

# Środowisko programistyczne Geant4: Projekt 6

- **Temat: Promieniowanie kosmiczne.**

- **Specyfikacja:**

Celem projektu jest wykonanie symulacji oddziaływania promieniowania kosmicznego [1] z atmosferą ziemską. Badanie promieniowania kosmicznego przeprowadza się w wielu miejscach na świecie, między innymi służy do tego Pierre Auger Obserwatory [2].

W symulacji należy przyjąć, że atmosfera składa się z  $n = 100$  koncentrycznych warstw o grubości  $l = 1$  km każda oraz stałej gęstości i składzie pierwiastkowym (należy uwzględnić:  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $O$ ,  $N$ ,  $Ar$ ,  $H$ ) w danej warstwie. Dane dotyczące atmosfery proszę uzyskać z modelu MSIS-E-90 [3] dla dwóch lokalizacji: Malargüe (Argentyna) oraz Kraków [4]. Proszę porównać dane dotyczące ciśnienia i gęstości otrzymane z modelu z przewidywaniami wzoru barometrycznego [5].

Proszę przeprowadzić symulacje w których pierwotna cząstka promieniowania kosmicznego (proton, cząstka  $\alpha$ , jądro żelaza a także elektron oraz foton) pada w stosunku do powierzchni Ziemi: (a) prostopadłe oraz (b) pod kątem 45 stopni. Należy wykonać symulacje dla energii pierwotnych cząstek równych  $E = 10^k$  eV gdzie  $k = 6, 7, 8, 9, 10, 11$ .

Proszę wyznaczyć (wyniki przedstawić w postaci odpowiednich wykresów):

- zależność otrzymanej rocznej dawki promieniowania od wysokości nad poziomem morza, zakładając strumień każdego z rozważanych typów cząstek pierwotnych równy  $\Phi = 10 \text{ s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ,
- zależność wysokości na której następuje największa strata energii od energii cząstki pierwotnej,
- zależność wysokości na której obserwowana jest największa liczba cząstek wtórnych od energii i rodzaju cząstek pierwotnych,
- rozkład energii cząstek wtórnych (mionów, elektronów, fotonów i protonów) (a) na powierzchni Ziemi, (b) na wysokości  $h = 10$  km, oraz (c) na wysokości na której następuje największa strata energii.

- **Dodatkowe informacje, literatura:**

[1] Promieniowanie kosmiczne [http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic\\_ray](http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_ray)

[3] MSIS-E-90 Atmosphere Model [http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/msis\\_vitmo.html](http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/msis_vitmo.html)

[4] Współrzędne geograficzne można znaleźć w <http://www.theworldtime.net>

[5] Wzór barometryczny

<http://www.if.pw.edu.pl/pluta/pl/dyd/plg/w-fiz/w11/segment7/main.htm>