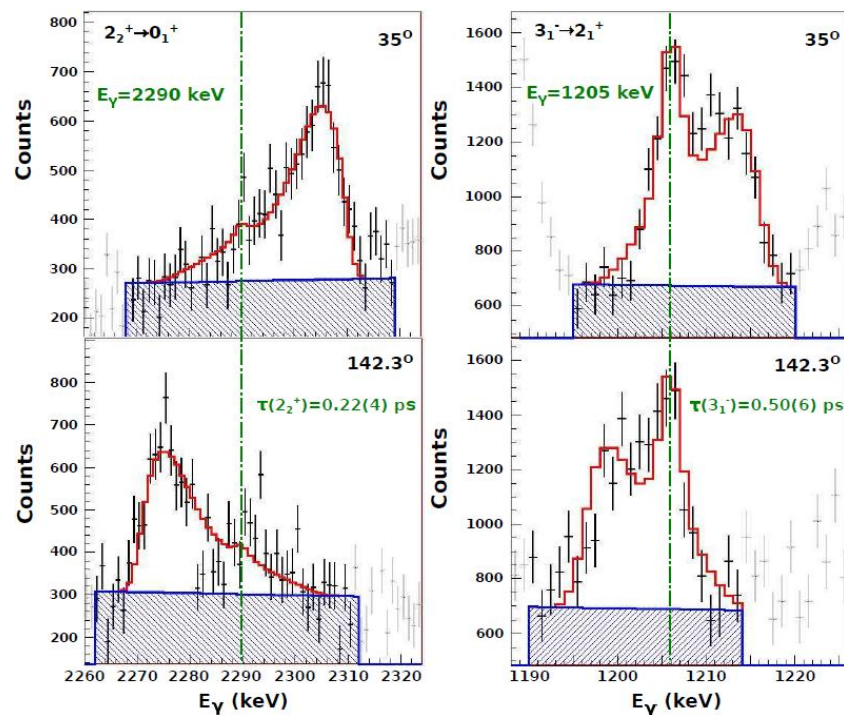


Експериментална част – ^{210}Po DSAM



Analysis Program for Continuous Angle DSAM – APCAD:

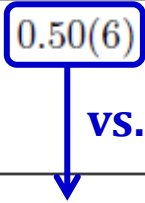
- Спирачни способности на ^{210}Po ;
- Set-up на експеримента (ограничението от соларните клетки + разположението на HPGe детектори);
- Отклик на HPGe детектори;
- История на заселване на изследваните нива;



Експериментална част – ^{210}Po DSAM

E_{level} (keV)	J^π	J_{final}^π	E_γ (keV)	I_γ ¹ %	α ²	δ ³	τ (ps)	Transition strength $J^\pi \rightarrow J_{final}^\pi$ ⁴
1181	2_1^+	0_1^+	1181	100	0.00535		2.6(4)	$B(E2)=136(21)$
2290	2_2^+	0_1^+	2290	100(2)	0.00198		0.22(4)	$B(E2)=53(11)$
		2_1^+	1108	11.2(11)	0.0133	0.61(31)		$B(M1)=0.014(7)$ $B(E2)=60(29)$
2387	3_1^-	0_1^+	2387	1.0(3)	0.00309		0.50(6)	$B(E3)=70(31) \times 10^3$
		2_1^+	1205	100.0(15)	0.00197			$B(E1)=0.64(9) \times 10^{-3}$
		4_1^+	960	11.3(6)	0.00292			$B(E1)=0.14(3) \times 10^{-3}$

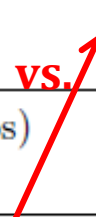
NEW




 $\tau(\text{lit.}) \approx 0.43\text{ps}$

Експериментална част – ^{210}Po DSAM

E_{level} (keV)	J^π	J_{final}^π	E_γ (keV)	I_γ ¹ %	α ²	δ ³	τ (ps)	Transition strength $J^\pi \rightarrow J_{final}^\pi$ ⁴
1181	2_1^+	0_1^+	1181	100	0.00535		2.6(4)	$B(E2)=136(21)$ 1.83(28) W.u.
2290	2_2^+	0_1^+	2290	100(2)	0.00198		0.22(4)	$B(E2)=53(11)$
		2_1^+	1108	11.2(11)	0.0133	0.61(31)		$B(M1)=0.014(7)$ $B(E2)=60(29)$ NEW
2387	3_1^-	0_1^+	2387	1.0(3)	0.00309		0.50(6)	$B(E3)=70(31) \times 10^3$
		2_1^+	1205	100.0(15)	0.00197			$B(E1)=0.64(9) \times 10^{-3}$
		4_1^+	960	11.3(6)	0.00292			$B(E1)=0.14(3) \times 10^{-3}$


 $\tau(\text{lit.})=8.8(2)$ ps
vs.


 $\tau(\text{lit.}) \approx 0.43$ ps
vs.

Shell model:

- много добро възпроизвеждане енергиите на $2^+ \rightarrow 4^+ \rightarrow 6^+ \rightarrow 8^+$;
- $B(E2; 2^+ \rightarrow 0^+) = 3.6$ W.u.

Заключение

^{210}Po

J_i^π	$B(E2; J_i \rightarrow J_f)(e^2\text{fm}^4)$			
	J_f^π	Expt	SM1- <i>gh</i>	SM2- <i>gh</i>
2_1^+	0_1^+	136(21) ^c	263	137
4_1^+	2_1^+	335(14)	302	157
6_1^+	4_1^+	229(7)	209	109
8_1^+	6_1^+	84(3)	84	44

^{210}Pb

J_i^π	$B(E2; J_i \rightarrow J_f)(e^2\text{fm}^4)$			
	J_f^π	Expt	SM1- <i>gh</i>	SM2- <i>gh</i>
2_1^+	0_1^+	105(30)	166	106
4_1^+	2_1^+	360(68)	191	121
6_1^+	4_1^+	158(60)	132	84
8_1^+	6_1^+	53(23)	53	34

^{212}Po

J_i^π	J_f^π	$B(E2; J_i \rightarrow J_f)(e^2\text{fm}^4)$		
		Expt	SM1- <i>gh</i> ^a	SM2- <i>gh</i> ^b
2_1^+	0_1^+	178(23) ^c	464	271
4_1^+	2_1^+	—	535	313
6_1^+	4_1^+	293(83)	301	178
8_1^+	6_1^+	173(68)	103	62
2_2^+	0_1^+	29(4) ^d	59	27
	2_1^+	24(16) ^d	17	8

Благодаря за вниманието!



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Universität
zu Köln

