

Атестационен семинар за дисертация на тема:

Механизми на въздействие на йонизиращо лъчение върху жива материя

Докторант : Снежина Ивелинова Димитрова

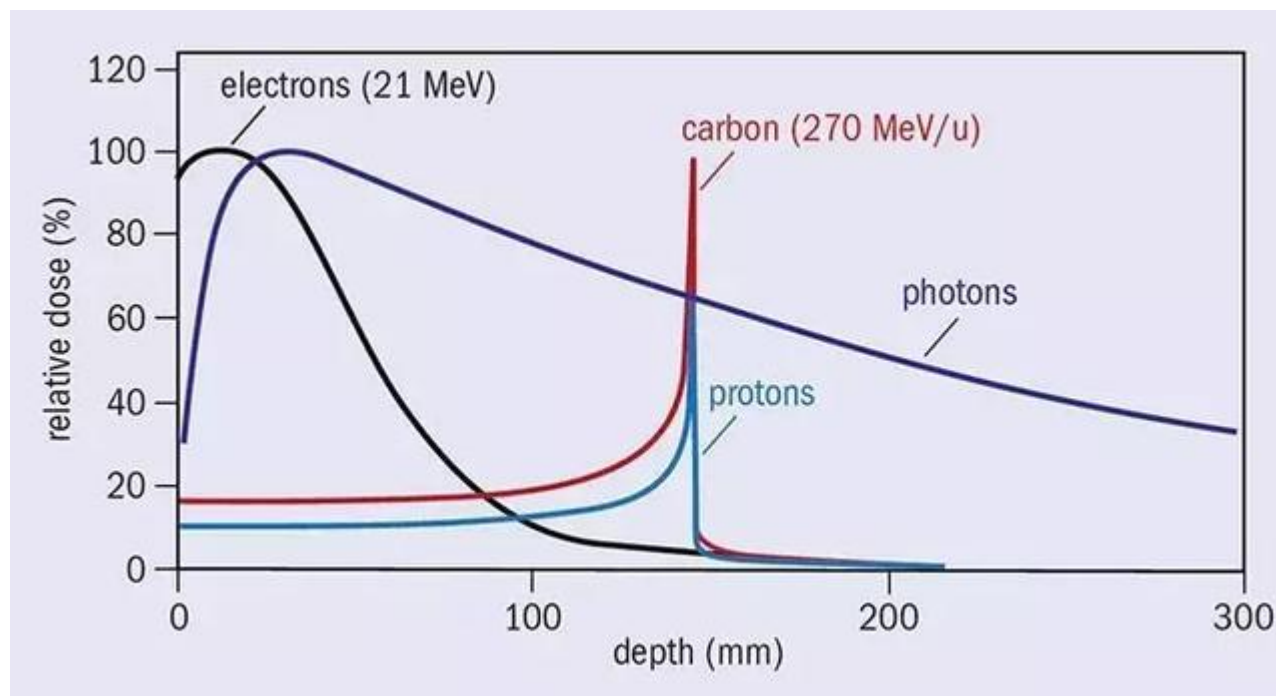
Специалност: Биофизика Катедра: Атомна физика

Научен ръководител: проф.дфзн Леандър Литов¹

Съдържание:

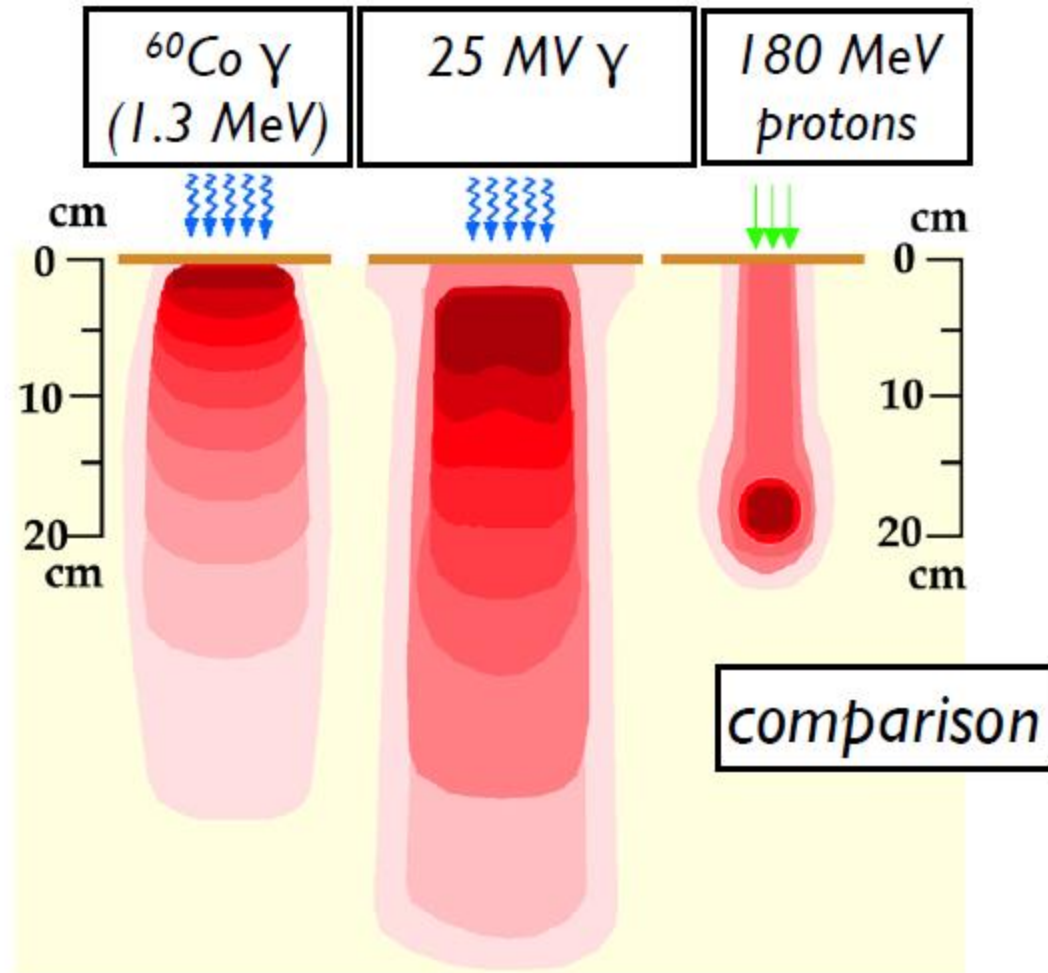
- ▶ Какво е адронна терапия?
- ▶ Geant4
- ▶ Geant4-DNA
- ▶ Резултати от симулации

Какво е адронна терапия?



Фиг. 1 Дозата като функция на дълбочината на проникване на йонизиращите лъчения за електрони, гама кванти, протони и въглеродни йони.

Разпределение на дозата



Адронната терапия в медицината

В света:

Протони - 71

Въглеродни йони - 11

В Европа:

Протони - 18

Въглеродни йони - 4

Пациенти:

Протони - 190 036

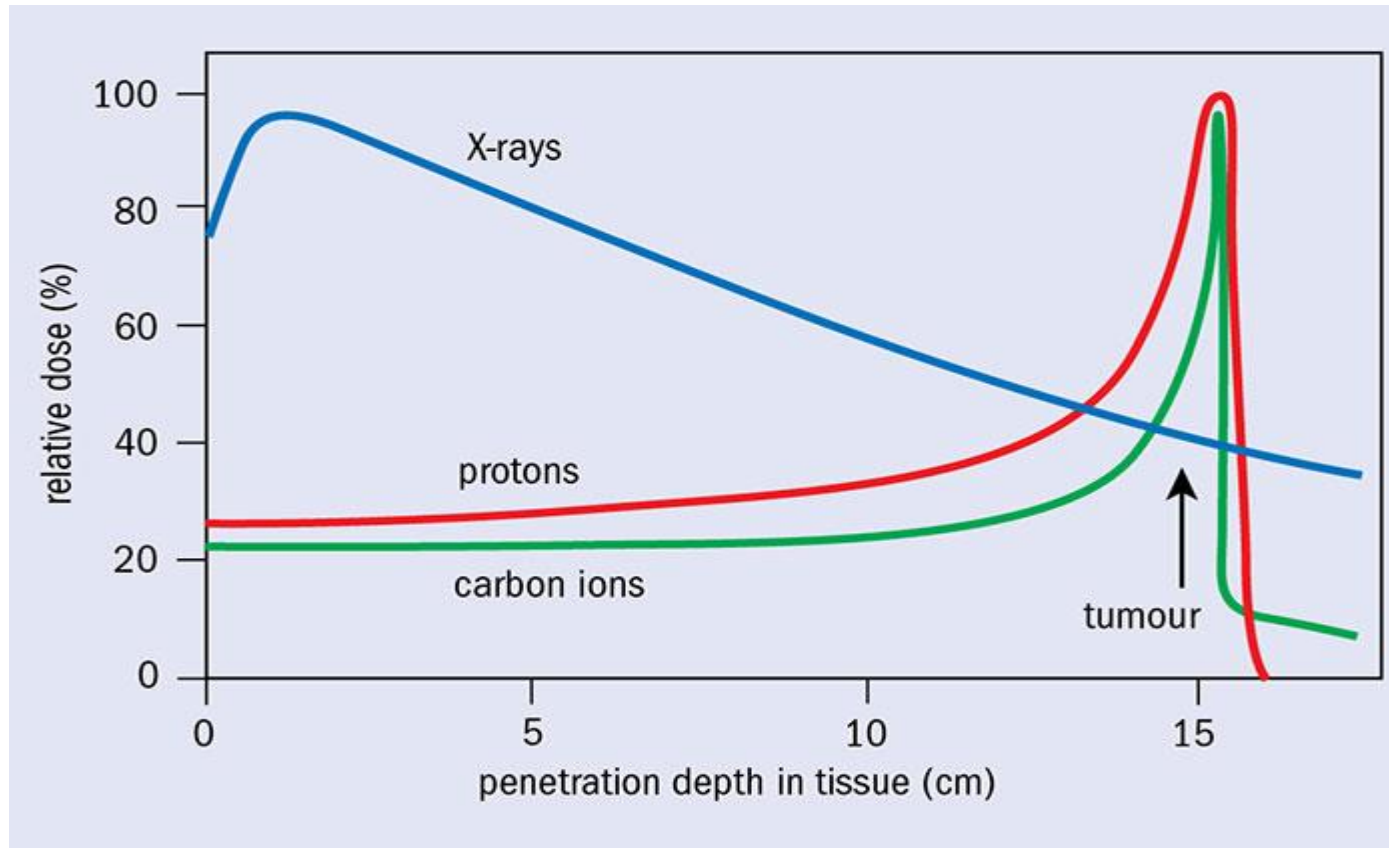
Йони - 27 905

Данни от PTCOG

Particle therapy in Europe - 2017



Физични характеристики



Фиг. 2 Дозата като функция на дълбочината на проникване на йонизиращите лъчения за гама кванти, протони и въглеродни йони.

Формула на Бете :

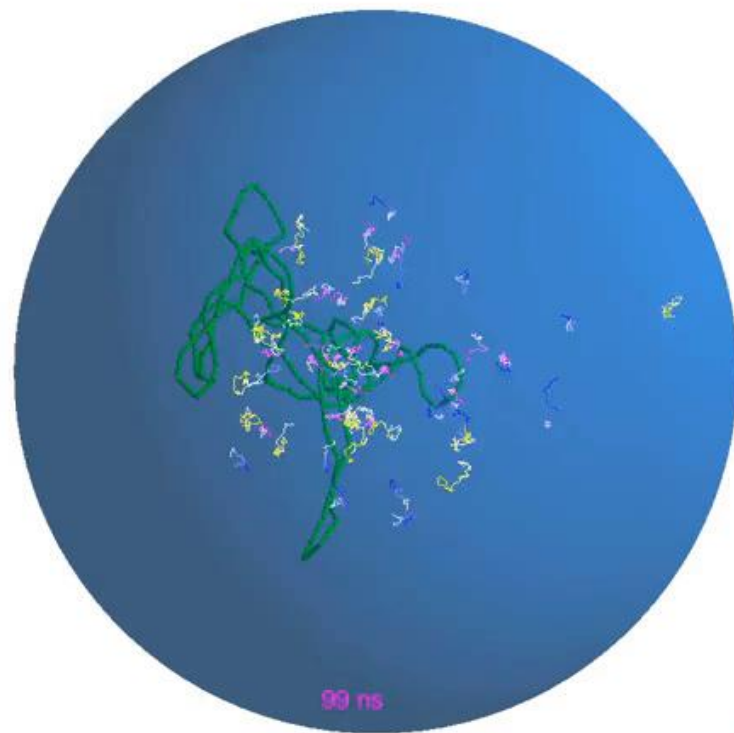


$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi n z^2}{m_e c^2 \beta^2} \cdot \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right) \cdot \left[\ln\left(\frac{2m_e c^2 \beta^2}{I(1-\beta^2)} \right) - \beta^2 \right]$$

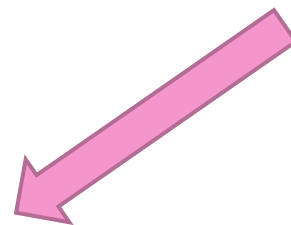
Geant4

- ▶ Обектно-ориентирано програмиране
- ▶ Могат да се изберат:
 - ▶ Геометрията - world, logical и физичен обем
 - ▶ Физичните процеси - QGSP_BIC_HP (HADRONTHERAPY_1)
 - ▶ Материала - вода, PMMA (G4_PLEXIGLASS)
 - ▶ Частиците - протони, въглеродни йони и бор
- ▶ GEANT4-DNA - процеси за моделиране на биологичните повреди

Geant4 -DNA



pBR322 plasmid



100 nm

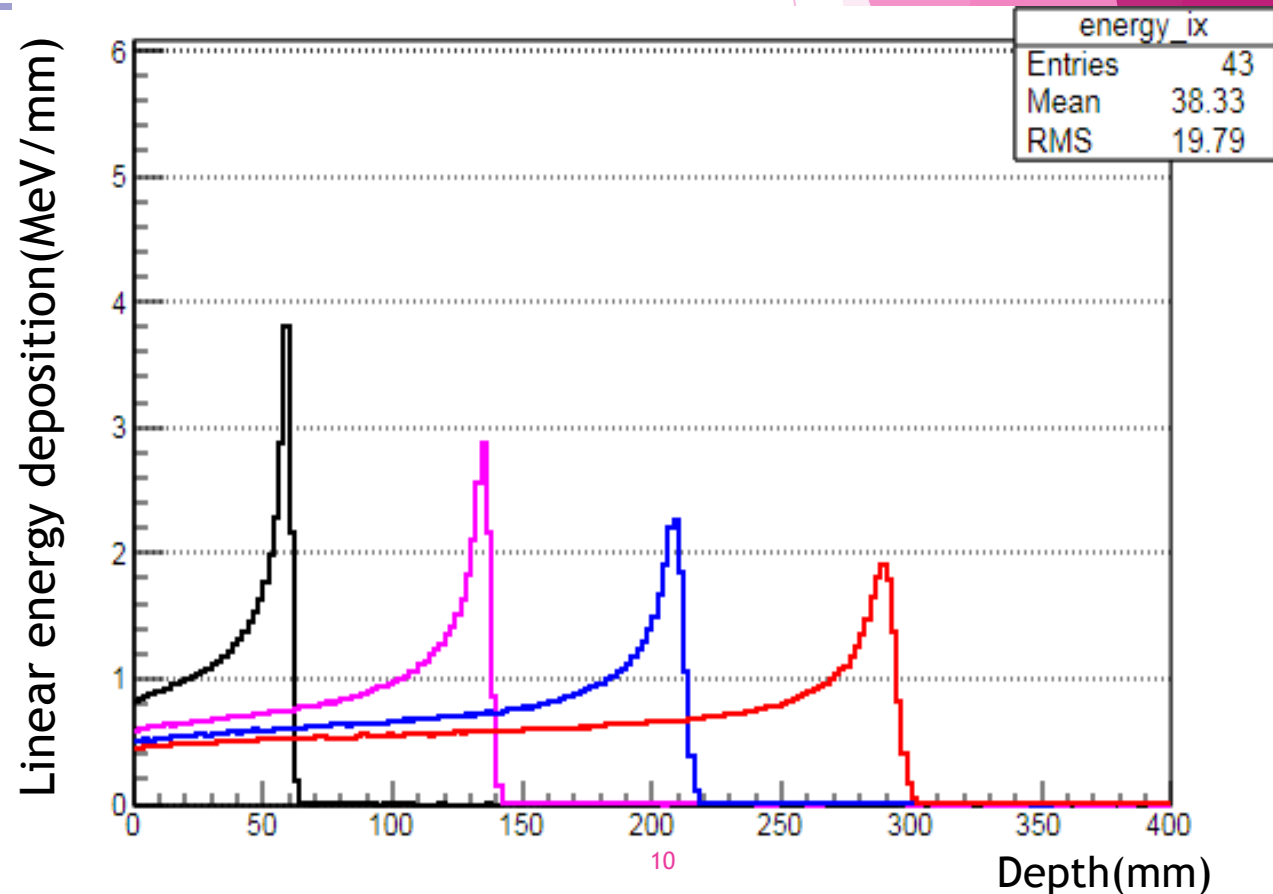
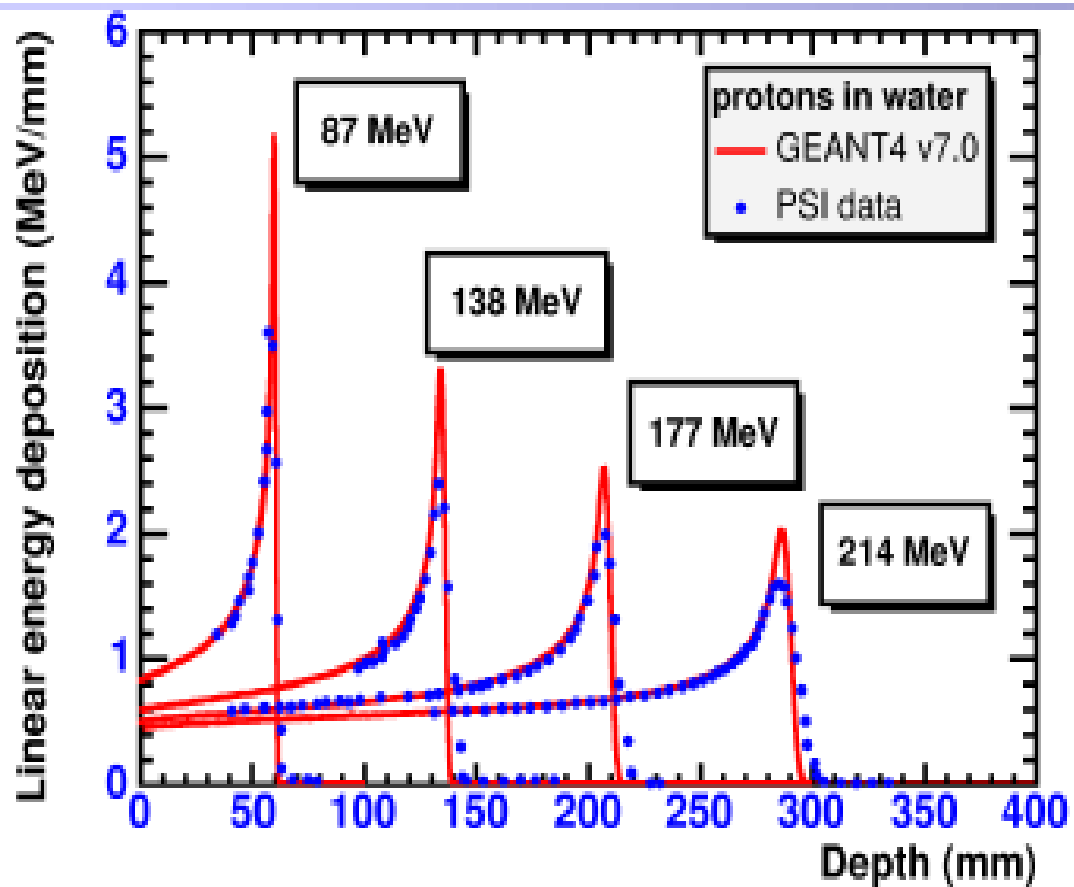
Физични процеси

Interaction	Geant4 Model
Electromagnetic physics G4EmStandardPhysics_option4	Compton scattering, Coulomb scattering Photoelectric Gamma conversion Rayleigh scattering Ionisation(e, hadron) Bremsstrahlung(e-) Multiple scattering Annihilation
Hadronic physics G4IonBinaryCascadePhysics G4EmExtraPhysics G4HadronElasticPhysics G4StoppingPhysics G4HadronPhysicsQGSP_BIC	Deuteron inelastic, Triton inelastic, He3 inelastic, alpha inelastic, ion inelastic, proton inelastic Hadron inelastic, neutron inelastic Neutron capture
Decay physics G4DecayPhysics G4RadioactiveDecayPhysics	Radioactive decay process

Сравняване на Данни за протони

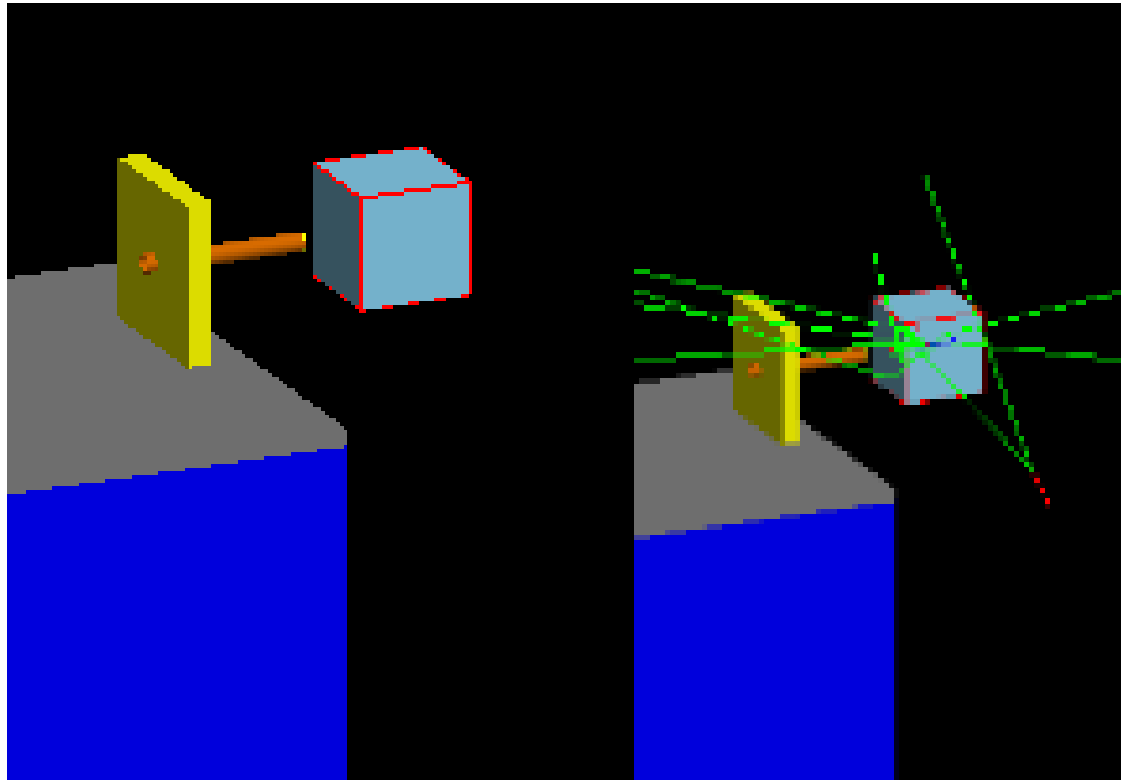
Novel Design of Gantry Optics for Carbon Cancer Therapy Accelerator

► Симулация - Geant4 10.03



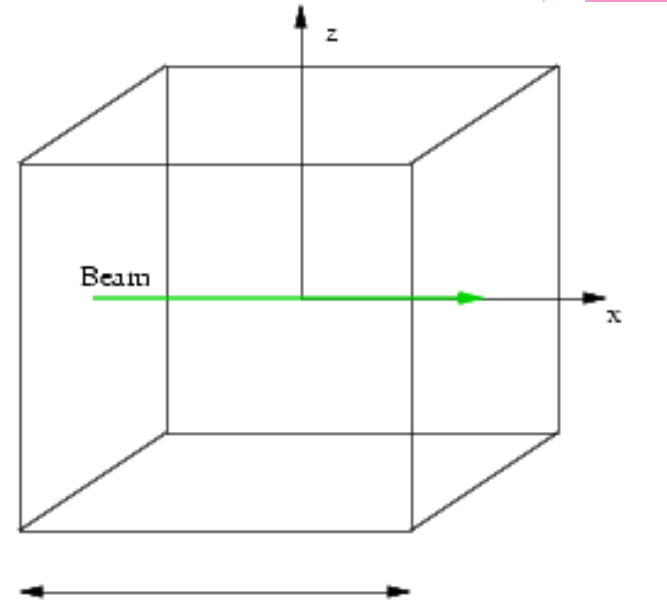
Фиг.3 Линеино предадената енергия в дълбочина на протони за различни E

Резултати от симулации



Фиг.4 Фантом в симулациите

Фантом - 25x25x25 см
Детектор - 25x25x25 см
Позиция - 12.5x0x0 см
Воксели - 1x1x1 мм



Фиг.5 Позиция на снопа

Епротон = 132;153;182 MeV
Gauss profile $\sigma = 0$ MeV

Протони с различни E

Water - H₂O

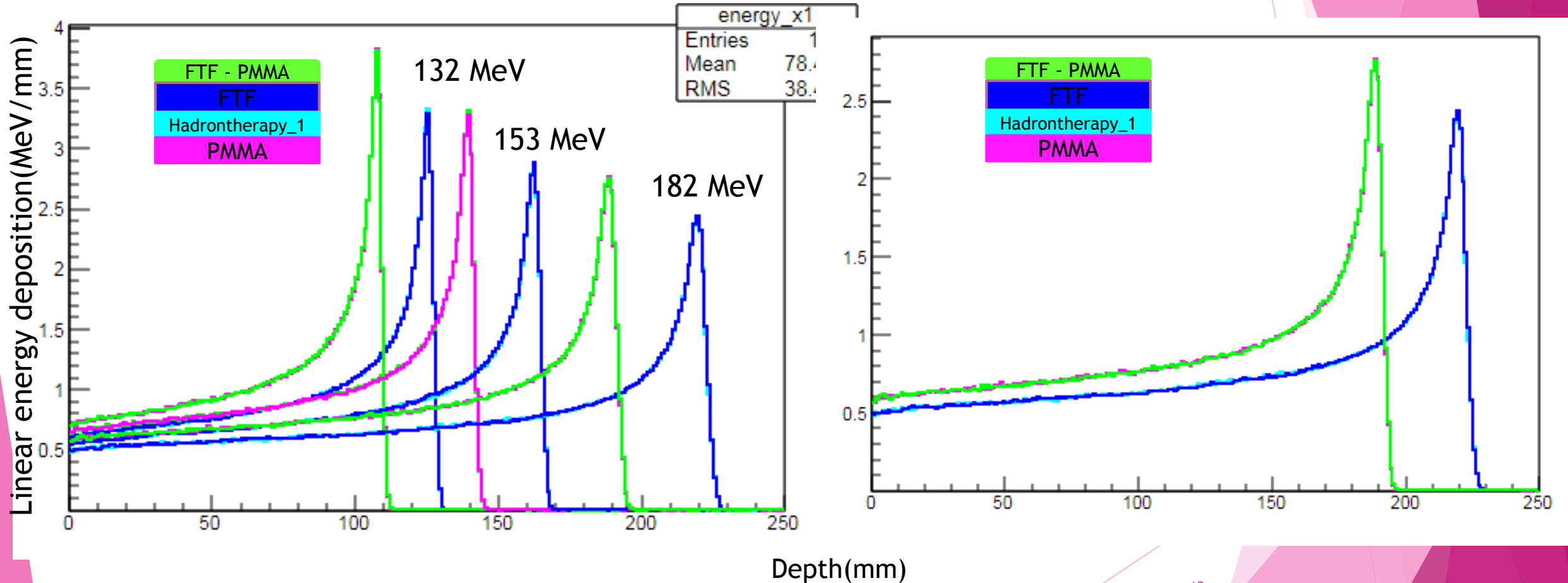
$\rho = 1 \text{ g/cm}^3$

$I = 78 \text{ eV}$

PMMA – (C₅O₂H₈)_n

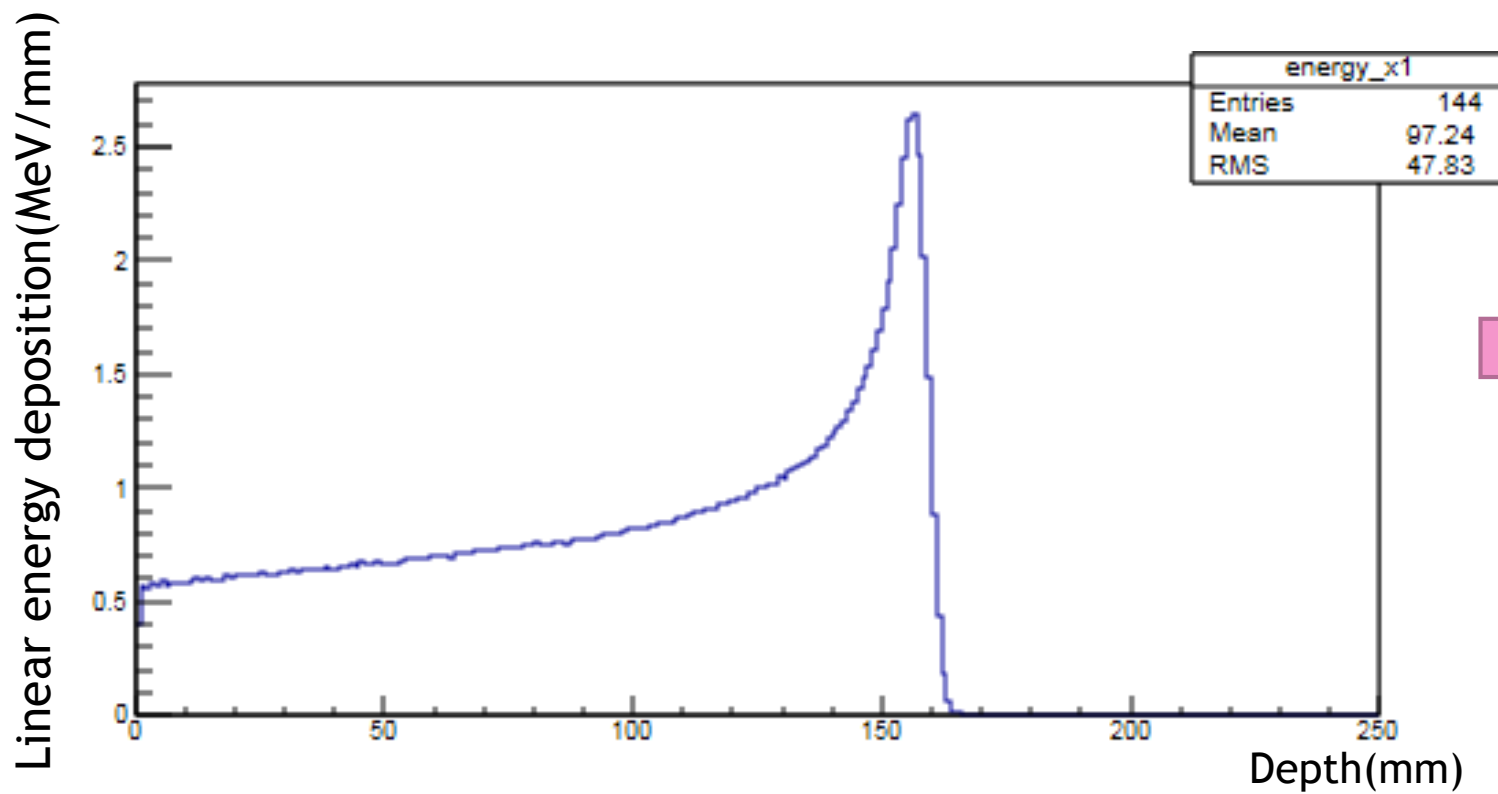
$\rho = 1,18 \text{ g/cm}^3$

$I = 74 \text{ eV}$



Фиг.6 Протони с различни енергии

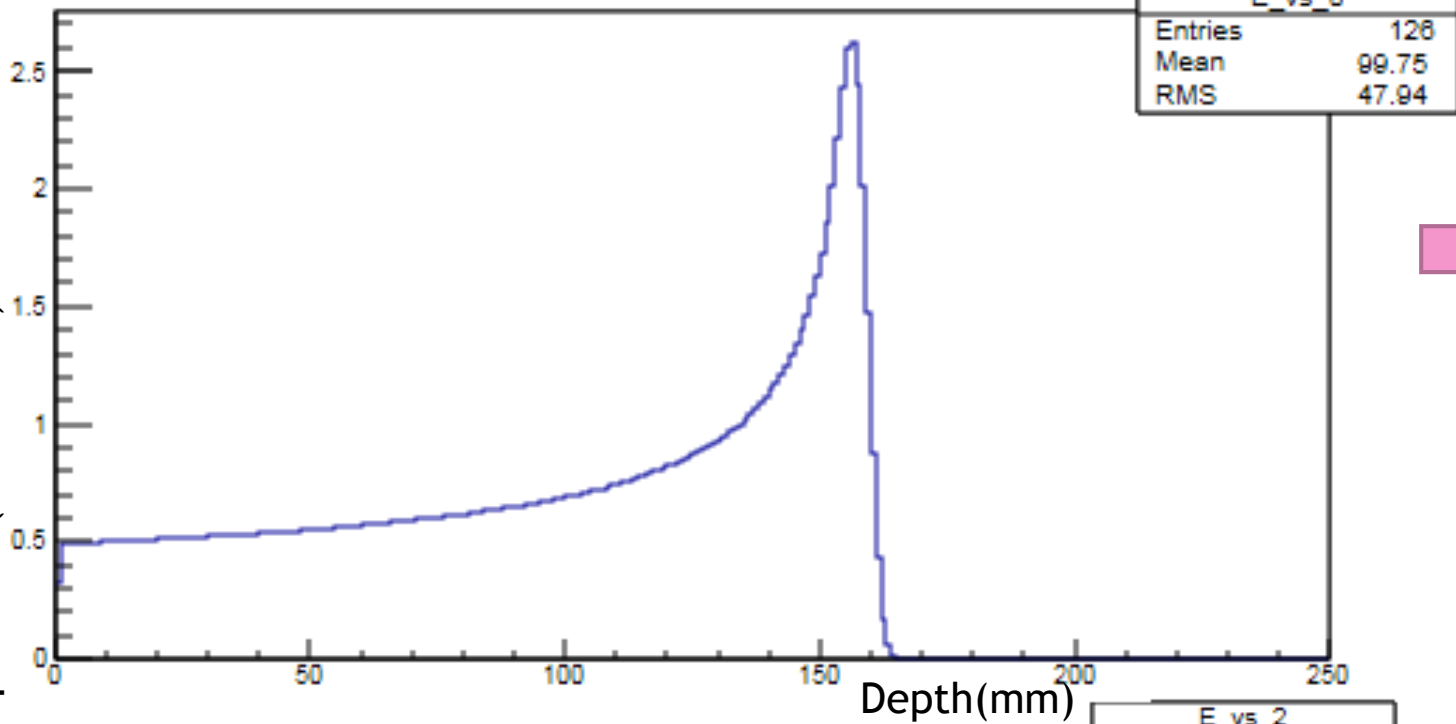
Протоны



Фиг.7 Протоны с
енергия 150 MeV

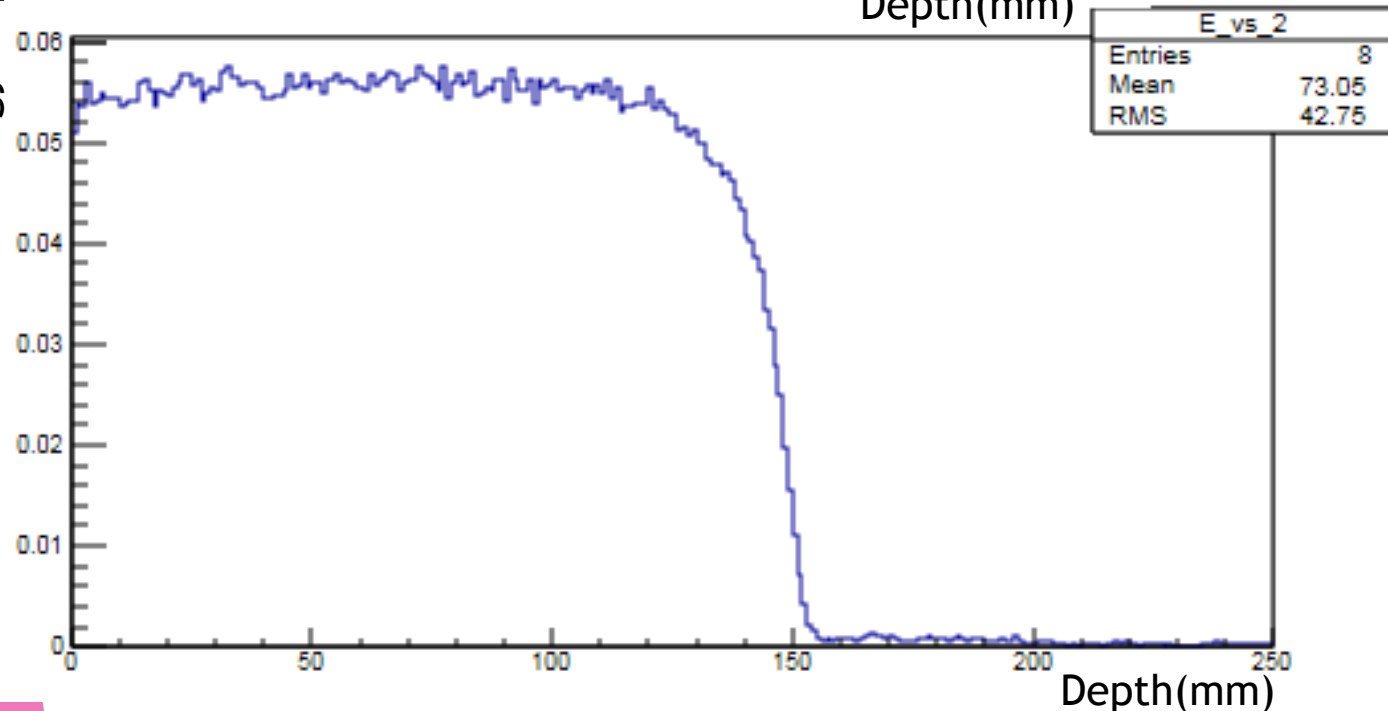
$$N = 144$$

Linear energy deposition(MeV/mm)



Фиг.8 EM процеси за протони с E= 150 MeV

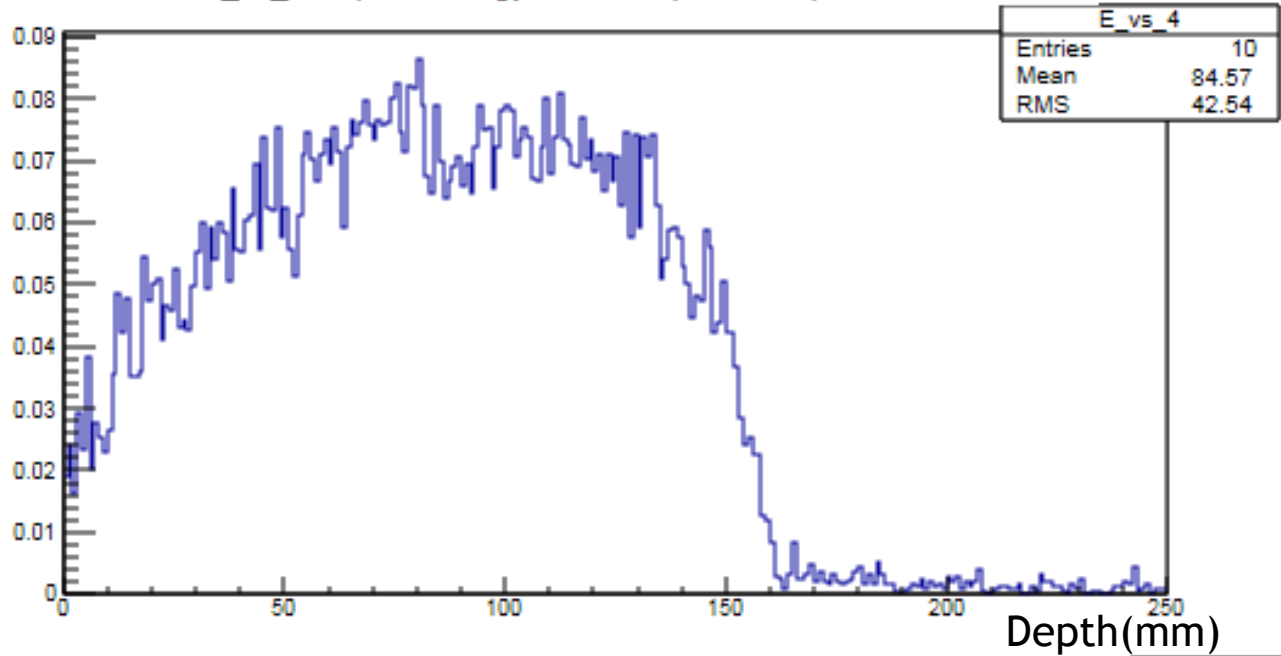
$\int = 126,3 \rightarrow 87,7\%$ от пълния интеграл



Фиг.9 Транспортни процеси за протони с E = 150 MeV

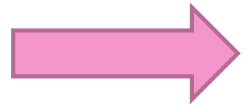
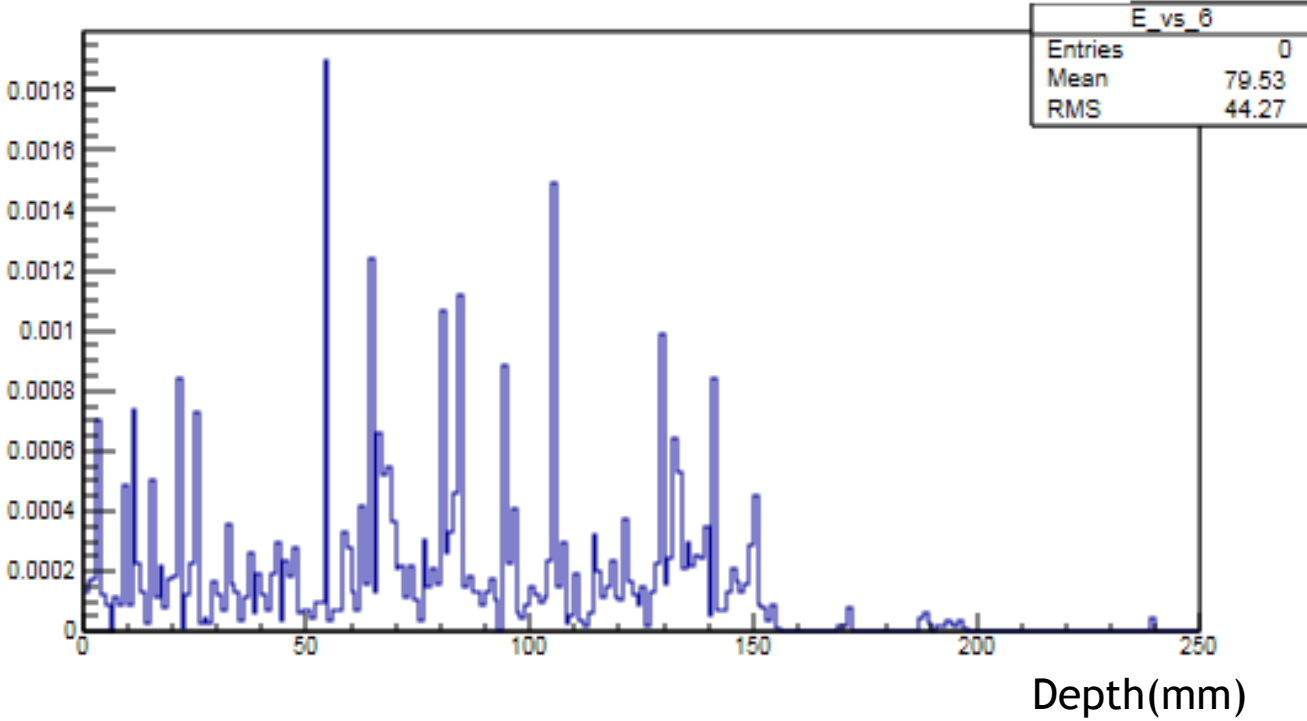
$\int = 8,034 \rightarrow 5,58\%$ от пълния интеграл

Linear energy deposition(MeV/mm)



Фиг.10 Адронни процеси за протони с E = 150 MeV

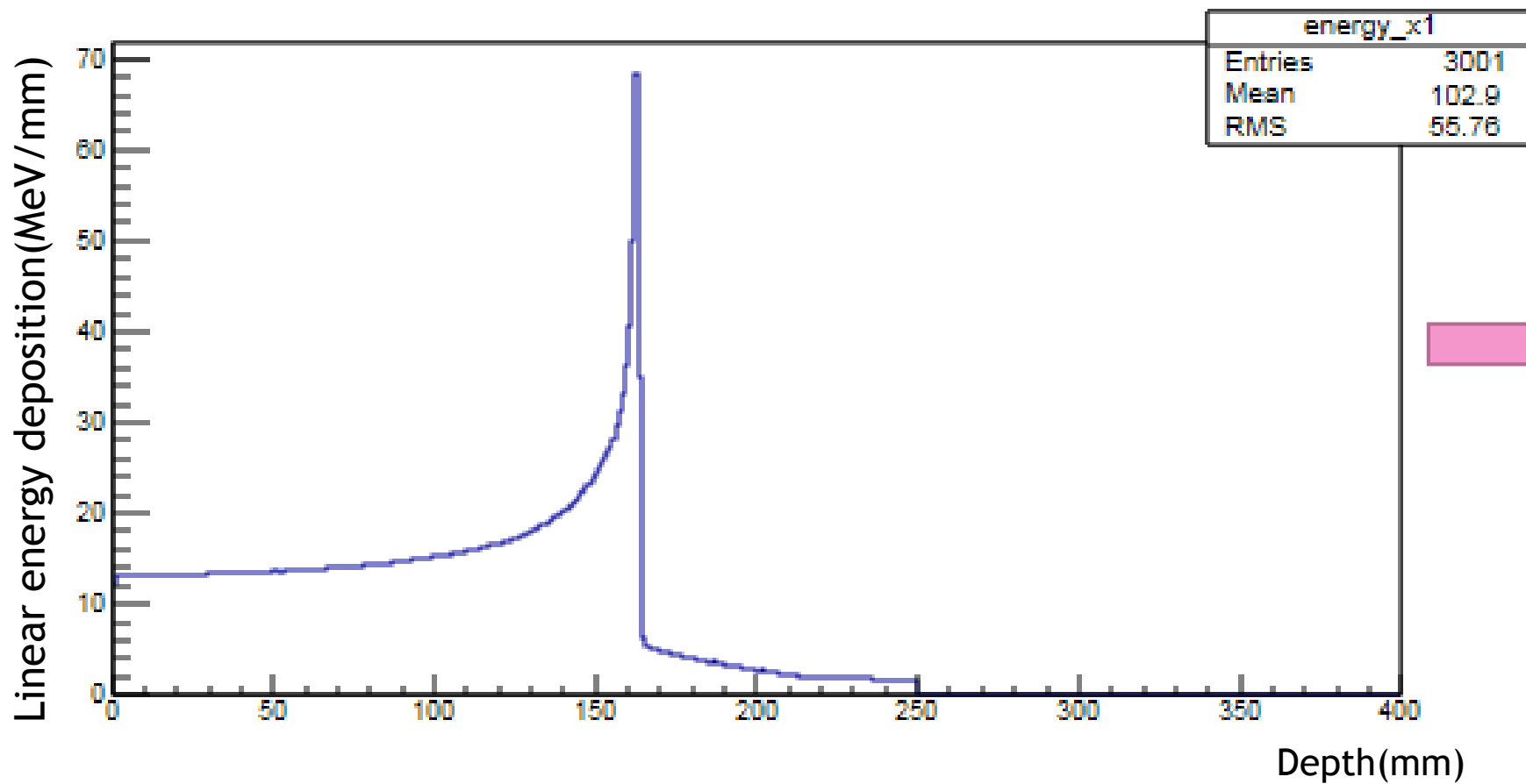
$\int = 9,614 \rightarrow 6,68\%$ от пълния интеграл



Фиг.11 Радиоактивни разпади за протони с E = 150 MeV

$\int = 0,0378 \rightarrow 0,04\%$ от пълния интеграл

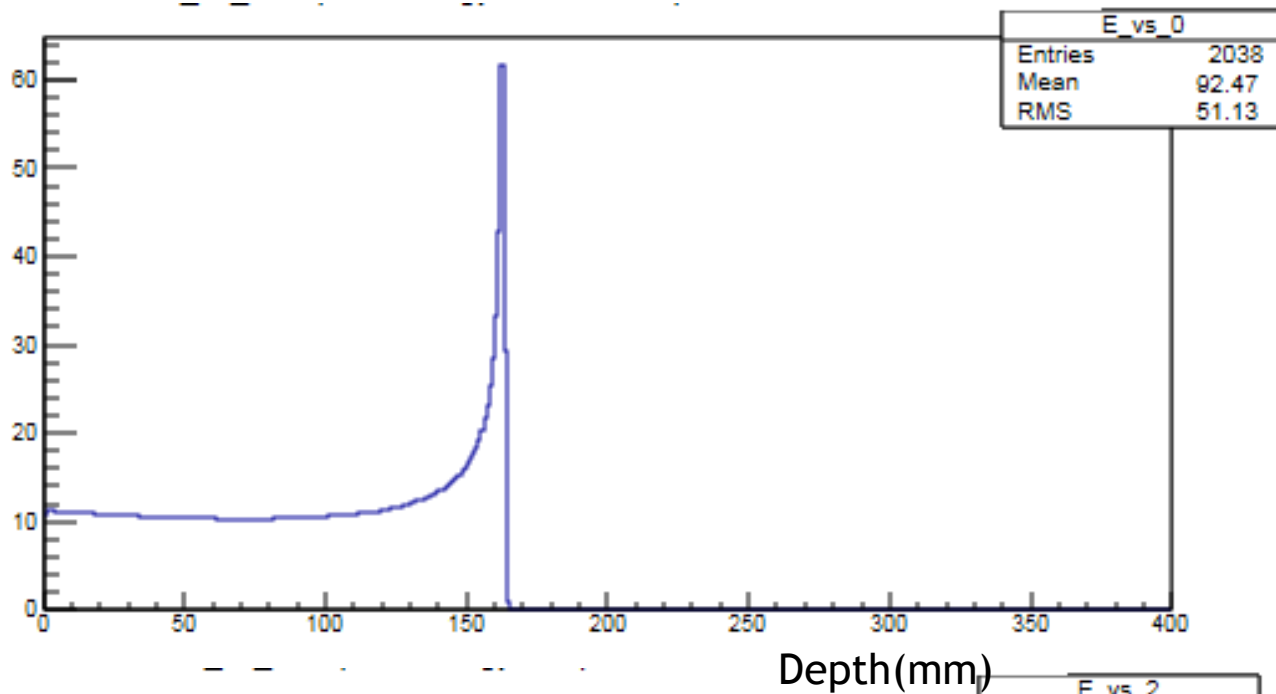
Въглеродни йони



Фиг.12 Въглеродни йони с енергия 290 MeV/n

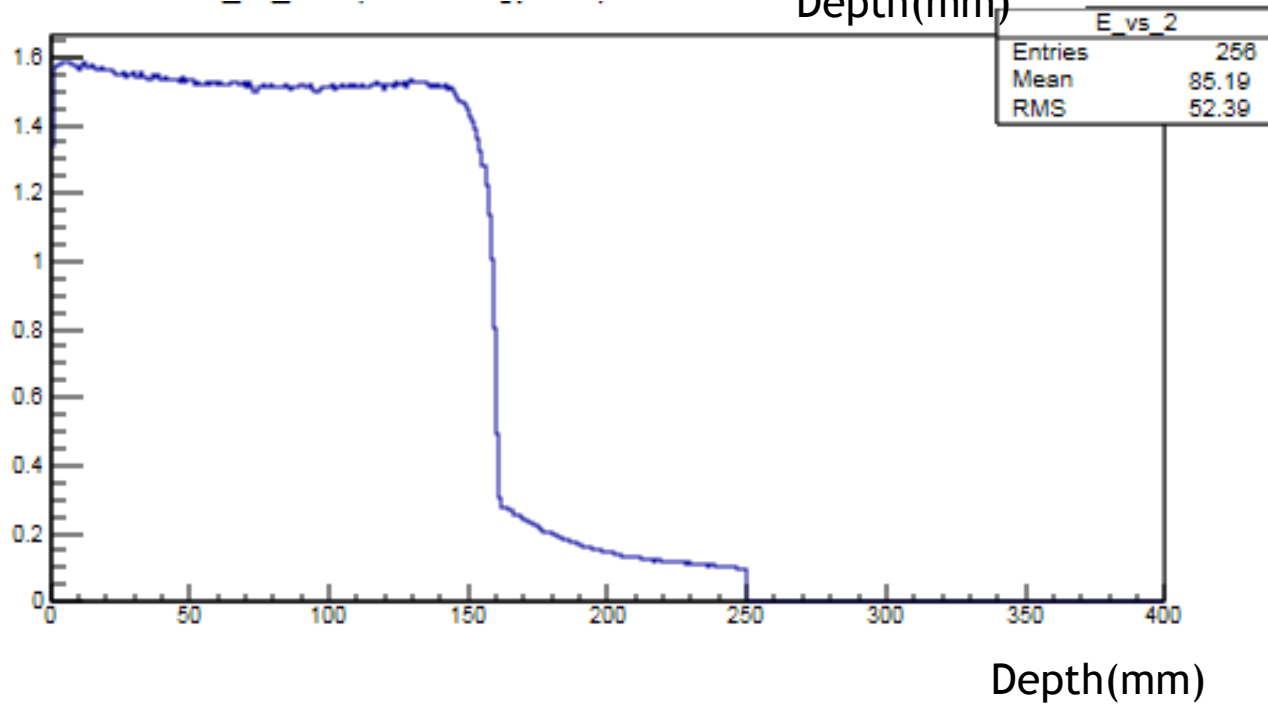
$\int = 3001$ е пълния интеграл

Linear energy deposition(MeV/mm)



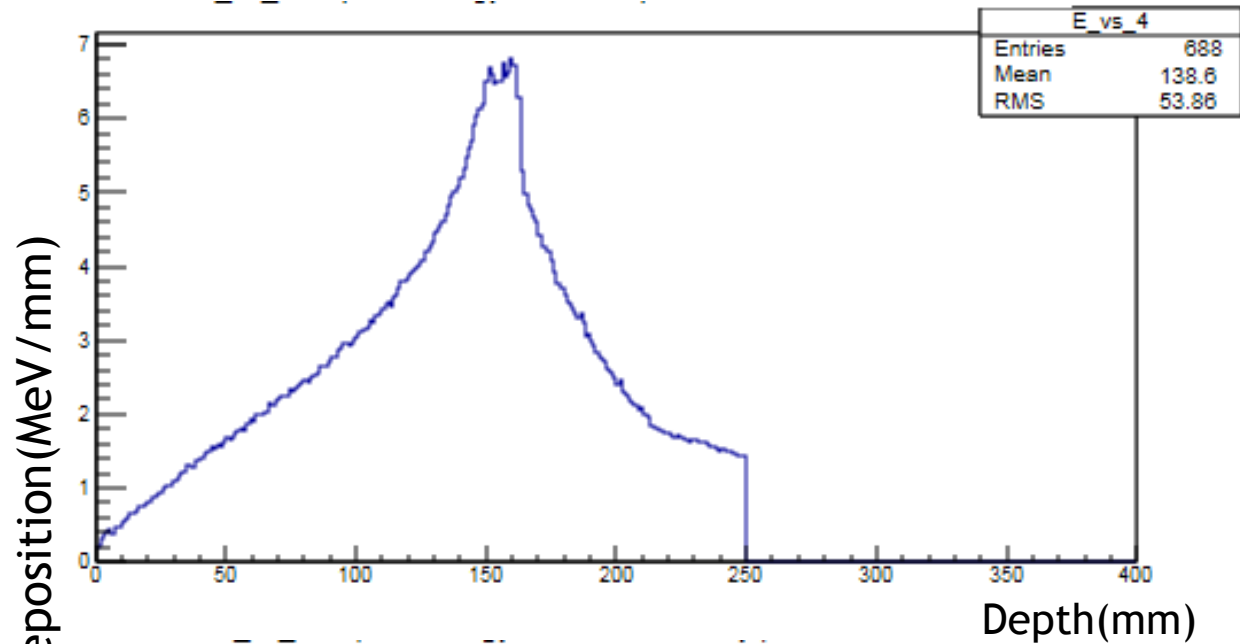
Фиг.13 ЕМ процеси за въглеродни йони с $E = 290 \text{ MeV/n}$

$\int = 2038 \rightarrow 67,9\%$ от пълния интеграл



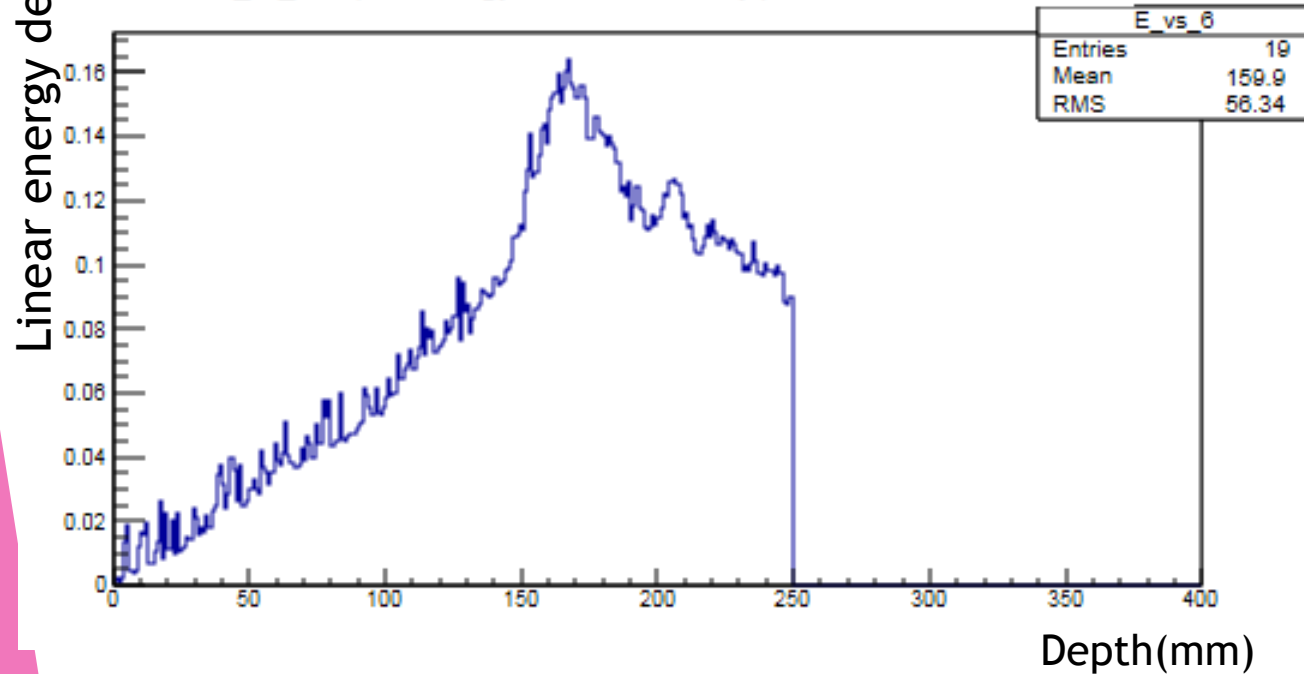
Фиг.14 Транспортни процеси за въглеродни йони с $E = 290 \text{ MeV/n}$

$\int = 255,7 \rightarrow 8,52\%$ от пълния интеграл



Фиг.15 Адронни процеси за въглеродни йони с $E = 290 \text{ MeV/n}$

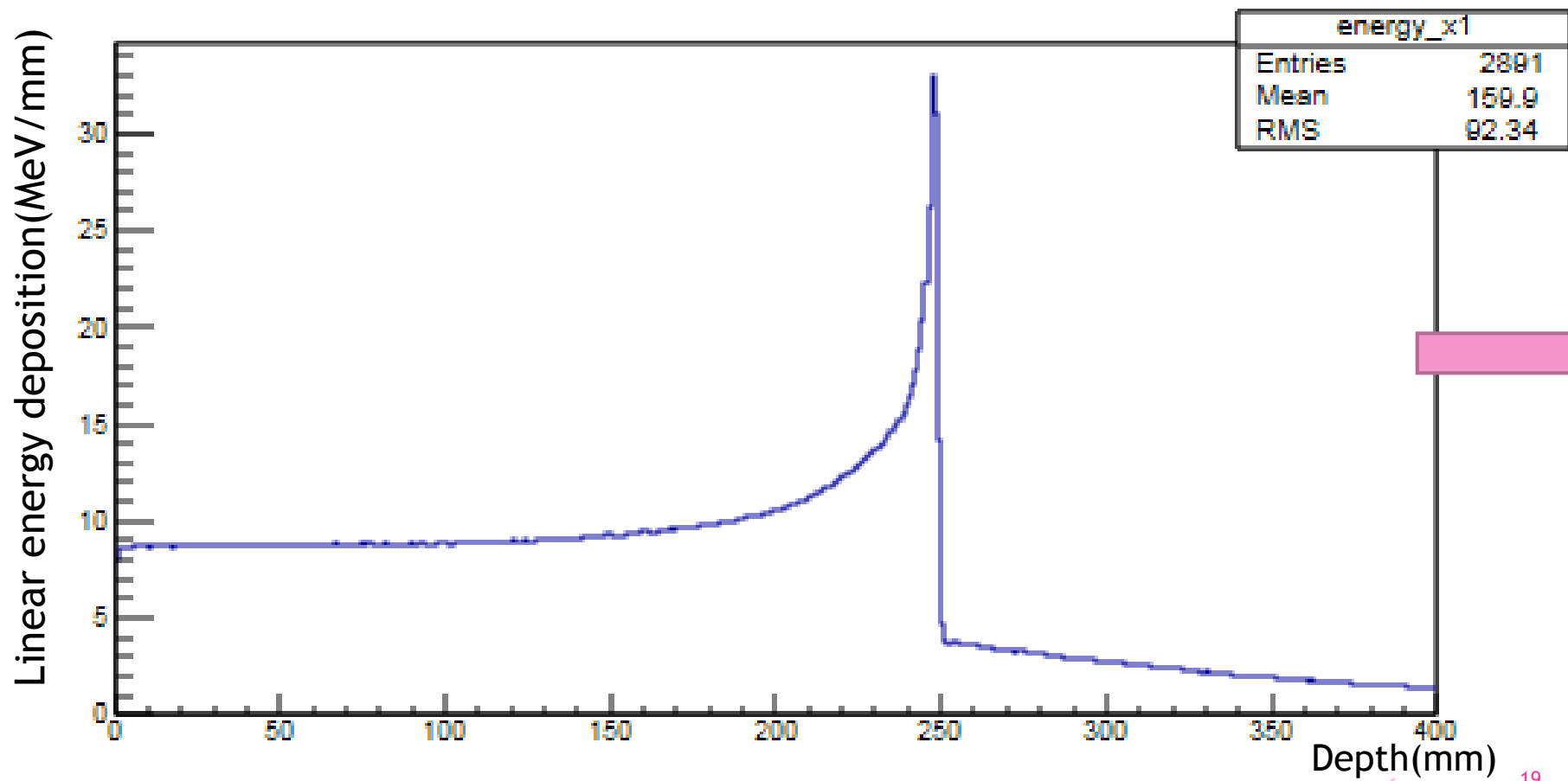
$\int = 687,8 \rightarrow 22,91\%$ от пълния интеграл



Фиг.16 Радиоактивни разпади за въглеродни йони с $E = 290 \text{ MeV/n}$

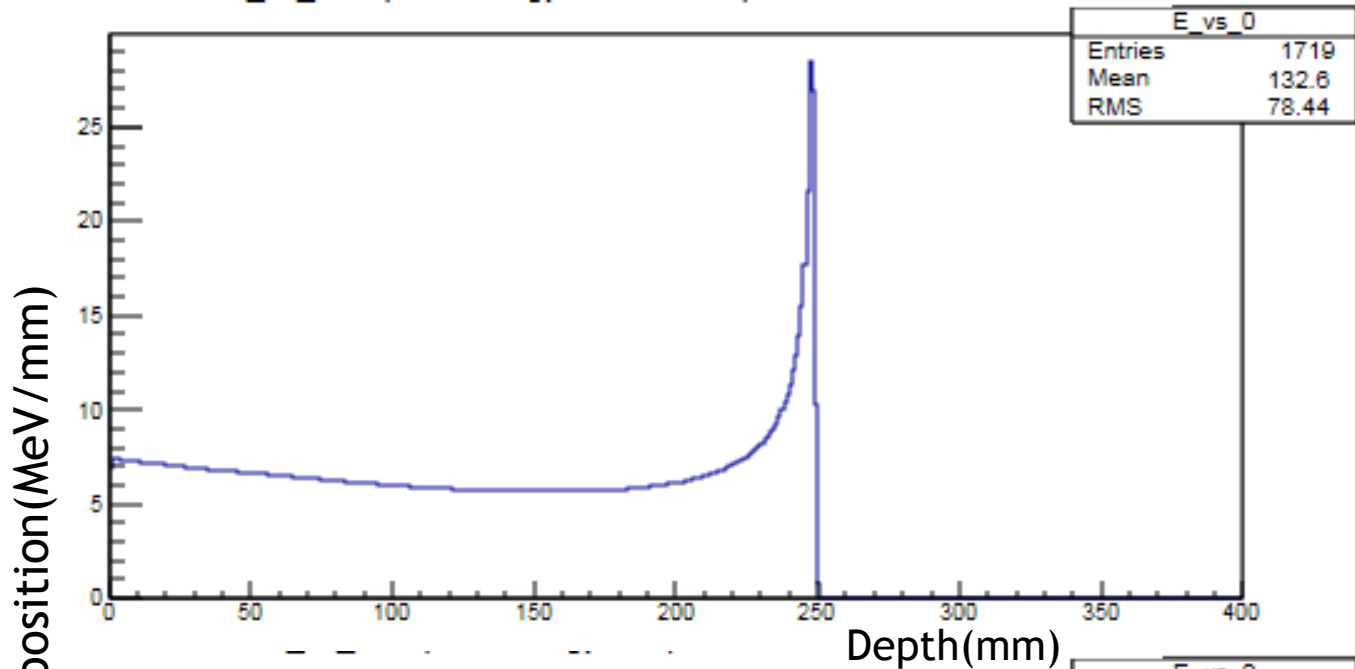
$\int = 19,42 \rightarrow 0,67\%$ от пълния интеграл

Бор-11



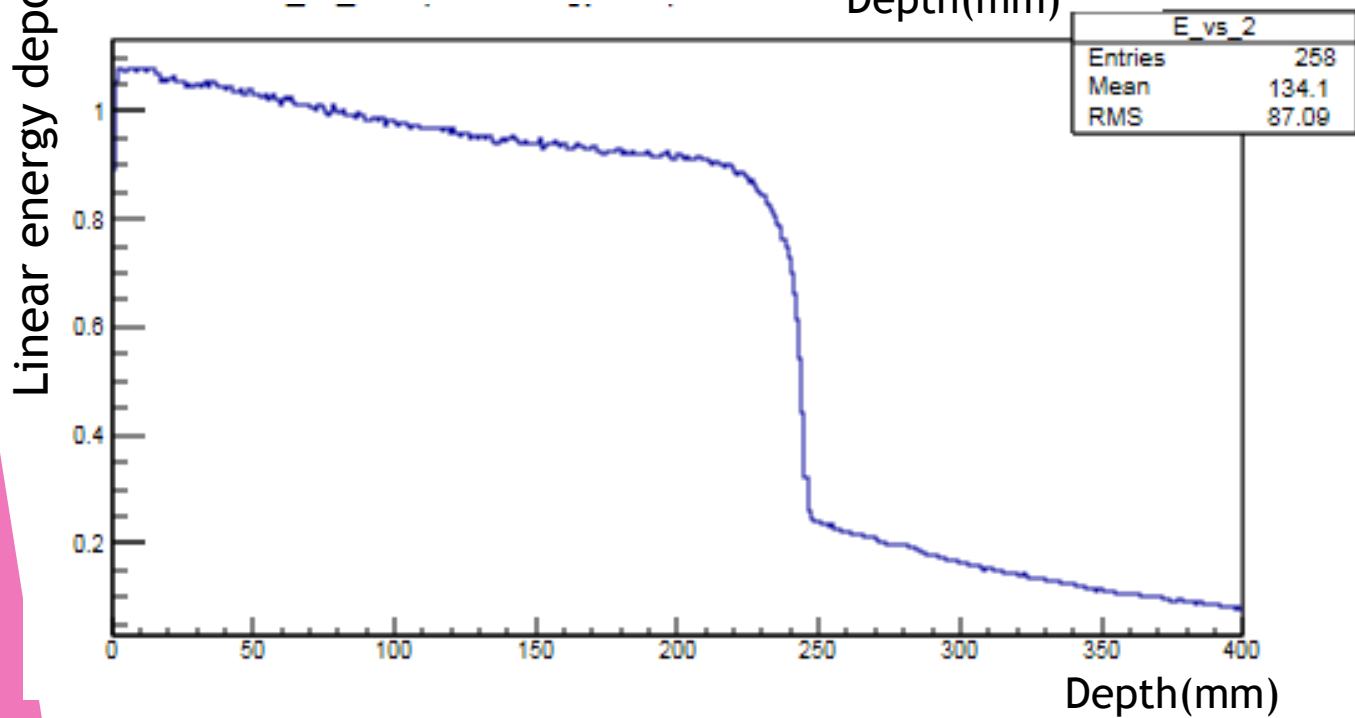
Фиг.17 Бор 11 с енергия 290 MeV/n

$\int = 2891$ е пълния интеграл



Фиг.18 ЕМ процеси за бор- 11 с $E = 290 \text{ MeV/n}$

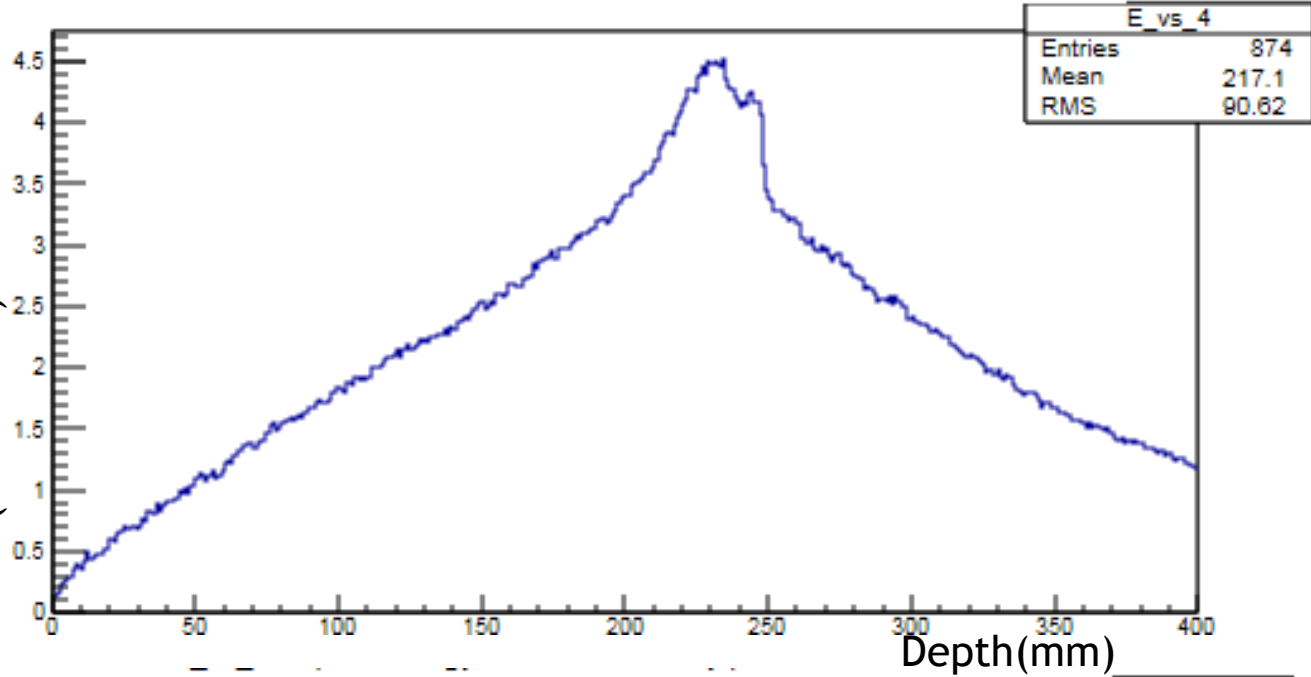
$\int = 1719 \rightarrow 59,46 \%$ от пълния интеграл



Фиг.19 Транспортни процеси за бор-11 с $E = 290 \text{ MeV/n}$

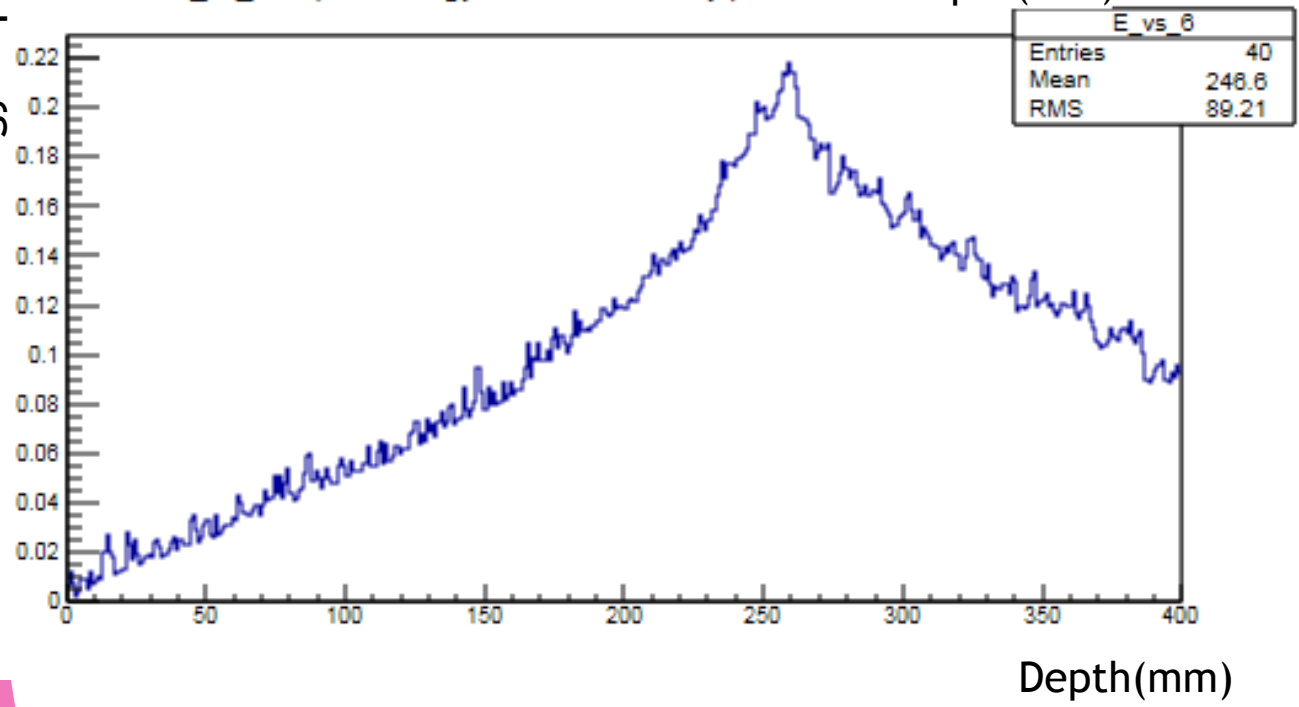
$\int = 258 \rightarrow 8,92 \%$ от пълния интеграл

Linear energy deposition(MeV/mm)



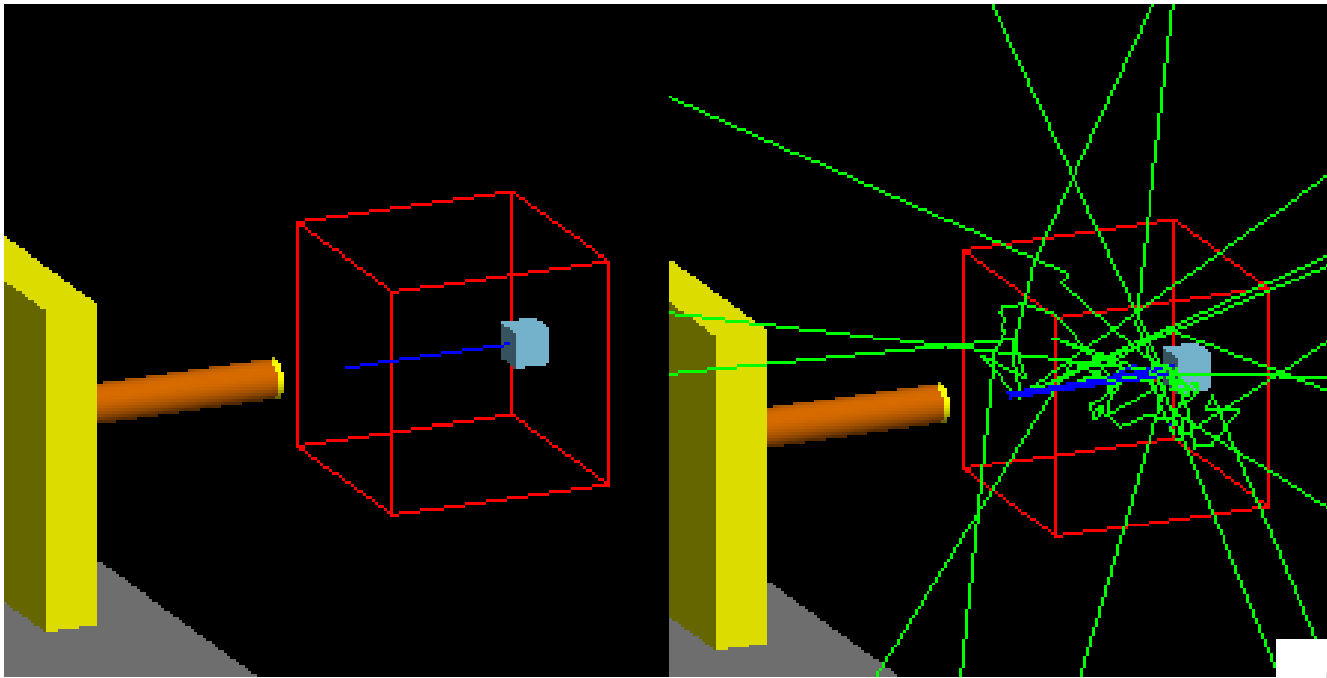
Фиг.20 Адронни процеси с E= 290 MeV/n

$\int = 874,1 \rightarrow 30,23\%$ от пълния интеграл



Фиг.21 Радиоактивни разпади с E= 290 MeV/n

$\int = 40,45 \rightarrow 1,39\%$ от пълния интеграл



Фиг.22 Фантом в симулациите

Епротон = 182 MeV

Gauss profile $\sigma = 0,744$ MeV

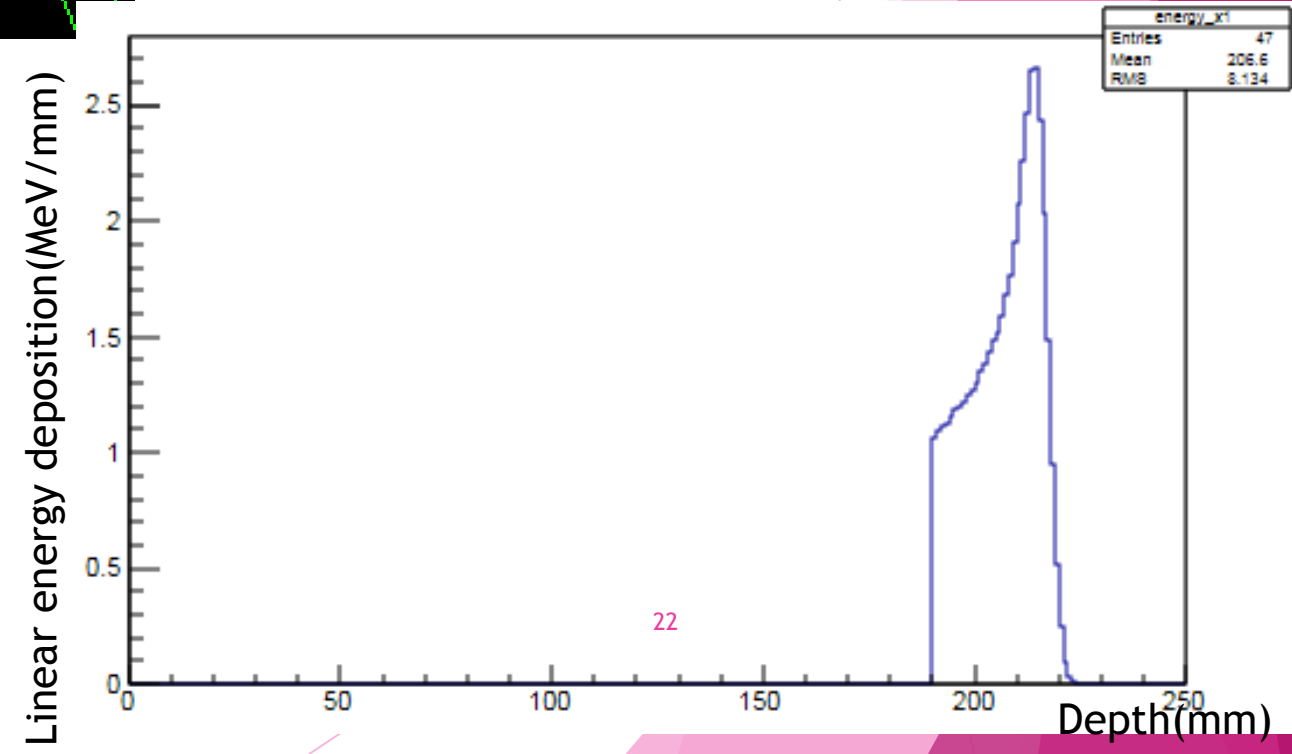
Фантом - 25x25x25 см

Детектор - 4x4x4 см

Позиция - 19x10.5x10.5 см

Воксели - 0.1x0.1x0.1 см

Фиг.23 Протони с E=182 MeV



Заклучение

- ▶ Проведена е симулация на взаимодействието на протони и леки йони с вода и РММА:
- ▶ - Оценена е дълбочината на проникване на протони и леки йони в зависимост от тяхната Е
- ▶ - Изследван е линейния енергиен трансфер за протони, леки йони и бор
- ▶ - Показано е, че третирането на тумори с С-12 е значително по-ефективно от това с протони, като честотата на взаимодействие на йоните в областта на пика на Бряг е няколко пъти по-голяма

През изминалата година

- ▶ В периода 15.10.2018 - 26.10.2018г. посещение на лекции по Радиобиология част от основен курс по лъчелечение с ръководител проф. Л.Гочева.
- ▶ Разработен скрипт за изваждане и анализиране на резултатите от симулациите.
- ▶ Изследване на резултатите с помощта на хистограми и пакет за техния анализ ROOT
- ▶ Изследване на зависимостта на линеен енергиен трансфер за протони и въглеродни йони във вода с помощта на софтуерен пакет GEANT4
- ▶ Изследване на предимствата на въглеродните йони и протони, спрямо фотони
- ▶ Проведено сравнение с експерименталните данни от научната литература
- ▶ В период 14.05.2019 - 16.05.2019г. участие в XII-тата студентска школа по ядрена физика „Дни на ОИЯИ в България“

Благодаря Ви за вниманието!