



Geant4 @ NCBJ, 2022

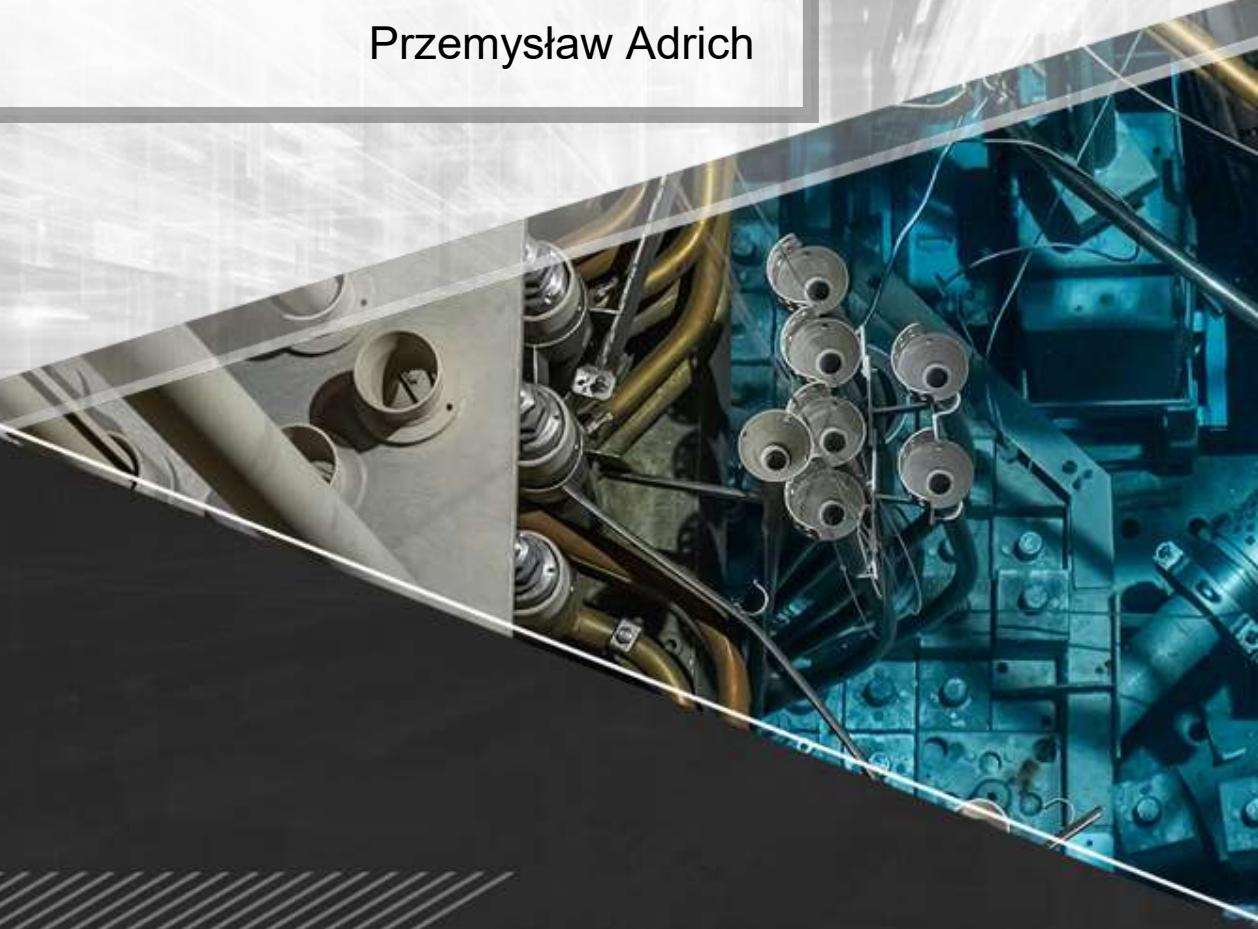
1. Wstęp

Autor Autor

Przemysław Adrich



NARODOWE
CENTRUM
BADAŃ
JĄDROWYCH
ŚWIERK



Zastrzeżenie (Disclaimer)

- ✓ Z prawdopodobieństwem bliskim 1 można stwierdzić, że **nikt nie zna Geant4 w całości***
- ✓ Z prawdopodobieństwem równym 1 można stwierdzić, że **ja nie znam Geant4 w całości**
- ✓ Jestem samoukiem.
- ✓ Postaram się nie wprowadzać w błąd.
- ✓ Raczej zdołam tylko (i aż) zarysować główne zagadnienia.
- ✓ Proszę mieć na uwadze stare chińskie przysłowie „Kto coś potrafi ten to robi, kto nie potrafi ten zostaje nauczycielem”.

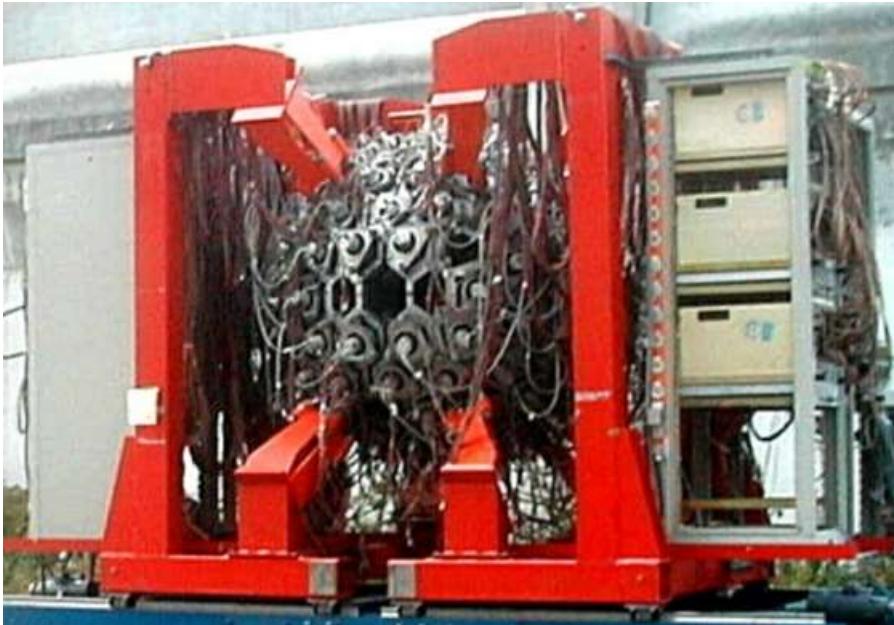
*) Kod źródłowy Geant4 zbliżył się do miliona linii około roku 2007.
Wersja 10.4.03 (2019 r.) liczy około 1,7 miliona linii kodu źródłowego.

```
find . -type f -name "*" | xargs wc -l
```

Moja przygoda z symulacjami Monte Carlo

2000-2005 Doktorat (UJ, GSI Darmstad)

- Atima (narzędzie rozwijane lokalnie w GSI) – hamowanie protonów i ciężkich jonów. Obliczenia rozmycia kątowego wiązki ciężkich jonów (angular straggling).
- GEANT3 – obliczenia wydajności kalorymetrycznej detektora „Darmstadt-Heidelberg Crystal Ball”. Wyłącznie jako „end user”.



- 162 NaJ crystals
- Full energy efficiency ~ 0.7
- Resolution ~ 10-15% (after Doppler correction)

Moja przygoda z symulacjami Monte Carlo

2005-2008 Postdoc (NSCL, East Lansing, MI)

- **Guide7** – obliczenia wydajności zbierania światła w układzie scyntylator – światłowód – fotopowielacz.
- **Geant4.9** – Symulator aparatury do pomiarów czasów życia jądrowych stanów wzbudzonych metodą odległości przelotu jader odrzutu (RDM - Recoil Distance Method). Praca zbiorowa z moim skromnym wkładem.

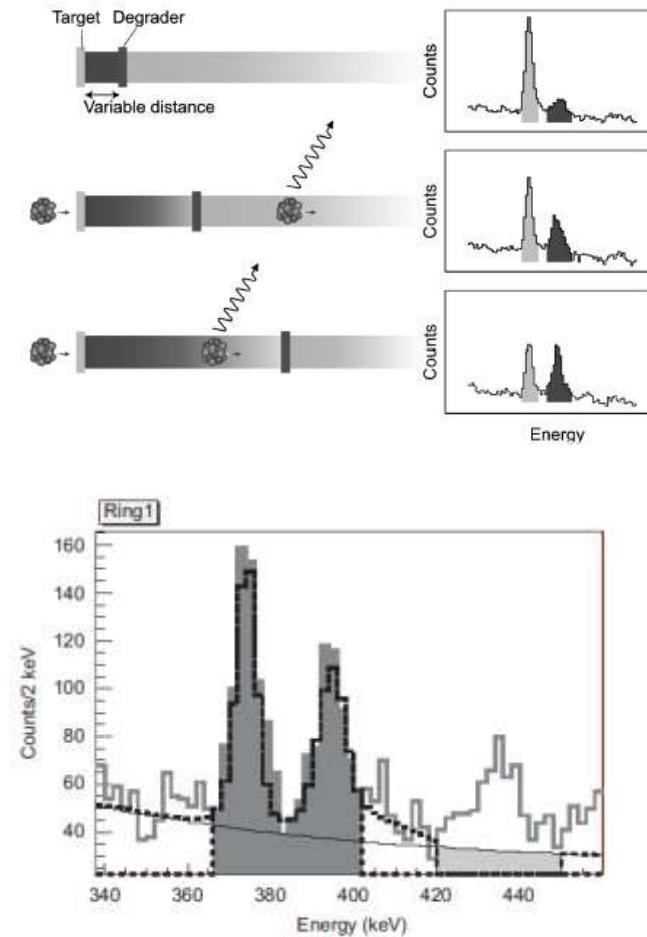
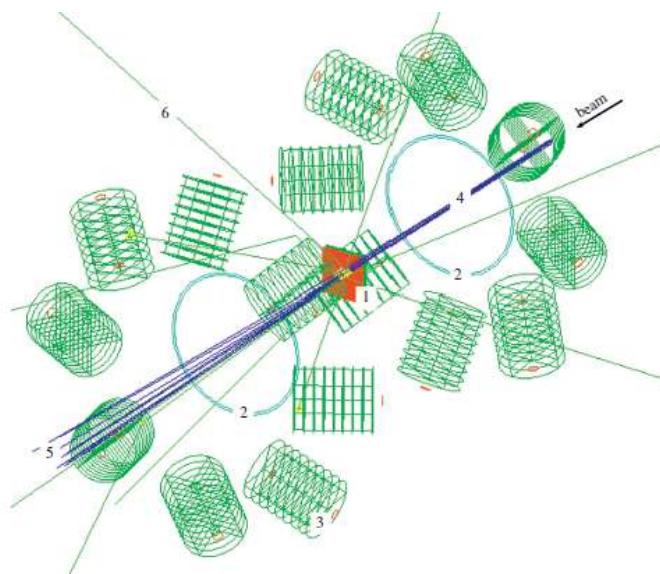


Fig. 13. Same as in Fig. 10 but at target-degrader distance of 15 mm.

A simulation tool for Recoil Distance Method lifetime measurements at NSCL

P. Adrich^a, D. Enderich^a, D. Müller^a, V. Mueller^a, R.P. Norris^a, K. Starosta^{a,*}, C. Vaman^a,

P. Voss^b, A. Dewald^b

^a National Superconducting Cyclotron Laboratory and Department of Physics and Astronomy, Michigan State University, 2645 Beal Street, East Lansing, MI 48824-1323, USA

^b Institute for Nuclear Physics, University of Cologne, Zülpicher Str. 77, D-50933 Köln, Germany

Moja przygoda z symulacjami Monte Carlo

Od 2009 NCBJ

- **BEAMnrc (EGS)** – projektowanie prototypu układu formowania dla akceleratora śródoperacyjnego
- **Geant4.10** – (od ok. 2014 z różną intensywnością) rozwój metod projektowania pasywnych układów formowania wiązek elektronowych



Fig. 1. The LILLYPUT 3 system in a standard radiographic configuration installed at Nondestructive Testing Laboratory at Wrocław Technology Park. The acceler-

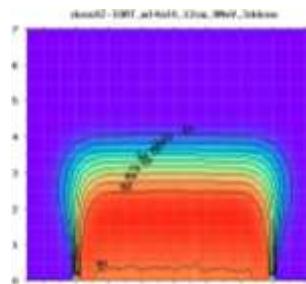
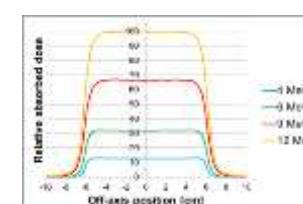
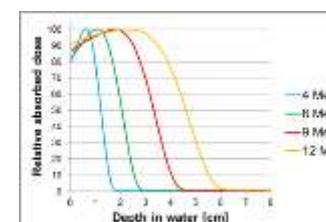


Fig. 2. Development of a dedicated beam-forming system for medical applications based on the results of high intensity, small-field electron beam experiments with high intensity, small-field electron beam of LILLYPUT 2 accelerator at Wroclaw Technology Park.

Przemysław Adrich, Agnieszka Zajączkowska
National Centre for Nuclear Research, Warsaw, Poland
Piotr Własik
Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Poland
Rafał Chojnicki, Agnieszka Ptasznik, Paweł Kowalewski
Military University of Technology, Warsaw, Poland

MONOGRAFIE
Przemysław Adrich
Formowanie wiązek elektronowych
Nowe koncepty i metody projektowania
i rozwoj metod ich projektowania
w oparciu o narzędzia
współczesnej fizyki subatomowej

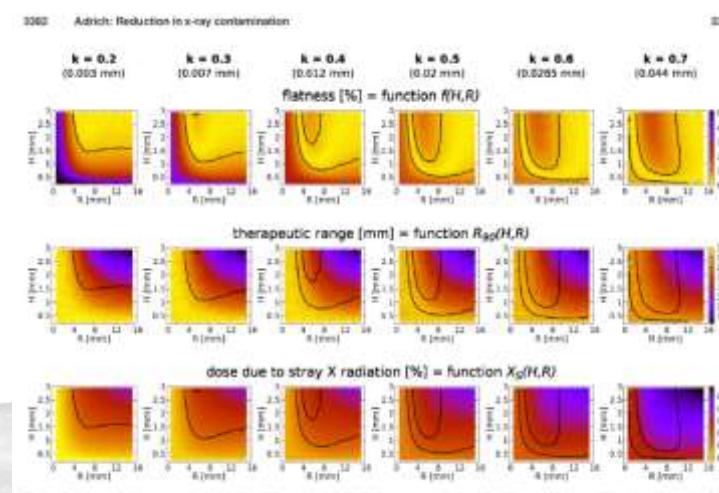
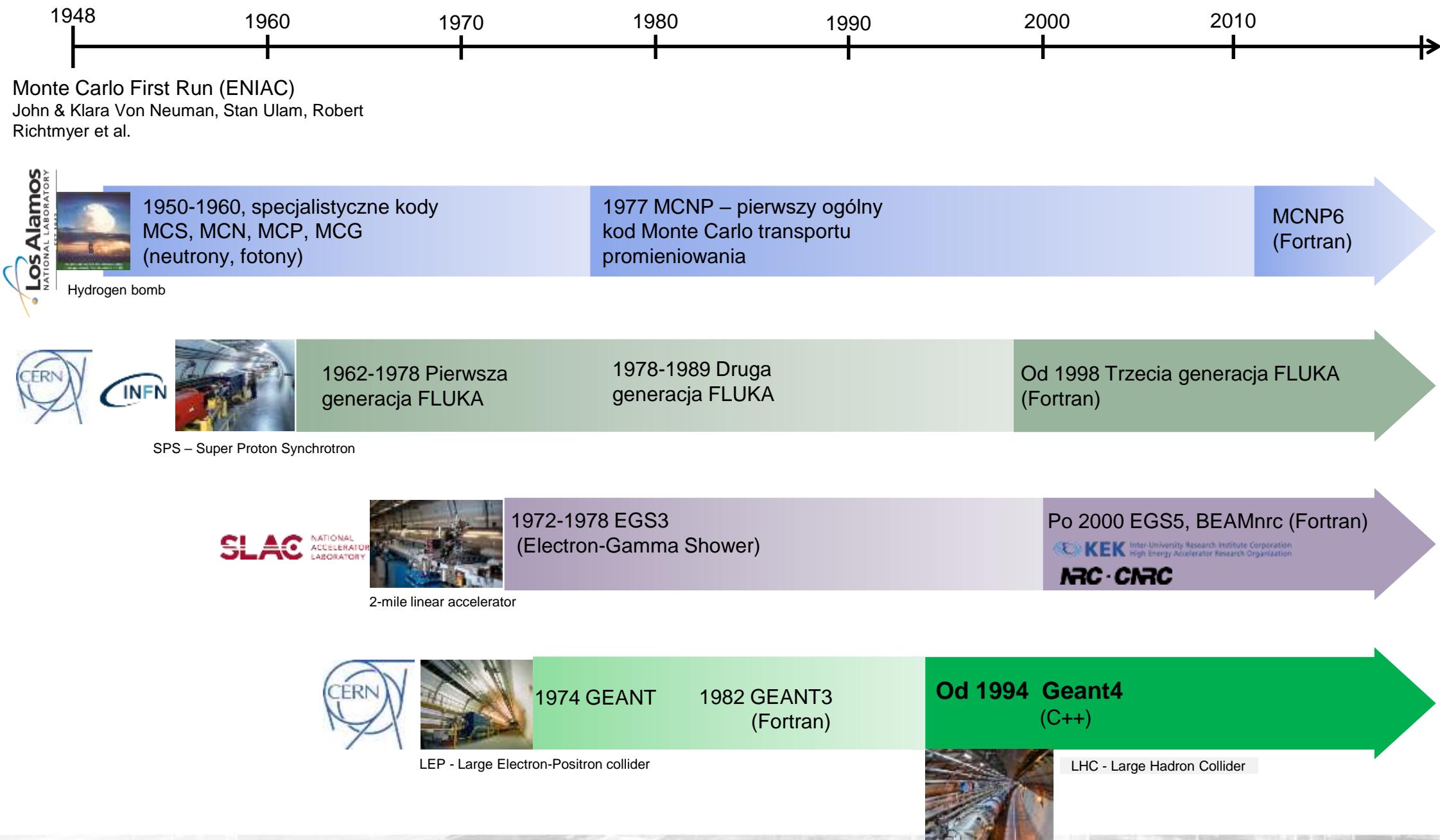
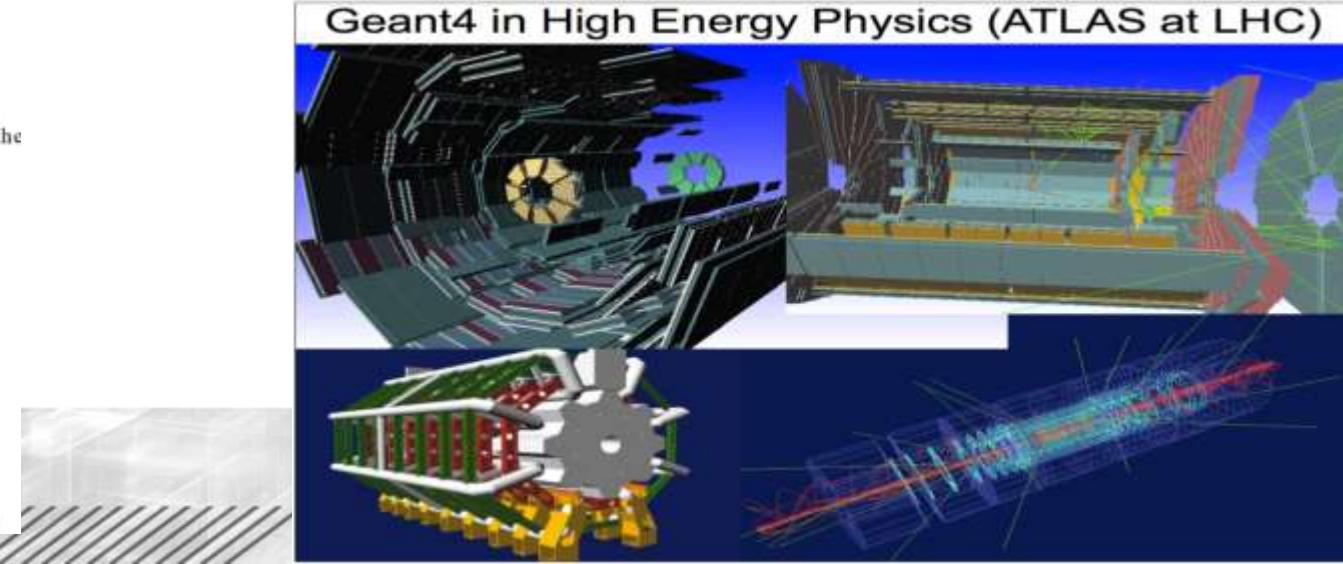
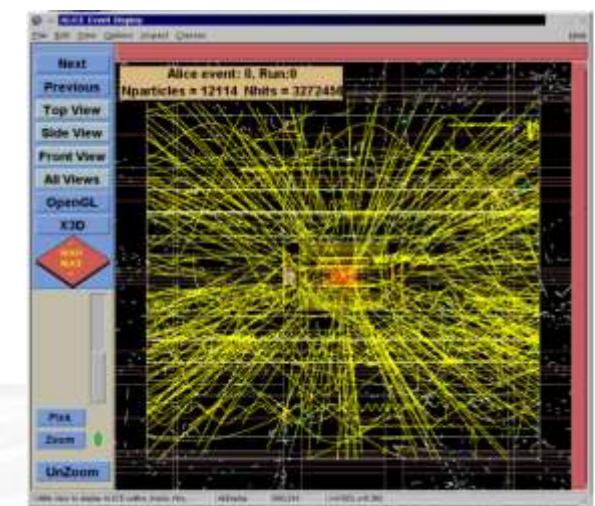
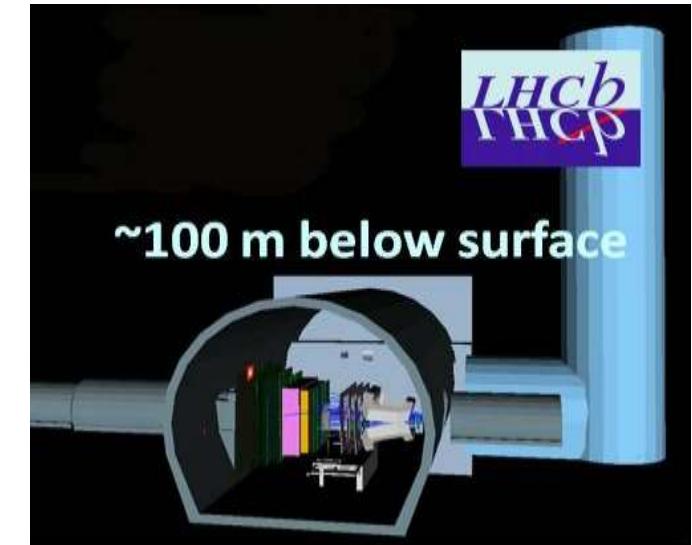
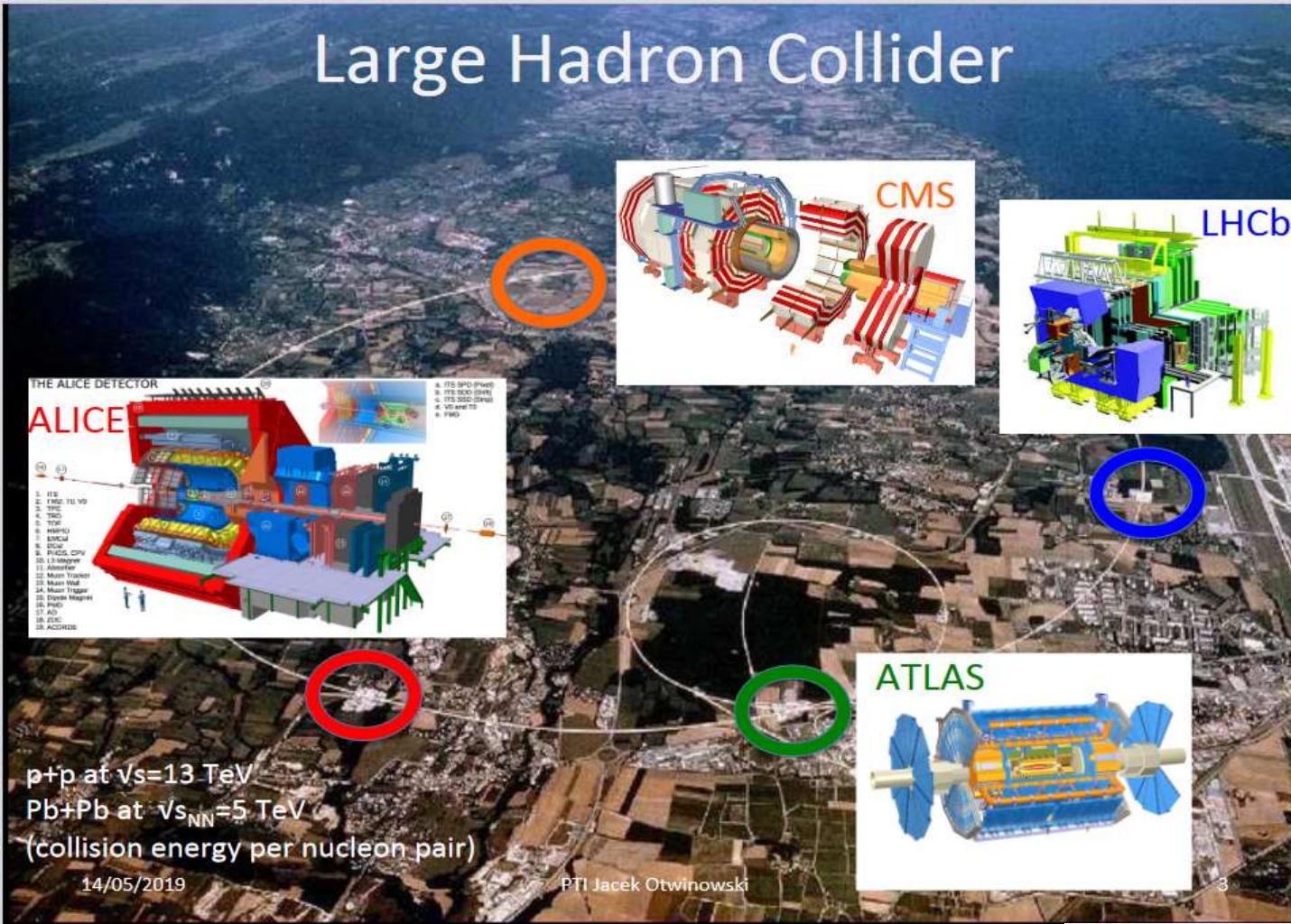


Fig. 3. Fraction $f(H,R)$ (copper area), $R_{90}(H,R)$ (copper row) and $X_0(H,R)$ (bottom row) calculated for different thicknesses of the primary scattering foil as indicated. Results for a given value of the scattering foil thickness are arranged in columns. Black contours indicate $f(H,R) \sim 5\%$. (Color figures can be viewed in electronic library.)

Rys historyczny



Large Hadron Collider



Geant4 – współczesne zastosowania

<https://geant4.web.cern.ch/applications>



<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>

1 GEANT4-a simulation toolkit

Agostinelli, S; Allison, J; (...); Zschiesche, D

Jul 1 2003 | [NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS SPECTROMETERS DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT](#) 506 (3) , pp.250-303

Stan na 23.03.2022

14,726

Citations

116

Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC

Chatrchyan, S; Khachatryan, V; (...); Wenman, D

Sep 17 2012 | [PHYSICS LETTERS B](#) 716 (1) , pp.30-61

Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC

Aad, G; Abajyan, T; (...); Zwalinski, L

Sep 17 2012 | [PHYSICS LETTERS B](#) 716 (1) , pp.1-29

6,238

Citations

127

4,438

Citations

143

2,522

Citations

203

1,451

Citations

42

763

Citations

561

THE LARGE AREA TELESCOPE ON THE FERMI GAMMA-RAY SPACE TELESCOPE MISSION

Atwood, WB; Abdo, AA; (...); Ziegler, M

Jun 1 2009 | [ASTROPHYSICAL JOURNAL](#) 697 (2) , pp.1071-1102

GATE: a simulation toolkit for PET and SPECT

Jan, S; Santin, G; (...); Morel, C

Oct 7 2004 | [PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY](#) 49 (19) , pp.4543-4561

Gas-assisted focused electron beam and ion beam processing and fabrication

Utke, I; Hoffmann, P and Melngailis, J

Jul 2008 | [JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY B](#) 26 (4) , pp.1197-1276

Kod	Cytowania
MCNP	~4100
FLUKA	~1800
EGS	~1000
GEANT3*	~700

* Wg. <https://inspirehep.net/literature/252007>

GEANT od GEometry ANd Tracking

Geant4 is a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter.

- „Toolkit” - zestaw bibliotek i interfejsów do tworzenia aplikacji symulujących, *w konkretnych warunkach*, przejście cząstek przez materię.
- Całkowicie otwarty kod. Liberalna licencja.
- C++ (obiektowo orientowany – OO)
- Aktywnie rozwijany przez Geant4 Collaboration (~16 grup roboczych; niektóre > 50 osób)
- Dostępny na systemach Linux, macOS, MS Windows

... a czym Geant4 nie jest?

- nie jest gotowym narzędziem typu „black box”, któremu wystarczy dać plik wejściowy

... a czym Geant4 nie jest?

- nie jest gotowym narzędziem typu „black box”, któremu wystarczy dać plik wejściowy

Analogia: edytor typu WYSIWYG VS LaTeX



```
\documentclass[a4paper,12pt,twoside]{book}
\usepackage{lipsum}
\usepackage[pdftex]{graphicx,color}
\usepackage{longtable}
\usepackage{fancyhdr}
\usepackage{url}

\begin{document}
\frontmatter
\title{\large \textbf{Lorem Ipsum}}
\author{Przemysław Adrich}
\date{ }
\end{frontmatter}

\chapter{Introduction}
\lipsum[2-4]

\begin{figure}[\!htb]
\center
\includegraphics[width=0.5\columnwidth]{ipsum}
\caption{\small Lorem ipsum ...}
\label{fig:lorem}
\end{figure}

\end{document}
```

latex ipsum.tex; bibtex ipsum; latex ipsum.tex

Inna analogia: gra na instrumencie muzycznym



(organy w katedrze Oliwskiej)

Geant4 - wprowadzenie

- Użytkownik **musi zbudować własną aplikację** wykorzystując:
 - Silnik (jądro; kernel) + interfejsy (klasy abstrakcyjne) + własny kod
 - Nie ma gotowej funkcji main()
- Silnik Geant4 zawiera m.in.
 - Mechanizm transportu cząstek przez geometrię (także w polu, np. EM)
 - Fizyka (cząstki, procesy)
 - Biblioteki geometrii i materiałów
 - Generator(y) źródła (cząstek pierwotnych)
 - Narzędzia do definicji obszarów czynnych (detektorów)
 - Narzędzia do zbierania danych z symulacji na różnych poziomach szczegółowości
 - Wizualizacja geometrii i śladów cząstek
 - Interfejs(y) użytkownika
- Kod źródłowy jest gigantyczny. Na szczęście nie trzeba go znać w całości by skutecznie używać.
 - Kod i dokumentacja kodu (LXR, Doxygen, GitHub):
<https://geant4.kek.jp/LXR/>
<https://geant4.kek.jp/Reference/>
<https://github.com/Geant4/geant4/releases>

Cel tego kursu



W tym kursie poznamy (w zarysie) budowę



(organy w katedrze Oliwskiej)

i nauczmy się grać na



Możliwe, że zaczniemy też naukę gry na



Plan kursu

Wykłady

1. **Wstęp do Geant4. Rys historyczny. Zastosowania. Przegląd możliwości. Instalacja. Dokumentacja.**
2. Podstawowa struktura kodu. Hierarchie klas. Klasy użytkownika (obowiązkowe, opcjonalne). Interfejsy. System jednostek. Liczby losowe. Śledzenie przebiegu symulacji („verbosity”).
3. Geometria i materiały.
4. Źródło. Fizyka. Wizualizacja.
5. Detektory typu „primitive scorer”, „probe”.
6. Detektory użytkownika („Hits”).
7. Obiekty typu „UserAction” jako detektory. Histogramy i n-tuple. Niepewność statystyczna w obliczeniach Monte Carlo. Geant4 na klastrze CiŚ.

* „Monte Carlo First Run
(wykład bonusowy)

Przegląd zagadnień pozostawionych na przyszłość:

- wielowątkowość („multithreading”),
- własne interfejsy („messengers”),
- interfejs Roota (histogramy, n-tuple), interfejs python
- redukcja wariancji, „physics biasing”, „event biasing”, „geometrical biasing”,
- fotony optyczne, fizyka hadronowa, procesy i cząstki użytkownika,
- obcięcia energetyczne zależne od cząstki, regionu geometrii,
- zmiany geometrii i detektorów w trakcie wykonania programu,
- pole EM,
- światy równoległe,
- trackInformation, eventInformation, runInformation
- „stacking”,
- fast simulation,
- import geometrii z CAD,
- periodic boundary conditions,
- specjalistyczne kody bazujące na Geant4 (G4Beamline, GAMOS, GATE ...),
- ...

Plan kursu

Tutoriale

1. Maszyna wirtualna. Instalacja. Kompilacja i uruchamianie przykładów.
2. Najmniejsza działająca aplikacja. Liczby losowe. System jednostek. Komunikacja ze światem.
3. Prosta geometria (tworzenie świata, dodawanie brył, translacje). Nowy materiał (np. RW3, rozrzedzone powietrze).
4. Źródło typu GPS (General Particle Source) – interfejs użytkownika. Wiązka. Emisja izotropowa. Rozпадy promieniotwórcze.
5. Detektory typu „primitive scorer”. Obliczenie rozkładu depozycji energii (dawki).
6. Detektory definiowane przez użytkownika. Np. spektrometr promieniowania gamma.
7. Fizyka – EM_option1-4, wybór procesów. Obcięcia energetyczne.
8. Geant4 na klastrze CiŚ. Elementy wielowątkowości.

Geant4 - wprowadzenie

<https://geant4.web.cern.ch/> - dokumentacja, download, listy dyskusyjne, przykłady

CERN Accelerating science

Sign in Directory

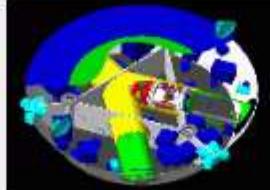
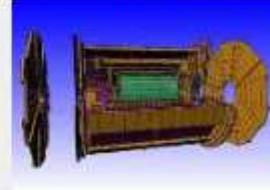
 GEANT4
A SIMULATION TOOLKIT

Download | User Forum
Contact Us | Bug Reports

Geant4

Overview

Geant4 is a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter. Its areas of application include high energy, nuclear and accelerator physics, as well as studies in medical and space science. The three main reference papers for Geant4 are published in Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 506 (2003) 250-303^a, IEEE Transactions on Nuclear Science 53 No. 1 (2006) 270-278^b and Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 835 (2016) 186-225^c.

Applications	User Support	Publications	Collaboration
			
A sampling of applications, technology transfer and other uses of Geant4	Getting started, guides and information for users and developers	Validation of Geant4, results from experiments and publications	Who we are: collaborating institutions, members, organization and legal information

News

2022-03-23
2022 planned developments.

2022-03-08
Patch-01 to release 11.0 is available from the Download area.

2021-11-19
Patch-03 to release 10.7 is available from the Download archive area.

NARODOWE
CENTRUM
BADAŃ
JĄDROWYCH
SWIERK

Geant4 - wprowadzenie

The screenshot shows the Geant4 User Support page. At the top right are links for "Contact Us" and "Bug Reports". Below that is a blue bar with the URL <https://geant4.web.cern.ch/support>. The main content area has a header "User Support". On the left, there's a sidebar with "Geant4" and "Home" buttons. The "User Support" section contains a numbered list of links:

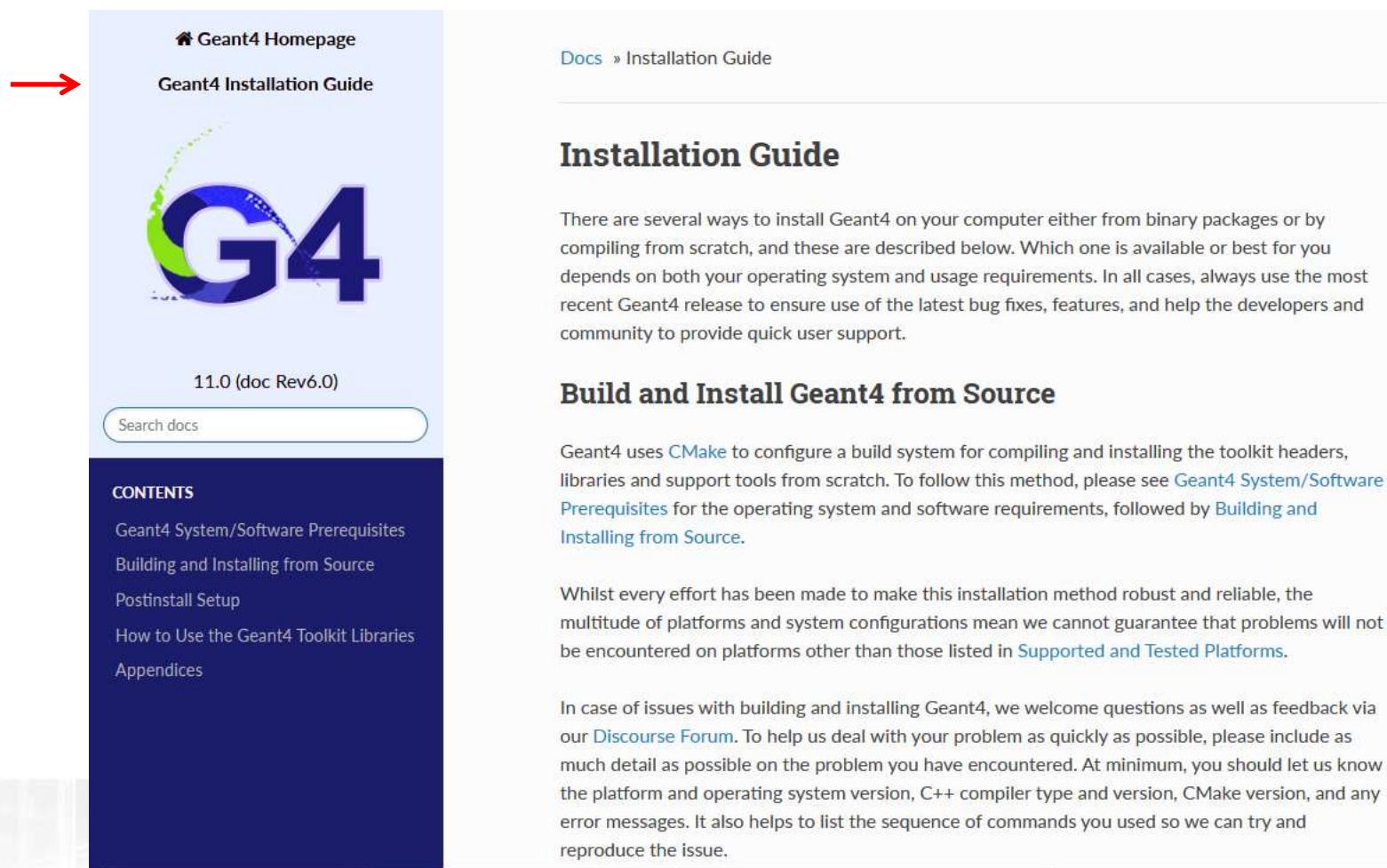
- 1. [Getting started](#)
- 2. [Training courses and materials](#)
- 3. [Source code](#)
 - a. [Download page](#)
 - b. [LXR code browser](#)
 - c. [doxygen documentation](#)
 - d. [GitHub](#)
 - e. [GitLab @ CERN](#)
- 4. [Frequently Asked Questions \(FAQ\)](#)
- 5. [Bug reports and fixes](#)
- 6. [User requirements tracker](#)
- 7. [User Forum](#)
- 8. [Documentation](#)
 - a. [Introduction to Geant4](#) [pdf] [epub] [kindle]
 - b. [Installation Guide](#) [pdf] [epub] [kindle]
 - c. [Application Developers Guide](#) [pdf] [epub] [kindle]
 - d. [Toolkit Developers Guide](#) [pdf] [epub] [kindle]
 - e. [Physics Reference Manual](#) [pdf] [epub] [kindle]
 - f. [Physics List Guide](#) [pdf] [epub] [kindle]
- 9. [Examples](#)
- 10. [User Aids](#)
 - a. [Tips for improving CPU performance](#)
- 11. [Contact Coordinators & Contact Persons](#)

Red arrows point to several specific links: "Getting started", "Source code" (with its sub-links), "Documentation" (with its sub-links), and "Examples". To the right of the main content is a "Related Links" sidebar with a green background:

- [Object Oriented Analysis & Design](#)
- [Archive of previous releases](#)
- [Mailing list subscription](#)
- [User requirements document \(pdf\)](#)
- [Technical Forum](#)

Geant4 - wprowadzenie

- Instalacja = komplikacja kodów źródłowych + pobranie bibliotek przekrojów czynnych (+ instalacja dodatkowych bibliotek, np. graficznych)
<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/InstallationGuide/html/>
- Funkcjonalność pakietu zależy od wybranych w trakcie instalacji opcji konfiguracyjnych (np. wielowątkowość nie jest standardowo włączona; podobnie jak wiele narzędzi wizualizacji i interfejs graficzny)



The screenshot shows the 'Installation Guide' section of the Geant4 documentation. At the top, there's a navigation bar with links for 'Geant4 Homepage' and 'Geant4 Installation Guide'. Below the navigation is a large 'G4' logo. The main content area has a breadcrumb trail 'Docs » Installation Guide' and a section titled 'Installation Guide'. It explains that there are several ways to install Geant4, either from binary packages or by compiling from scratch, and that the choice depends on the user's operating system and requirements. It encourages users to use the most recent release for bug fixes and developer support. Below this, a section titled 'Build and Install Geant4 from Source' provides instructions for using CMake to configure a build system. It notes that whilst the method is robust, it may not work on all platforms. Finally, it encourages users to ask questions via the Discourse Forum, providing specific details about the issue.

Geant4 Homepage

Geant4 Installation Guide

11.0 (doc Rev6.0)

Search docs

CONTENTS

- Geant4 System/Software Prerequisites
- Building and Installing from Source
- Postinstall Setup
- How to Use the Geant4 Toolkit Libraries
- Appendices

Docs » Installation Guide

Installation Guide

There are several ways to install Geant4 on your computer either from binary packages or by compiling from scratch, and these are described below. Which one is available or best for you depends on both your operating system and usage requirements. In all cases, always use the most recent Geant4 release to ensure use of the latest bug fixes, features, and help the developers and community to provide quick user support.

Build and Install Geant4 from Source

Geant4 uses [CMake](#) to configure a build system for compiling and installing the toolkit headers, libraries and support tools from scratch. To follow this method, please see [Geant4 System/Software Prerequisites](#) for the operating system and software requirements, followed by [Building and Installing from Source](#).

Whilst every effort has been made to make this installation method robust and reliable, the multitude of platforms and system configurations mean we cannot guarantee that problems will not be encountered on platforms other than those listed in [Supported and Tested Platforms](#).

In case of issues with building and installing Geant4, we welcome questions as well as feedback via our [Discourse Forum](#). To help us deal with your problem as quickly as possible, please include as much detail as possible on the problem you have encountered. At minimum, you should let us know the platform and operating system version, C++ compiler type and version, CMake version, and any error messages. It also helps to list the sequence of commands you used so we can try and reproduce the issue.

Geant4 – wprowadzenie. Nomenklatura

Geant4 wywodzi się z wielkich eksperymentów fizyki cząstek w CERN. Stąd zaczerpnięte jest wiele idei i terminów.

Run – zbiór zdarzeń („eventów”) rozgrywających się w tej samej geometrii i z tą samą fizyką.

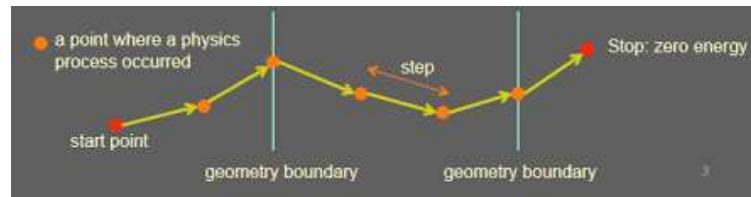
Event – zdarzenie - kompletna historia cząstki(ek) pierwotnej i wszystkich zrodzonych z niej cząstek wtórnych (oraz tzw. „hity” w detektorach).

Step – pojedynczy krok symulacji pojedynczej cząstki. Np. przesunięcie z bieżącego położenia do granicy ośrodków lub do punktu kolejnego oddziaływania. Kompletny Step składa się z dwóch obiektów PreStepPoint i PostStepPoint, w których zawarta jest pełna informacja o cząstce na początku i na końcu kroku (energia, czas, położenie, kierunek pędu, wewnętrzne stopnie swobody, proces fizyczny który zadecydował o długości kroku, itd.) a także o depozycji energii w aktualnym elemencie geometrii.

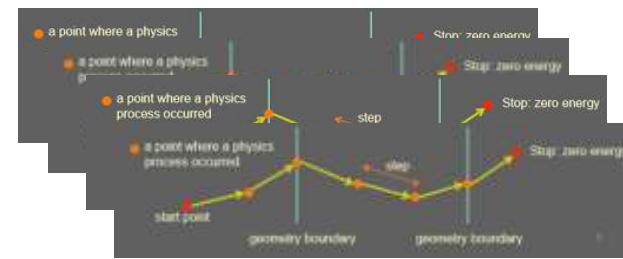
Track – „ślad” - bieżący stan cząstki podlegającej śledzeniu („trackowaniu”). Nie mylić z Trajectory – trajektorią jako zestawem kolejnych położen i stanów cząstki.

Geant4 – wprowadzenie. Nomenklatura

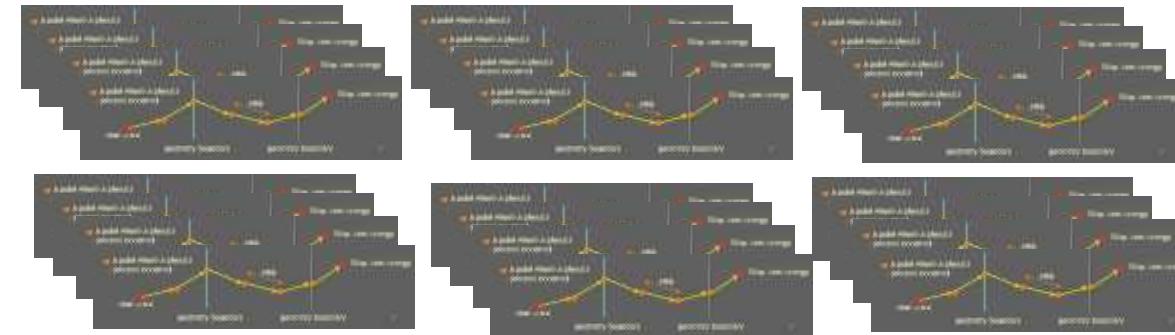
step, track



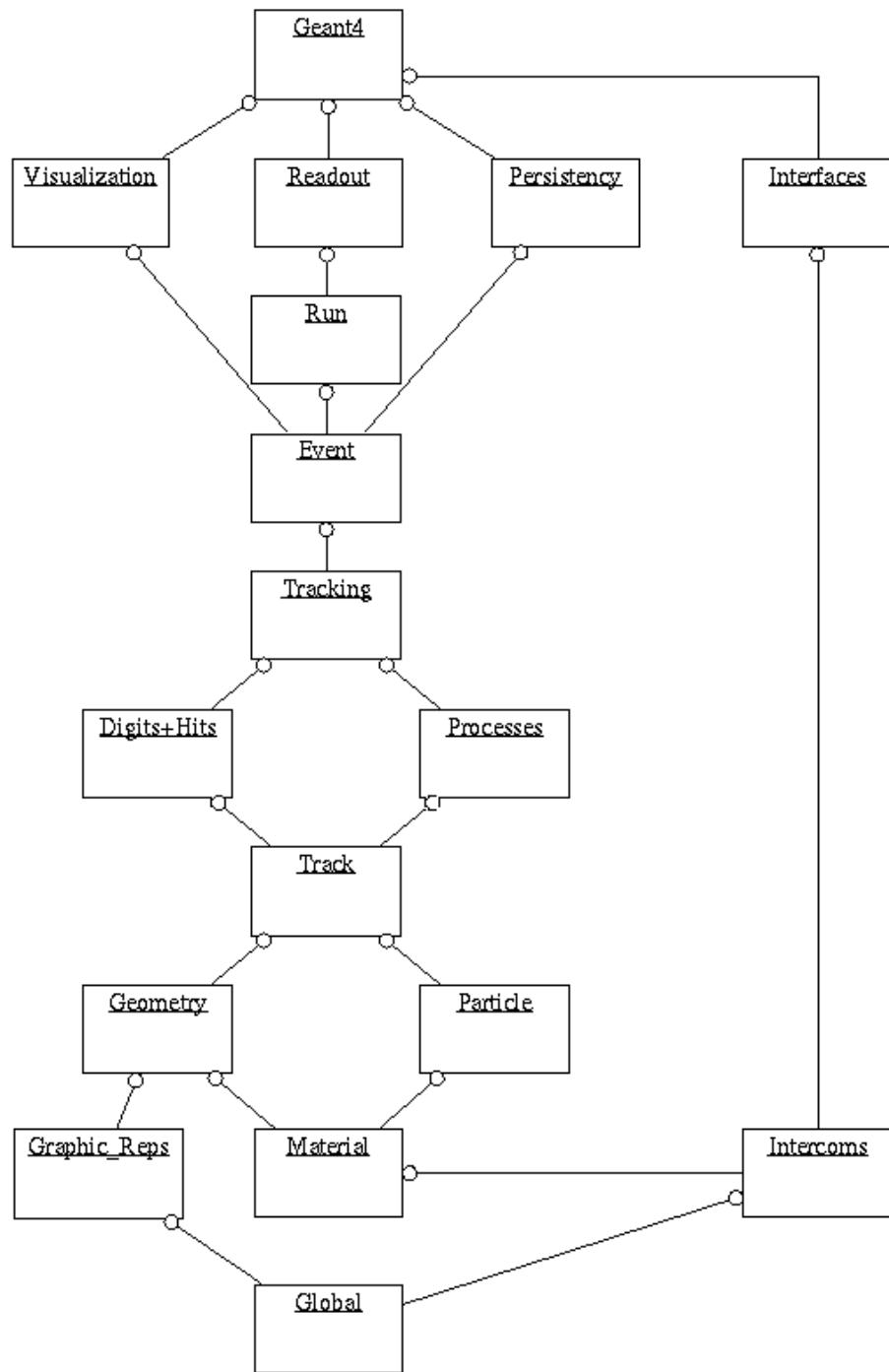
event



run



Geant4 – wprowadzenie. Hierarchia kategorii klas



Geant4 – abstrakcyjne interfejsy dostępu do obiektów wszystkich kategorii niżej w hierarchii oraz dla narzędzi z poza pakietu.

Persistency – składowanie danych szczegółowych w zewnętrznej bazie danych

Readout – kategoria umożliwiająca obsługę zdarzeń typu pile-up

Run - zarządzanie zbiorem zdarzeń (eventów) przebiegających bez zmian w geometrii i fizyce

Event – zarządzanie pojedynczym zdarzeniem (wykonaniem śledzenia wszystkich cząstek pierwotnych i wtórznych)

Tracking – zarządzanie ewolucją stanu cząstki pod wpływem oddziaływań i generacją danych w obszarach czynnych (obsługiwanych przez **Hits** i **Digits**)

Processes – implementacja modeli oddziaływań fizycznych

Track – klasy do opisu stanu cząstki i zmiany stanu w wyniku kroku symulacji

Geometry – opis struktury geometrii + narzędzia do efektywnej propagacji cząstek przez geometrię

Materials, Particles – własności fizyczne cząstek i materiałów potrzebne do symulacji oddziaływań

Global – klasy obsługujące system jednostek, stałe fizyczne, metody numeryczne, liczby pseudolosowe

Geant4 – wprowadzenie. Fizyka (z lotu ptaka)

- Fizyka (cząstki, procesy)

„Geant4 acts as a repository which incorporates a large part of all that is known about particle interactions”



Physics Reference Manual



<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/PhysicsReferenceManual/html/index.html>

- gluon / quarks / di-quarks
- leptons
- mesons
- baryons
- ions
- others

1. electromagnetic,
2. hadronic,
3. decay,
4. photolepton-hadron,
5. optical,
6. parameterization, and
7. transportation.

- Cząstki w Geant4 są punktowe (nie ma funkcji falowych; eksperyment dwuszczelinowy się nie uda ;)
- Bez pola poruszają się ruchem jednostajnym* prostoliniowym od zderzenia (reakcji) do zderzenia.
- Przekroje czynne zgodne z mechaniką kwantową.
- Można (dość łatwo) dodawać własną fizykę (procesy, cząstki)
- Historia cząstki śledzona jest od jej powstania do:
 - osiągnięcia zerowej energii kinetycznej (w Geant4 nie ma progu minimalnej energii), lub
 - absorpcji (zniknięcia cząstki w wyniku reakcji), lub
 - rozpadu w locie lub spoczynku (dla cząstek nietrwałych), lub
 - opuszczenia obszaru geometrii, lub
 - upływu zadanego czasu, lub
 - usunięcia przez użytkownika (wprost lub pośrednio -> schematy redukcji wariancji).



* Mimo, że mogą ulegać wielokrotnemu rozpraszaniu i tracić energię w procesach „ciągłych”, np. na jonizację, emisję promieniowania Czerenkowa, itd.

Geant4 – wprowadzenie. Fizyka (z lotu ptaka)

Mezony (hadrony o spinie całkowitym)

Code	Name	Mass [GeV/c ²]	Charge	Life Time [ns]	Anti-Particle
521	B ⁺	5.279290e+00	1.000000e+00	1.073000e-03	B-
511	B ⁰	5.279610e+00	0.000000e+00	1.570000e-03	anti_B0
541	B _c ⁺	6.275100e+00	1.000000e+00	3.010000e-04	Be-
531	B _d ⁰	5.366790e+00	0.000000e+00	1.510000e-03	anti_Bd
411	D ⁺	1.869590e+00	1.000000e+00	1.040000e-03	D-
421	D ⁰	1.868870e+00	0.000000e+00	4.310000e-04	anti_D0
431	D _s ⁺	1.968270e+00	1.000000e+00	3.000000e-04	Ds-
443	D _s ⁰	1.969110e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_Ds0
557	Lambda	9.460100e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	Lambda
1021	pi(1345)0	1.174000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	pi(1345)-
10113	pi(1420)0	1.474000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	pi(1420)-
9000211	pi(2730)0	9.800000e-01	1.000000e+00	0.000000e+00	pi(2730)-
9000113	pi(2910)0	9.800000e-01	0.000000e+00	0.000000e+00	pi(2910)-
20113	pi(1290)0	1.230000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	pi(1290)-
211	pi(1320)0	1.313000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	pi(1320)-
115	pi(1320)0	1.313000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	pi(1320)-
10213	b1(1250)0	1.229000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	b1(1250)-
10113	b1(1250)0	1.229000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_b1(1250)-
221	eta	9.478620e-01	0.000000e+00	0.000000e+00	eta
100231	eta(2280)0	1.294000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	eta(2280)-
9002021	eta(1400)0	1.408000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	eta(1400)-
100331	eta(1410)0	1.476000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	eta(1410)-
10221	eta(1643)0	1.617000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	eta(1643)-
10535	eta(1870)0	1.842000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	eta(1870)-
331	eta_c(2280)0	9.577800e-01	0.000000e+00	0.000000e+00	eta_c(2280)-
441	eta_c	2.983400e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	eta_c
30221	eta(1230)0	1.300000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	eta(1230)-
9010231	eta(1290)0	1.504000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	eta(1290)-
10331	R(1710)0	1.723000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	R(1710)-
9000221	R(1880)0	4.750000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	R(1880)-
9010221	R(1940)0	9.900000e-01	0.000000e+00	0.000000e+00	R(1940)-
2023	R(2120)0	1.282000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	R(2120)-
2033	R(2140)0	1.426400e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	R(2140)-
225	R(2120)0	1.275900e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	R(2120)-
9010225	R(1810)0	1.815000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	R(1810)-
90060225	R(2110)0	2.010000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	R(2110)-
335	R(2130)0	1.525000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	R(2130)-
10229	b1(1210)0	1.170000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	b1(1210)-
10333	b1(1310)0	1.380000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_b1(1310)-
100321	b1(1400)0	1.460000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	b1(1400)-
100311	b1(1460)0	1.460000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_b1(1460)-
10321	b1(1410)0	1.450000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	anti_b1(1410)-
10311	b1(1400)0	1.450000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_b1(1400)-
10323	b1(1270)0	1.273000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	b1(1270)-
10313	b1(1270)0	1.273000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_b1(1270)-
20329	K(1460)0	1.403000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(1460)-
20318	K(1490)0	1.403000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(1490)-
10325	K(1770)0	1.775000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(1770)-
10315	K(1770)0	1.773000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(1770)-
325	K(2140)0	1.425000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(2140)-
315	K(2140)0	1.403000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(2140)-
100325	K(2180)0	1.975000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(2180)-
100315	K(2180)0	1.975000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(2180)-
327	K(2170)0	1.776000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(2170)-
317	K(2170)0	1.776000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(2170)-
100323	K(1410)0	1.414000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(1410)-
100313	K(1410)0	1.414000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(1410)-
3023	K(1480)0	1.717000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(1480)-
30113	K(1480)0	1.717000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(1480)-
323	K(1480)0	1.916600e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(1480)-
313	K(1480)0	1.916600e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(1480)-
321	K(1480)0	1.938100e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	K(1480)-
311	K(1480)0	1.938100e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_K(1480)-
130	K(1770)0	1.497610e+01	0.000000e+00	5.316690e+01	K(1770)-
310	K(1770)0	1.497610e+01	0.000000e+00	8.974000e+02	K(1770)-
225	omega	2.826300e-01	0.000000e+00	0.000000e+00	omega
100223	omega(1470)0	1.425000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	omega(1470)-
30223	omega(1670)0	1.670000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	omega(1670)-
227	omega(1670)0	1.667000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	omega(1670)-
333	phi	1.019460e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	phi
100333	phi(1870)0	1.680000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	phi(1870)-
337	phi(1870)0	1.854000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	omega(1870)-
100211	phi(1870)0	1.500000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	phi(1870)-
100113	phi(1870)0	1.300000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_phi(1870)-
3211	phi(1870)0	1.395700e+01	1.000000e+00	2.693100e+01	phi(1870)-
111	tau	1.349760e+01	0.000000e+00	8.515911e+01	tau
10215	tau(1670)0	1.672000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	tau(1670)-
10113	tau(1770)0	1.672000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	omega(1770)-
100213	tau(1770)0	1.463000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	rho(1770)-
100113	tau(1770)0	1.465000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_rho(1770)-
30213	tau(1770)0	1.720000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	rho(1770)-
31113	tau(1770)0	1.720000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_rho(1770)-
215	tau	1.750000e+01	1.000000e+00	0.000000e+00	tau
113	tau	1.752000e+01	0.000000e+00	0.000000e+00	phi
217	tau(1660)0	1.680000e+00	1.000000e+00	0.000000e+00	rho(1660)-
117	tau(1660)0	1.680000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	anti_rho(1660)-

Geant4 traktuje cząstki w sposób ogólny.

Użytkownik ma swobodę dodawania własnych cząstek i procesów fizycznych, którym będą podlegać.

Bariony (hadrony o spinie połówkowym)

Kwarki, gluony

Leptony

Jony

Inne

Code Name Mass Charge Life Time Anti-Particle

0 Generacja [GeV/c²]

100000030 Hel 5.109930e-01 -1.000000e+00 1.000000e+00 anti_B

100002040 Hel 2.808391e+00 2.000000e+00 -1.000000e+00 anti_B0

100001020 gluon 1.727379e+00 2.000000e+00 -1.000000e+00 anti_alpha

100001020 gluon 1.875613e+00 1.000000e+00 -1.000000e+00 anti_deuteron

100001030 gluon 2.808931e+00 1.000000e+00 3.88525e-17 anti_nu0

0 charmoniu 0.000000e+00 1.000000e+00 -1.000000e+00 anti_Bc

0 anticharm 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_Bc0

0 etron 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_e

0 antielectron 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_e0

0 gluon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_g

0 antiguon 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_g0

0 photon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_gamma

0 antiphoton 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_gamma0

0 neutrino 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_nu

0 antineutrino 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_nu0

0 gluon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_g

0 antiguon 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_g0

0 photon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_gamma

0 antiphoton 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_gamma0

0 neutrino 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_nu

0 antineutrino 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_nu0

0 gluon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_g

0 antiguon 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_g0

0 photon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_gamma

0 antiphoton 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_gamma0

0 neutrino 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_nu

0 antineutrino 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_nu0

0 gluon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_g

0 antiguon 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_g0

0 photon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_gamma

0 antiphoton 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_gamma0

0 neutrino 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti_nu

0 antineutrino 0.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00 anti_nu0

0 gluon 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 anti

Geant4 – wprowadzenie. Fizyka (z lotu ptaka)

<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/ForApplicationDeveloper/html/TrackingAndPhysics/physicsProcess.html>

Procesy elektromagnetyczne

- Photon processes
 - Gamma conversion (also called pair production, class name `G4GammaConversion`)
 - Photo-electric effect (class name `G4PhotoElectricEffect`)
 - Compton scattering (class name `G4ComptonScattering`)
 - Rayleigh scattering (class name `G4RayleighScattering`)
 - Muon pair production (class name `G4GammaConversionToMuons`)
 - General gamma process (class name `G4GeneralGammaProcess`)
- Electron/positron processes
 - Ionisation and delta ray production (class name `G4Ionisation`)
 - Bremsstrahlung (class name `G4Bremsstrahlung`)
 - e+e- pair production (class name `G4PairProduction`)
 - Multiple scattering (class name `G4MultipleScattering`)
 - Positron annihilation into two gammas (class name `G4plusAnnihilation`)
 - Positron annihilation into two muons (class name `G4annihilToMuPair`)
 - Positron annihilation into hadrons (class name `G4annihilToHadrons`)
- Muon processes
 - Ionisation and delta ray production (class name `G4PiIonisation`)
 - Bremsstrahlung (class name `G4PiBremsstrahlung`)
 - e+e- pair production (class name `G4PiPairProduction`)
 - Multiple scattering (class name `G4PiMultipleScattering`)
- Hadron/ion processes
 - Ionisation (class name `G4Hionisation`)
 - Ionisation for ions (class name `G4Ionionisation`)
 - Ionisation for heavy exotic particles (class name `G4Hionisation`)
 - Ionisation for classical magnetic monopole (class name `G4MpiIonisation`)
 - Multiple scattering (class name `G4HMmultipleScattering`)
 - Bremsstrahlung (class name `G4hBremsstrahlung`)
 - e+e- pair production (class name `G4hPairProduction`)
- Coulomb scattering processes
 - Alternative process for simulation of single Coulomb scattering of all charged particles (class name `G4CoulombScattering`)
 - Alternative process for simulation of single Coulomb scattering of ions (class name `G4ScreenedNuclearRaccolli`)
- Processes for simulation of polarized electron and gamma beams
 - Compton scattering of circularly polarized gamma beam on polarized target (class name `G4PolarizedCompton`)
 - Pair production induced by circularly polarized gamma beam (class name `G4PolarizedGammaConversion`)
 - Photo-electric effect induced by circularly polarized gamma beam (class name `G4PolarizedPhotoElectricEffect`)
 - Bremsstrahlung of polarized electrons and positrons (class name `G4ePolarizedBremsstrahlung`)
 - Ionisation of polarized electron and positron beam (class name `G4ePolarizedIonisation`)
 - Annihilation of polarized positrons (class name `G4plusPolarizedAnnihilation`)
- Processes for simulation of X-rays and optical protons production by charged particles
 - Synchrotron radiation (class name `G4SynchrotronRadiation`)
 - Transition radiation (class name `G4TransitionRadiation`)
 - Cerenkov radiation (class name `G4Cerenkov`)
 - Scintillations (class name `G4Scintillation`)

Każdy proces może mieć przypisane różne modele używane zależnie od energii cząstki i/lub regionu geometrii (możemy zanegować hipotezę o jedności świata – duża frajda ;)

Modele standardowe

- Photoelectric effect (class name `G4LivermorePhotoElectricModel`)
- Compton scattering (class name `G4KleinNishinaCompton`)
- Electron/positron pair production (class name `G4PairProductionRelModel`)
- Rayleigh scattering (class name `G4LivermoreRayleighModel`)
- Multiple scattering (class name `G4UrbanMscModel`)
- Multiple scattering (class name `G4WentzelVIModel`)
- Single Coulomb scattering (class name `G4eCoulombScatteringModel`)
- Electron ionisation (class name `G4MollerBhabhaModel`)
- Electron/positron bremsstrahlung (class name `G4SeltzerBergerModel`)
- Electron/positron bremsstrahlung (class name `G4eBremsstrahlungRelModel`)
- Positron annihilation into 2 gamma (class name `G4eeToTwoGammaModel`)
- Muon and hadron low-energy ionisation (class name `G4BraggModel`)
- Ion low-energy ionisation (class name `G4BraggIonModel`)
- Anti-particle low-energy ionisation (class name `G4ICRU73Q0Model`)
- Muon and hadron ionisation (class name `G4BetheBlochModel`)
- Muon ionisation (class name `G4MuBetheBlochModel`)
- Muon bremsstrahlung (class name `G4MuBremsstrahlungModel`)
- Hadron bremsstrahlung (class name `G4hBremsstrahlungModel`)
- Muon e+e- pair production (class name `G4MuPairProductionModel`)
- Hadron e+e- pair production (class name `G4hPairProductionModel`)

Modele alternatywne

- Ionisation in thin absorbers (class name `G4PAIModel`)
- Ionisation in thin absorbers (class name `G4PAIPhotModel`)
- Ionisation in low-density media (class name `G4BraggIonGasModel`)
- Ionisation in low-density media (class name `G4BetheBlochIonGasModel`)
- Ionisation of relativistic ions (class name `G4AtimaEnergyLossModel`)
- Ionisation of ions (class name `G4LindhardSorensenIonModel`)
- Electron/positron pair production (class name `G4eetheHeitlerModel`)
- Electron/positron pair production (class name `G4BetheHeitlerSDModel`)
- Positron annihilation into 2 or 3 gamma (class name `G4plusTo2GammaOKModel`)
- Multiple scattering (class name `G4GoudsmitSaundersnMscModel`)
- Multiple scattering (class name `G4LmeWentzelVIModel`)
- Single scattering (class name `G4eSingleCoulombScatteringModel`)
- Single scattering (class name `G4hCoulombScatteringModel`)
- Single scattering (class name `G4IonCoulombScatteringModel`)

Modele w zakresie niskich energii

- Photoelectric effect (class name `G4PenelopePhotoElectricModel`)
- Compton scattering (class name `G4PenelopeComptonModel`)
- Compton scattering (class name `G4LivermoreComptonModel`)
- Compton scattering (class name `G4LivermorePolarizedComptonModel`)
- Compton scattering (class name `G4LowEPComptonModel`)
- Compton scattering (class name `G4LowEPnPolarizedComptonModel`)
- Gamma conversion to e+e- pair (class name `G4LivermoreGammaConversionModel`)
- Gamma conversion to e+e- pair (class name `G4LivermoreGammaConversionSDModel`)
- Gamma conversion to e+e- pair (class name `G4PenelopeGammaConversionModel`)
- Rayleigh scattering (class name `G4AEAElasticScatteringModel`)
- Rayleigh scattering (class name `G4AEAPolarizedElasticScatteringModel`)
- Rayleigh scattering (class name `G4LivermorePolarizedRayleighModel`)
- Rayleigh scattering (class name `G4PenelopeRayleighModel`)
- Electron ionisation (class name `G4LivermoreIonisationModel`)
- Electron and positron ionisation (class name `G4PositronIonisationModel`)
- Ion ionisation (class name `G4IonParameterisedLossModel`)
- Electron, proton, alpha, and ion ionisation (class name `G4MicroElecInelastic`)
- Electron, proton, alpha, and ion elastic scattering (class name `G4MicroElecElastic`)

Najmłodsze modele do specjalnych zastosowań

[Geant4-DNA](#) (0 eV – MeV; radiobiologia)
[MicroElec](#) (5 eV – 100 MeV; mikroelektronika)

Geant4 – wprowadzenie. Fizyka (z lotu ptaka)

<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/PhysicsReferenceManual/html/hadronic/index.html>

W Geant4 **procesy hadronowe** ~ każda reakcja, w której powstają hadrony (cząstki silnie oddziałyujące)

- procesy czysto hadronowe,
- reakcje jądrowe wywoływane przez leptony lub kwanty gamma,
- rozпадy radioaktywne.

Zakres energii sub-eV - TeV

Proces hadronowy = całkowity przekrój czynny + model stanu końcowego

- Interpolowane dane pomiarowe
- Model numeryczny
- Prosta parametryzacja
- Kombinacja powyższych w zależności od energii

- odseparowany i niezależny od źródła danych o przekroju czynnym
- Użytkownik może korzystać z gotowych modeli (zwykle dostępnych jest kilka dla każdego procesu) lub budować własne

Geant4 – wprowadzenie. Fizyka (z lotu ptaka)

<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/PhysicsReferenceManual/html/hadronic/index.html>

Przekroje czynne na procesy hadronowe

- [Hadron-nucleus Cross Sections](#)
 - [Hadron-nucleon cross sections](#)
 - [Neutron-Nucleus cross sections](#)
 - [Other Hadron-Nucleus cross sections](#)
 - [Extraction of CHIPS kaon and hyperon nuclear cross sections](#)
- [Total Reaction Cross Section in Nucleus-nucleus Reactions](#)
 - [Nucleus-nucleus cross sections](#)
 - [Antinucleus–nucleus cross sections](#)
- [Alternative nucleus-nucleus cross sections](#)

Modele i procesy hadronowe

- [Coherent elastic scattering](#)
 - [Nucleon-Nucleon elastic Scattering](#)
- [Hadron-nucleus Elastic Scattering at Medium and High Energy](#)
- [Parton string model](#)
- [Fritiof \(FTF\) Model](#)
- [The Geant4 Bertini Intranuclear Cascade Model](#)
- [The Geant4 Binary Cascade Model](#)
- [INCL++: the Liège Intranuclear Cascade Model](#)
- [Strangeness added: Kaon, \$\Lambda\$ and \$\Sigma\$](#)
- [Precompound model](#)
- [Evaporation Model](#)
 - [Evaporation model](#)
 - [GEM model](#)
 - [Nuclear fission](#)
 - [Photon evaporation](#)
- [Fission model](#)
- [Fermi Break-up Model](#)
- [Multifragmentation Model](#)
- [ABLA++ evaporation/fission model](#)
- [Quantum Molecular Dynamics for Heavy Ions](#)
- [Abrasion-ablation Model](#)
- [Electromagnetic Dissociation Model](#)
- [Interactions of Stopping Particles](#)
- [Low Energy Neutron Interactions](#)
 - [Elastic Scattering](#)
 - [Radiative Capture](#)
 - [Fission](#)
 - [Inelastic Scattering](#)
 - [High Precision Models and Low Energy Parameterized Models](#)
- [Low Energy Charged Particles Interactions](#)
 - [Neutron-induced alpha production reactions on carbon](#)
- [Geant4 Low Energy Nuclear Data \(LEND\) Package](#)
- [Radioactive Decay](#)
 - [Alpha Decay](#)
 - [Beta Decay](#)
 - [Electron Capture](#)
 - [Recoil Nucleus Correction](#)

Geant4 – wprowadzenie. Fizyka (z lotu ptaka)

Gamma- and Lepto-Nuclear Interactions

- [Gamma-nuclear Interactions](#)
- [Electro-nuclear Interactions](#)
- [Muon-nuclear Interactions](#)

Fizyka ciała stałego

- [Phonon-Lattice interactions](#)
- [Crystal Channeling Physics](#)

*Z prawdopodobieństwem bliskim 1 można stwierdzić, że **nikt nie zna Geant4 w całości***

Geant4 – wprowadzenie. Materiały.

Geant4 zna:

Związki chemiczne, mieszaniny

Gęstość, stan skupienia, temperatura, ciśnienie, długość radiacyjna, średnia droga swobodna, dE/dx , współczynnik załamania światła, itp.



Pierwiastki

Efektywna liczba atomowa, efektywna liczba nukleonów, efektywna masa molowa, liczba izotopów, energie powłok atomowych, przekroje czynne na atom, itp.



Izotopy

Liczba atomowa, liczba nukleonów, masa molowa, itp.

→ Book For Application Developers



<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/ForApplicationDeveloper/html/index.html>

Geant4 – wprowadzenie. Materiały.

Baza danych [NIST](#)



Pierwiastki - cały układ okresowy

Z	Name	ChFormula	density(g/cm^3)	I(eV)
1	G4_H		8.3748e-05	19.2
2	G4_He		0.000166322	41.8
3	G4_Li		0.534	40
4	G4_Be		1.848	63.7
5	G4_B		2.37	76
6	G4_C		2	81
7	G4_N		0.0011652	82
8	G4_O		0.00133151	95
9	G4_F		0.00158029	115
10	G4_Ne		0.000838505	137
11	G4_Na		0.971	149
12	G4_Mg		1.74	156
13	G4_Al		2.699	166
14	G4_Si		2.33	173
15	G4_P		2.2	173
16	G4_S		2	180
17	G4_Cl		0.00299473	174
18	G4_Ar		0.00166201	188
19	G4_K		0.862	190
20	G4_Ca		1.55	191
21	G4_Sc		2.989	216
22	G4_Ti		4.54	233
23	G4_V		6.11	245
24	G4_Cr		7.18	257

Dla każdego pierwiastka wszystkie znane izotopy
(razem ponad 3000)

Z	A	m	error	(%)	A _{eff}
14	Si	22	22.03453 (22)		28.0855(3)
		23	23.02552 (21)		
		24	24.011546 (21)		
		25	25.004107 (11)		
		26	25.992330 (3)		
		27	26.98670476 (17)		
		28	27.9769265327 (20)	92.2297 (7)	
		29	28.97649472 (3)	4.6832 (5)	
		30	29.97377022 (5)	3.0872 (5)	
		31	30.97536327 (7)		
		32	31.9741481 (23)		
		33	32.978001 (17)		
		34	33.978576 (15)		
		35	34.984580 (40)		
		36	35.98669 (11)		
		37	36.99300 (13)		
		38	37.99598 (29)		
		39	39.00230 (43)		
		40	40.00580 (54)		
		41	41.01270 (64)		
		42	42.01610 (75)		

<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/ForApplicationDeveloper/html/Appendix/materialNames.html#simple-materials-elements>

Geant4 – wprowadzenie. Materiały.

Związki chemiczne

Ncomp	Name	density(g/cm^3)	I(eV)	ChFormula				
6	G4_A-150_TISSUE	1.127	65.1		2	G4_TITANIUM_DIOXIDE	4.26	179.5
	1 0.101327				22	1		
	6 0.7755				8	2		
	7 0.035057				6	7		
	8 0.0523159				1	8		
	9 0.017422							
	20 0.018378							
3	G4_ACETONE	0.7899	64.2		3	G4_TRICHLOROETHYLENE	1.46	148.1
	6 3				6	2		
	1 6				1	1		
	8 1				17	3		
2	G4_ACETYLENE	0.0010967	58.2		4	G4_TRIETHYL_PHOSPHATE	1.07	81.2
	6 2				6	6		
	1 2				1	15		
3	G4_ADENINE	1.6	71.4		8	4		
	6 5				15	1		
	1 5							
	7 5							
7	G4ADIPOSE_TISSUE_ICRP	0.95	63.2		2	G4_TUNGSTEN_HEXAFLUORIDE	2.4	354.4
	1 0.114				74	1		
	6 0.598				9	6		
	7 0.007				92	1		
	8 0.278				6	2		
	11 0.001				2	G4_URANIUM_MONOCARBIDE	13.63	862
	16 0.001				92	1		
	17 0.001				6	1		
4	G4_AIR	0.00120479	85.7		2	G4_URANIUM_OXIDE	10.96	720.6
	6 0.000124				92	1		
	7 0.755268				8	2		
	8 0.231781							
	18 0.012827							
4	G4_ALANINE	1.42	71.9		4	G4_UREA	1.323	72.8
	6 3				6	1		
	1 7				1	4		
	7 1							
	8 2							
2	G4_ALUMINUM_OXIDE	3.97	145.2	A1_20_3	4	G4_VALINE	1.23	67.7
	13 2				7	2		
	8 3				8	1		
3	G4_AMBER	1.1	63.2			6		
	1 0.10593				1	0.009417		
	6 0.788974				6	0.280555		
	8 0.105096				9	0.710028		
2	G4_AMMONIA	0.000826019	53.7		2	G4_WATER	1	78 H_20
	7 1				1	2		
	1 3				8	1		
3	G4_ANILINE	1.0235	66.2		2	G4_WATER_VAPOR	0.000756182	71.6 H_20-Gas
	6 6				1	2		
	1 7				8	1		
	7 1							
2	G4_ANTHRACENE	1.283	69.5		2	G4_XYLENE	0.87	61.8
	6 14				6	8		
	1 10				1	10		

Nowe materiały są wciąż dodawane

<https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/ForApplicationDeveloper/html/Appendix/materialNames.html#nist-compounds>

Geant4 – wprowadzenie. Materiały.

HEP and Nuclear Materials

Ncomp	Name	density(g/cm^3)	I(eV)	ChFormula
1	G4_1H2	0.0708	21.8	
1	G4_1N2	0.807	82	
1	G4_1O2	1.141	95	
1	G4_1Ar	1.396	188	
1	G4_1Br	3.1028	343	
1	G4_1Kr	2.418	352	
1	G4_1Xe	2.953	482	
3	G4_PbWO4	8.28	0	
8	4			
82	1			
74	1			
1	G4_Galactic	1e-25	21.8	
1	G4_GRAPHITE_POROUS	1.7	78	Graphite
3	G4_LUCITE	1.19	74	
1	0.080538			
6	0.599848			
8	0.319614			
3	G4_BRASS	8.52	0	
29	62			
30	35			
82	3			
3	G4_BRONZE	8.82	0	
29	89			
30	9			
82	2			
3	G4_STAINLESS-STEEL	8	0	
26	74			
24	18			
28	8			
3	G4_CR39	1.32	0	
1	18			
6	12			
8	7			
3	G4_OCTADECANOL	0.812	0	
1	38			
6	18			
8	1			

Space (ISS) Materials

Ncomp	Name	density(g/cm^3)	I(eV)	ChFormula
4	G4_KEVLAR	1.44	0	
6	14			
1	10			
8	2			
7	2			
3	G4_DACRON	1.4	0	
6	10			
1	8			
8	4			
3	G4_NEOPRENE	1.23	0	
6	4			
1	5			
17	1			

Bio-Chemical Materials

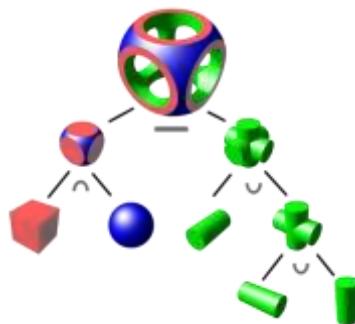
Ncomp	Name	density(g/cm^3)	I(eV)	ChFormula
4	G4_CYTOSINE	1.55	72	
1	5			
6	4			
7	3			
8	1			
4	G4_THYMINE	1.23	72	
1	6			
6	5			
7	2			
8	2			
4	G4_URACIL	1.32	72	
1	4			
6	4			
7	2			
8	2			
3	G4_DNA_ADENINE	1	72	
1	4			
6	5			
7	5			
4	G4_DNA_GUANINE	1	72	
1	4			

Geant4 - geometria

bryła → objętość logiczna → objętość fizyczna
(solid → logical volume → physical volume)



Kształt i wymiary



Constructed Solid Geometry (CSG) Solids
Solids made by Boolean operations
Multi-Union Structures
Tessellated Solids
Unified Solids



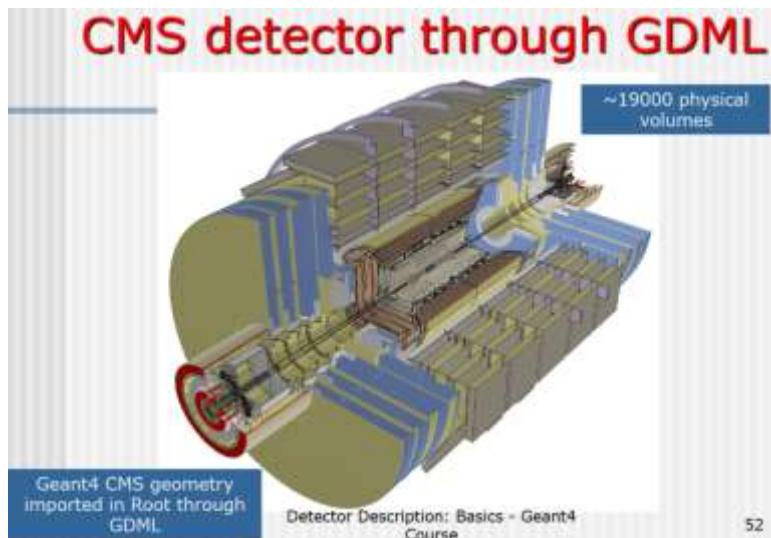
Bryła + materiał + informacje o detektorze, polu EM i obcięciach energetycznych



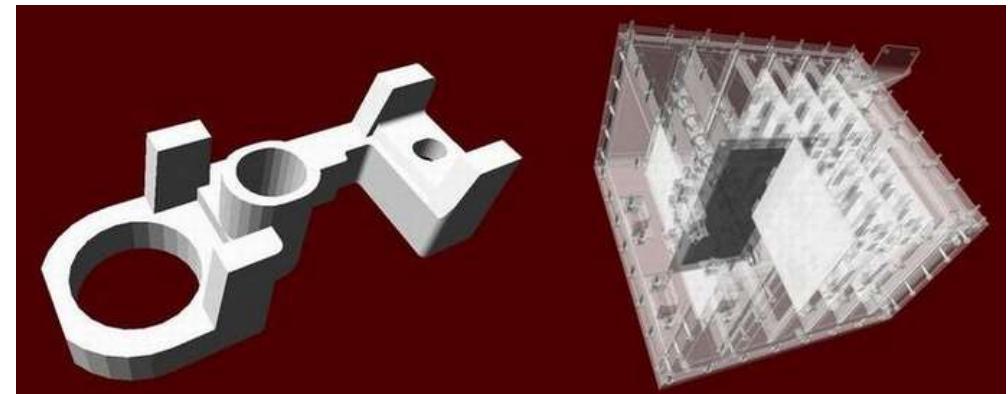
Pozycja w przestrzeni i w hierarchii

Sposoby tworzenia geometrii:

- Kod C++
- Import z pliku GDML (Geometry Description Markup Language)
- Import z pliku ASCII



Tessellated Solids

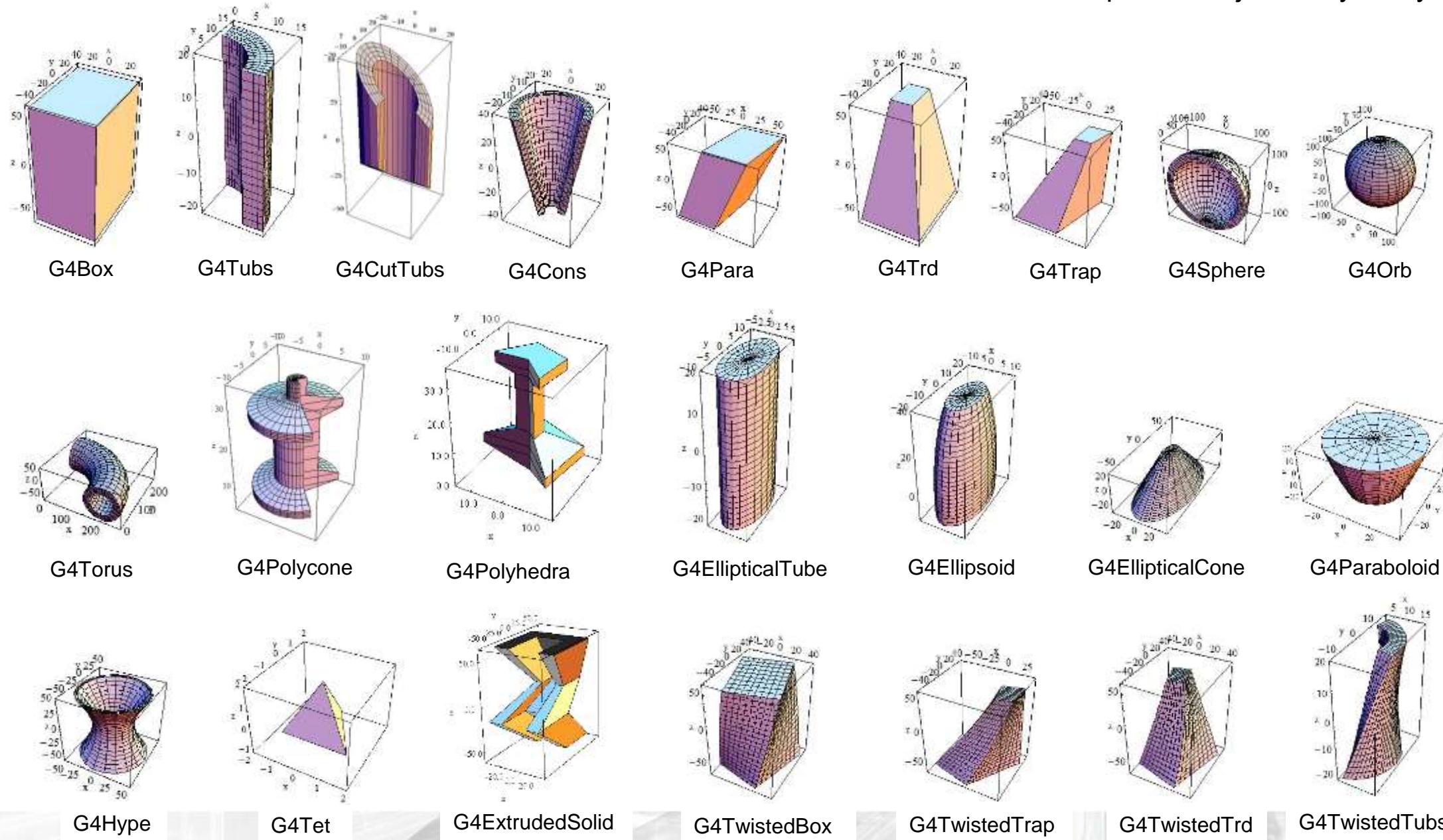


https://geant4.web.cern.ch/sites/default/files/geant4/collaboration/working_groups/geometry/training/D2-Basics.pdf

Geant4 - geometria

Elementarne bryły (Constructive Solid Geometry)

- Najbardziej wydajny kod
- Możliwa implementacja własnych brył



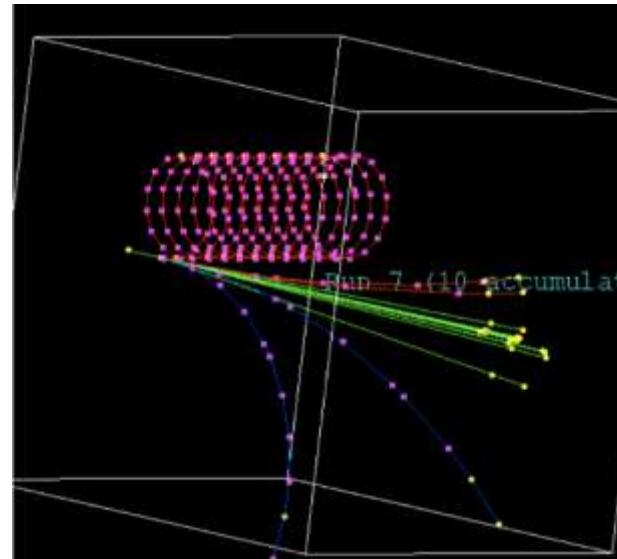
Geant4 – propagacja w polu

Zaimplementowane pola:

- Magnetyczne
- Elektryczne
- Elektromagnetyczne
- Grawitacyjne

Pole może być niejednorodne

Pole może być zmienne w czasie

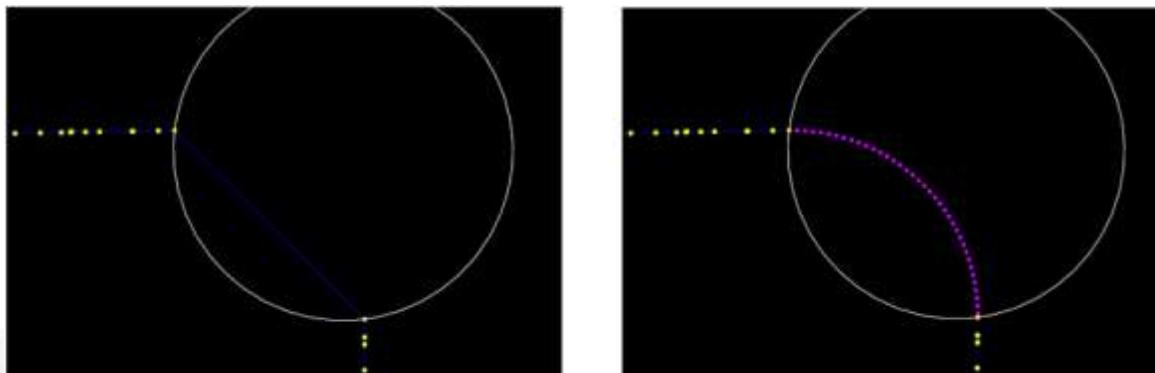


from M. Asai (SLAC)

Pole jest przypisane do objętości logicznej i nie istnieje na zewnątrz

Symulacja propagacji w polu bazuje na całkowaniu równania ruchu metodą Runge-Kutta (dostępne też inne rozwiązania).

Użytkownik może określić żądaną dokładność śledzenia ruchu w polu.



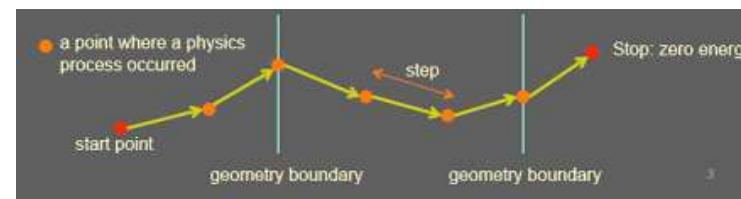
from M. Asai (SLAC)

Geant4 - detektory

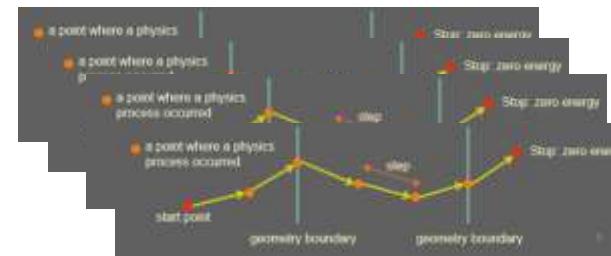
Temat rzeka ;)

- Primitive scorer – podstawowe wielkości fizyczne (akumulowane podczas runu + histogramy). Sterowanie za pomocą komend.
- Probe – nowość
- Hits & digits – objętość logiczna jako detektor
- UserActions – dostęp do danych na każdym poziomie symulacji

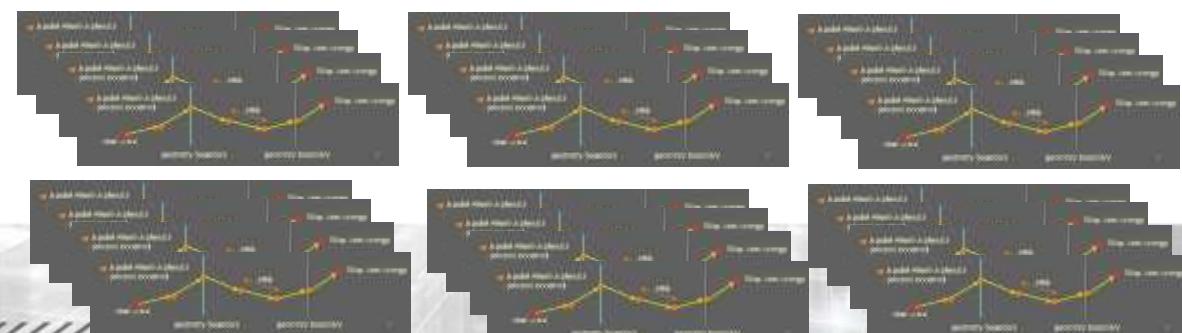
step, track



event



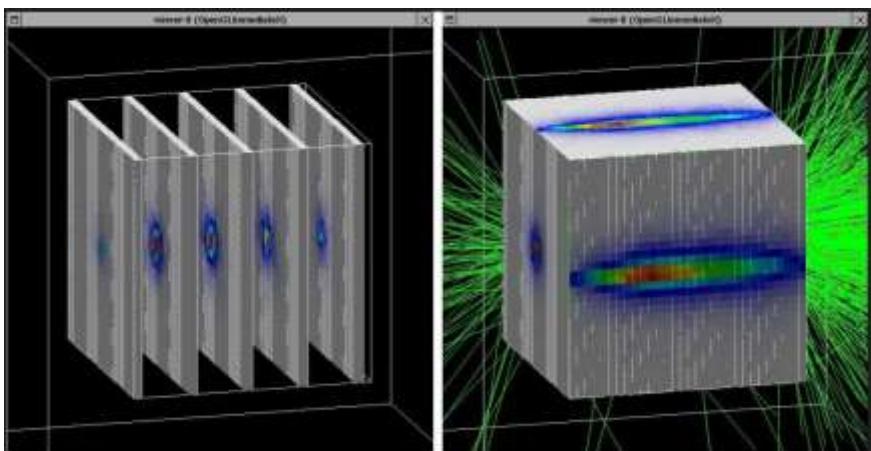
run



Geant4 - detektory

Primitive scorer

- Łatwe w użyciu
- Podstawowe wielkości fizyczne
- Akumulowane na siatce lub w „punkcie” (probe)
- Siatka jest definiowana niezależnie od innych obiektów geometrycznych i może na nie nachodzić
- Sterowanie za pomocą komend z linii poleceń (makra)
- Akumulowane podczas runu + histogramy
- Wizualizacja (dane na siatce; projekcje)
- Zapis do pliku tekstowego



Scorer	Description	Def. unit	x-axis of 1-D histogram	y-axis of 1-D histogram
cellCharge	deposited charge in the volume	e+	n/a	n/a
cellFlux	sum of track length divided by the volume	cm ⁻²	Ek in MeV	weighted cell flux
doseDeposit	deposited dose in the volume	Gy	dose per step in Gy	track weight
energyDeposit	deposited energy in the volume	MeV	eDep per step in MeV	track weight
flatSurfaceCurrent	surface current on -z surface to be used only for Box	cm ⁻²	Ek in MeV	weighted current
flatSurfaceFlux	surface flux (1/cos(theta)) on -z surface to be used only for Box	cm ⁻²	Ek in MeV	weighted flux
nOfCollision	number of steps made by physics interaction	n/a	n/a	n/a
nOfSecondary	number of secondary tracks generated in the volume	n/a	Ek in MeV	track weight
nOfStep	number of steps in the volume	n/a	step length in mm	entry (unweighted)
nOfTerminatedTrack	number of tracks terminated in the volume (due to decay, interaction, stop, etc.)	n/a	n/a	n/a
nOfTrack	number of tracks in the volume (including both passing and terminated tracks)	n/a	Ek in MeV	track weight
passageCellCurrent	number of tracks that pass through the volume	n/a	Ek in MeV	track weight
passageCellFlux	sum of track length divided by the volume counted only for tracks that pass through the volume	cm ⁻²	Ek in MeV	weighted cell flux
passageTrackLength	sum of track length in the volume for tracks that pass through the volume	mm	track length in mm	entry (unweighted)
population	number of tracks in the volume that are unique in an event	n/a	n/a	n/a
trackLength	total track length in the volume (including both passing and terminated tracks)	mm	n/a	n/a
volumeFlux	number of tracks getting into the volume	n/a	Ek in MeV	track weight

Geant4 – UI

Interfejs użytkownika (UI)

Sterowanie programem odbywa się za pomocą wbudowanych komend tekstowych.

Użytkownik może rozszerzyć interfejs o nowe komendy do komunikacji z własnymi fragmentami kodu.

Standardowo dostępne interfejsy:

- W pełni tekstowy (wiersz poleceń; wizualizacja możliwa w osobnym oknie)
- Nakładka graficzna (GUI) / instalowane na życzenie, wymaga zewnętrznych bibliotek (Java, Qt...)
- Przetwarzanie wsadowe (makra)

Jeśli użytkownik zażąda interfejsu, Geant4 próbuje uruchomić najbardziej zaawansowany jakim dysponuje (zaczynając od QtGUI).

Można napisać aplikację bez interfejsu (ale po co?)

```
*****
Geant4 version Name: geant4-10-04-patch-03 [MT] (8-February-2019)
<< in Multi-threaded mode >>
    Copyright : Geant4 Collaboration
    References : NIM A 506 (2003), 250-303
                  : IEEE-TNS 53 (2006), 270-278
                  : NIM A 835 (2016), 186-225
    WWW : http://geant4.org/
*****
```

Idle>

```
*****
Geant4 version Name: geant4-10-04-patch-03 [MT] (8-February-2019)
<< in Multi-threaded mode >>
    Copyright : Geant4 Collaboration
    References : NIM A 506 (2003), 250-303
                  : IEEE-TNS 53 (2006), 270-278
                  : NIM A 835 (2016), 186-225
    WWW : http://geant4.org/
****

<<< Geant4 Physics List simulation engine: FTFP_BERT 2.0
G4PhysicsListHelper::AddTransportation()--- G4CoupledTransportation is used

FTFP_BERT : new threshold between BERT and FTFP is over the interval
for pions : 3 to 12 GeV
for kaons : 3 to 12 GeV
for proton : 3 to 12 GeV
for neutron : 3 to 12 GeV

### Adding tracking cuts for neutron TimeCut(ns)= 10000 KinEnergyCut(MeV)= 0

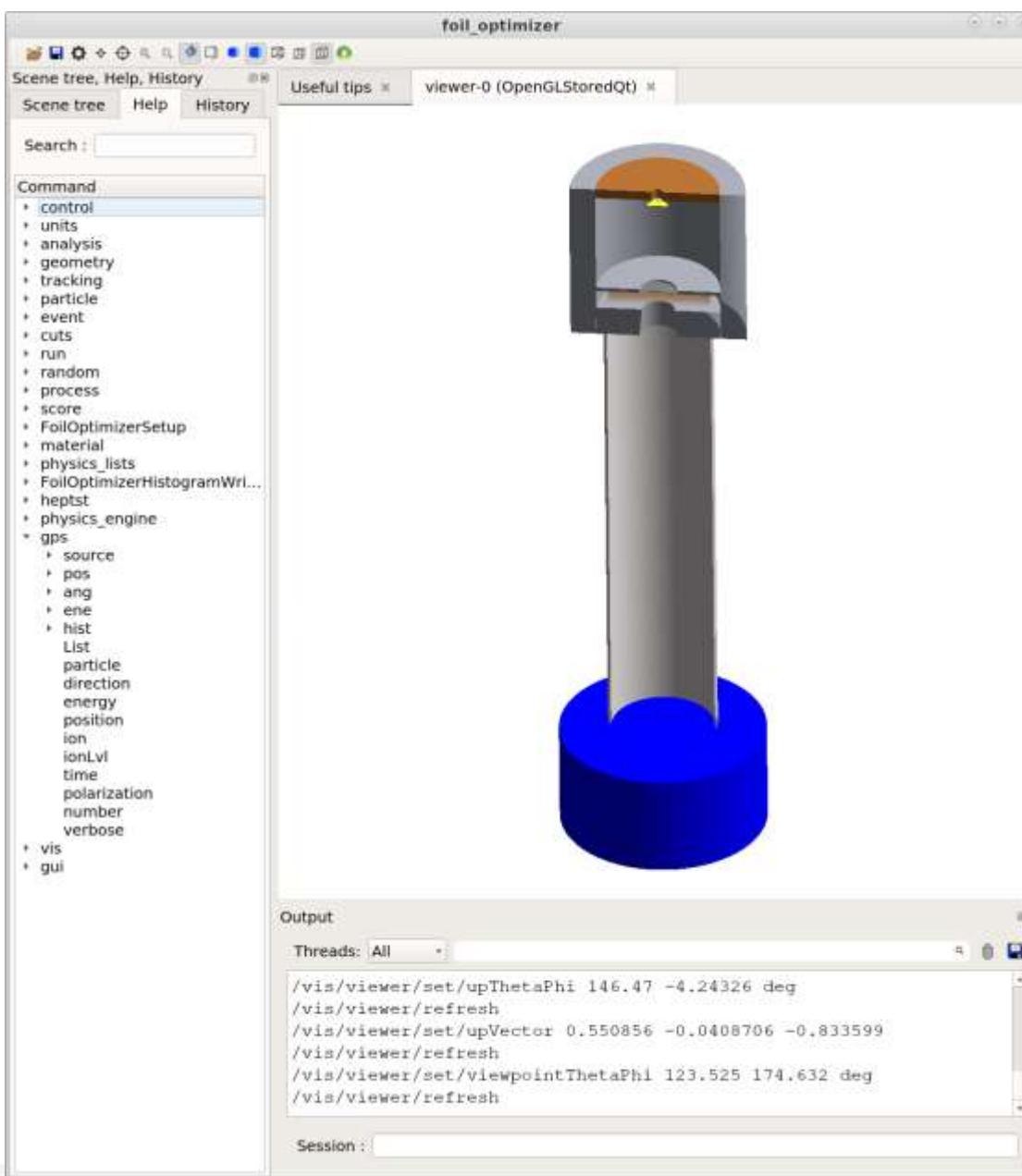
phot: for gamma SubType= 12 BuildTable= 0
      LambdaPrime table from 200 keV to 100 TeV in 61 bins
      ===== EM models for the G4Region DefaultRegionForTheWorld =====
      LivermorePhElectric : Emin=          0 eV   Emax=        100 TeV   AngularGenSauterGa

compt: for gamma SubType= 13 BuildTable= 1
      Lambda table from 100 eV to 1 MeV, 7 bins per decade, spline: 1
      LambdaPrime table from 1 MeV to 100 TeV in 56 bins
      ===== EM models for the G4Region DefaultRegionForTheWorld =====
      Klein-Nishina : Emin=          0 eV   Emax=        100 TeV

conv: for gamma SubType= 14 BuildTable= 1
      Lambda table from 1.022 MeV to 100 TeV, 18 bins per decade, spline: 1
      ===== EM models for the G4Region DefaultRegionForTheWorld =====
      BetheHeitler : Emin=          0 eV   Emax=        80 GeV
      BetheHeitlerLPM : Emin=        80 GeV   Emax=       100 TeV
```

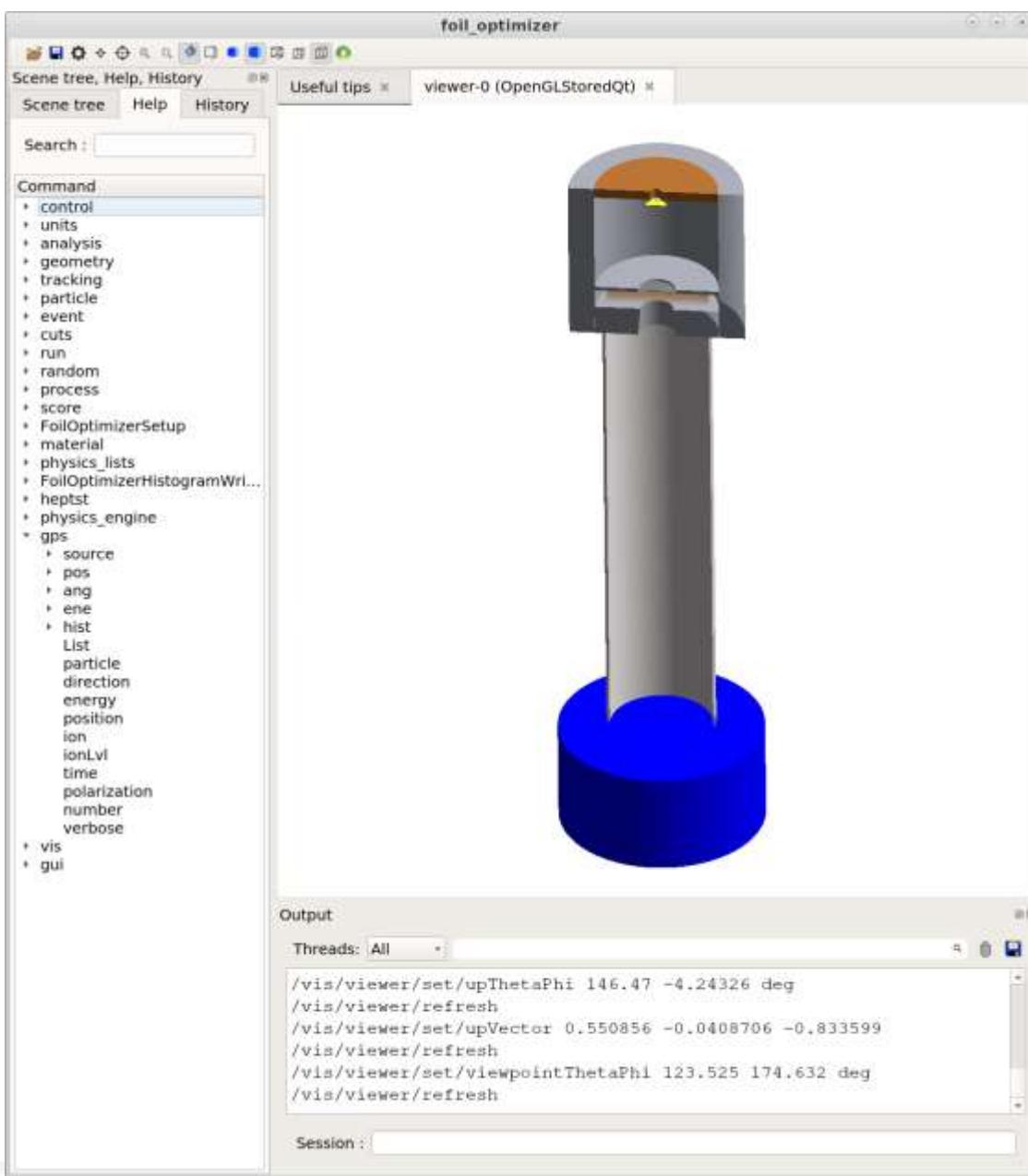
Geant4 – GUI i wizualizacja

Kolejny temat rzeka ;)



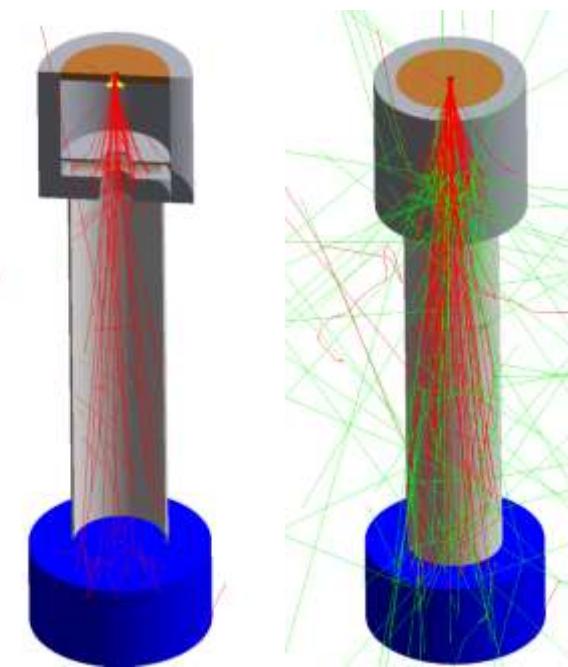
Geant4 – GUI i wizualizacja

Kolejny temat rzeka ;)



Wizualizacja

- Różne drivery (OpenGL, DAWN, HEPRep, RayTracer, OpenInventor, ...)
- Różne modele (solid, wireframe, ...)
- Przekroje, perspektywa, światło, cienie, przeźroczystość, ...
- Filtrowanie trajektorii, punktów oddziaływania, ...
- Ruch kamery, animacja
- Narzędzia do walidacji geometrii



Przekrój, tylko e-

e-, e+, gamma

Detal w zblżeniu

Geant4 – czy warto?

Pozytywy

- ✓ Otwarty kod w nowoczesnej technologii (OO – obiektowo orientowany)
- ✓ Kod ogólnego przeznaczenia - szeroki obszar zastosowań (szeroki zakres energii, bogactwo modeli fizycznych, geometrycznych, materiałów)
- ✓ Pełna kontrola nad wszystkimi istotnymi aspektami symulacji
- ✓ Pełny wgląd na każdym etapie symulacji
- ✓ Elastyczność, nieograniczone możliwości rozbudowy (własne cząstki, modele oddziaływań fizycznych, materiały, interfejsy użytkownika, obiekty geometryczne...)
- ✓ Dokumentacja, wiele działających przykładów z różnych dziedzin, grupy dyskusyjne
- ✓ Częste aktualizacje, poprawki
- ✓ Przygoda na wiele lat ;)

Negatywy

- 👎 Trudna wymowa nazwy i OO C++
- 👎 Wydajność wykonania poświęcona na rzecz ogólności i elastyczności
- 👎 Stroma ścieżka nauki
- 👎 Pełna odpowiedzialność za wszystkie istotne aspekty symulacji
- 👎 Początkowy nakład pracy na stworzenie aplikacji

Geant4 – maszyna wirtualna

Co to jest?

- Plik z obrazem w pełni funkcjonalnego systemu Linux wraz z preinstalowanym pakietem Geant4 z wszystkimi dodatkowymi bibliotekami
- Uruchamiana za pomocą specjalnego odtwarzacza
- Działa we własnym okienku jako kolejny niezależny program w systemie
- Nie wymaga żadnych ingerencji w system operacyjny, tworzenia partycji dyskowej, itp., itd.
- Szybki start nauki bez konieczności samodzielnej instalacji Geant4 (i Linuxa)

Potrzebne:

- [VMware Player](#)
- [Plik obrazu maszyny wirtualnej z pełną instalacją Geant4.11](#)

Geant4 – maszyna wirtualna

<https://indico.cern.ch/event/1014059/page/21901-geant4-virtual-machine>

Getting Started with Geant4

25–31 maja 2021

CERN

Europe/Zurich strefa czasowa

Wpisz wyszukiwane hasło



Przegląd

Harmonogram

Lista wkładów

Rejestracja

Ankiety

Geant4 Virtual Machine

Local Committee

Geant4 Training 2021

geant4-training@cern.ch

Geant4 Virtual Machine

Installing the Geant4 virtual machine

The Geant4 Virtual Machine provides a recent version of the Geant4 source code, examples and libraries, and also a compiler and extra software which such as a large set of visualisation libraries. It provides a fully working Geant4 system.

It avoids the effort to find and install the key pieces needed to create an installation on your own system, which varies depending on the OS, its version and many other factors. Of these the installation of user interface and visualisation libraries are the trickiest.

This is the only method that we will support for this course.

The following information is a summary of the key steps. Further guidance can be found at the [CENBG home](#) of the Geant4 Virtual Machine

Step 1: Ensure that your machine can run the Geant4 Virtual Machine

Make sure that your computer meets the minimum requirements:

- Windows or Linux users : desktop or laptop PC running Windows (preferably 10)
- Linux: desktop or laptop PC with a recent Linux release (able to run [VMware workstation for Linux](#))
- Mac users : Mac **with Intel processor** (not the 2020-21 M1 models) and a recent version of macOS (capable of running the virtualization software below)
- at least 30 GB of free disk space available
- at least 4 GB of RAM available for the virtual machine on the PC or Mac - so likely a total of at least 6 or 8 GB installed.

Step 2: Obtain a Virtual Machine 'player'

There is a choice of Virtual machine host software:

- The host software (player) from VMware, Inc is our recommendation:
 - On Windows you can choose between [VMware Player](#) (free for non-commercial, personal and home use) or [VMWare Workstation Pro](#).
 - On Linux the [VM Workstation Player](#) can be obtained for use and evaluation.

Geant4 – maszyna wirtualna

<https://geant4.cenbg.in2p3.fr/>



Geant4 Virtual Machine

CentOS8 Geant4 Release 11.0.0

Presentation News Agenda

Tutorial Hints What is included

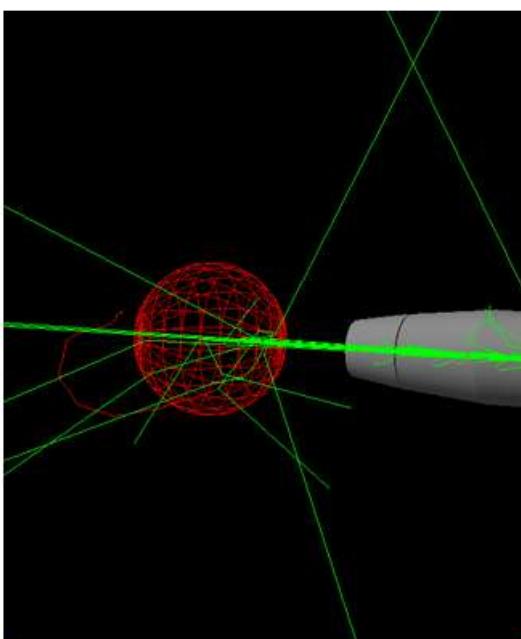
Download

Publications



Q

ok. 10 GB do pobrania
ok. 24 GB po dekompresji



CENBG

Geant4 Virtual Machine

The Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan provides free of charge and licensing to Geant4 users a Geant4 Virtual Machine with several visualisation, analysis and development tools.

GEANT4

CENBG



En savoir plus

Downloads Geant4 Virtual Machine

Current release :

VM du 22/02/2022 [Geant4.11.0.0](#), [readme](#)

User: local1 pass: local1
User: root pass: centos8

Previous releases :

- VM du 23/11/2021: [Geant4.10.07.p03](#), [readme](#)
- VM du 21/06/2021 Geant4.10.07.p02: [Geant4.10.07.p02](#), [readme](#)
- VM du 9/02/2021 Geant4.10.07.p01: [Geant4.10.07.p01](#), [readme](#)
- VM du 17/12/2020 Geant4.10.07: [Geant4.10.07](#), [readme](#)
- VM du 26/06/2020 Geant4.10.07.b01: [Geant4.10.07.b01](#), [readme](#)
- VM du 05/06/2020 Geant4.10.06.p02: [Geant4.10.06.p02](#), [readme](#)
- VM du 18/06/2019 Geant4.10.05.p01: [Geant4.10.05.p01](#), [Geant4.10.05.p01](#), [readme](#)
- VM du 28/06/2018 Geant4.10.04.p02: [Geant4.10.04.p02](#), [readme](#)
- VM du 28/10/2017 Geant4.10.03.p02: [Geant4.10.03.p02](#), [readme](#)
- VM du 28/07/2016 Geant4.10.02.p02: [Geant4.10.02.p02](#), [readme](#)
- VM du 10/04/2015 Geant4.10.01.p01: [Geant4.10.01.p01](#), [readme](#)
- VM du 09/01/2014 Geant4.10.00.p01: [Geant4.10.00.p01](#), [readme](#)
- VM du 02/07/2013 Geant4.9.6.p02: [Geant4.9.6.p02](#), [readme](#)

<https://www.vmware.com/products/workstation-player/workstation-player-evaluation.html>

~600 MB do pobrania



Multi-Cloud

Apps & Cloud

Networking

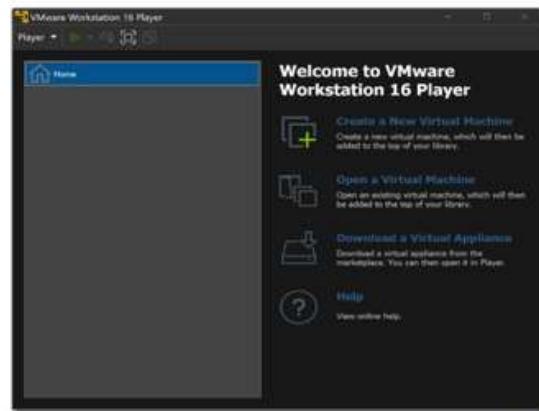
Workspace

Security

Partners

Resources

VMware Workstation 16 Player



VMware Workstation Player

VMware Workstation Player is an ideal utility for running a single virtual machine on a Windows or Linux PC. Organizations use Workstation Player to deliver managed corporate desktops, while students and educators use it for learning and training.

The free version is available for non-commercial, personal and home use. We also encourage students and non-profit organizations to benefit from this offering.

Commercial organizations require commercial licenses to use Workstation Player.

Need a more advanced virtualization solution? Check out Workstation Pro.

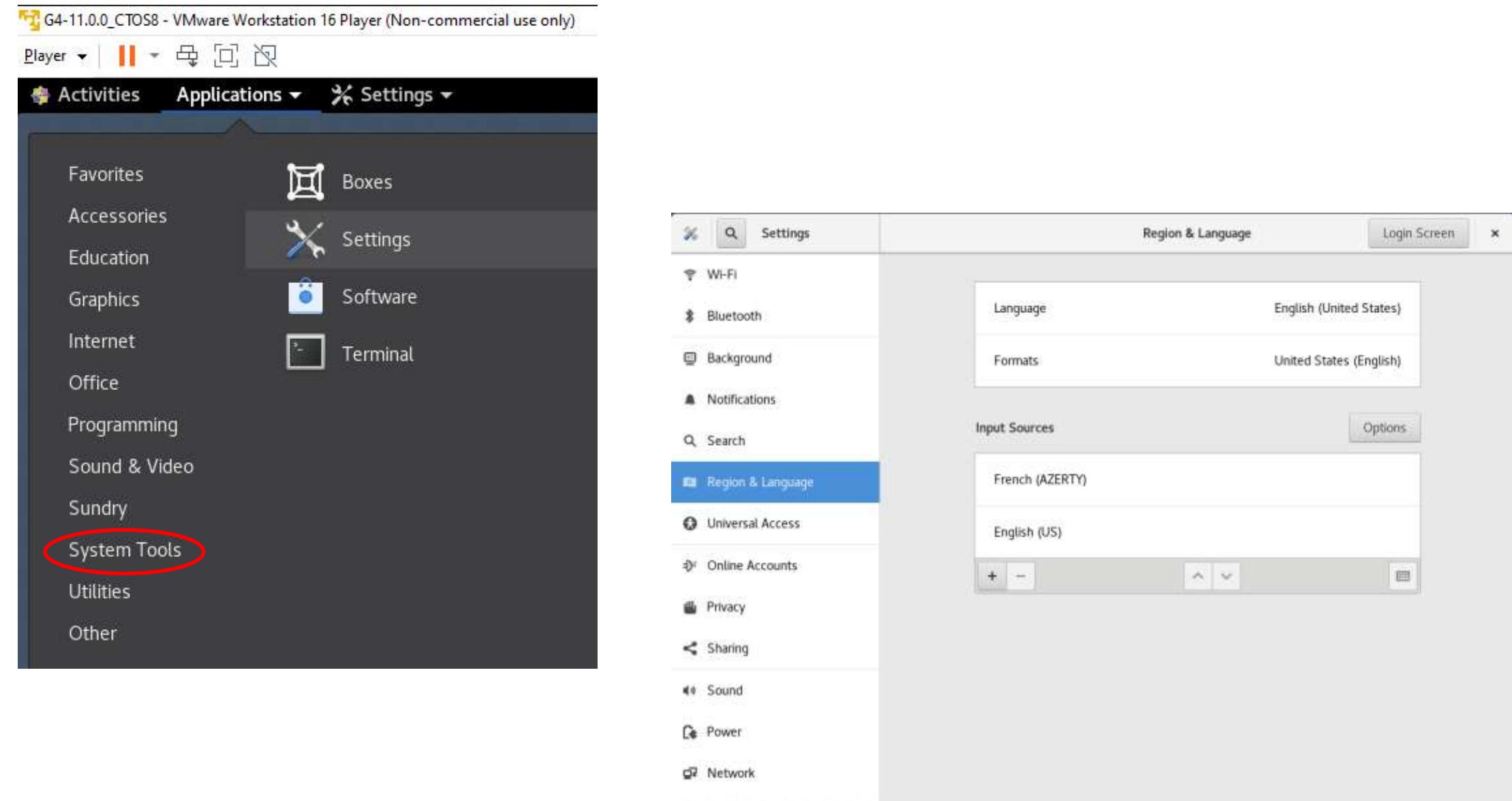
Try Workstation 16.0 Player for Windows

[DOWNLOAD NOW >](#)

Try Workstation 16.0 Player for Linux

[DOWNLOAD NOW >](#)

Geant4 – maszyna wirtualna



Geant4 – bibliografia

Jak cytować:

S. Agostinelli et al., **Geant4: a simulation toolkit**, NIM A 506 (2003) 250-303,
[https://doi.org/10.1016/S0168-9002\(03\)01368-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01368-8)

J. Allison et al., **Geant4 Developments and Applications**, IEEE Trans. Nucl. Sci. 53 (2006) 270-278, <https://doi.org/10.1109/TNS.2006.869826>

J.Allison et al., **Recent developments in Geant4**, NIM A 835 (2016) 186-225,
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2016.06.125>

Dziękuję za uwagę



NARODOWE
CENTRUM
BADAŃ
JĄDROWYCH
ŚWIERK

www.ncbj.gov.pl