



Jak powstało CCB - od fizyki jądrowej do medycyny przyszłości

Marek Jeżabek

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN

Seminarium IFJ PAN z okazji 10-lecia otwarcia Centrum Cyklotronowego Bronowice
16 października 2025 r.

Podziękowania

- Slajdy 4 – 8 oraz 10 - 22 pochodzą z mojej prezentacji na uroczystości otwarcia CCB (IFJ PAN, 15 X 2015).
- Slajdy 9 oraz 23 – 25 pochodzą z mojej prezentacji na gali Jubileuszu 70-lecia Instytutu Fizyki Jądrowej (Audytorium Maximum UJ, 2 IX 2025).
- Slajdy 26 – 33 pochodzą z mojej prezentacji „Jak CCB zbudowano” na konwersatorium PTF Oddz. Krakowski (25 XI 2021).
- Slajdy 35 – 43 zostały przygotowane przez prof. Adama Maja, który nie mógł uczestniczyć w seminarium.

Uroczystość otwarcia CCB – 15 X 2015





Instytut Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk



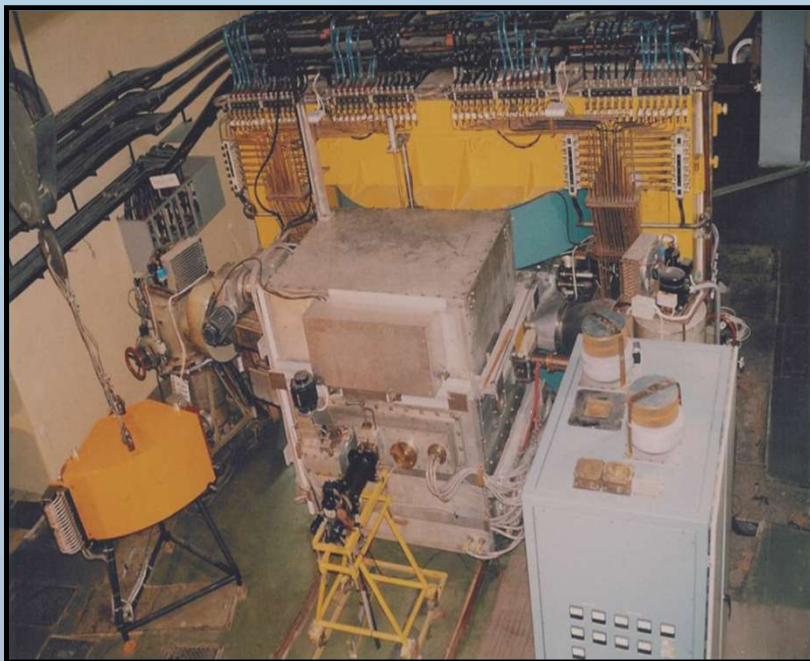
Uroczystość oficjalnego uruchomienia
Centrum Cyklotronowego Bronowice

Prof. Marek Jeżabek
Dyrektor IFJ PAN

15 października 2015 r.



The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences



- In 2007 at AIC -144 a 60 MeV proton beam for radiotherapy was achieved
- In 2009 a therapy room was built in IFJ PAN for treatment of eye melanoma

Since 2011 in IFJ PAN 117 patients of the Jagellonian University Hospital have been treated



Proton radiotherapy of eye melanoma in IFJ PAN



Narodowe Centrum Radioterapii Hadronowej - 13 września 2006 r.

- Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie – koordynator
- Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana w Świerku, obecnie Narodowe Centrum Badań Jądrowych
- Centrum Onkologii - Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie
- Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
- Politechnika Warszawska
- Uniwersytet Warszawski
- Warszawski Uniwersytet Medyczny
- Wielkopolskie Centrum Onkologii
- Uniwersytet Jagielloński
- Świętokrzyskie Centrum Onkologii w Kielcach
- Uniwersytet Śląski w Katowicach
- Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



**Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka**



Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk

➤ „Narodowe Centrum Radioterapii Hadronowej – Faza 1: Centrum Cyklotronowe Bronowice”

w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007-2013

Priorytet 2 Infrastruktura sfery B+R

Działanie 2.1 Rozwój ośrodków o wysokim potencjale badawczym

Czas realizacji: **2009-2014**

Dofinansowanie: **115.938.831,30 zł**, z czego 85% z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

➤ „Centrum Cyklotronowe Bronowice – stanowisko Gantry”

w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007-2013

Priorytet 2 Infrastruktura sfery B+R

Działanie 2.1 Rozwój ośrodków o wysokim potencjale badawczym

Czas realizacji: **2010-2015**

dofinansowanie: **149.221.155,86 zł**, z czego 85% z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka



Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk

27 maja 2009 r. podpisanie umowy z Ministerstwem Nauki i Szkolnictwa Wyższego na dofinansowanie projektu „Narodowe Centrum Radioterapii Hadronowej – Faza 1: Centrum Cyklotronowe Bronowice”

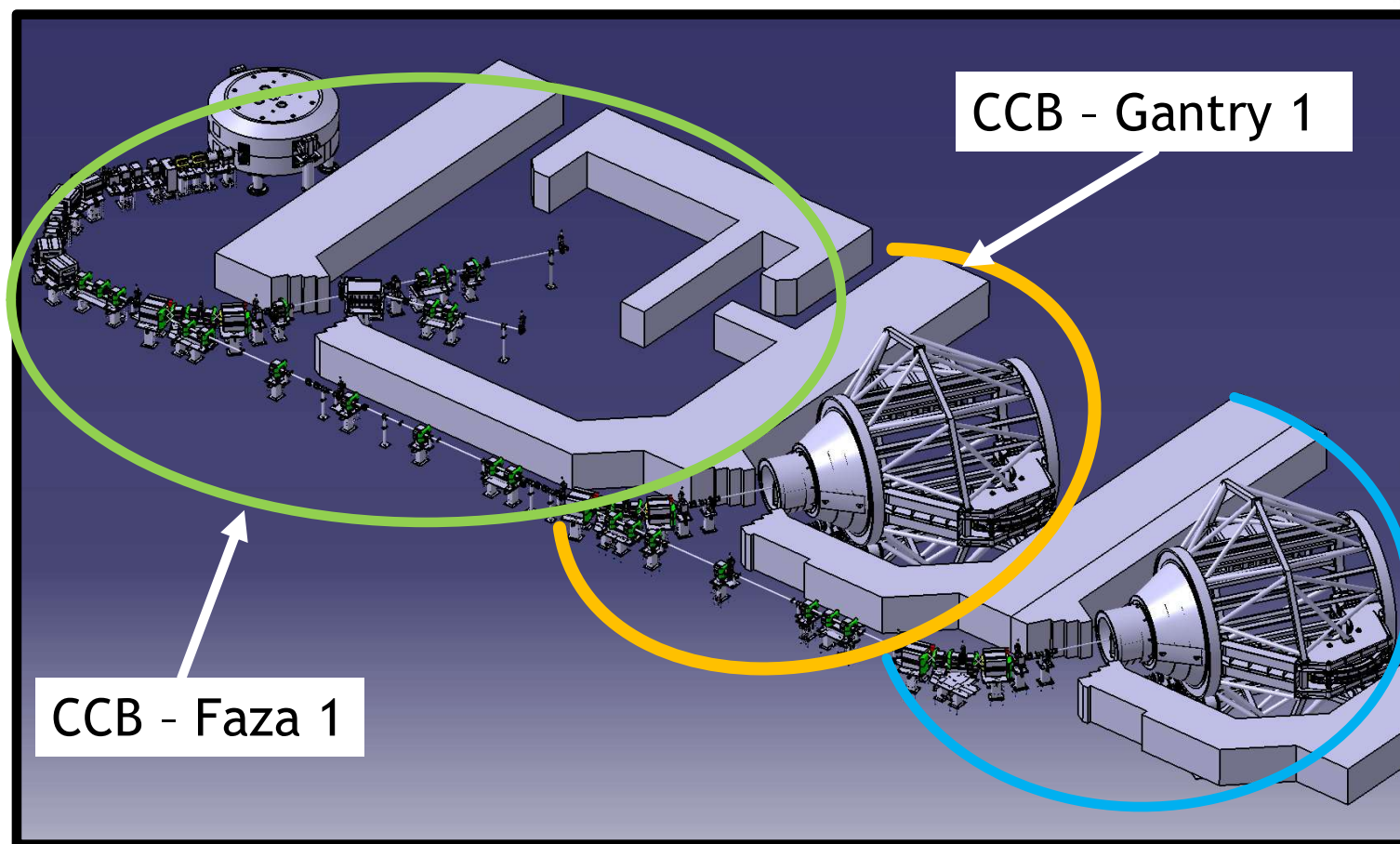


**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka





The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics
Polish Academy of Sciences





The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics
Polish Academy of Sciences



Gantry 1 - front view



The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics
Polish Academy of Sciences



Gantry 2 - front view



The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics
Polish Academy of Sciences



Gantry – side view



Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka

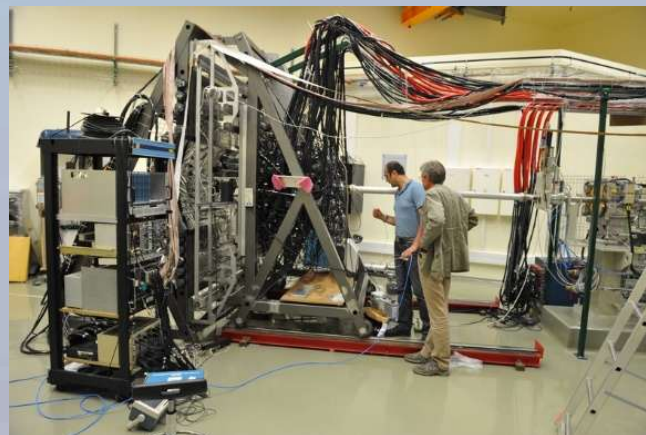
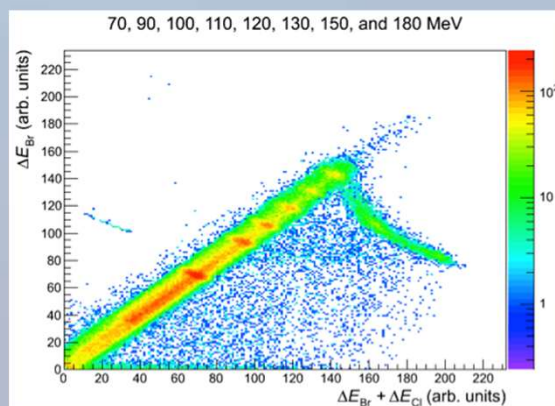


The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences



International Advisory Committee
evaluates proposals for experiments

- ❖ nuclear physics
- ❖ radiobiology: RBE of protons
- ❖ tests of electronics for space flights
- ❖ detector testing



Research program at CCB



Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka



The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences

Time schedule of the CCB project (IFJ PAN – IBA)

Signing the contract **08.2010**

Start of the construction **03.2011**

Installation of the cyclotron **05.2012**

Start of experiments **01.2013**

Gantry 1 operational **06.2014**

Gantry 2 operational **07.2015**

Project completed **09.2015**





Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO**

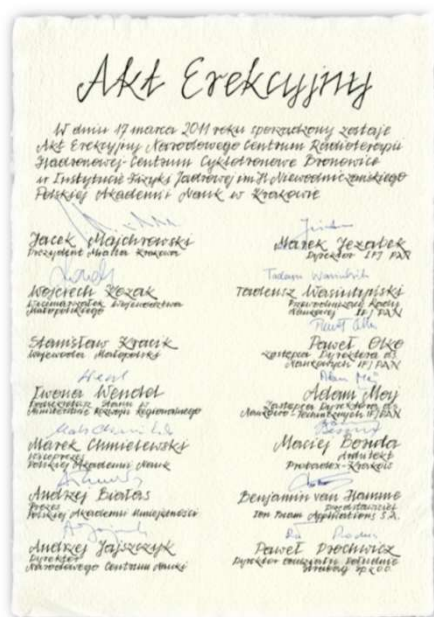


Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka



Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk

Uroczystość wmurowania Aktu Erekcyjnego Centrum Cyklotronowego Bronowice w IFJ PAN



17 marca 2011 r.



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO**



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka



Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk

10 maja 2012 r. do Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie został przywieziony cyklotron Proteus C-235 wyprodukowany w Belgii przez firmę Ion Beam Applications SA.



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka



Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka



Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk

20 lipca 2012 r. rozpoczęto budowę budynku pod stanowisko gantry (druga faza projektu)



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka



The Henryk Niewodniczański
Institute of Nuclear Physics
Polish Academy of Sciences

Belgo – Polish Seminar

**INNOVATION IN LIFE
SCIENCES**

**Bridging Academic
and
Industrial Research**

Polish Academy of Sciences



Staszic Palace, Warsaw
October 13, 2015

Prof. Marek Jeżabek
Director General IFJ PAN



Marek Jeżabek - Jubileusz 70-lecia IFJ

Adam Maj, Marek Jeżabek, Magdalena Zydek i Paweł Olko



**Pierwsza frakcja gantry –
3.11.2016**

Marek Jeżabek - Jubileusz 70-lecia IFJ

2.09.2025



Prof. Renata Kopeć
Kierownik CCB

25

O czym nie powiedziałem na uroczystości otwarcia CCB

- W 2004 roku IFJ PAN był instytutem kategorii B z budżetem poniżej 20 mln zł. CCB kosztowało kilkanaście razy więcej. Należało przekonać decydentów, że jesteśmy w stanie zrealizować projekt o takiej skali.
- Atuty IFJ PAN:
 - Upgrade AIC-144 i zbudowanie stanowiska radioterapii protonowej oka
 - Radioterapia protonowa na AIC-144: prof. Marian Reinfuss COOK, prof. Bożena Romanowska – Dixon CM UJ.
 - Wspaniała kadra inżynieryjno – techniczna: budowa LHC, W-7X i XFEL
 - Scientific Advisory Board
 - Konsorcjum Narodowe Centrum Radioterapii Protonowej

➤ Sukcesy i porażki

- NCRH składa wniosek na projekt kluczowy POIG do Ministerstwa Rozwoju o sfinansowanie ze środków UE budowy ośrodka radioterapii hadronowej (p i jony C) w Warszawie, Gliwicach lub Krakowie – odrzucony;
- XII 2006: Rada NCRH decyduje o rozdzieleniu projektu na dwie fazy: protony w Krakowie (IFJ PAN), a następnie duży ośrodek w Warszawie;
- luty 2007: IFJ PAN składa wniosek do MNiSW (cyklotron + stanowisko terapii oka + hala eksperymentalna + gantry) – brak środków;
- kwiecień 2007: wniosek IFJ PAN na projekt NCRH - Faza I: CCB (bez gantry);
- listopad 2007: podpisanie pre-umowy z MNiSW na projekt NCRH – Faza I;
zmiana rządu (2007), globalny kryzys finansowy (2008 -2009)
- 27.05.2009: umowa z MNiSW na projekt NCRH – Faza I: CCB ze środków POIG:
 - ✓ umowa z IBA – 2 sierpnia 2010;
 - ✓ rozpoczęcie budowy – 18 marca 2011;
 - ✓ oddanie do użytkowania – grudzień 2012.

➤ Sukcesy i porażki (c.d)

- wiosna 2008: IFJ PAN składa w MNiSW wniosek Centrum Cyklotronowe Bronowice – stanowisko gantry:
 - umowa z MNiSW – grudzień 2010,
 - rozszerzenie umowy o 2. gantry (NCBiR) – lipiec 2013,
 - odbiór techniczny i budowlany 1. stan. gantry – maj 2014,
 - odbiór techniczny i budowlany 2. stan. gantry – wrzesień 2015;
- zmiana na stanowiskach dyrektora COOK i konsultanta krajowego
- 15 października 2015: oficjalna inauguracja CCB
- zmiana rządu, zmiana na stanowisku dyrektora Centrum Onkologii IMSC
- 23 września 2016: dyrektor COOK zatwierdza procedurę radioterapii protonowej prowadzonej w CCB
- 30 września 2016: umowa między IFJ PAN i COOK na prowadzenie radioterapii protonowej dorosłych i dzieci w CCB.

Zamiast podsumowania

NIK o dostępności terapii protonowej i wykorzystaniu cyklotronów

09 KWIETNIA 2021 08:00

Centrum Cyklotronowe Bronowice mogłoby leczyć znacznie więcej pacjentów z nowotworami poza narządem wzroku. Jednak ani Minister Zdrowia, ani NFZ, ani Narodowy Instytut Onkologii Oddział w Krakowie nie uczyniły wystarczająco dużo, by protonoterapia była rzeczywiście dostępna. Urzędnicy nie zakwalifikowali do programu leczenia prawie trzech czwartych rekomendowanych rodzajów nowotworów.

www.nik.gov.pl/najnowsze-informacje-o-wynikach-kontroli/dostepnosc-terapii-protonowej.html

Zamiast podsumowania (2)

Małgorzata Solecka

Kurier MP

NIK w połowie kwietnia opublikowała raport o dostępności terapii protonowej i wykorzystaniu cyklotronów w Centrum Cyklotronowym Bronowice w Krakowie. Pozwolę sobie na osobisty komentarz: po raz pierwszy rozmawialiśmy na temat problemów z protonoterapią w 2015 r. Na kilkudziesięciu stronach raportu NIK znalazłam wszystko, o czym mówił Pan i podczas naszego pierwszego spotkania i kolejnych rozmów. NIK wystawiła też Instytutowi Fizyki Jądrowej PAN i stanowiącemu jego część Centrum Cyklotronowemu Bronowice niemal „laurkę”. Tak należy odczytywać brak jakichkolwiek wniosków negatywnych pod adresem Instytutu.

www.mp.pl/pacjent/onkologia/aktualnosci/264971,protonoterapia-z-ograniczeniami

Zacytuję fragment: „Instytut utworzył Centrum Cyklotronowe Bronowice zgodnie z założeniami projektowymi. Przeprowadzono szkolenia przyszłej kadry CCB oraz pracowników placówek medycznych – potencjalnych partnerów w prowadzonej terapii. Usytuowanie CCB w Instytucie pozwoliło obniżyć o około 9 mln zł rocznie (75%) koszty serwisu, realizowanego przez dostawcę cyklotronu Proteus C-235. Wyposażenie CCB oraz kadra fizyków medycznych i techników elektroradiologii spełniały wymogi rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2013 r. w sprawie świadczeń gwarantowanych z zakresu leczenia szpitalnego”. Natomiast jeśli chodzi o nieprawidłowości, w raporcie napisano wprost: „brak”.

www.mp.pl/pacjent/onkologia/aktualnosci/264971,protonoterapia-z-ograniczeniami

Zamiast podsumowania (3)

- W listopadzie 2019 r. Minister Zdrowia powołał Zespół do opracowania strategii rozwoju radioterapii protonowej w Polsce.
- Zespół przygotował dokument i zakończył prace w marcu 2021 r.
- „Strategia” czeka na zatwierdzenie przez Ministra Zdrowia (wg mojej wiedzy).

Zamiast podsumowania (4)

- Po pięciu latach od otwarcia Centrum Cyklotronowe Bronowice w IFJ PAN może przyjmować pacjentów „komercyjnych” – z nowotworami spoza listy wskazań NFZ, bez ograniczeń wynikających z regulacji Komisji UE.
- Kilka niepublicznych jednostek służby zdrowia prowadzących radioterapię klasyczną i zatrudniających lekarzy, którzy prowadzili radioterapię protonową (także w CCB), stara się o zgodę na leczenie pacjentów. Wg mojej wiedzy żadna z nich nie uzyskała pozytywnej opinii konsultanta krajowego ds. radioterapii.

Sugestie/rady na trzecie dziesięciolecie

- CCB w IFJ PAN jest jedyną w Polsce i wyjątkową w świecie infrastrukturą badawczą i terapeutyczną. Prowadzenie w jednym obiekcie badań naukowych z fizyki i medycyny wraz z unikatową w Polsce radioterapią protonową pozwoliło na sfinansowanie budowy CCB i sukcesy w jego wykorzystaniu.
- Wycena wkładu CCB w procedurę radioterapii protonowej jest drastycznie zaniżona. Stawka NFZ nie odpowiada kosztom terapii w innych ośrodkach europejskich i nie pozwala na pokrycie kosztów ponoszonych przez IFJ PAN. Dyrekcja Instytutu wraz ze współpracującymi instytucjami medycznymi powinna kontynuować starania w tej sprawie.
- Kierownictwo i cały personel CCB jest źródłem i gwarantem dobrego funkcjonowania CCB. Zaslugują na wielkie uznanie oraz zapewnienie stabilnego funkcjonowania i finansowania oraz perspektyw rozwoju.

Międzynarodowy Komitet Doradczy (IAC)

Muhsin Harakeh (KVI, Netherlands) – chair

Bogdan Fornal (IFJ PAN) - co-chair

Faical Azaiez (iThemba, Cape Town, RSA)

Angela Bracco (Milano, Italy)

Zsolt Fulop (ATOMKI, Debrecen, Hungary)

Robert Janssens (North Carolina, USA)

Stanisław Kistryn (UJ)

Marek Lewitowicz (GANIL, France)

Adam Maj (IFJ PAN)

Krzysztof Rusek (UW)

Paweł Olko (IFJ PAN)

Hideyuki Sakai (RIKEN, Japan)

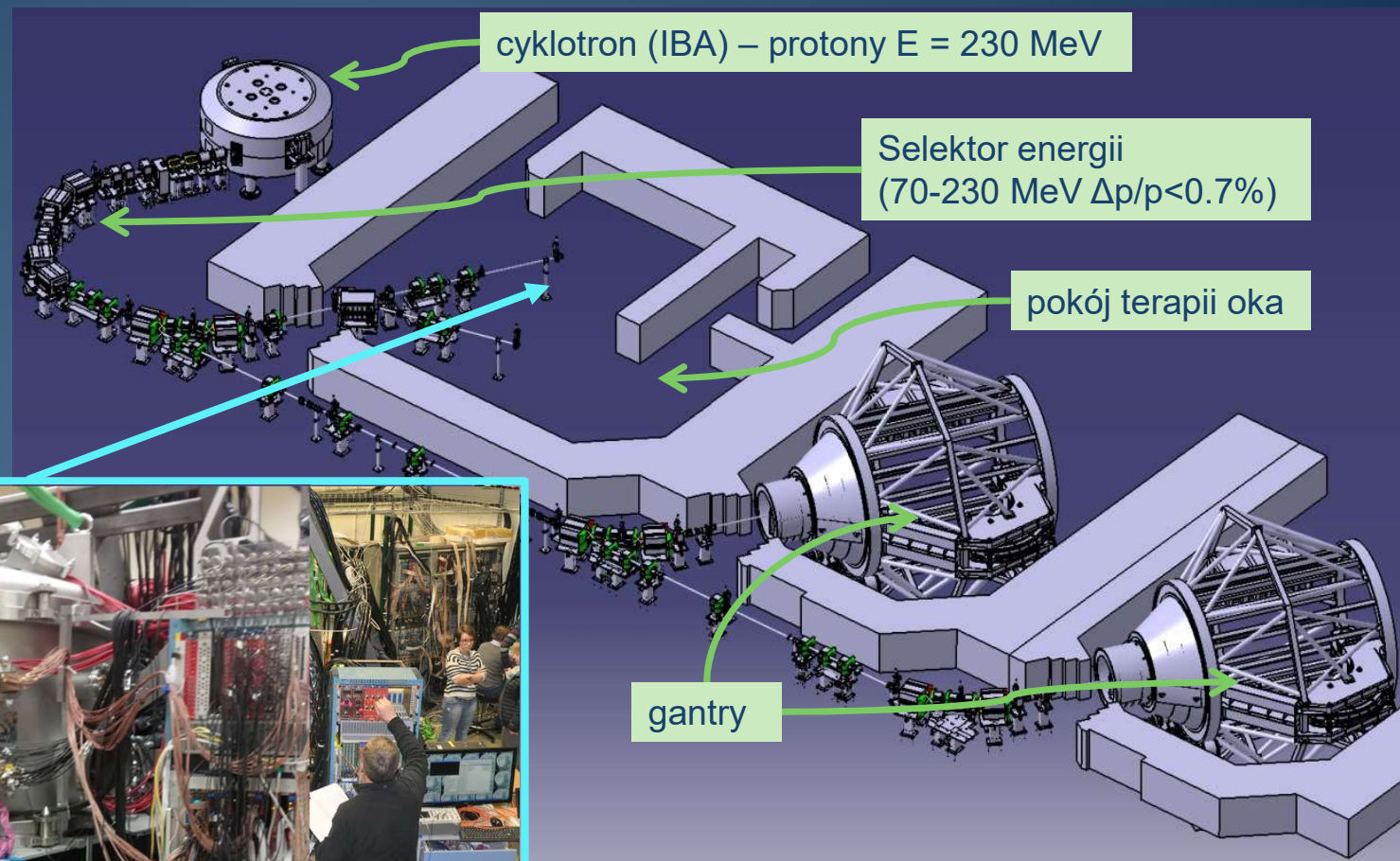
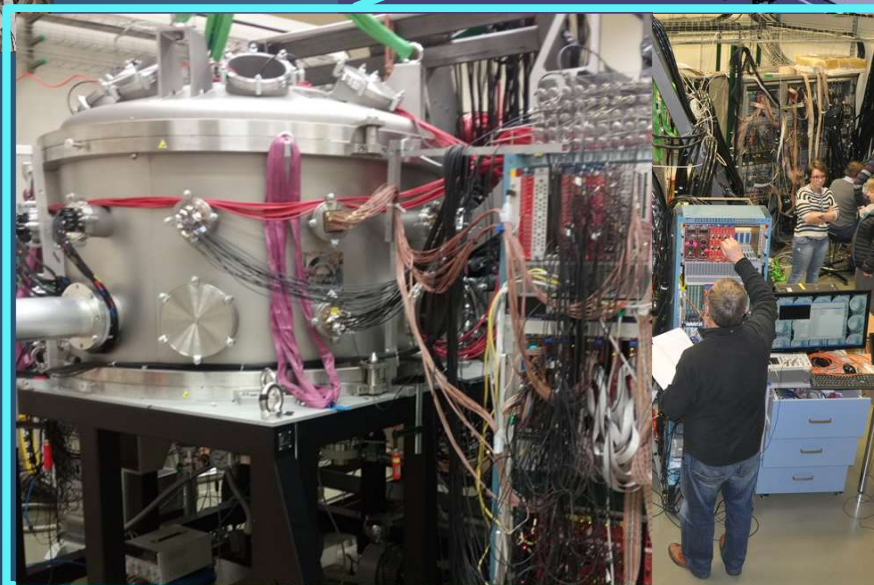
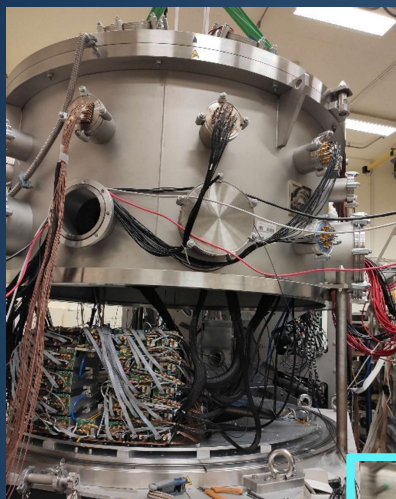
Wiktor Zipper (UŚ)

Pierwsze zebranie iAC – 2013 r.



IAC doradza, które badania powinny być prowadzone w CCB. Komitet spotyka się corocznie od 2013 roku (sierpień/wrzesień) na dwudniowych spotkaniach, podczas których prezentowane są projekty i listy intencyjne, a Komitet przesyła swoje rekomendacje do Dyrekcji IFJ PAN

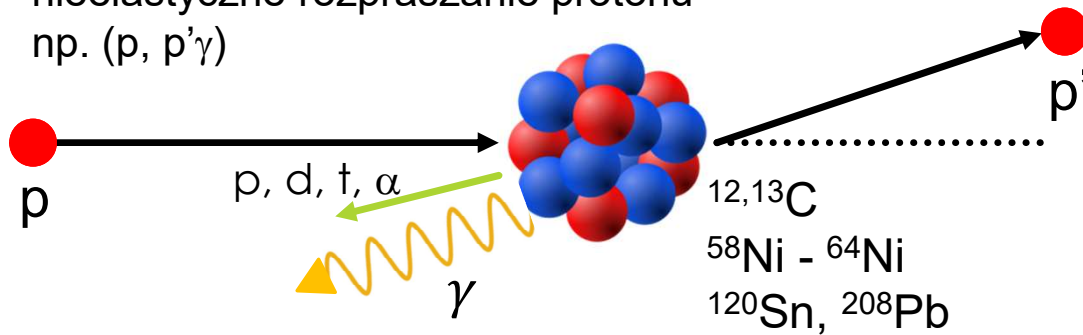
Hala eksperymentalna



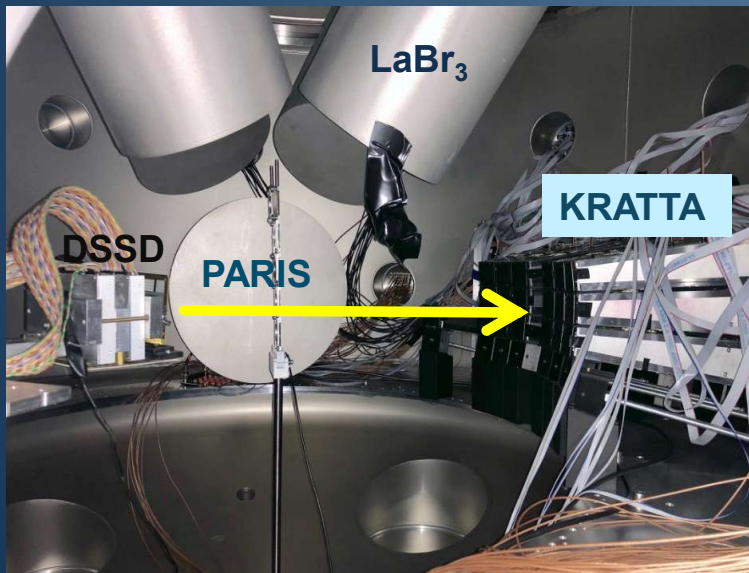
Eksperymenty w weekendy

Eksperyment

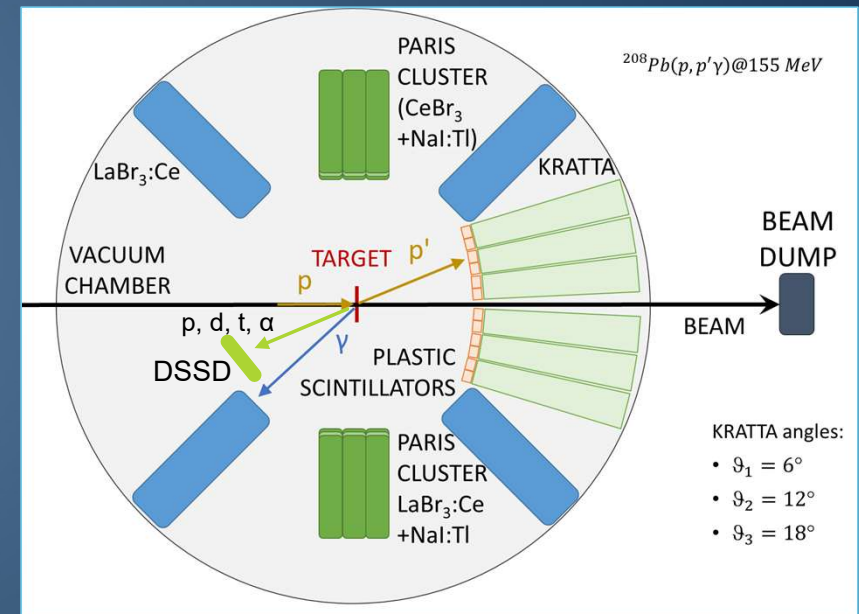
nieelastyczne rozpraszanie protonu
np. $(p, p'\gamma)$



Pomiar koincydencyjny
rozproszonych protonów (energia wzbudzenia)
i kwantów γ (oraz cząstek emitowanych z rozpadu)



- KRATTA – p' (rozproszone)
- HECTOR (BaF_2)
LaBr₃ + PARIS – γ
- DSSD – p, d, t, α



Stany wzbudzone w reakcji (p,p')

stan rezonansowy „rozciągnięty”

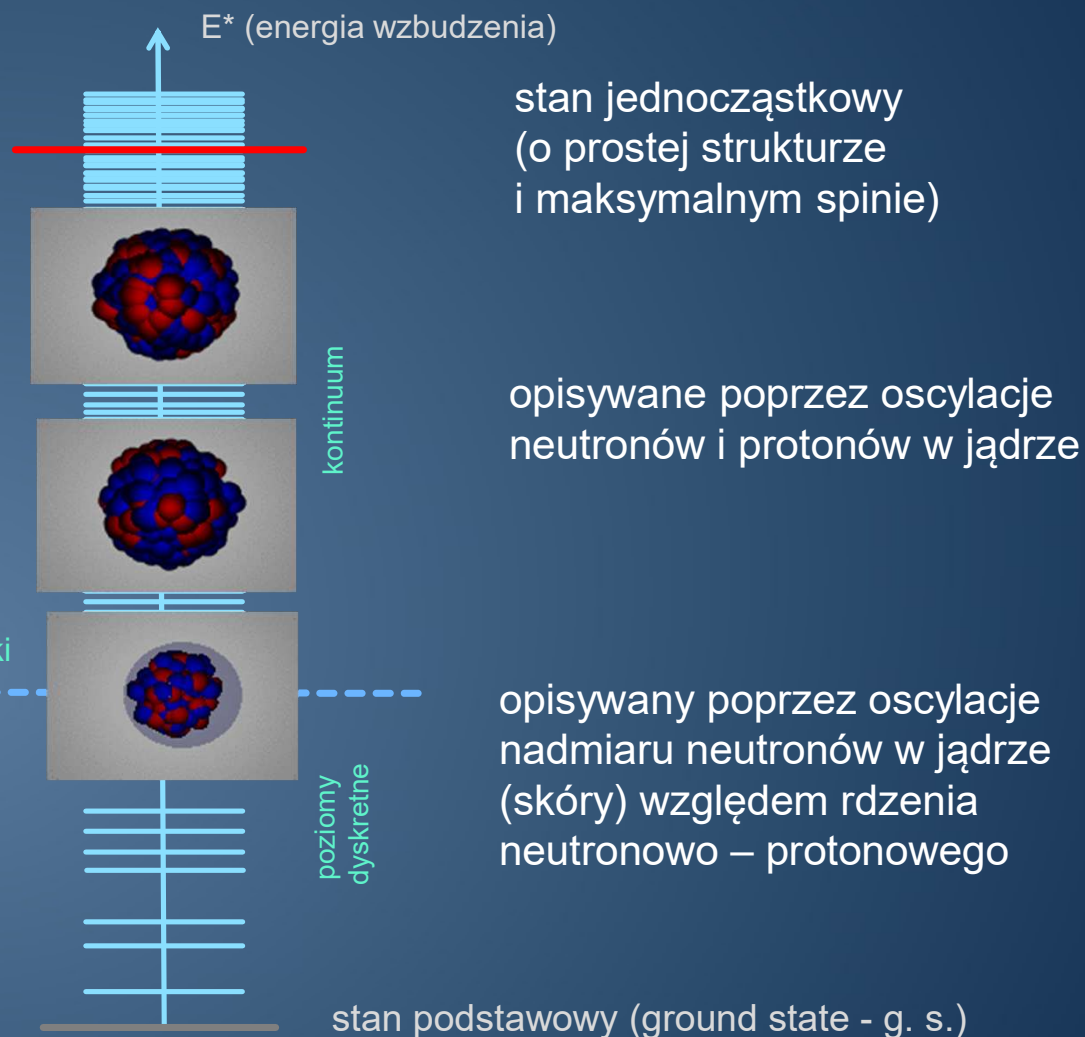
stretched

GDR (gigantyczny rezonans dipolowy
– Giant Dipole Resonance)

GQR (gigantyczny rezonans kwadrupolowy
– Giant Quadrupole Resonance)

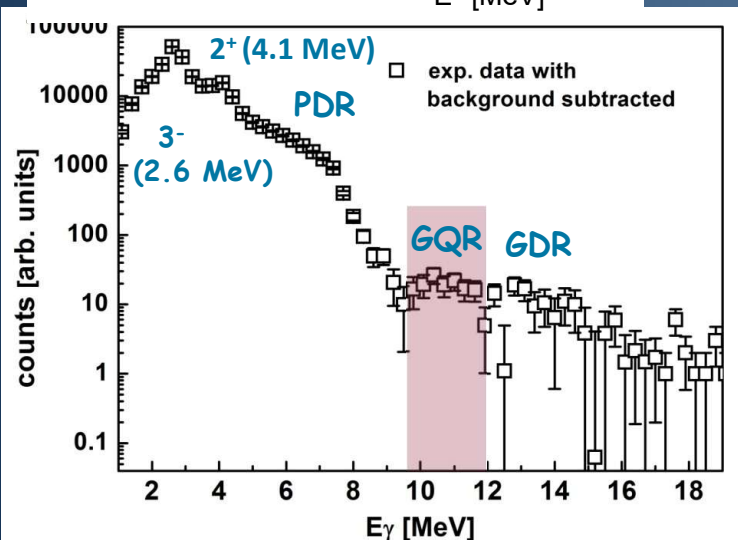
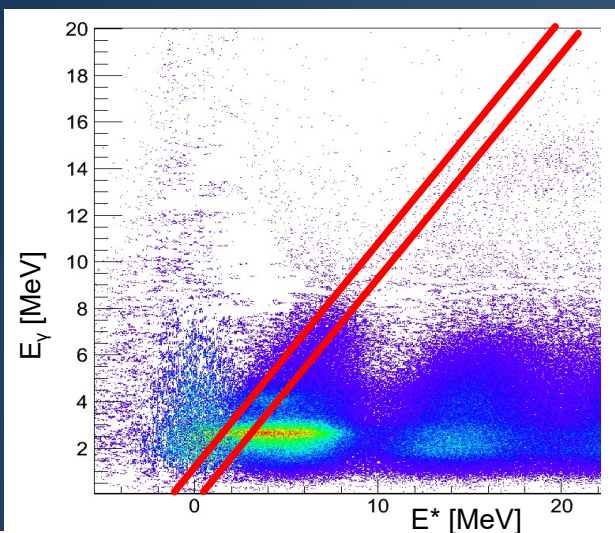
PDR (pigmejski rezonans dipolowy)
– Pygmy Dipole Resonance

Energia separacji cząstki

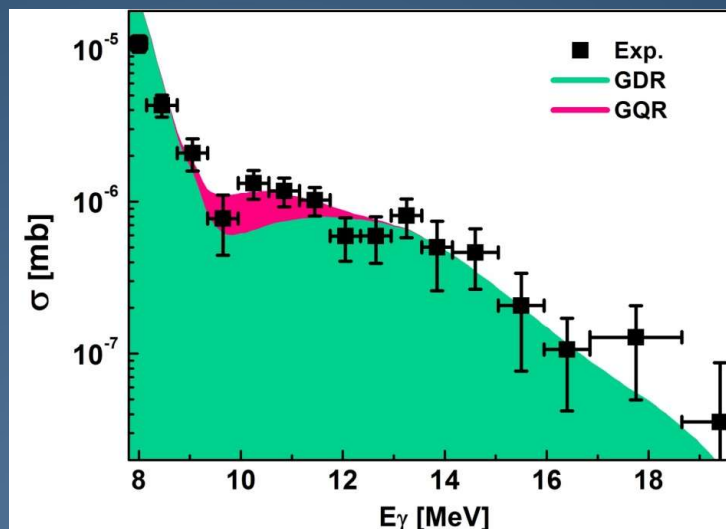


Pierwszy opublikowany rezultat naukowy z badań na CCB:

Rozpad γ Gigantycznego Rezonansu Dipolowego wzbudzonego w ^{208}Pb



$^{208}\text{Pb}(p,p'\gamma) @ 85 \text{ MeV}$

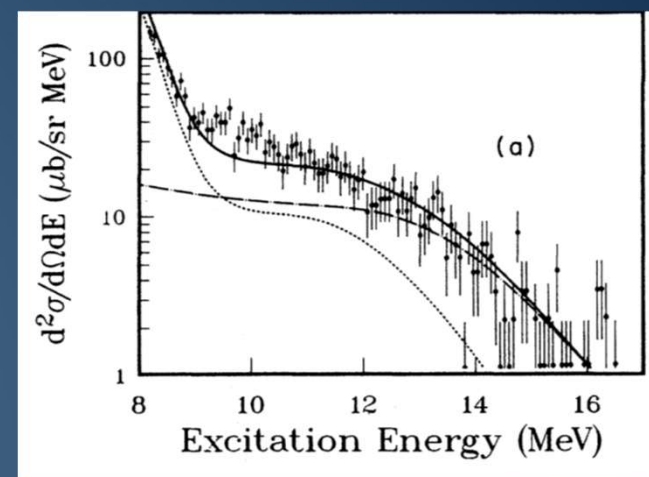


B. Wasilewska et al., PRC105, 014310 (2022)

Stosunek rozgałęzień (branching ratio) – prawdopodobieństwo rozpadu poprzez emisję kwantu γ

$$\left(\frac{\Gamma_{\gamma 0}}{\Gamma}\right)_{GQR} = 3 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-4}$$

$^{208}\text{Pb} (^{17}\text{O}, ^{17}\text{O}'\gamma) @ 381 \text{ MeV}$



J.Beene et al., PRC39, 1307 (1989)

$$\left(\frac{\Gamma_{\gamma 0}}{\Gamma}\right)_{GQR} = 4 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-4}$$

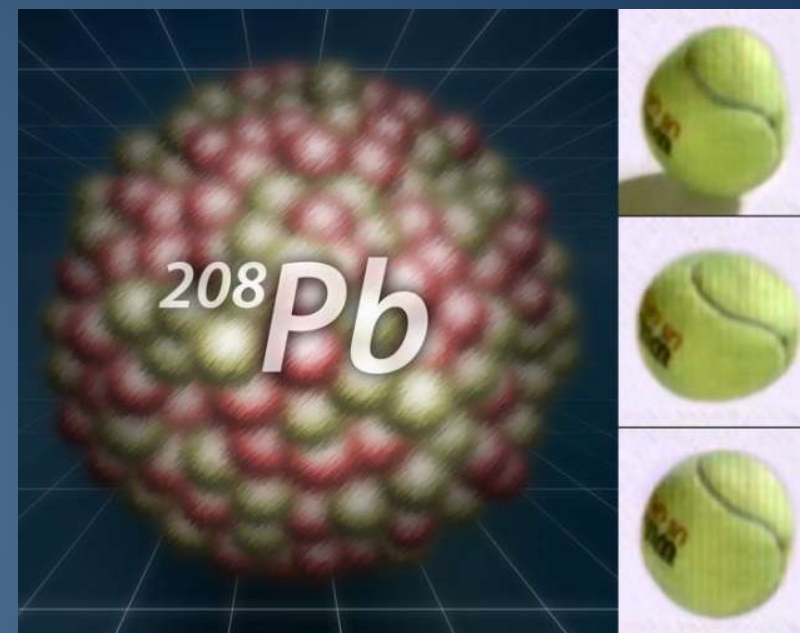
Wartość zgodna z wynikiem otrzymanym z zastosowaniem reakcji rozpraszania ciężkich jonów

Rozpad γ GQR wzbudzonego w ^{208}Pb



Po zderzeniu z rakietą czy ścianą **piłka tenisowa wykonuje kilka szybkich oscylacji, spłaszczając się i wydłużając wzdłuż kierunku ruchu**. W Instytucie Fizyki Jądrowej PAN **poprzez pomiar kwantów gamma zarejestrowano ślady podobnych drgań zachodzących w jądrach ołowiu ^{208}Pb wzbudzonych zderzeniami z protonami**. Jedyna wcześniejsza obserwacja analogicznego zjawiska liczy ponad trzydzieści lat.

Wyjątkowo rzadka obserwacja „tenisowych” drgań ołowiu

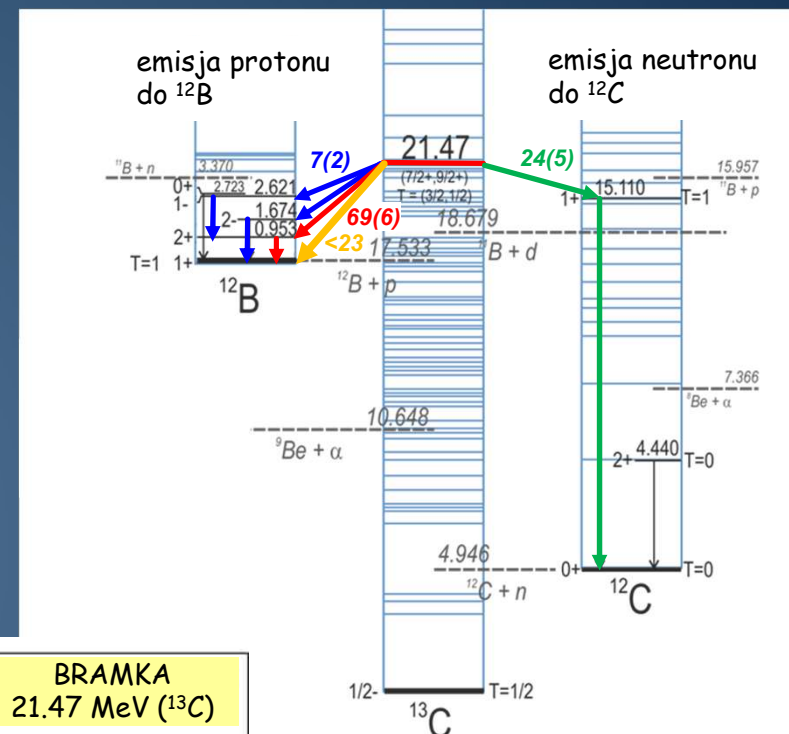
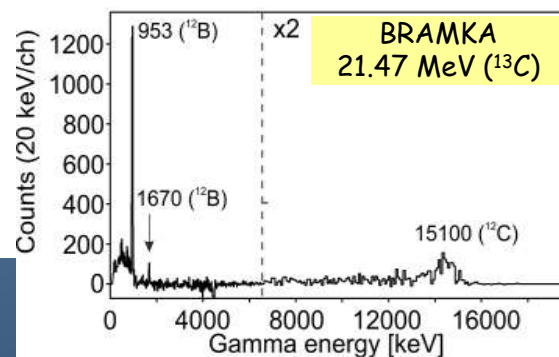
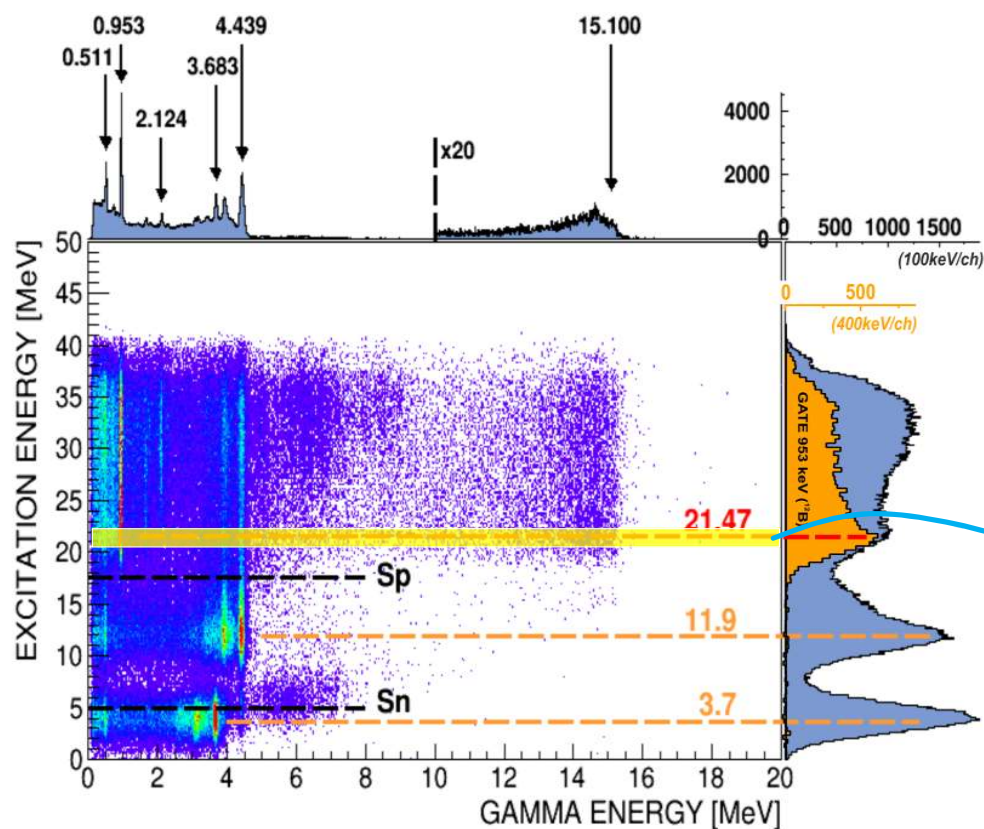


B.Wasilewska et al., Phys. Rev. C 105 (2022) 014310

Rozpad stanu M4 w jądrze ^{13}C

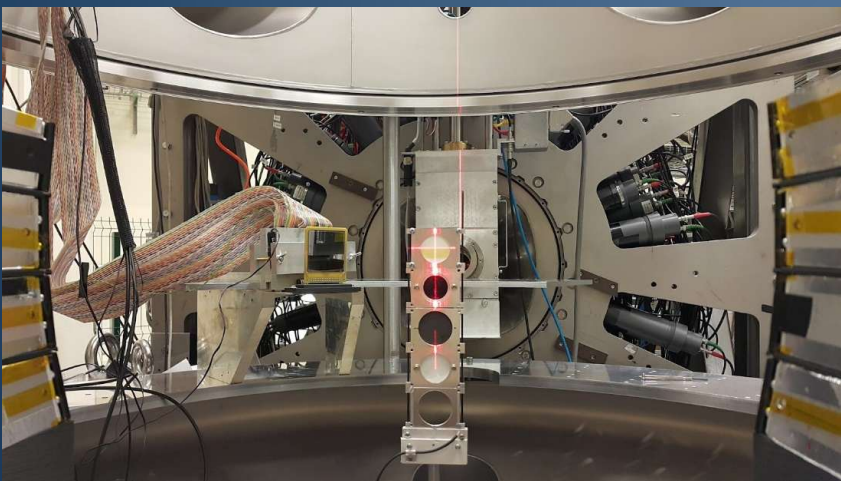
N. Cieplicka-Oryńczak, et al., Phys. Lett. B 834 (2022) 137398

Natalia Cieplicka - Oryńczak



Pierwszy pomiar rozpadu stanu rozciągniętego ^{13}C

Rozpad stanu M4 w jądrze ^{13}C



„...udało się w bezpośredni sposób ustalić, że jądro węgla ^{13}C z badanego stanu rozciągniętego **rozpada się na dwa podstawowe sposoby, nazywane kanałami**. W kanale występującym najczęściej jądro **emituje proton** i przekształca się w bor ^{12}B , który następnie emituje kwant gamma. W drugim kanale powstaje węgiel ^{12}C , czemu towarzyszy **emisja neutronu** (którego w doświadczeniu jednak nie rejestrowano) **oraz kwantu gamma**.”

N. Cieplicka-Oryńczak, et al., Phys. Lett. B 834 (2022) 137398

kontynuacja dla ^{12}C

CCB jest beneficjentem, jako tzw. Transnational Access facility (TNA) projektu EURO – LABS (EUROpean Laboratories for Accelerator Based Sciences) -

W ramach Transnational Access w badaniach fizyki jądrowej prowadzonych w CCB uczestniczą fizycy z całego świata



Dziękuję za uwagę