

Inżynier w CERN

Fizyka Techniczna

Beams Department

Arek Gorzawski

28 października 2019



Moja przygoda z CERN...

AGH

Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej
(Fizyki i Informatyki Stosowanej)

Mgr. Inż. podczas 2001 - 2006



Ochrona elementów nadprzewodnikowych akceleratora LHC oraz oprogramowanie zabezpieczeń LHC

EPFL
Particle Accelerator Physics Laboratory

Ph.D. podczas 2013 - 2016



Stabilność wiązki i jej kontrola w punktach zderzeń w obecnych i przyszłych akceleratorach

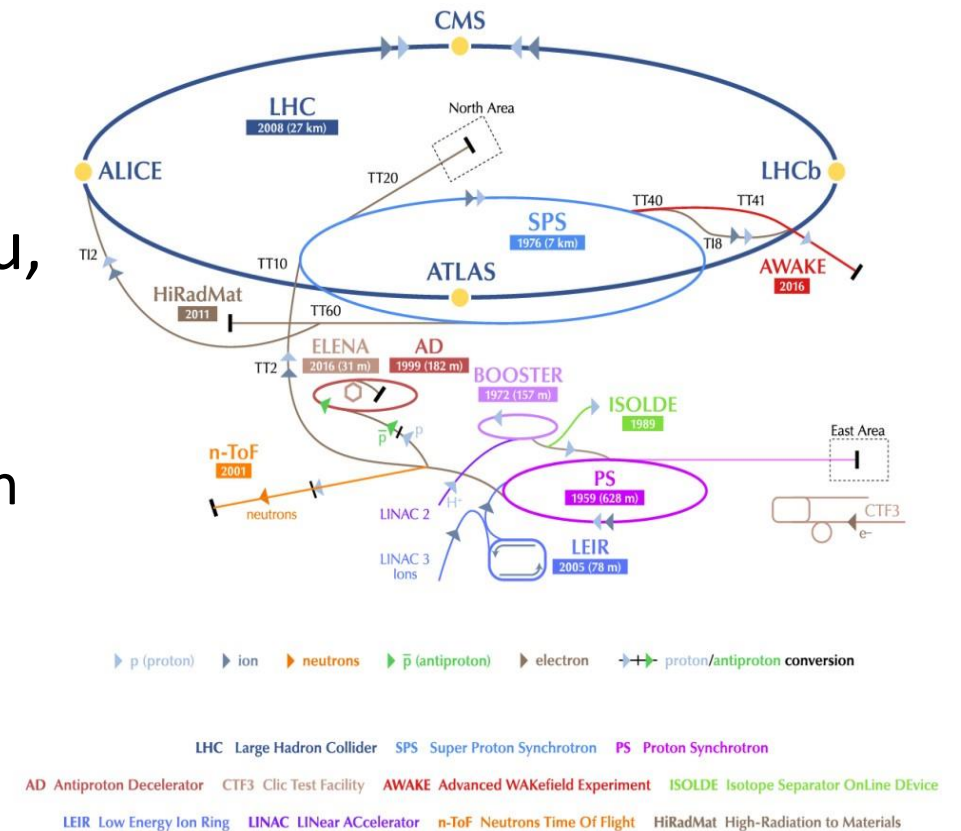
University of Malta
Research Officer
2016 - now



Straty wiązki i jej kolimacja w obecnych i przyszłych akceleratorach

CERN - Komplex akceleratorów + nowe

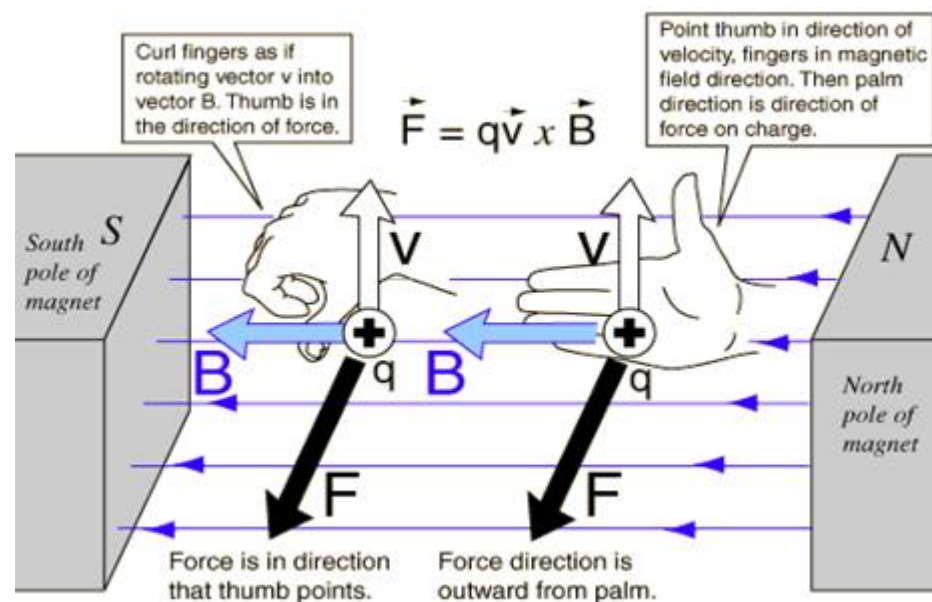
- Kolejne **maszyny** (akceleratory) przyśpieszają wiązki jonów (protonów, jąder: argonu, ksenonu, ołowiu) na potrzeby wielu eksperymentów
 - Zarówno dla dużych eksperymentów na Wielkim Zderzaczu Hadronów LHC jak i mniej energetycznych maszyn!
- *Future Circular Collider (FCC)*
- *Compact Linear Collider (CLIC)*



Jak modelować akcelerator?

Czyli gdzie w pracy fizyka przydaje się inżynierskie spojrzenie

Reguła opisująca akcelerator (w dużej części!)

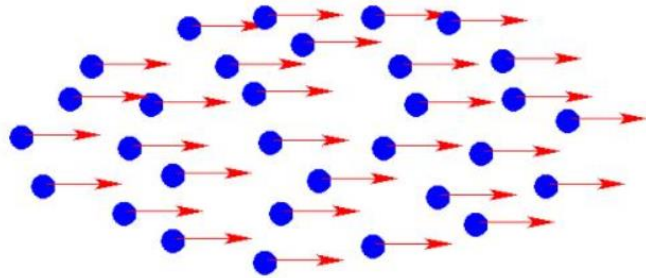


Siła Lorentza

oddziaływanie **naładowanej** cząstki, **poruszającej się w polu magnetycznym**
Elektromagnesy dipolowe -> pozwalają zmienić trajektorię

Co się dzieje z cząstkami w wiązce?

- W idealnym (szkolnym!) modelu potrzebowalibyśmy tylko magnesów dipolowych,



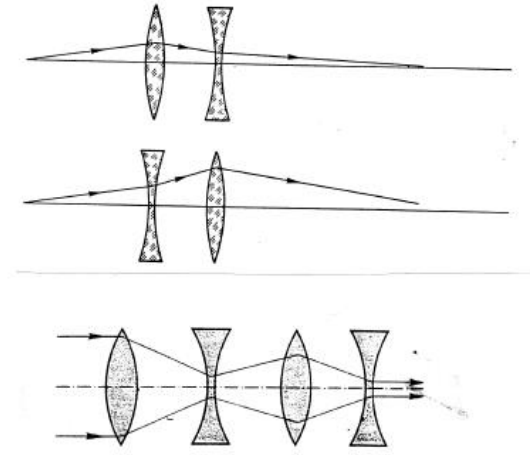
- Ale świat **nie jest doskonały**, cząstki w wiązce poddane są (m.in.):
 - oddziaływaniom międzycząsteczkowym,
 - oddziaływaniom **z gazami reszkowymi i/lub materią...**
- **Wszystko to ma działanie rozogniskujące/ rozpraszające** -> Destruktywne dla naszej wiązki!
 - Potrzebujemy narzędzi aby temu przeciwdziałać->

Elektromagnesy kwadrupolowe

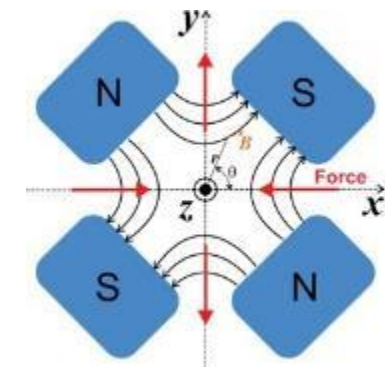
Ogniskowanie: Kwadrupole

Żeby wiązka była stabilna musimy stworzyć coś, co w optyce przypominałoby zakrzywiony obiektyw w którym przód łączyłby się z tyłem

- Zestaw soczewek (**ogniskujących i rozpraszających**)
- **Dlaczego stosujemy magnesy rozpraszające?**
 - Bo musimy! Nie ma monopoli magnetycznych...
 - **Ogniskowanie w jednej płaszczyźnie, znaczy działanie odwrotne w drugiej!**



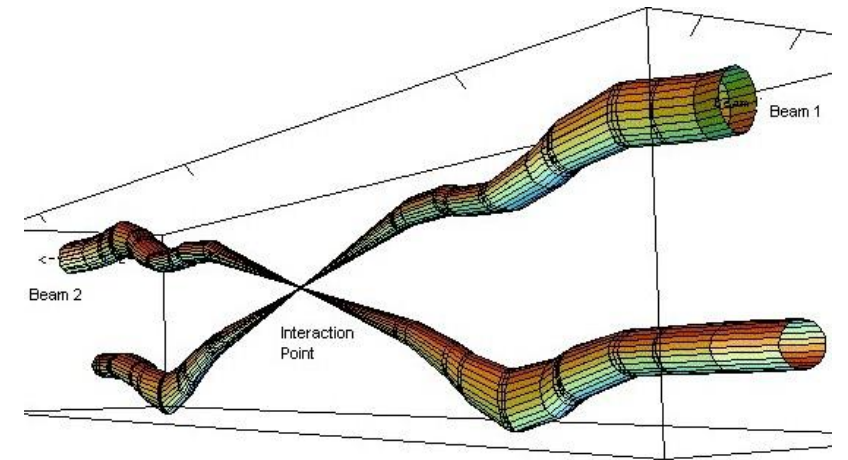
Analogia optyczna ilustrująca zasadę silnego ogniskowania



Jak to wszystko wyliczyć?

- **MAD Methodical Accelerator Design**
(MADX w CERN)

- Pola dipolowe (trajektorie cząstek)
- Pola kwadrupolowe (ogniskowanie cząstek -> rozmiar wiązki)
- Pola wyższych rzędów (nieliniowe, mające charakter korekcyjny)



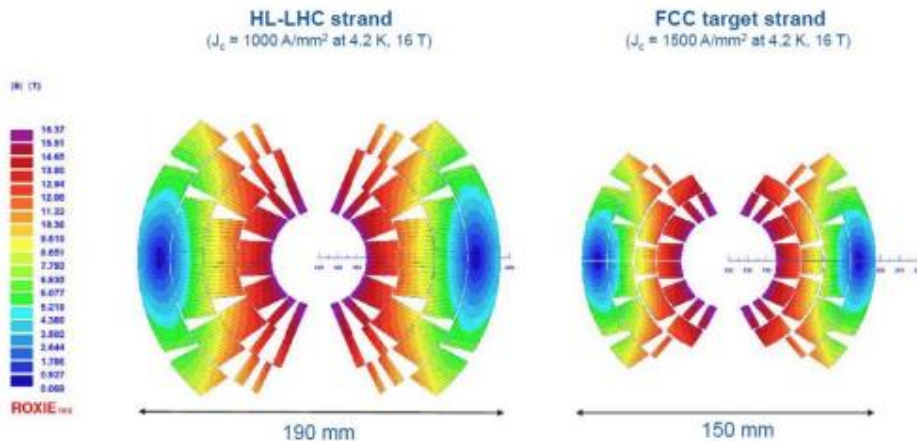
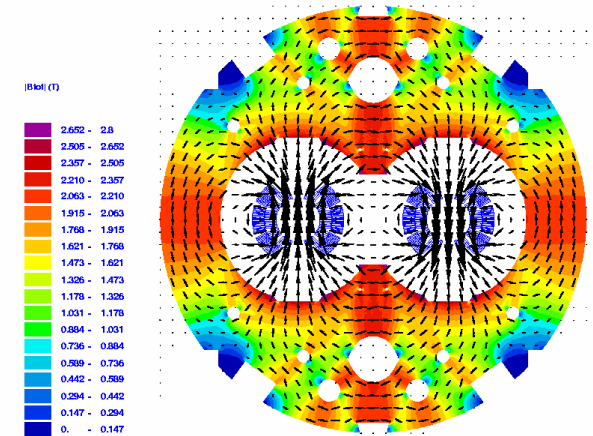
Języki skryptowe, C, Python

Projektowanie/modelowanie akceleratorów

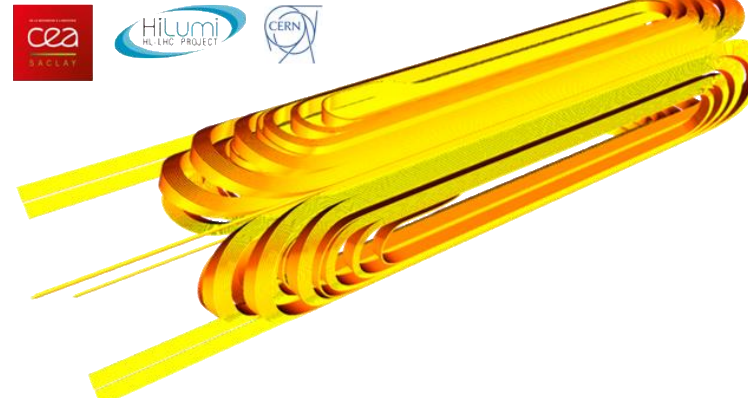
- Znalezienie optymalnej konfiguracji magnesów (i ich ustawień!) przy założeniach technicznych:
 - Energia wiązki
 - Miejsce na akcelerator
 - Rozmiar rury wiązki (ograniczenia związane z próżnią, materiałowe etc...)
 - Systemy ochronne (w funkcji energii)
- **Wyzwanie oraz aspekty inżynierskie:**
 - Pozycjonowanie (niedokładność) elektromagnesów,
 - Wydajność prądowa zasilaczy elektromagnesów,
 - Konstrukcja cewek elektromagnetycznych...

Cewki i pola magnetyczne

- Symulacje komputerowe **rozkładu pól magnetycznych** (>10T!) dla magnesów >10m
- Symulacje materiałowe i wytrzymałościowe cewek elektromagnetycznych



ROXIE 3D view of the MQYY coils



Oddziaływanie cząstek z innymi cząsteczkami

- Symulacje dotyczące oddziaływań międzycząsteczkowych
 - **SIXTRACK** -> wieloparametrowy 'tracker' życia cząstek.
 - Daje odpowiedź – jak będzie wyglądała nasza wiązka po... np. paru sekundach.
- Oddziaływanie wiązki z materią:
 - Oprogramowanie pozwalające na obliczanie interakcji energetycznych cząstek z materią!
 - **Bardzo ważny wkład w konfiguracje i działanie systemów zabezpieczeń.**

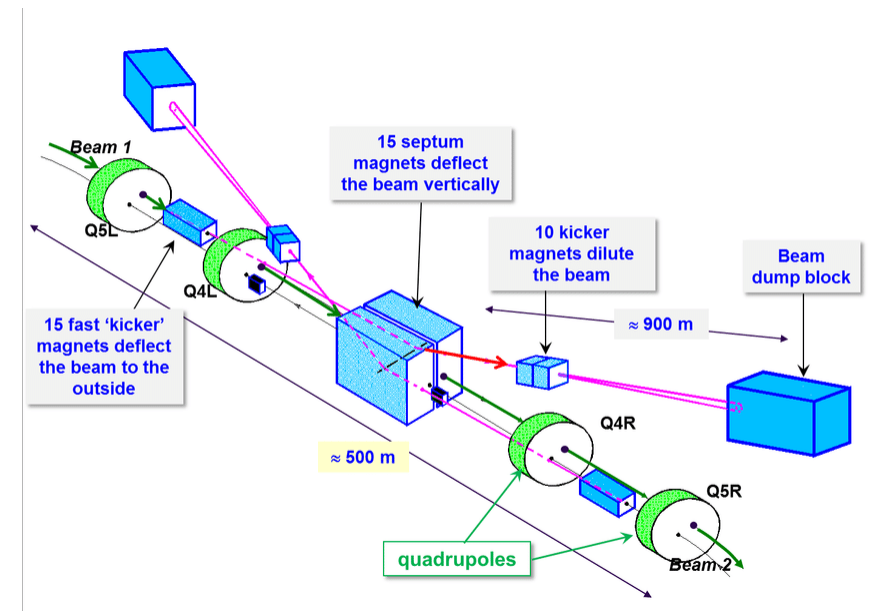


LHC – zmagazynowana energia

- Energia **6.5 TeV**
 - Ilość protonów 3×10^{14}

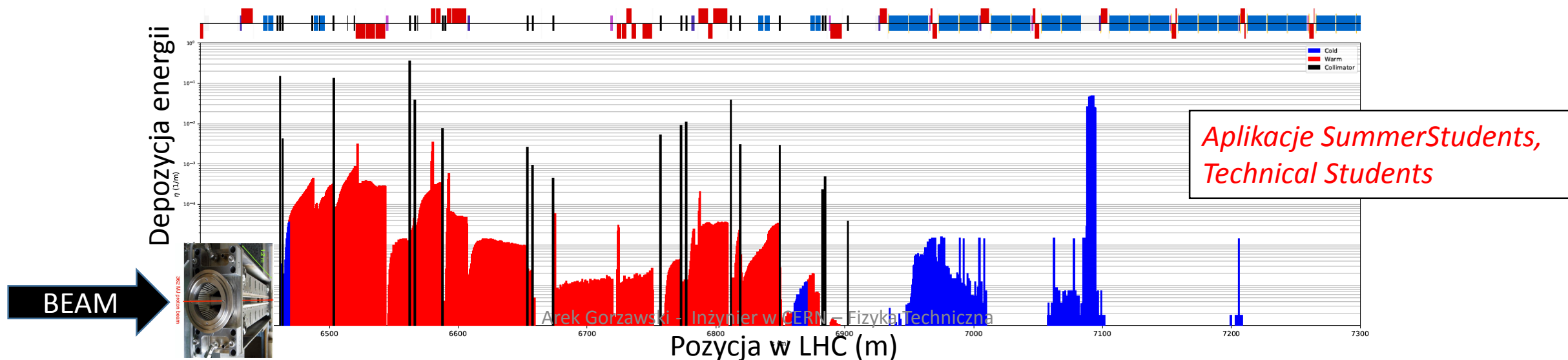


- **11245 okrążeń na sekundę!**
- Ekstrakcja na poziomie 3 okrążeń **LHC**
 $\sim 250 \mu\text{s}$ – potrzeby synchronizacji!
- Pulsujące zasilacze dla szybkich magnesów wyrzucających wiązkę na absorber



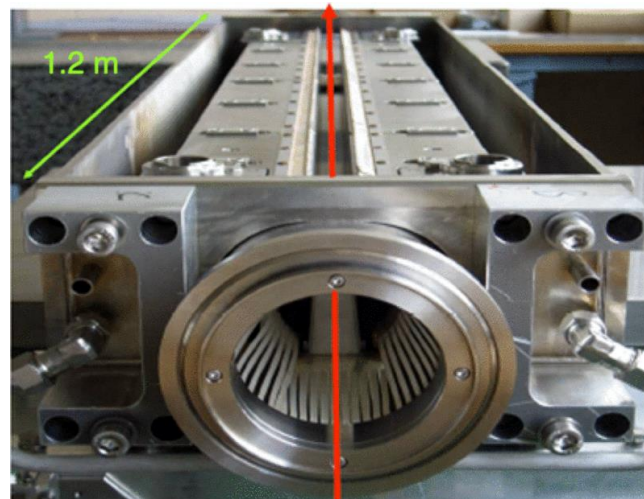
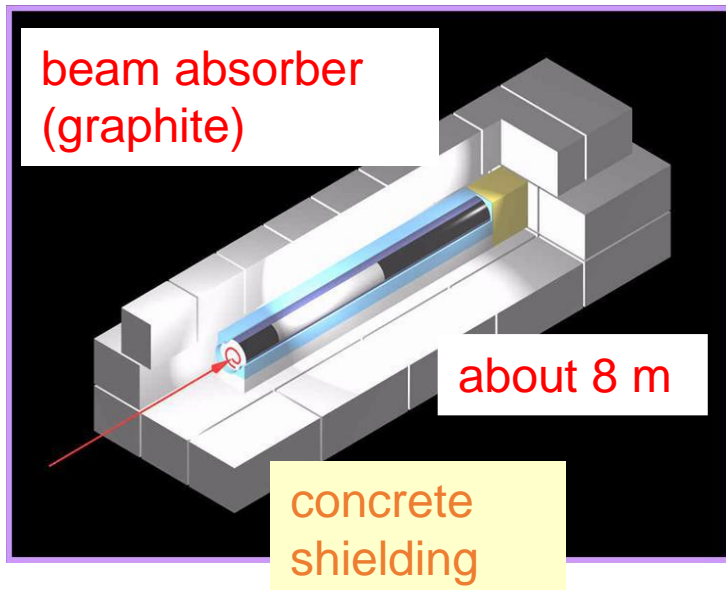
Symulacje komputerowe dużych układów

- Echosystem wiązki – nie da się wprost symulować 10^{11} cząstek
 - Potrzebne przybliżenia -> moc obliczeniowa i **optymalizacja algorytmów**
 - Interakcje **miedzy cząsteczkami w wiązce**
 - Interakcje **wiązki z elementami** (np. kolimatory, absorbery)
- Symulacje 10^6 cząstek (w tym przypadku ciężkie jony ołowiu), to ok **24h na dedykowanym klastrze obliczeniowym (120k CPUs)!**

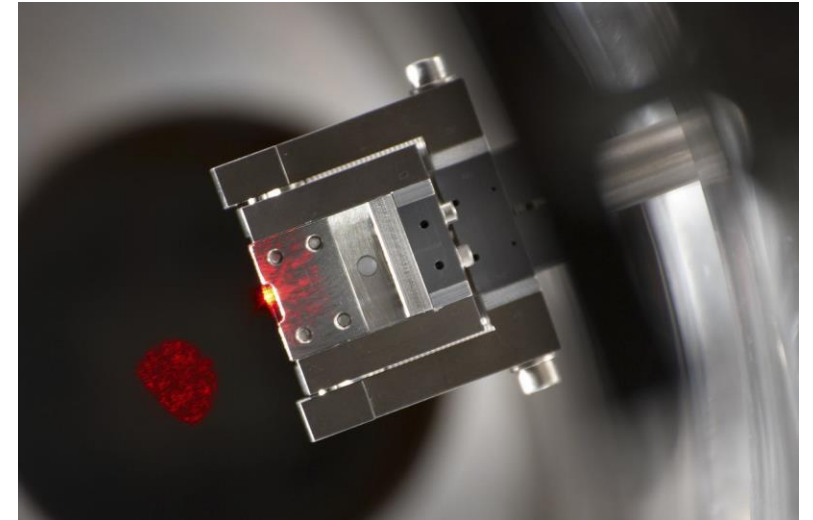


LHC – Kolimatory i absorbery

- **Materiały**, które przyjmą całą energię wiązki do **360MJ!**
- **Materiały**, które przetrwają **depozycje do 500kW**
 - CarbonFiberCarbon, Molibden, Wolfram, Grafit,
- Automatyka, pozycjonowanie i pomiary w warunkach **wysokiej radiacji!**



Arek Gorzawski - Inżynier w CERN – Fizyka Techniczna
362 MJ proton beam



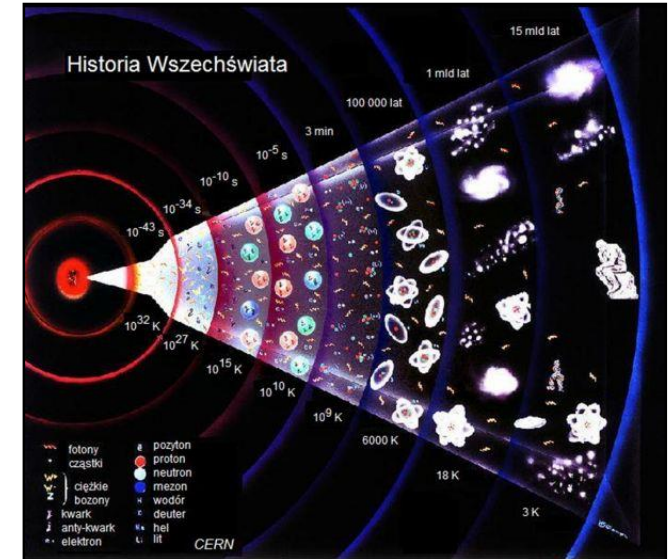
Ale akceleratory to nie tylko CERN!

- **Badania nad budową materii i historii Wszechświata**

- Np. CERN

- **Zastosowania medyczne m.in.:**

- Terapie protonowe/jonowe
- Terapie promieniami X



- **Zastosowania przemysłowe m.in.:**

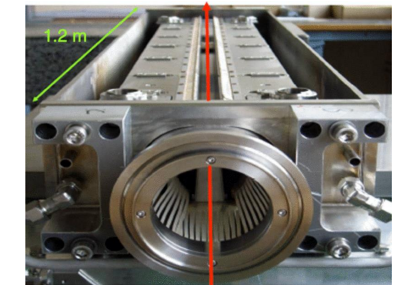
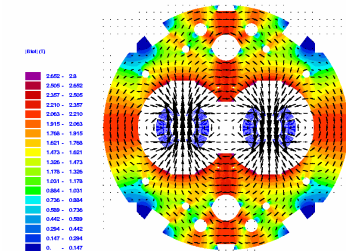
- Bezinwazyjne skanowanie materiałów
- Przygotowywanie elektroniki odpornej na promieniowanie, np. elementy pojazdów kosmicznych
- Implantacja jonów na półprzewodnikach



Doświadczenie przy pracy przy projektowaniu akceleratorów

- *Inżynieria oprogramowania,*
- *Symulacje komputerowe,*
- *Inżynieria materiałowa,*

Bardzo dobry etap w ‘aplikowanej’ ścieżce kariery!

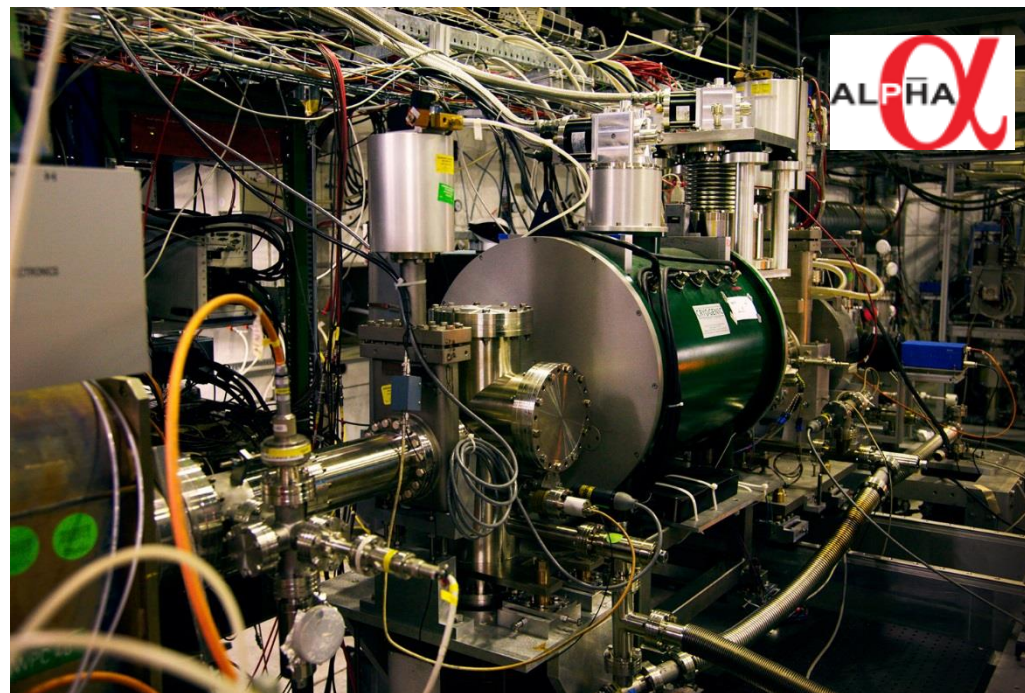


362 MJ proton beam

Projekty około akceleratorowe

Włączając w to eksperymenty!

Antymateria



Badania nad anymateria w CERN stanowią codzienność dla kilku eksperymentów takich jak: ALPHA, ATRAP, G-BAR...

Dedykowane *decelerator* do uzyskiwania cząstek o odpowiednio niskiej energii (wolnych) i próba ich rekombinacji (pozytron z anty protonem) celem uzyskania atomu anty wodoru.

Praca przy budowie detektorów oraz pułapek jonowych.
Praca z systemami kriogenicznymi, prądowymi i mechanicznymi!

*Aplikacje SummerStudents,
Technical Students*

Technologie informatyczne

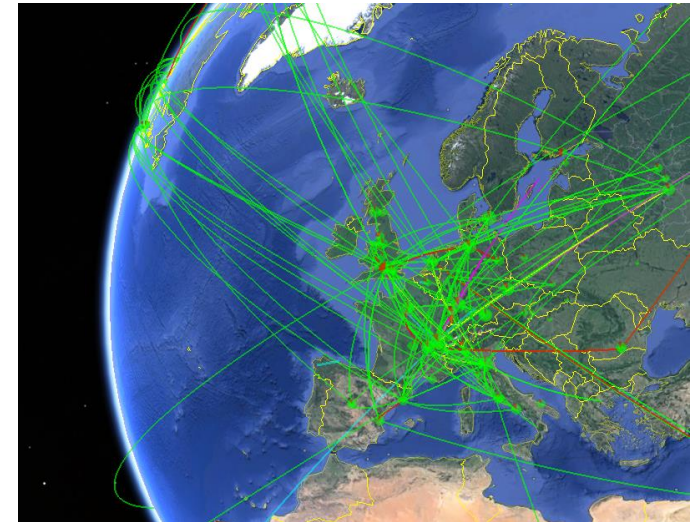
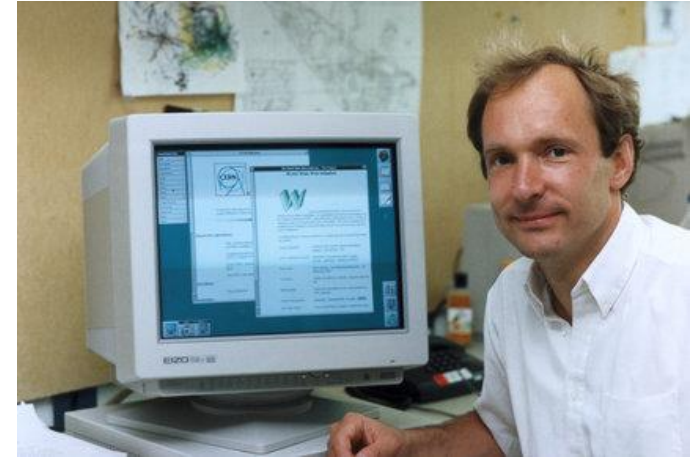
Potrzeba wymiany informacji zaowocowała technologią **WWW**,

- Od 1991 roku publicznie dostępną
- dziś codziennie używaną!

Potrzeba **dzielenia się zasobami** (CPU), **GRID**, na potrzeby symulacji przetwarzania danych.

Wielkoskalowe projekty przechowywania danych

- **Przetwarzanie i archiwizacja danych diagnostycznych akceleratora!**



TOTEM i Inżynieria oprogramowanie

- Departament Wiązek, Grupa Controls,
 - Inżynieria oprogramowania przy projektach danych diagnostycznych
 - **Rocznie 5 ofert projektów**
- TOTEM, jeden z eksperymentów przy LHC
 - Inżynieria oprogramowania oraz analiza danych
 - **Rocznie 5-6 studentów** wyjeżdża na praktyki finansowane z AGH
- Departament Technologii, Grupa Power Converters
 - Inżynierskie projekty elektroniczne przy nowych generacjach zasilaczy elektromagnesów.



Maciej Malawski



Leszek Grzanka

STAGIERE
Czerwiec – Wrzesień!

Podsumowanie

- Atrakcyjne możliwości dla **inżynierów oprogramowania**,
- Duże możliwości dla **fizyków aplikowanych!**
- Interesujące tematy:
 - Zarówno związane z akceleratorami,
 - Jak i z projektami z zakresu przechowywania i obsługi danych
- **Duże szanse dla doświadczonych, ale i zainteresowanych tematem, studentów z Polski!**