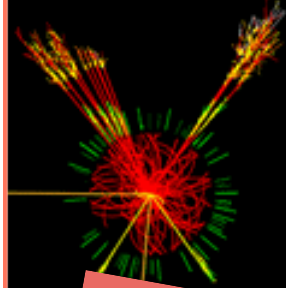
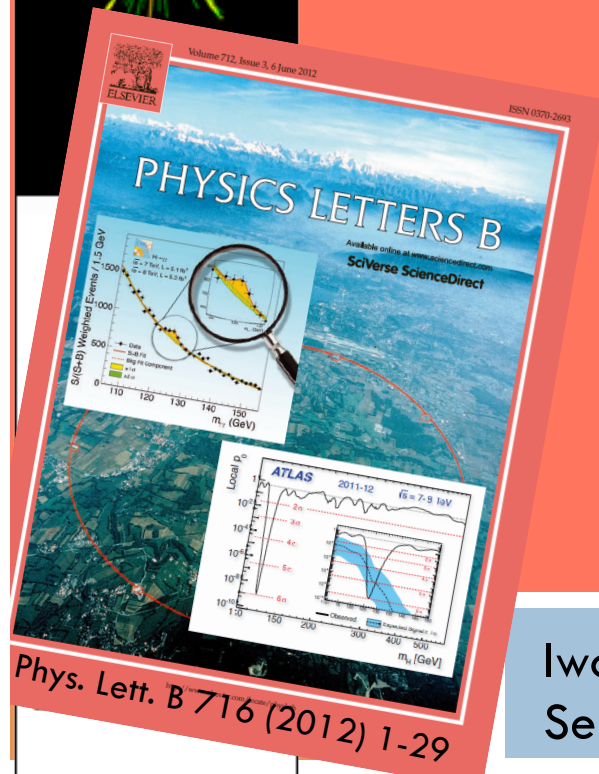




Discovery
of the
HIGGS
BOSON



POSZUKIWANIE CZĄSTKI HIGGSA W EKSPERYMENCIE ATLAS - NAJNOWSZE WYNIKI



Iwona Grabowska-Bołd (AGH WFILS KOiDC)
Seminarium WFILS 12.10.2012



Plan referatu

- Wstęp
 - ▣ Wielki Zderzacz Hadronów i jego program fizyczny
 - ▣ Dlaczego szukamy cząstki Higgsa?
- Eksperyment ATLAS
 - ▣ Motywacja
 - ▣ Projekt i budowa
- Analiza danych prowadząca do odkrycia nowej cząstki
 - ▣ Wyniki
- Podsumowanie



Udział KOiDC w badaniach w ATLASie



3

- Lista współ-autorów publikacji eksperymentu ATLAS z WFiS AGH:
 - ▣ L. Adamczyk, T. Bołd, W. Dąbrowski, M. Dwużnik, I. Grabowska-Bołd, [D. Kisielewska](#), T.Z. Kowalski, S. Koperny, B. Mindur, M. Przybycień
 - ▣ Nasz udział w tych badaniach będzie podkreślony w czasie referatu

Wielki Zderzacz Handronów (LHC) planowany już od dawna:

30-mile 'donut' to spin out atomic secrets

World's mightiest atomic accelerator, so huge it will span the border between two European countries, may unlock deep mysteries of the universe—and unleash virtually unlimited supplies of vital electric power.

by Hans Fantel

It will be so big you can see it in its entirety only by looking down from a mountaintop or airplane. A circular tube with a mind-boggling circumference of 30 miles, it's the largest machine ever conceived. It's still in the planning stage, but represents the most ambitious concept yet for building an atomic particle accelerator—popularly known as an atom smasher.

Why the incredible size? Such devices need a long path to accelerate their subatomic particle "bullets" up to the tremendous velocities required to penetrate and break down matter at the atomic level—just as a jumbo jet needs a long runway to get up to flying speed. The longer the path, the greater the acceleration that can be achieved.

Is such a giant merely a paper

dream? By no means. The technology for building it exists—the final design, financing, location of construction site, and certain political considerations must still be worked out. But atom smashers have been getting bigger and more powerful all the time—a sign of even more ambitious projects to come. The famed Brookhaven accelerator, half a mile in circumference, is already dwarfed by a similar one with a four-mile girth at Fermilab in Batavia, Ill., currently the biggest atom smasher in the world. And now being planned is another, more modern installation for Brookhaven that will outpower them all—at least until that 30-mile monster goes into operation.

The newly proposed superaccelerator still has no official name. It's just

Map below shows one possible site for proposed new 30-mile-long atomic accelerator. If plan is adopted, the mammoth ring would span the boundary between France and Switzerland near Lake Geneva. It would be a joint international venture, built and operated by several countries.



called the VBA—short for Very Big accelerator, which is an understatement if there ever was one. While the primary objective of the VBA will be to explore the properties of the atom and physical laws governing the universe, its findings may also lead to new ways of mass-producing nuclear energy in safe, economical, commercially usable quantities. If so, such discoveries might well provide virtually unlimited supplies of urgently needed electric power.

Since the VBA will be such a gigantic and costly undertaking, it is unlikely that any one nation could afford to foot the bill by itself. Thus

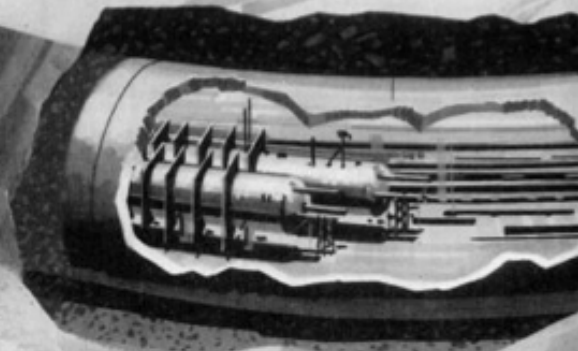


Plan for new Brookhaven accelerator has two tubes whirling counterrotating proton beams. Future 30-mile atom smasher depicted at left may use same arrangement.

In the United States, the Soviet Union and several European countries are expected to chip in, making the project a truly international effort.



Like an entry ramp to a superhighway, this 500-foot-long linear (straight-line) accelerator at Fermilab pushes protons up to velocities needed to enter high-speed lanes in main circular accelerator. Such "preboosters" will be used in proposed 30-mile atom smasher shown above.



Copyrighted material

Popular Science, kwiecień 1978

- Zderzacz $p+p$ o energii TeV
- Międzynarodowa współpraca
- Nadprzewodzące magnesy chłodzone helem
- Elektroniczne komory pęcherzykowe ☺

Wielki Zderzacz Hadronów (LHC)



Najwyższa energia na świecie: 8TeV
Największy mikroskop świata 10^{-19}m
i wehikuł czasu 10^{-12}s po Wielkim Wybuchu
Temperatura 10^{15}K

LHC jest projektem globalnym

Przy jego budowie było zaangażowanych
ponad 10000 ludzi z ponad 60 państw





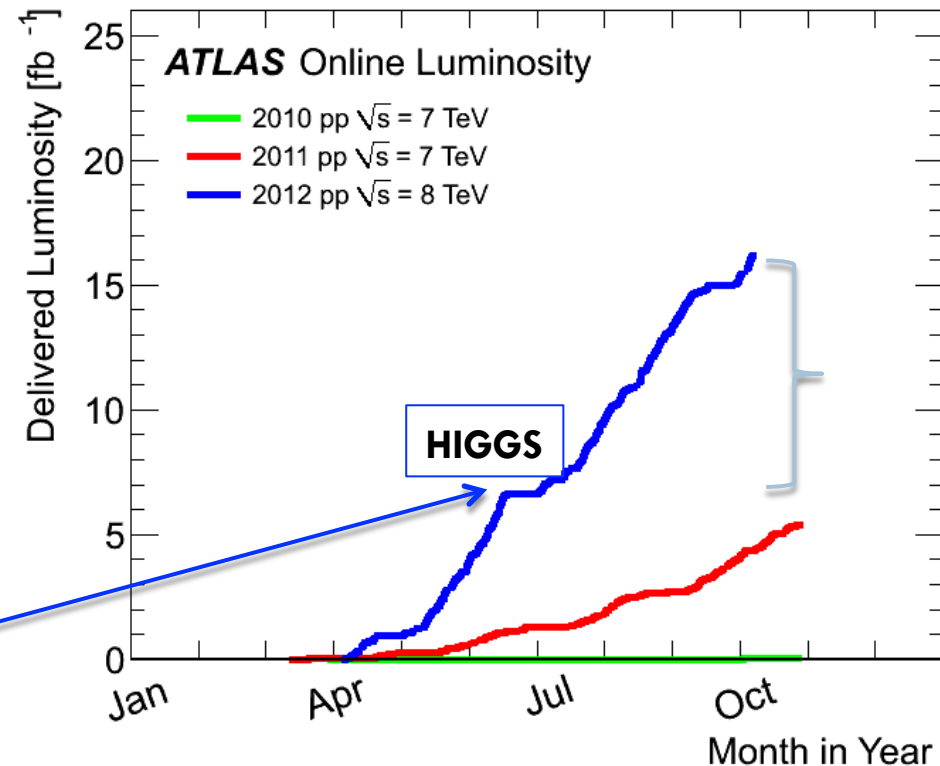
LHC dostarcza zderzeń od 2009



7

Liczba wyprodukowanych zderzeń =
światłość x przekrój czynny (cm^2) x czas
zderzeń

- Światowy rekord
światłości = $7.73 \times 10^{33} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- $\sim 8 Z \rightarrow \mu \mu$ na sekundę
 - ▣ Bozon Z odkryty w 1983r. po 8 latach
działania eksperymentów UA1 UA2
(102 przypadki) $\rightarrow$ nagroda Nobla
C. Rubia & S. Van der Meer (1984)
- Wyniki analizy Higgsa oparte na
próbce danych do czerwca 2012
 - ▣ 8×10^{14} zderzeń p+p
 - ▣ Teoria przewiduje 210'000 cząstek
Higgsa wyprodukowanych w tej próbce



Prawie drugie tyle przypadków zebranych
w drugiej połowie 2012, a zbieranie
danych trwa do grudnia

Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS



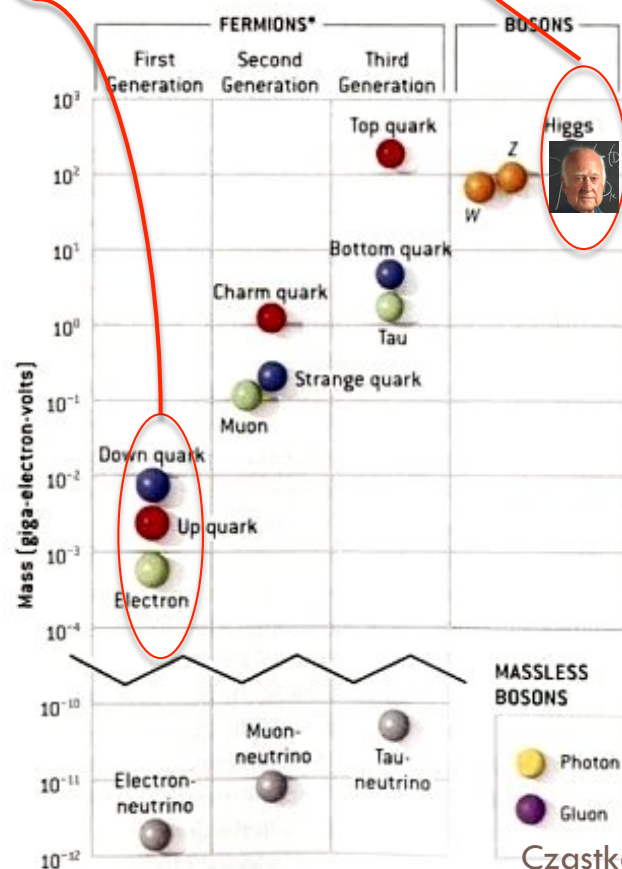
Model Standardowy (MS)

- Wielkie osiągnięcie fizyki XX w.
- MS to kombinacja czterech oddziaływań (elektrycznego, magnetycznego, słabego i silnego) i cząstek elementarnych

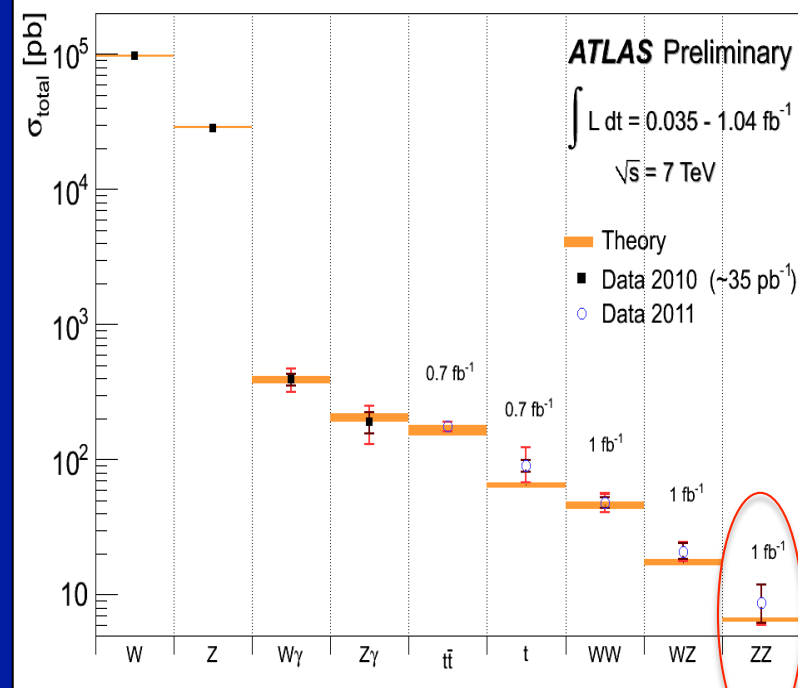
Fermiony			Bozony	
Kwarki	$2.3 \text{ MeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ u górny	$1.27 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ c powabny	$173.5 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ t szczytowy	0 0 1 γ foton
	$4.8 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d dolny	$95 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s dziwny	$4.2 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b spodni	
	$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ e elektron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ μ mion	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ τ taon	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 Z^0 bozon Z
Leptony	$<2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_e neutrino elektronowe	$<170 \text{ keV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ neutrino mionowe	$<15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ neutrino taonowe	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ 0 ± 1 1 $W^\pm$ bozon W
				$?126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 H^0 bozon Higgsa
			Masa Ładunek Spin	

- Cały widoczny świat zbudowany tylko z tych cząstek
- Cała reszta cząstek jest potrzebna do zrozumienia kim jesteśmy
- Bozon Higgsa to jedyny brakujący element MS

Model Standardowy c.d.



Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS



Świetna zgodność z przewidywaniami MS w ramach obecnych błędów

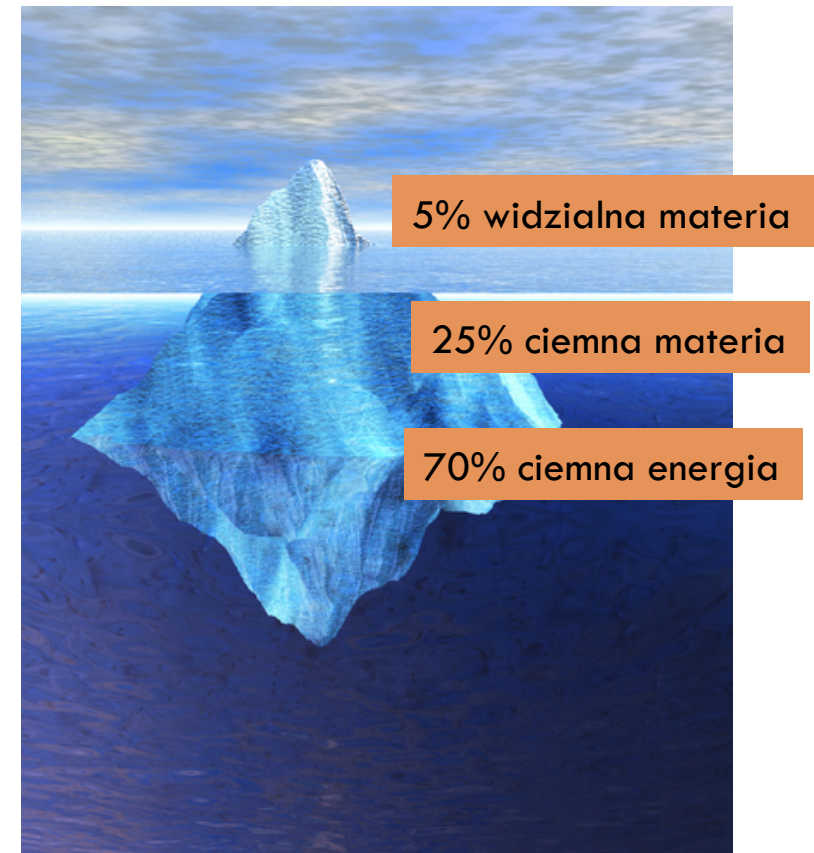
Nadmiar przypadków w binie ZZ konsystentny z oczekiwaniem z kanału $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4l$ (niebezpośrednia obserwacja cząstki Higgsa)



Wielkie pytania fizyki XXI w.

10

- Pochodzenie masy: dlaczego cząstki elementarne mają masę i dlaczego masy są różne?
 - ▣ Mechanizm Higgsa → cząstka Higgsa
- Czy cząstki elementarne są faktycznie elementarne?
- Czy faktycznie mamy tylko cztery oddziaływania, czy da się je zunifikować?
 - ▣ Co z grawitacją, która nie jest włączona do MS?
- Asymetria ładunkowa we Wszechświecie: nasz świat zbudowany jest z cząstek, co się stało z antycząstkami. Czy istnieje gdzieś anty-świat?
- Co to jest ciemna materia i energia?
 - ▣ Współpraca fizyki cząstek elementarnych i astrofizyki



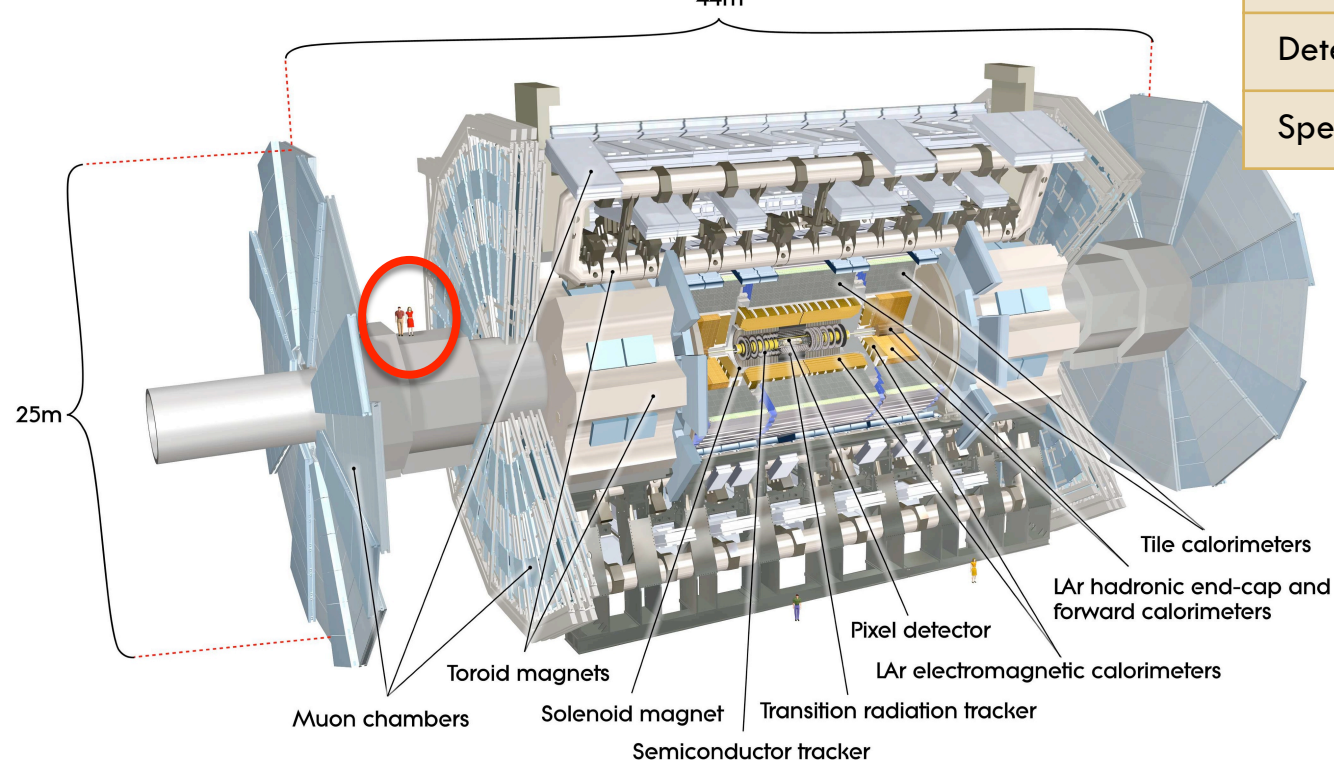


Detektor ATLAS

11

Trzy główne części: 90 milionów sensorów

Detektor Wewnętrzny, Kalorymetry Elektromagnetyczny (EM)
i Hadronowy (HAD) i Spektrometr Mionowy



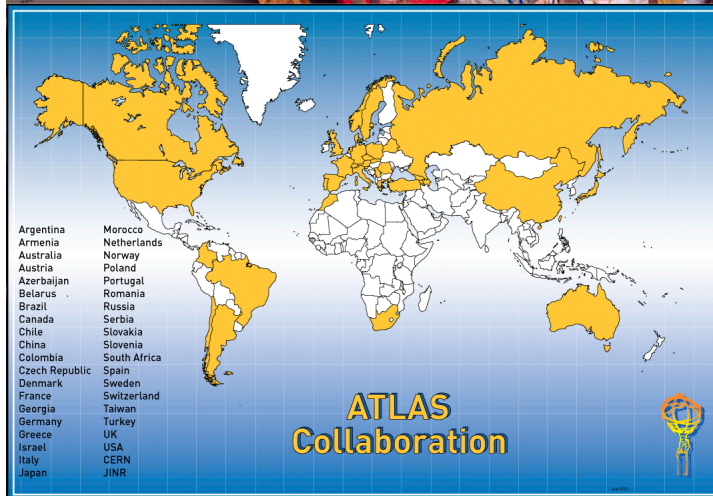
Układ	Pokrycie w η
Kalorymetr EM	$(-3.2, 3.2)$
Kalorymetr HAD	$(-4.9, 4.9)$
Detektor Wewnętrzny	$(-2.5, 2.5)$
Spektrometr Mionowy	$(-2.7, 2.7)$

- Waga: 7000 ton
- Długość: 44m
- Średnica: 25m
- Pole magnetyczne: 2T

Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS

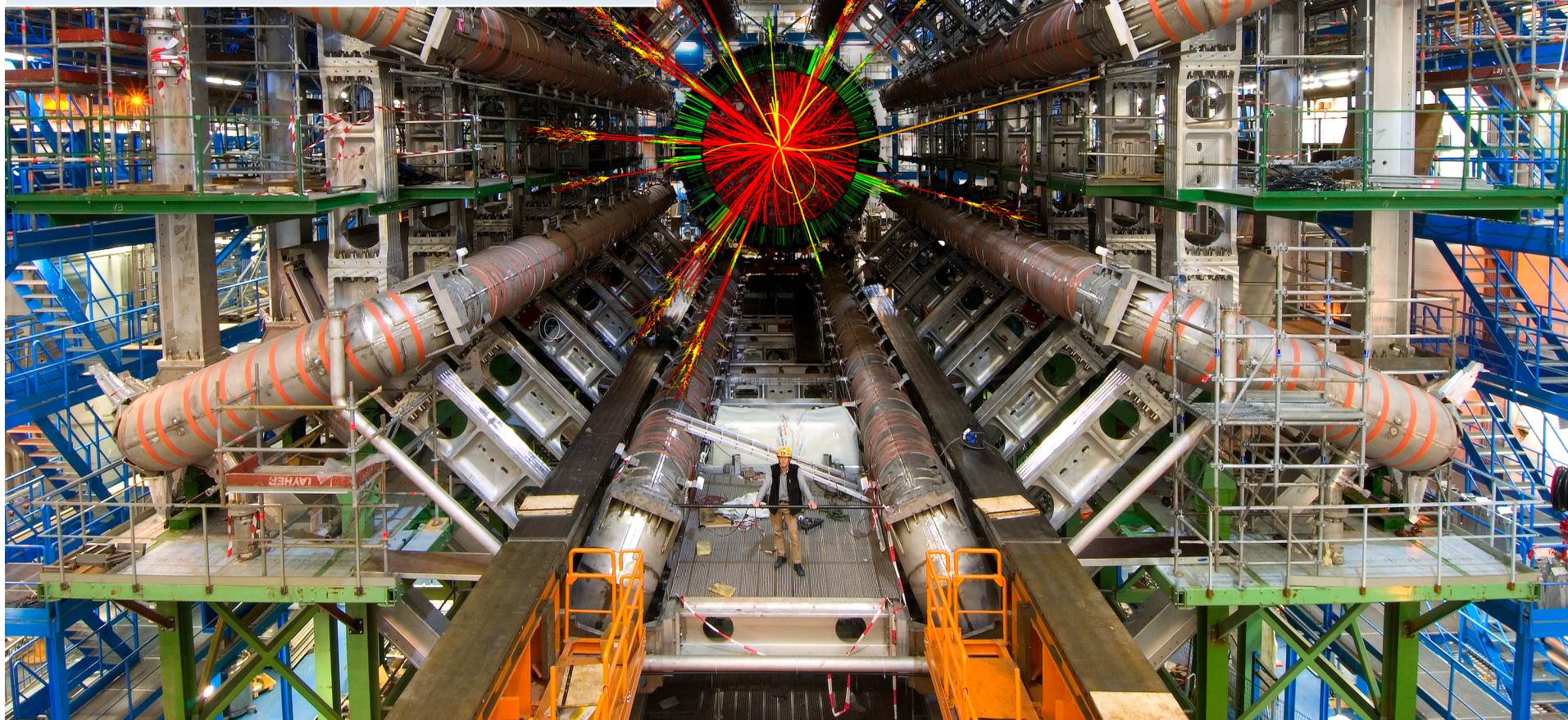
98% pokrycia w pełnym kącie bryłowym

ATLAS: Ponad 3000 fizyków z 38 państw





Obiekt	Waga (tony)
Boeing 747 (załadowany)	200
Prom kosmiczny Endeavor	368
ATLAS	7000
Wieża Eiffel'a	8300
CMS	12500



Aparat cyfrowy rozmiaru katedry



Udział KOiDC w pracach SCT



- **SCT** – Krzemowy Detektor Śladów
 - ▣ 6×10^6 kanałów odczytu
- To drugi z trzech detektorów stanowiących Detektor Wewnętrzny
- Niezastąpiony w pomiarach produktów rozpadu cząstki Higgsa
- Projekt układów scalonych do odczytu ([W.Dąbrowski](#))
- Testy kwalifikacyjne 800 modułów detektora ([W.Dąbrowski](#), [M.Dwużnik](#), [B.Toczek](#))
- Grupa z AGH+IFJ ([S.Koperny](#)) pracowała przez 9 lat nad projektem, budową i uruchomieniem unikatowego systemu zasilaczy wysokiego napięcia $0 \div 500V$ (max prąd 5mA)
 - ▣ Zasilacze w większości wykonane w Polsce przez firmę Fideltronik

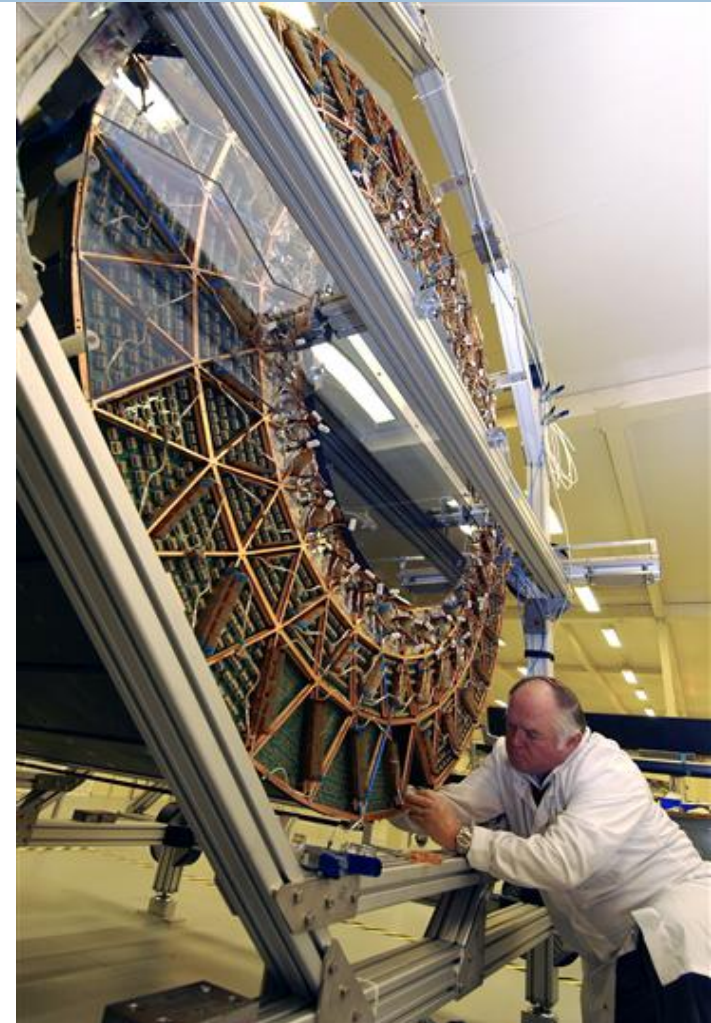
Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS



Udział KOiDC w pracach TRT

15

- **TRT** – Detektor Śladowy i Promieniowania Przejścia
 - ▣ 370 000 detektorów słomkowych
- To najbardziej zewnętrzny z trzech detektorów stanowiących Detektor Wewnętrzny
- Niezastąpiony w pomiarach produktów rozpadu cząstki Higgsa
- Grupa z KOiDC ([T.Kowalski](#), [B.Mindur](#), [S.Koperny](#) i [W.Filipek](#)) opracowała GGSS (Gas Gain Stabilization System) – System Stabilizacji Wzmocnienia Gazowego
 - ▣ Obecnie odpowiedzialna za systematyczne monitorowanie oraz okresową kalibrację i przeglądy
 - Referencyjne detektory słomkowe
 - Aparaturę elektroniczną
 - Oprogramowanie zintegrowane z centralnym oprogramowaniem ATLASa



Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS



Udział KOiDC w zbieraniu danych i obsłudze eksperymentu



16

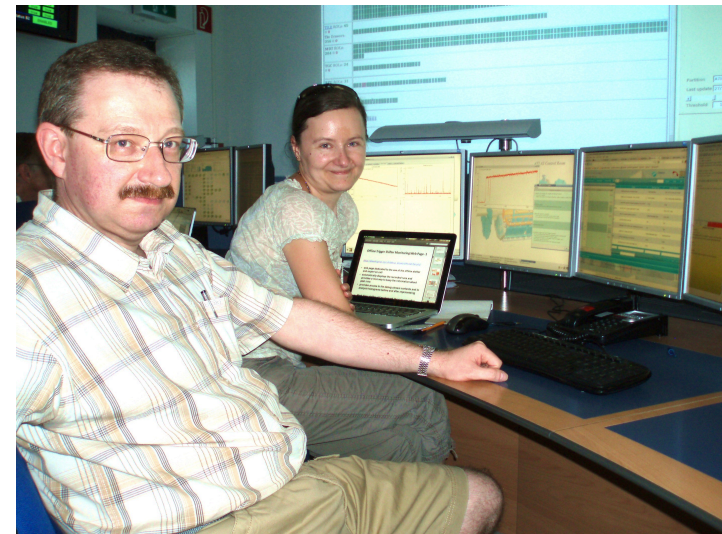
- AGH WFiS, jak każdy instytut współpracujący z ATLASem, ma obowiązek udziału w zbieraniu danych i obsłudze eksperymentu, które są potrzebne 24/24 i 7/7 dni w tygodniu
 - ▣ Mamy ekspertyzę w obsłudze Detektora Wewnętrznego i trygera
 - ▣ Bierzemy udział w rozwoju oprogramowania (generatory Monte Carlo) wykorzystywanego w analizach fizycznych ([L.Adamczyk](#), [M.Przybycień](#))

Przykładowe zobowiązania w roku 2012:

37 x 8h dyżurów bezpośrednio przy obsłudze eksperymentu (obecność na miejscu w CERNie)

166 x 8h dyżurów wspomagających obsługę eksperymentu (częściowo robione z AGH)

2.63 etatów praca na utrzymanie eksperymentu

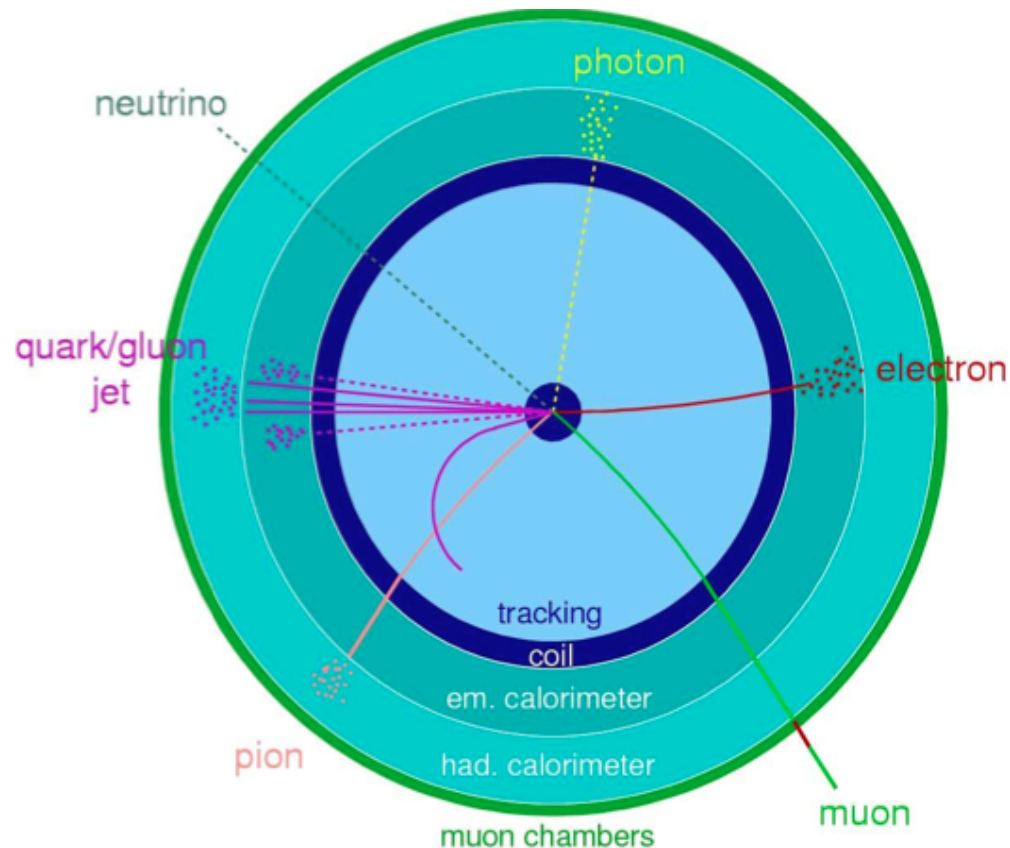




Zasada detekcji cząstek

17

Detektor ATLAS ma budowę przypominającą matrioszki → każda z nich dostarcza nam użytecznej informacji

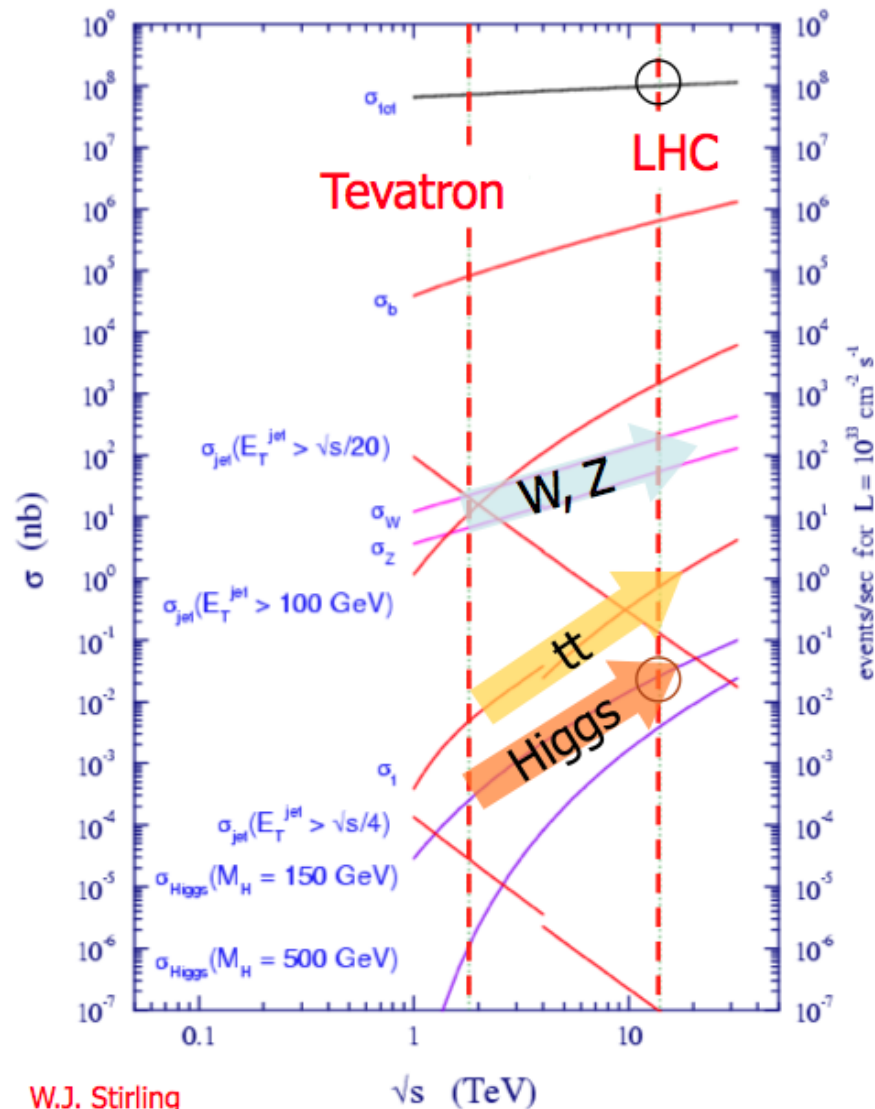


- **Cząstki naładowane** pozostawiają ślady w Detektorze Wewnętrznym
- Pole magnetyczne daje nam zakrzywienie śladu → pomiar p_T
- **Elektrony i fotony** pozostawiają kaskadę w kalorymetrze EM
- **Miony** nie deponują energii w kalorymetrze i docierają do spektrometru
- **Neutrino** nie pozostawiają śladu w detektorze → E_T^{miss}



Przekroje czynne Modelu Standardowego

18



$$\mathcal{L} = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Process	σ (nb)	Production rates (Hz)
Inelastic	10^8	10^9
$b\bar{b}$	5×10^5	5×10^6
$W \rightarrow \ell \nu$	15	150
$Z \rightarrow \ell \ell$	2	20
$t\bar{t}$	1	10
$H(100 \text{ GeV})$	0.05	0.5
$Z(1 \text{ TeV})$	0.05	0.5
$\tilde{g}\tilde{g}(1 \text{ TeV})$	0.05	0.5
$H(500 \text{ GeV})$	10^{-3}	10^{-2}



Cząstka Higgsa: cenna i niezmiernie rzadka

19



- Interesuje nas 1 przypadek na 10^9 zderzeń
- Obecnie układ filtracji danych (tryger) wybiera 20 przypadków z 10^6 oddziaływań
- Zderzenia mają miejsce co 50ns (docelowo co 25ns)
- **AGH jest zaangażowane w prace w trygerze ATLASa**

$$\mathcal{L} = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Process	σ (nb)	Production rates (Hz)
Inelastic	10^8	10^9
$b\bar{b}$	5×10^5	5×10^6
$W \rightarrow \ell \nu$	15	150
$Z \rightarrow \ell \ell$	2	20
$t\bar{t}$	1	10
$H(100 \text{ GeV})$	0.05	0.5
$Z(1 \text{ TeV})$	0.05	0.5
$g\bar{g}(1 \text{ TeV})$	0.05	0.5
$H(500 \text{ GeV})$	10^{-3}	10^{-2}

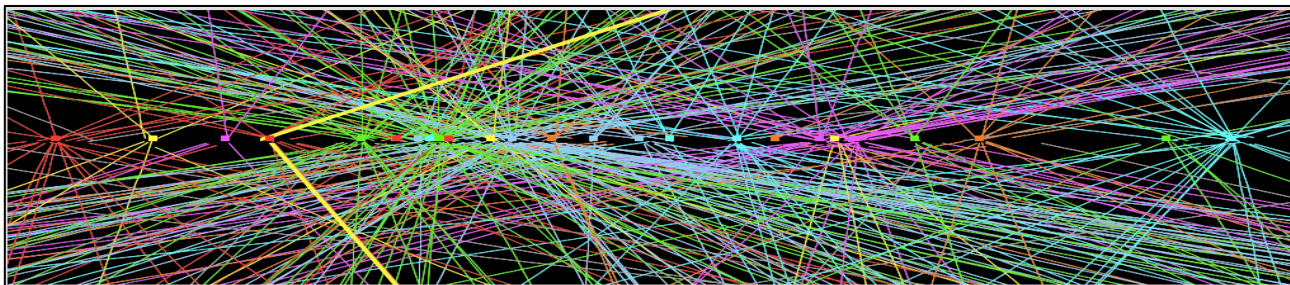
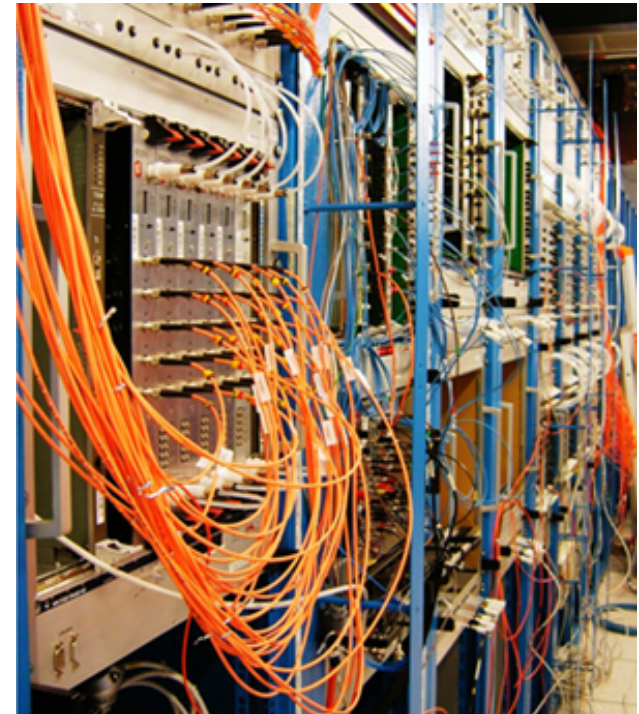
Częstość zapisu przypadków: 400Hz



Układ filtracji danych (tryger)

20

- Ilość danych generowanych to $40\text{MHz} \times 1.2\text{MB} = 50\text{TB/s} \rightarrow$ absolutnie niemożliwa do zapisu
- Trzystopniowy system filtracji danych redukuje częstość zbierania $40\text{MHz} \rightarrow 100\text{kHz} \rightarrow 3\text{kHz} \rightarrow 400\text{Hz}$ (15 PB/rok zapisane na dyskach)
- Jednoczesna selekcja ok. 1000 sygnatur fizycznych z czasem martwym ok 2%
 - ▣ Trzon oprogramowania dwóch stopni trygera współtworzony przez KOiDC (T. Bołd)
 - ▣ Rekonstrukcja śladów (I.G-B)
 - ▣ Projekt i implementacja linii filtrujących dla zderzeń protonów i ciężkich jonów (T.Bołd, I.G-B)
- Każdy “Higgs” zapisany dzięki temu systemowi



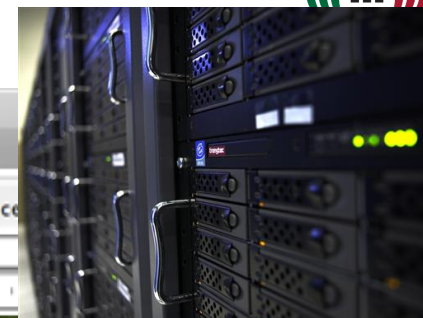
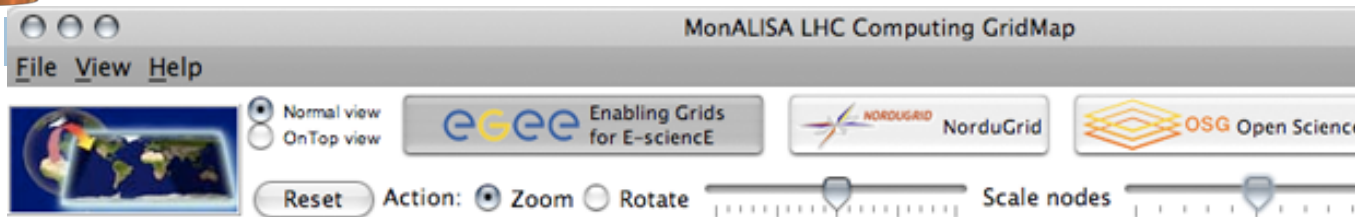
Przypadek $Z \rightarrow \mu\mu$ z 2012r.
(25 równoczesnych zderzeń)



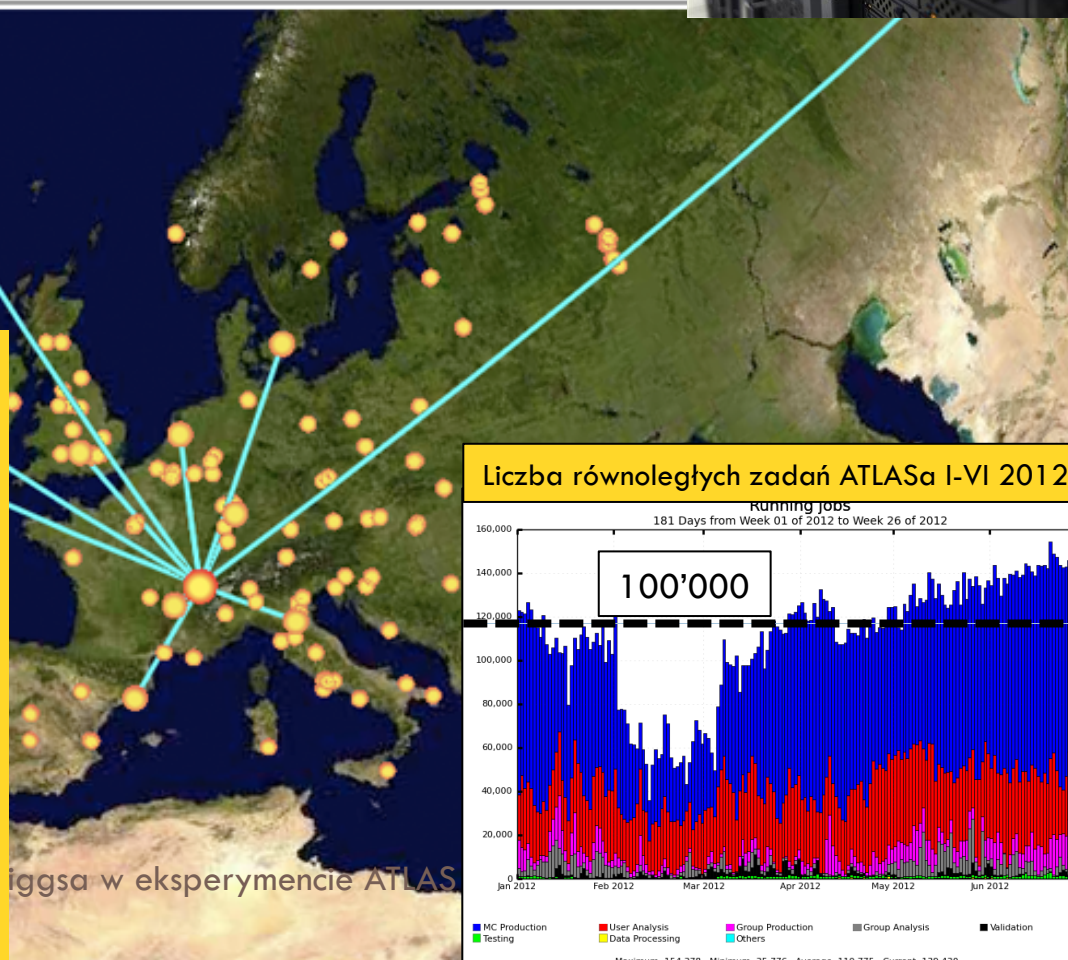
Analiza danych na GRIDzie



21



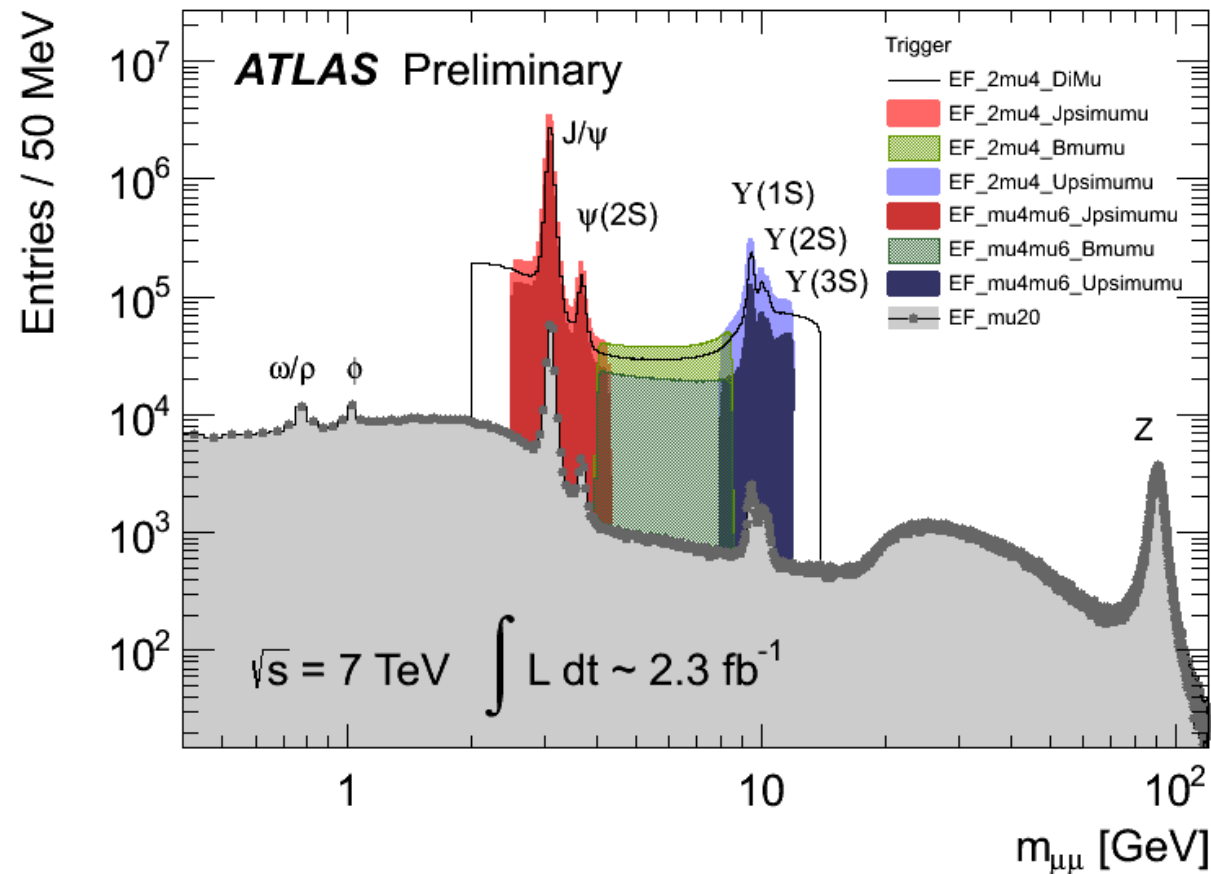
- ATLAS zapisuje ~700 MB/s przez 30-40% roku
- Analiza takiej ilości danych jest poza możliwościami samego CERNu
- CERN przesyła te dane do centrów komputerowych zrzeszonych w ramach projektu WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) w czasie rzeczywistym
- Jedno z takich centrów obsługujących dane ATLASa mamy w **Krakowie w Cyfronecie**
- KOiDC również brała udział w pierwszych projektach GRIDowych i produkcjach Monte Carlo (**T.Bołd**, **M.Dwużnik**)





Odkrywanie MS na nowo

22



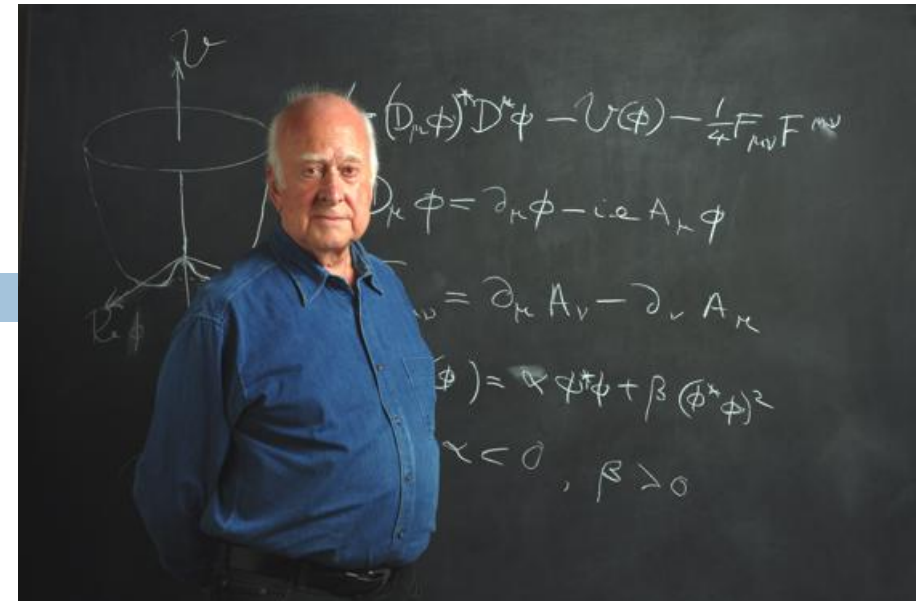
Zanim zabraliśmy się za szukanie bozonu Higgsa, upewniliśmy się, że znamy detektor i jesteśmy w stanie “zobaczyć” wszystkie znane do tej pory cząstki. Bozonu Higgsa nie da się zobaczyć bezpośrednio, tylko przez produkty rozpadu.



Higgs

23

- **Mechanizm Higgsa** zaproponowany w 1964 roku przez Petera Higgsa w celu wyjaśnienia problemu masy
 - ▣ Bezmasowy nośnik siły → nieskończony zasięg oddziaływania (np. foton)
 - ▣ Nośnik siły obdarzony masą → krótkozasięgowe oddziaływanie
 - ▣ Postuluje istnienie **pola i bozonu Higgsa**
- W latach 70 XXw. mechanizm Higgsa posłużył do przewidzenia istnienia bozonów W i Z, które zaobserwowano w 1983-84 w CERNie



Właściwości cząstki Higgsa (H):

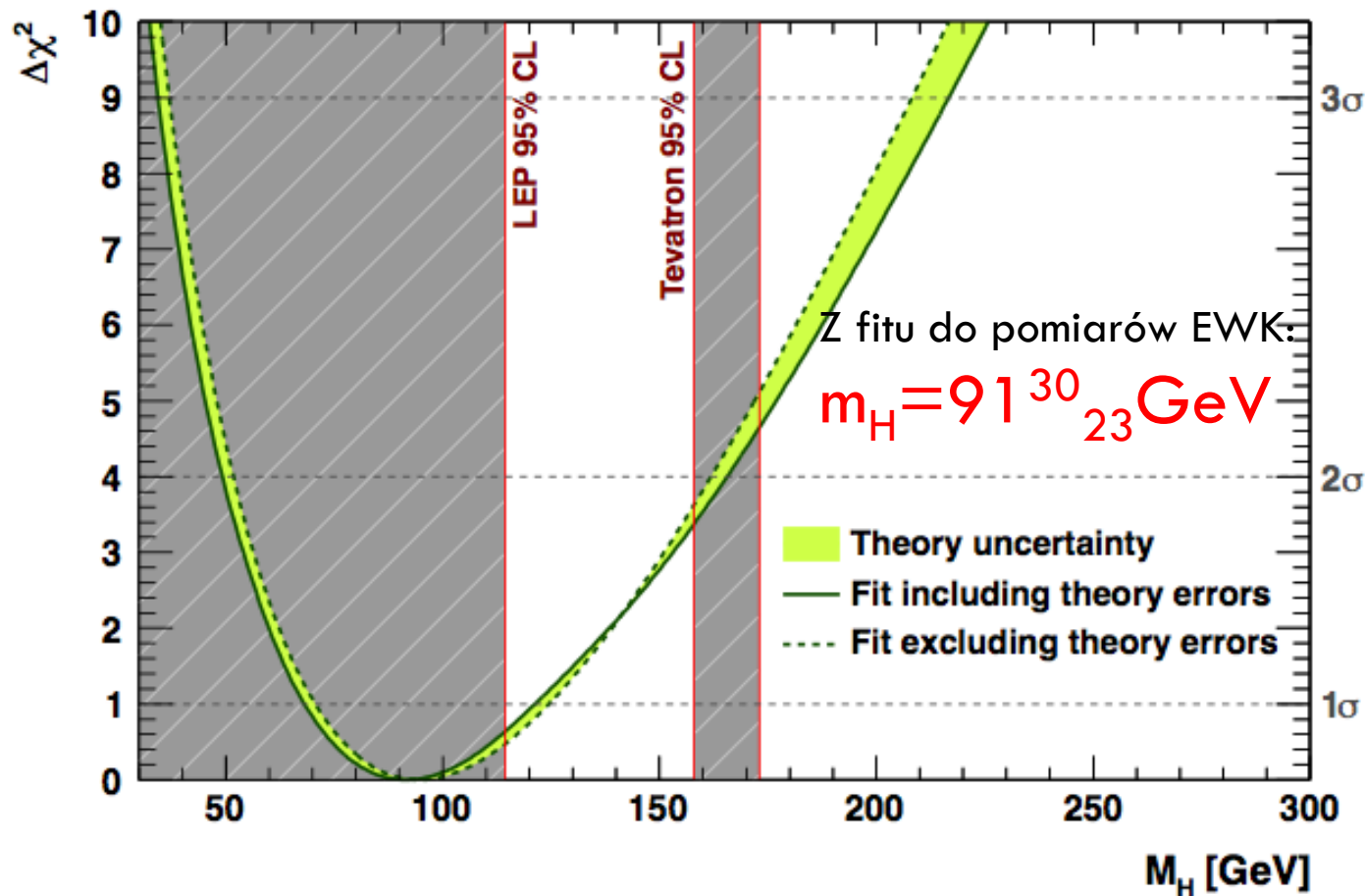
- bozon o spinie i ładunku 0,
- masa m_H jest parametrem MS
- sprzężenie do cząstki Higgsa nadaje innym cząstkom masę (proporcjonalne do masy)
- sprzęga się do par wszystkich cząstek i ich antycząstek
 - $H \rightarrow \mu^+ \mu^-$ dla $210 < m_H < 270 \text{ MeV}$
 - $H \rightarrow b\bar{b}$ dla $9 < m_H < 135 \text{ GeV}$
 - $H \rightarrow W\bar{W}$ dla $m_H < 135 \text{ GeV}$
- rozpada się na masywne cząstki $2m < m_H$



Historia poszukiwań Higgsa 1965-2011 (wiosna)

46
Ea
LE

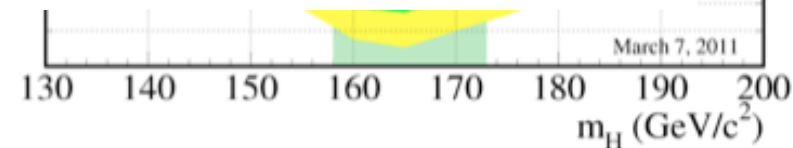
Tev



uld see
ochromatic
in photon
ergy spectrum



March 7, 2011

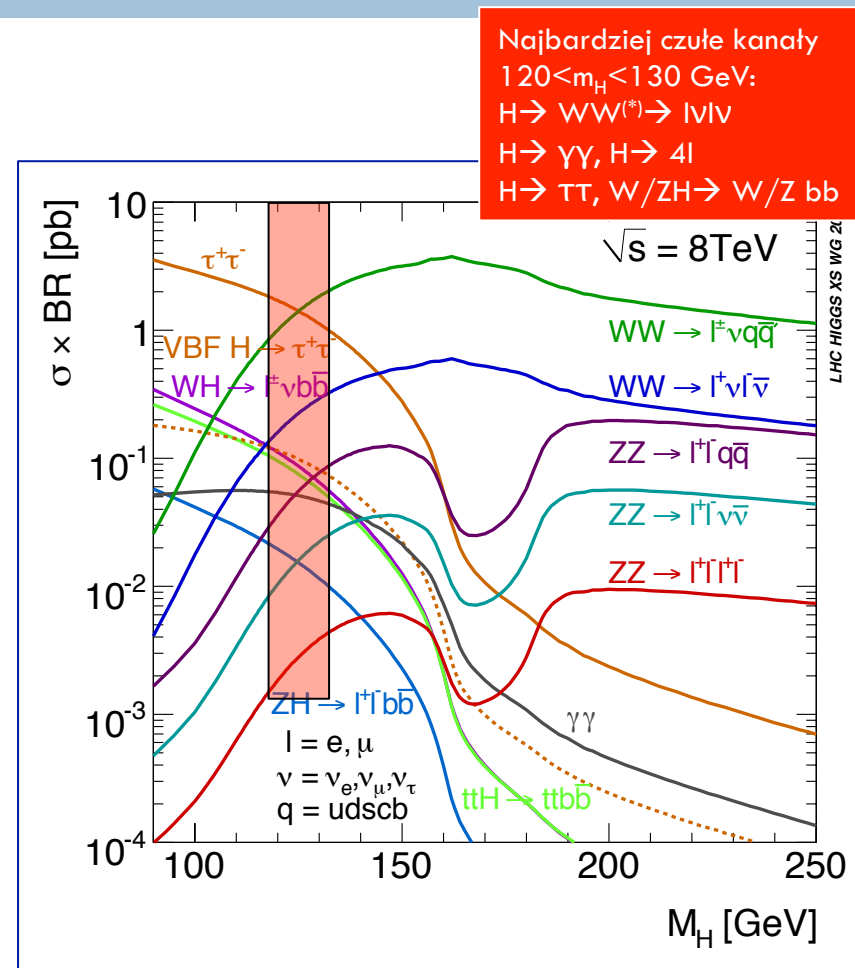
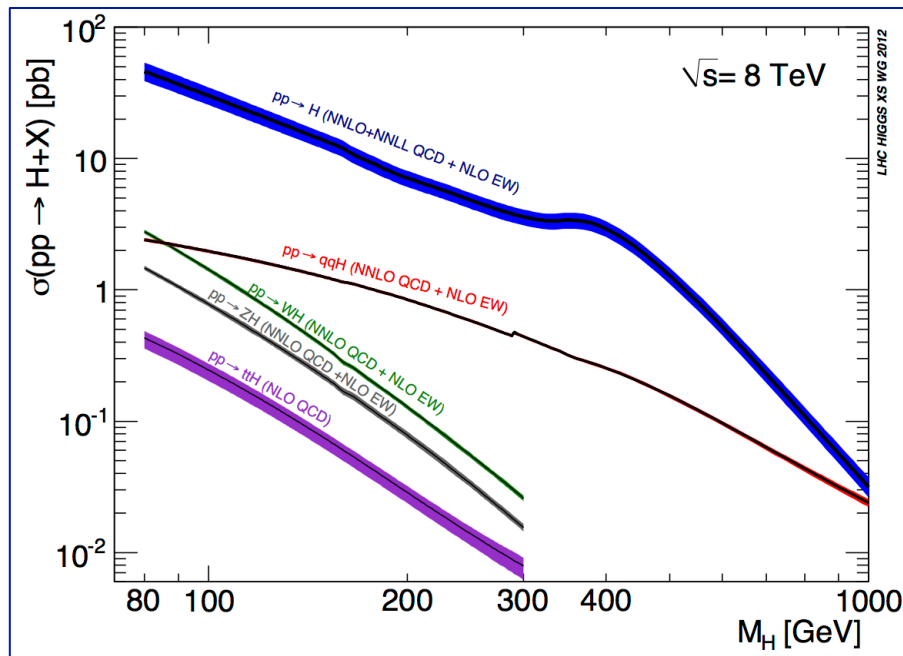
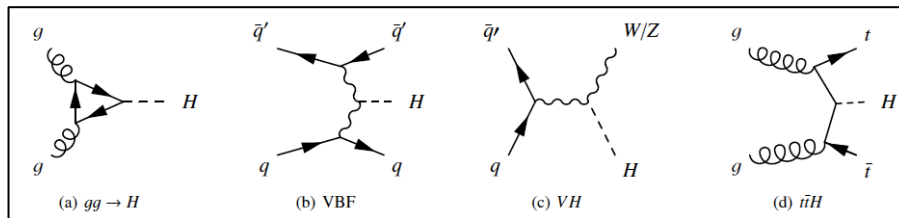


600



Produkcja i rozpad Higgsa na LHC

25

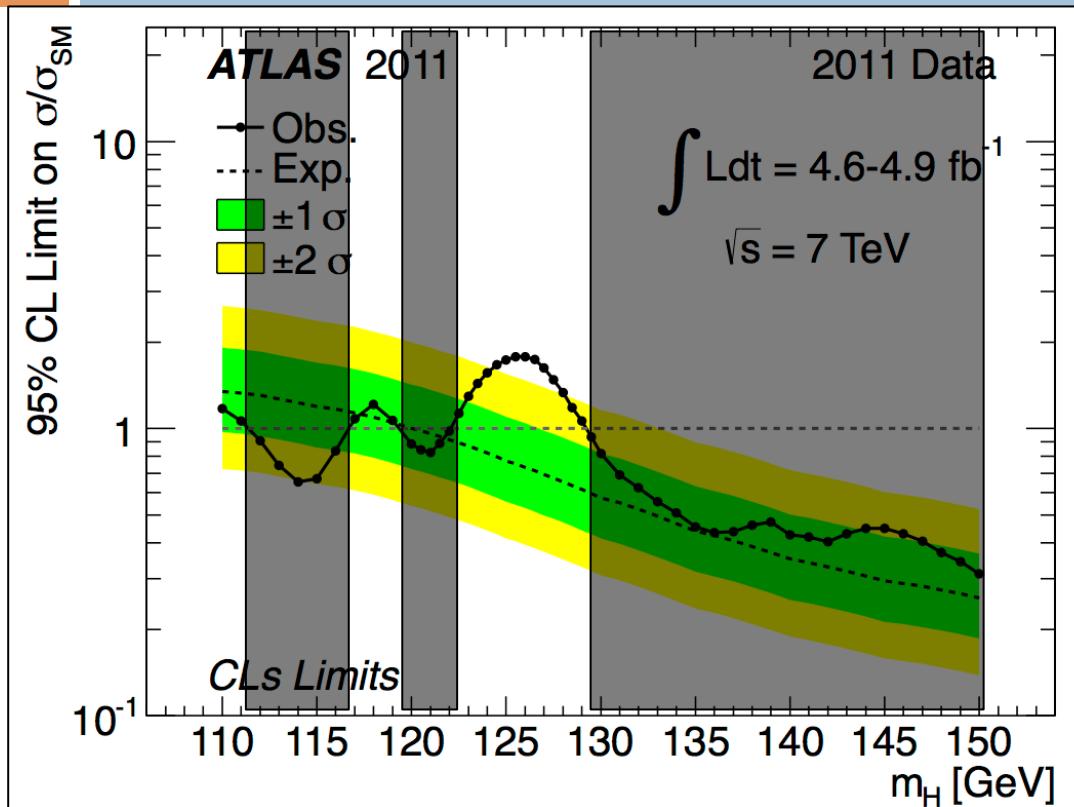


Dominującym procesem produkcji cząstki Higgsa na LHC jest $gg \rightarrow H$, przekrój czynny maleje z m_H
 Higgs rozpada się na bardzo wiele kanałów: nie wszystkie są prosto dostępne eksperymentalnie



Wynik na koniec roku 2011

26



12 kanałów rozpadu:

$H \rightarrow \gamma\gamma$

$W/ZH \rightarrow W/Z b\bar{b}$ (3 stany końcowe)

$H \rightarrow \tau\tau$ (3 stany końcowe)

$H \rightarrow ZZ(*) \rightarrow 4l$

$H \rightarrow WW(*) \rightarrow l\nu l\nu$

$H \rightarrow ZZ \rightarrow llq\bar{q}$

$H \rightarrow ZZ \rightarrow ll\nu\nu$

$H \rightarrow WW \rightarrow l\nu q\bar{q}$

Wykluczone 95% CL

$111.4 < m_H < 122.1 \text{ GeV}$ (z wyjątkiem 116.6-119.4)
 $129.2 < m_H < 541 \text{ GeV}$

Wykluczone 99% CL

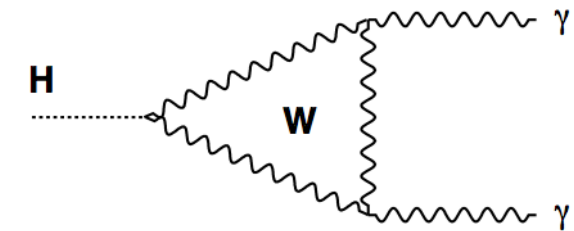
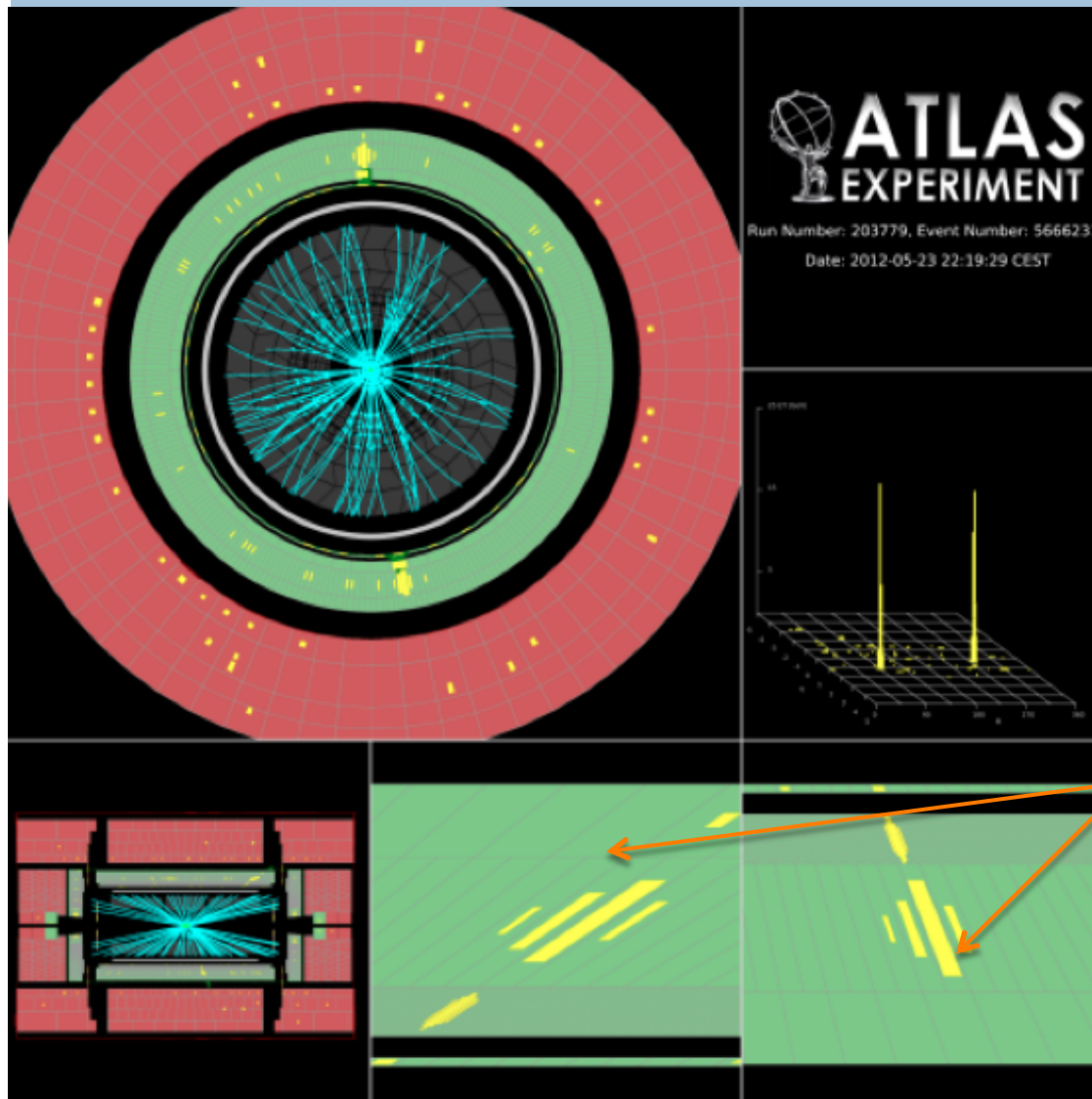
$130.7 < m_H < 506 \text{ GeV}$

Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS



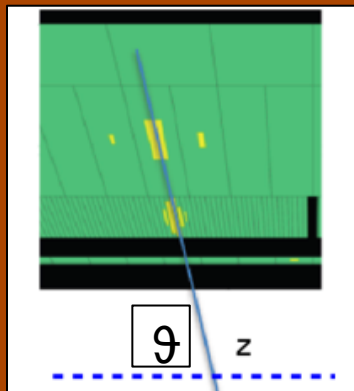
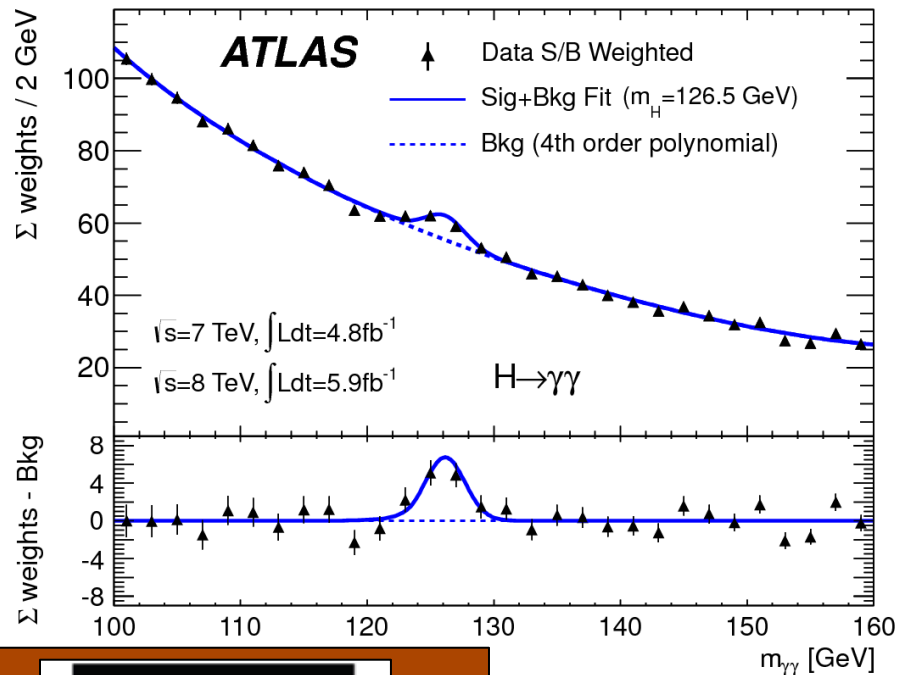
$$H \rightarrow \gamma \gamma$$

27



Kandydat na przypadek Higgsa rozpadający się na dwa wysokoenergetyczne fotony zarejestrowany w detektorze ATLAS przy 8TeV

Kaskady elektromagnetyczne wyprodukowane przez dwa fotony



Pomiar kierunku γ daje nam Z wierzchołka PV

α = kąt pomiędzy dwoma fotonami

$$m_{\gamma\gamma}^2 = 2 E_1 E_2 (1 - \cos\alpha)$$

Cząstka Higgsa w eksperymencie

- To jeden z kilku kanałów rozpadu cząstki Higgsa
 - ▣ Wysoki przekrój czynny, ale też duże tło od $\pi^0 \rightarrow \gamma \gamma$
 - ▣ Spodziewamy się 190 H w tej próbce
- ATLAS projektowany (20 lat wstecz) z myślą o tym kanale
 - ▣ Fotony nie pozostawiają śladów w DW, ale mogą konwertować $\gamma \rightarrow e^+ e^-$
 - ▣ Kalorymetr EM ma trzy warstwy o malejącym rozmiarze cel $\rightarrow$ możliwość pomiaru kąta pomiędzy dwoma fotonami

Wysoka czystość $\gamma\gamma$:

$$R_i \sim 10^4$$

$$\varepsilon(\gamma) \sim 90\%$$

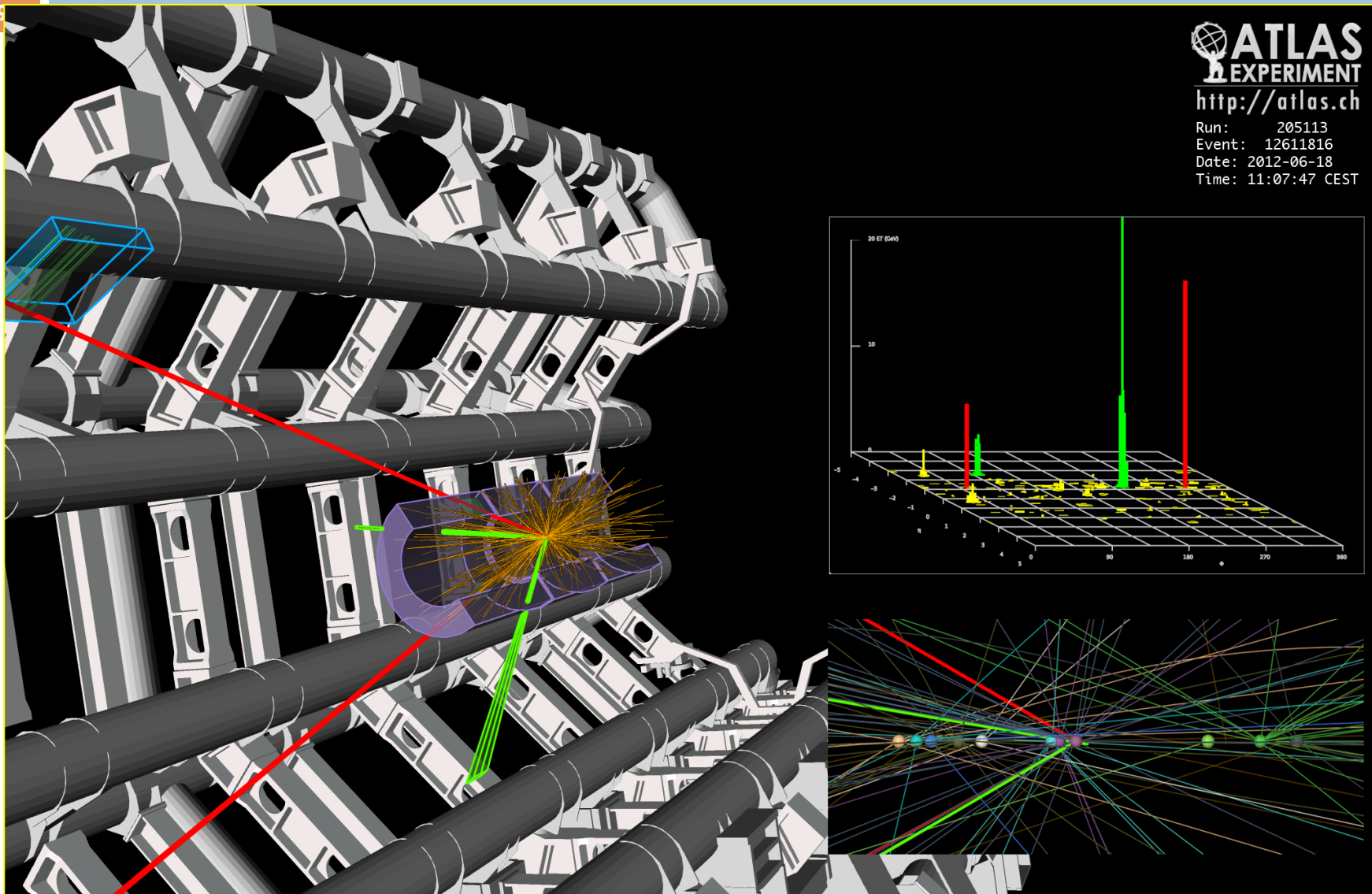


$$H \rightarrow ZZ \rightarrow e^+ e^- \mu^+ \mu^-$$

Kandydat na przypadek
Higgsa zarejestrowany w
detektorze ATLAS przy 8TeV



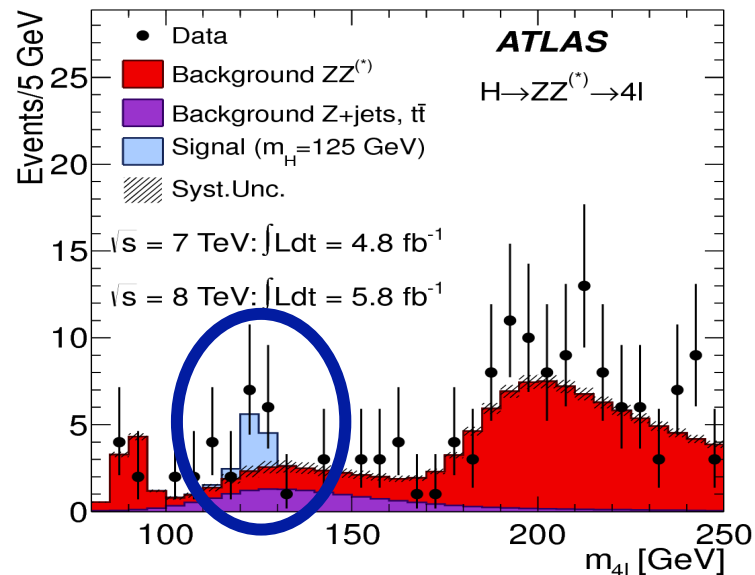
29





H → ZZ

30



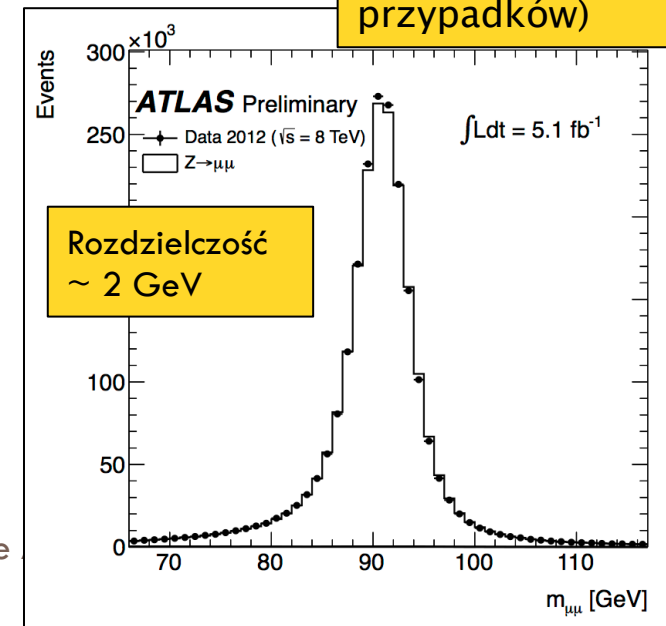
- H → ZZ mierzone w kanale elektronowym i mionowym
 - ATLAS optymalizowany pod kątem pomiaru elektronów i mionów
- Kanał o niskim przekroju czynnym
- Bardzo niskie tło

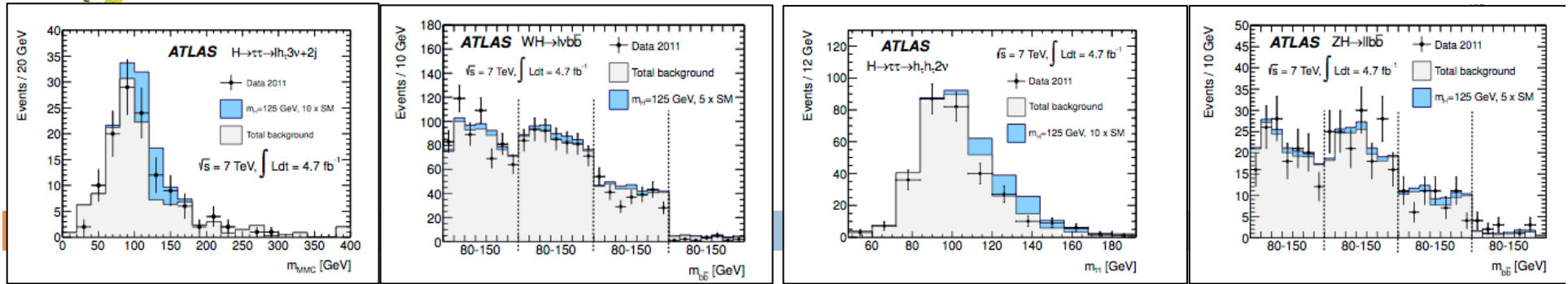
In the region $125 \pm 5 \text{ GeV}$

Dataset	2011	2012	2011+2012
Expected B only	2 ± 0.3	3 ± 0.4	5.1 ± 0.8
Expected S $m_H = 125 \text{ GeV}$	2 ± 0.3	3 ± 0.5	5.3 ± 0.8
Observed in the data	4	9	13
2011+ 2012	4μ	$2e2\mu$	$4e$
Data	6	5	2
Expected S/B	1.6	1	0.5
Reducible/total background	5%	45%	55%

w eksperymencie

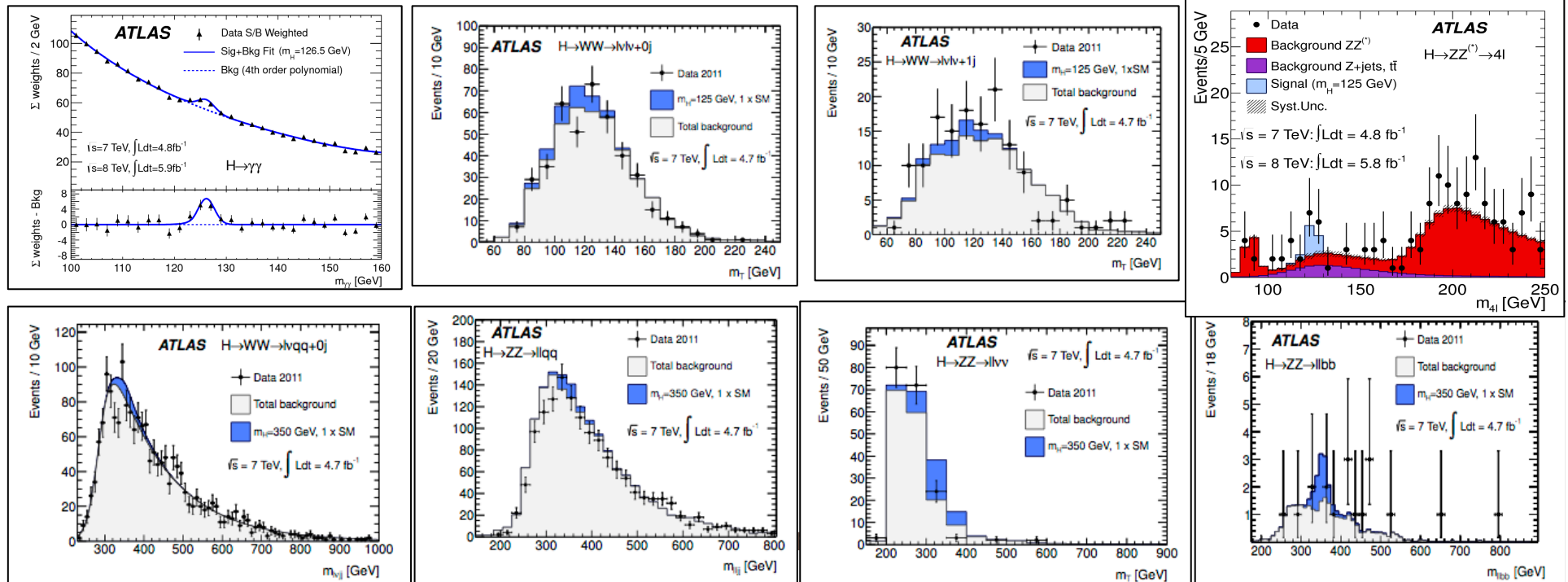
2012 $Z \rightarrow \mu\mu$ (~2M przypadków)





Kombinacja wyników dla wszystkich kanałów:

- $H \rightarrow \gamma\gamma$, 4l: pełny 2011 i dane 2012 ($\sim 10.7 \text{ fb}^{-1}$)
- Inne kanały ($H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow l\nu l\nu$, $H \rightarrow \tau\tau$, $WH \rightarrow l\nu b\bar{b}$, $ZH \rightarrow llb\bar{b}$, $ZH \rightarrow \nu\nu b\bar{b}$, $ZZ \rightarrow ll\nu\nu$, $H \rightarrow ZZ \rightarrow llq\bar{q}$; $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu q\bar{q}$): pełne dane 2011 (do 4.9 fb^{-1})

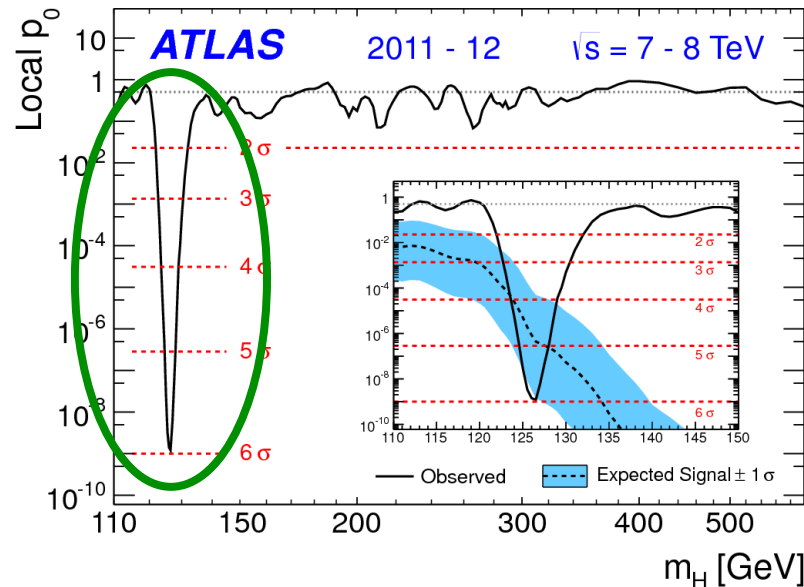
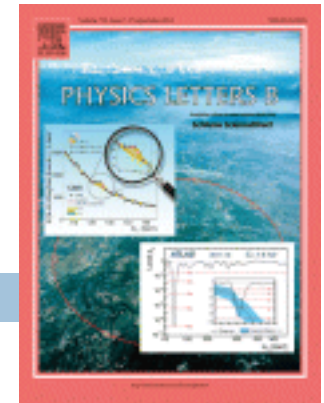




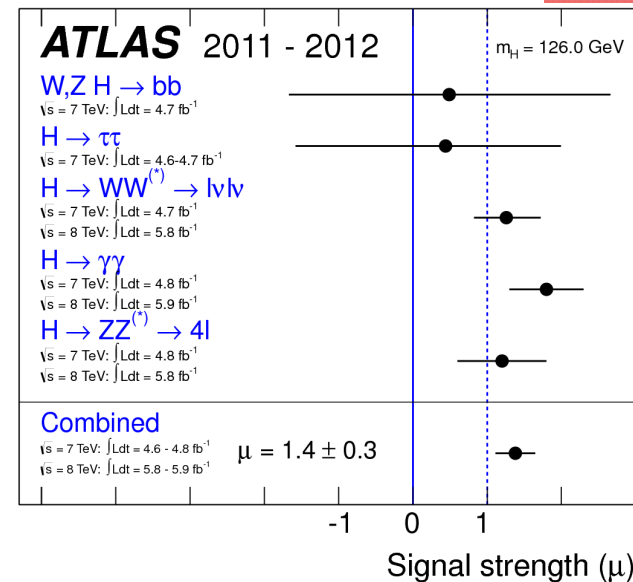
Zbiorczy wynik poszukiwań Higgsa

32

Dwa wykresy podsumowujące 5 analizowanych kanałów rozpadu Higgsa



lokalna wartość p_0 - prawdopodobieństwo dodatniej fluktuacji tła, mierzone na poziomie 10^{-9} dla $m_H = 126 \text{ GeV}$, co odpowiada 6σ



moc sygnału μ - definiowana jako $\mu = 0$ próbka konsystentna tylko z tłem, $\mu = 1$ próbka konsystentna z hipotezą sygnału

Mierzona masa nowej cząstki: $m_H = 126.0 \pm 0.4 (\text{stat}) \pm 0.4 \text{ GeV} (\text{syst})$



Podsumowanie i co dalej?

33

- Wynik eksperymentu ATLAS w pełni konsystentny z pomiarem CMS i eksperymentami z Tevatronu
 - $m_H^{\text{ATLAS}} = 126.0 \pm 0.4 \pm 0.4 \text{ GeV}$ na poziomie 6σ
 - $m_H^{\text{CMS}} = 125.3 \pm 0.4 \pm 0.5 \text{ GeV}$ na poziomie 5σ
- LHC widzi w danych nową cząstkę – neutralny bozon, której przekroje czynne zgadzają się z cząstką Higgsa
 - **Niewielki nadmiar** przypadków w kanale $H \rightarrow \gamma \gamma$
 - **Niedomiar** przypadków w kanale $H \rightarrow \tau \tau$
- Ale to dopiero początek przygody z cząstką Higgsa, bo przed nami pomiar
 - Spin 0 czy 2? - z danych przy 8TeV jesteśmy to w stanie zrobić na poziomie 4σ
 - Stan CP? – z danych przy 8TeV osiągniemy precyzję 3.5σ
 - Jakie są sprzężenia do cząstek MS?
 - Czy Higgs jest cząstką elementarną?
 - Czy jest jeden Higgs czy więcej?
- Przed nami upgrade LHC, który pozwoli na osiągnięcie energii 13-14TeV
 - KOiDC pracuje nad układami scalonymi odczytu do SCT ([K.Świentek](#), [M.Bochenek](#), [W.Dąbrowski](#))
 - Trwają prace nad softwarem do trygera działającego przy większych świetlnościach ([T.Bołd](#))

Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS

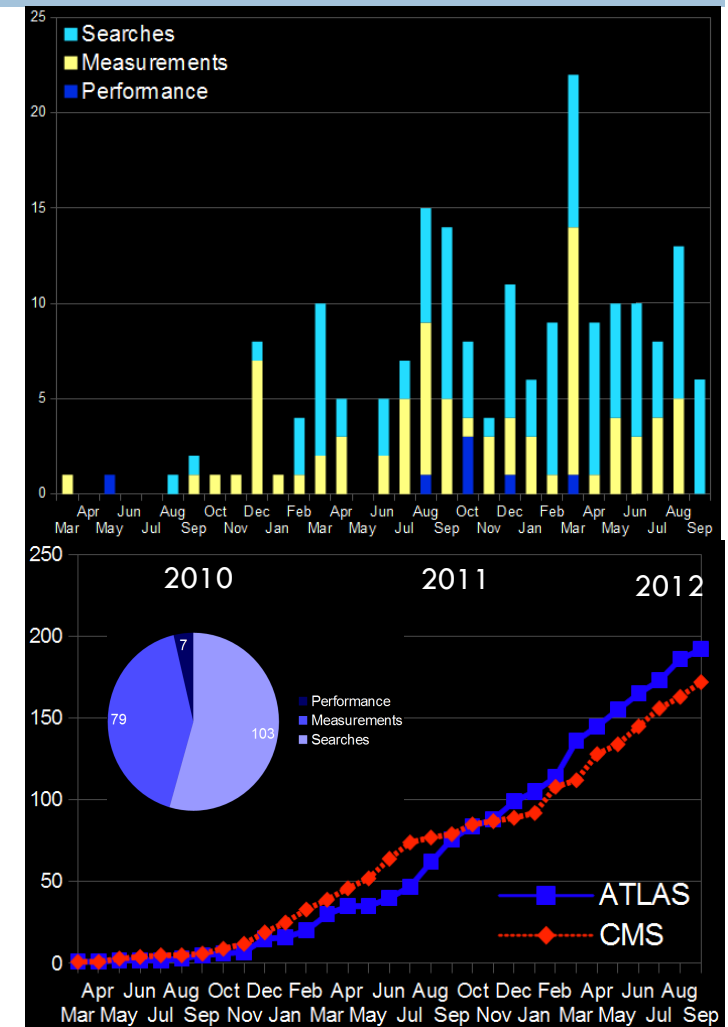


Program fizyczny eksperymentu ATLAS



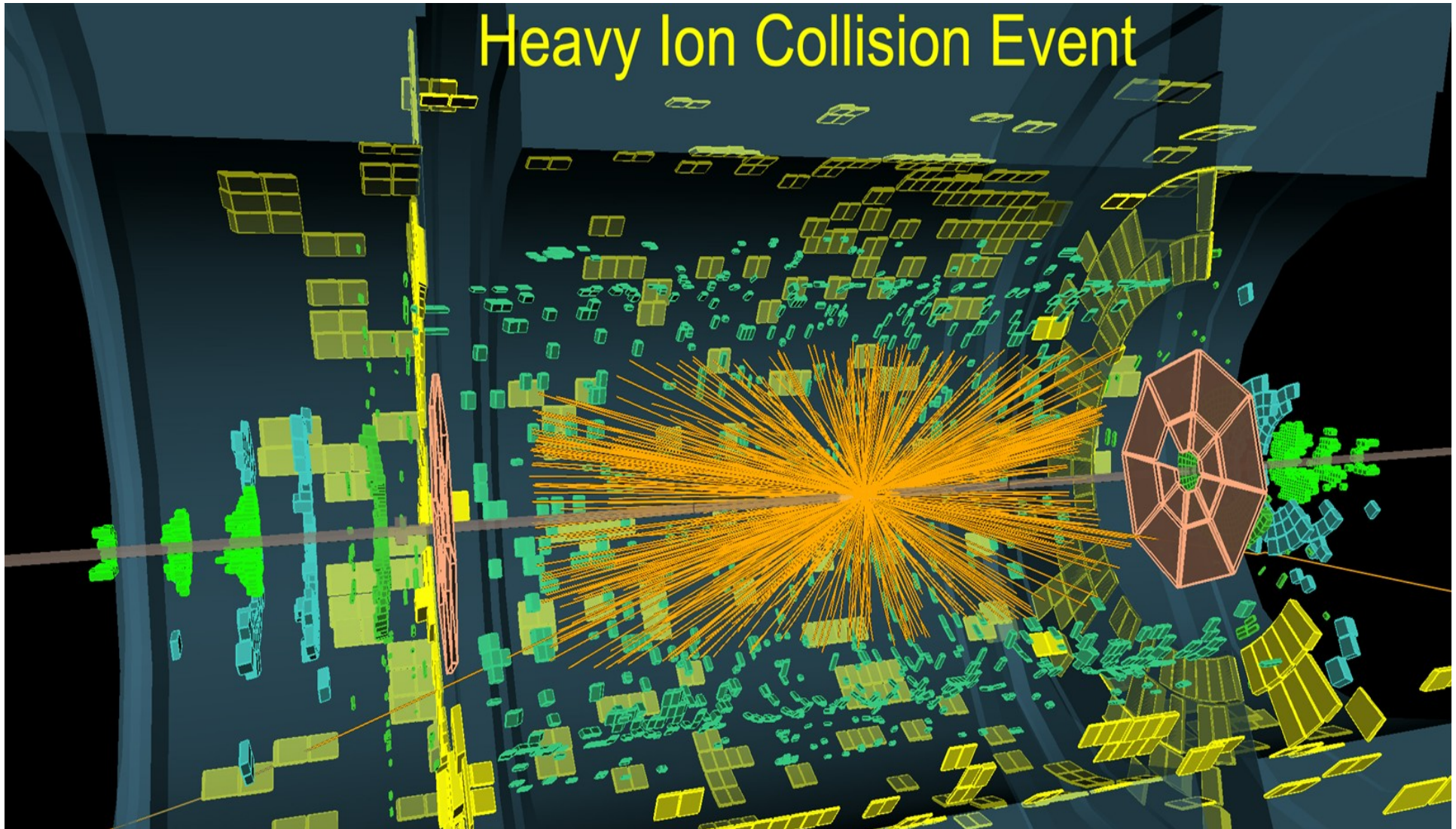
34

- Eksperyment ATLAS to nie tylko poszukiwanie Higgsa, ale również ...
- Pomiary w następujących dziedzinach
 - Model Standardowy
 - Kwark t
 - Kwark b
 - Higgs H
 - Supersymetria
 - Egzotyka
 - Ciężkie jony → udział KOiDC



Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS

Heavy Ion Collision Event

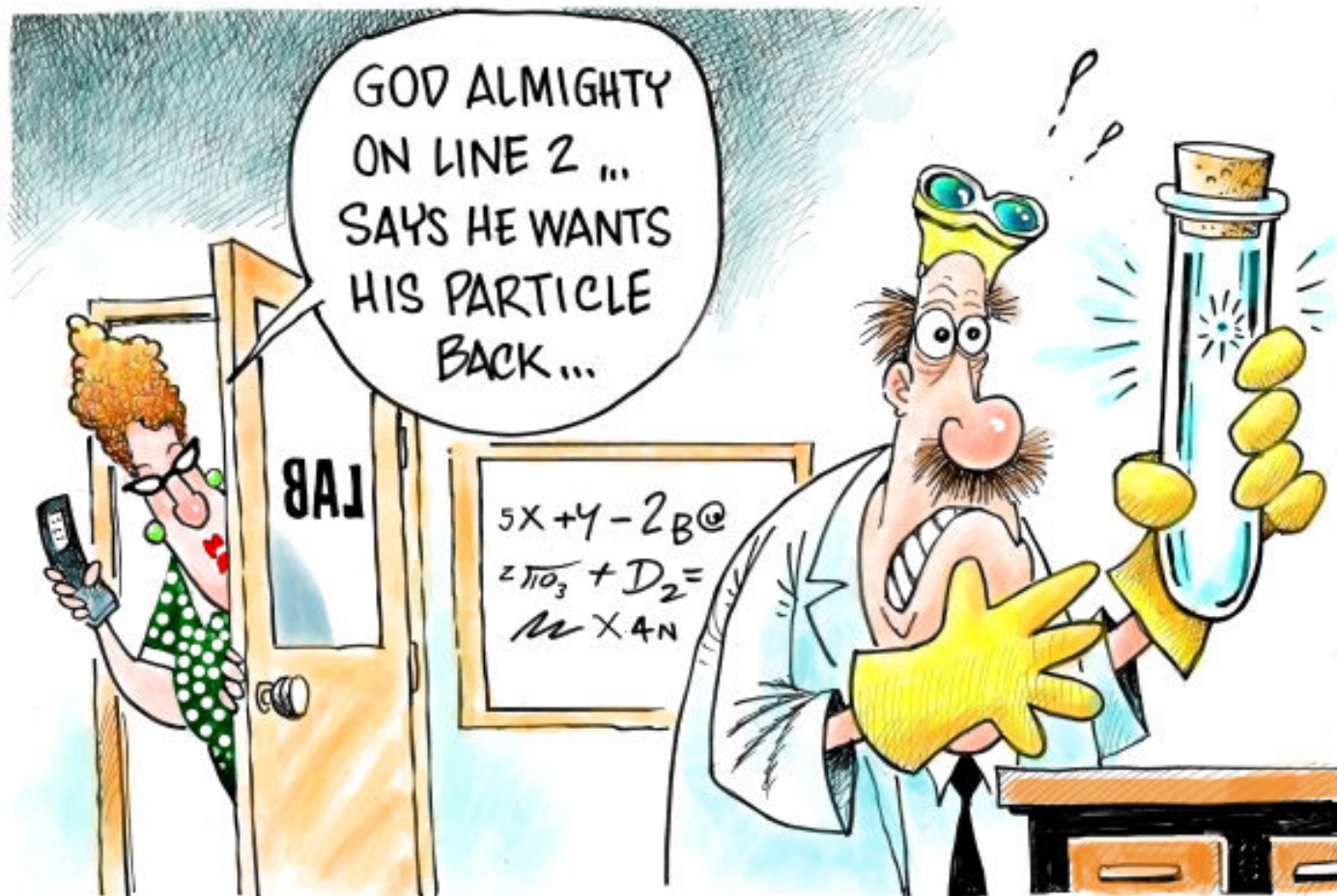


ATLAS oprócz zderzeń proton-proton rejestruje również zderzenia ołów-ołów
W zderzeniach ciężkich jonów odtwarzamy warunki panujące **we wczesnym**
Wszczęświecie t.j. 10^{-12} s po Wielkim Wybuchu, kiedy jego temperatura wynosiła
 3×10^{15} K

KOİDC bierze czynny udział w tych badaniach (T.Bołd,I.G-B,M.Przybycień)



Dziękuję za uwagę



DAVE GRANLUND © www.davegranlund.com

Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS



Dodatkowe slajdy

Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS



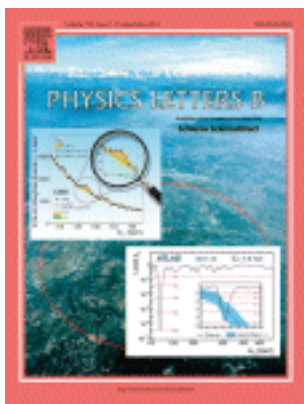
Poszukiwanie Higgsa na LHC



38

4 lipca 2012
seminarium w CERN
ogłaszające wyniki
obserwacji cząstki
Higgsa przez dwa
eksperymenty
ATLAS i CMS

Wyniki opublikowane
14 września 2012 w
PLB



NewScientist **Physics & Math** 

[Home](#) [News](#) [In-Depth Articles](#) [Blogs](#) [Opinion](#) [TV](#) [Galleries](#) [Topic Guides](#) [Last Word](#) [Subscribe](#) [Dating](#)

[SPACE](#) [TECH](#) [ENVIRONMENT](#) [HEALTH](#) [LIFE](#) **[PHYSICS&MATH](#)** [SCIENCE IN SOCIETY](#)

[Home](#) | [Physics & Math](#) | [News](#)

Celebrations as Higgs boson is finally discovered

› 11:52 04 July 2012 by [Celeste Biever](#), CERN, Geneva
› For similar stories, visit the [The Higgs boson](#), [Quantum World](#) and [The Large Hadron Collider](#) Topic Guides

Read more: ["Higgsteria: Hunting the world's most wanted particle"](#)

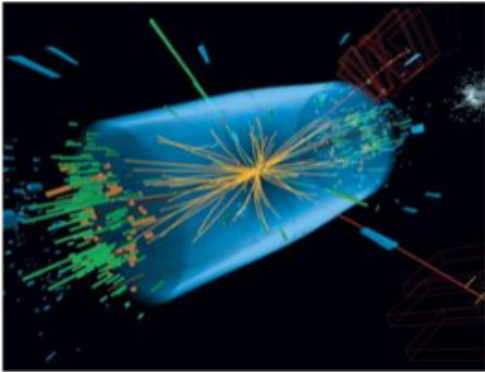
There's a 5-in-10 million chance that this is a fluke. That was enough for physicists to declare that the Higgs boson – the world's most-wanted particle – has been discovered. Rapturous applause, whistles and cheers filled the auditorium at CERN, near Geneva, Switzerland.

Almost 50 years after its existence was first predicted, the breakthrough means that the standard model of particle physics, which explains all known particles and the forces that act upon them, is now complete.

A Higgs boson with a mass of around 125 to 126 gigaelectronvolts (GeV) was seen separately by the twin CMS and ATLAS detectors at the Large Hadron Collider, each with a confidence level of 5 sigma, or standard deviations, the heads of the experiments announced today at CERN.

Even by particle physicists' strict standards, that's statistically significant

 [PRINT](#)  [SEND](#)  [SHARE](#)



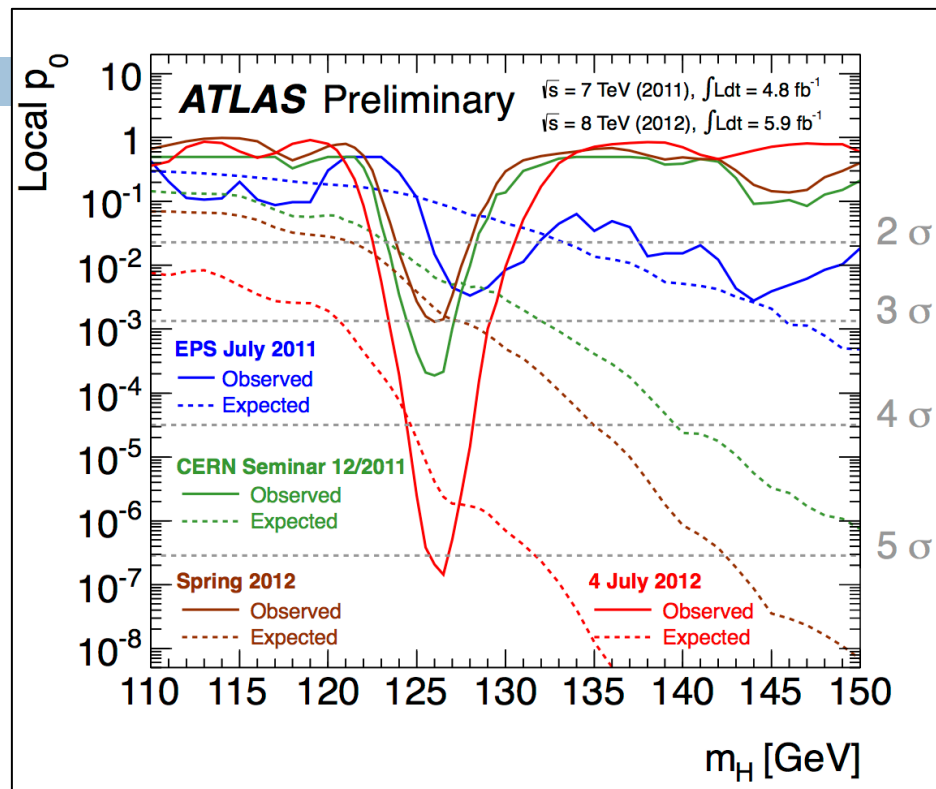
Finally found (Image: Thomas McCauley/Lucas Taylor/CERN/CMS Collaboration)

Cząstka Higgsa w eksperymencie ATLAS



Ewolucja “nadmiaru” przypadków w ATLASie

39



Największy nadmiar przypadków

Lokalny poziom istotności

Prawdopodobieństwo fluktuacji tła

Oczekiwanie z MS Higgs $m_H = 126.5 \text{ GeV}$

$m_H = 126.5 \text{ GeV}$

5.0 σ

3×10^{-7}

4.6 σ

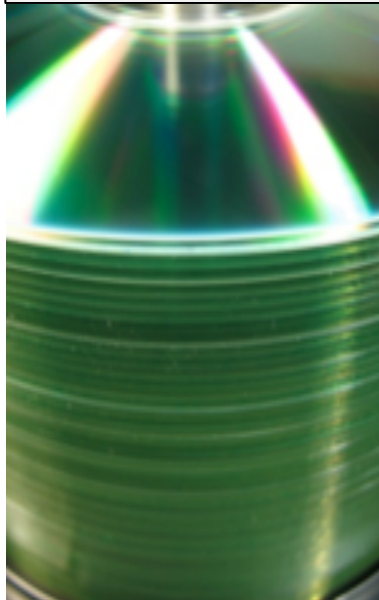


ATLAS produkuje ogromną ilość danych



40

Przypadek $Z \rightarrow \mu\mu$ z 2012 (25 równoczesnych zderzeń)



- 1 przypadek w ATLASie ma rozmiar 1.2MB
- Zapisujemy 400Hz przez 30-40% roku
- Rocznie: 15 milionów CD $\rightarrow$ 15 PB danych
- Stos CD o wysokości 15km (x1.5 Mount Everest)
- Bez filtracji: 4x odległość Ziemia-Księżyc

