

изготовлению цельномолочной продукции на предприятии ОАО «Рогачевский МКК». Разработка методики калибровки данной системы является задачей весьма актуальной.

Нами разработана методика калибровки дозирующей системы автоматической машины «TRIBLOCK 18/18/6». Методика калибровки соответствует требованиям ТКП 8.014–2012 (03220) «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Калибровка средств измерений» и включает в себя следующие разделы: вводная часть, операции калибровки и средства калибровки, требования безопасности, требования к квалификации калибровщиков, условия калибровки, подготовка к калибровке, проведение калибровки и оформление результатов калибровки. Калибровка осуществляется методом сличения. В настоящее время ведется работа по расчету неопределенностей измерений в соответствии с СТБ 8077–2017 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Методы оценивания неопределенности измерений при калибровках» и оформлению результатов калибровки.

Разработанная нами методика калибровки дозирующей системы автоматической машины «TRIBLOCK 18/18/6», удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к данным техническим документам, будет внедрена на ОАО «Рогачевский МКК» и позволит осуществлять метрологический контроль данного оборудования в соответствии с законом Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений».

**Д. В. Куцолан**

Науч. рук. **О. М. Дерюжкова,**

канд. физ.-мат. наук, доцент

## МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ

Главным механизмом взаимодействия тяжёлых заряженных частиц (протоны  $p$ , ядра гелия  ${}^2\text{He}^3$ ,  $\alpha$ -частицы  ${}^2\text{He}^4$ , продукты деления ядер) с веществом является ионизационное торможение. Попадая в вещество, заряженная частица совершает тысячи соударений с атомными электронами. Теряя свою кинетическую энергию на возбуждение и ионизацию атомов, частица останавливается.

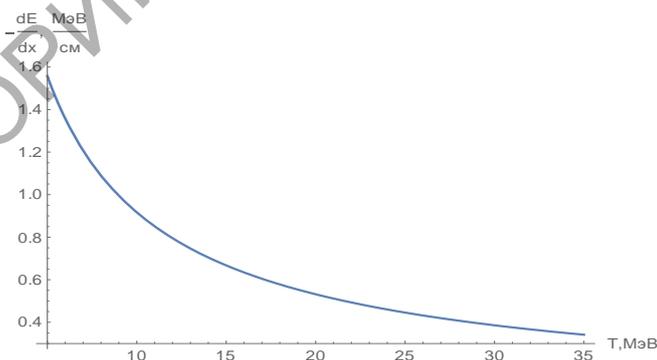


Рисунок 1 – Зависимость удельной потери энергии в  ${}_{13}\text{Al}^{27}$  от энергии  $p$

Основные физические величины, характеризующие прохождение тяжёлых заряженных частиц – удельные потери энергии  $\frac{dE}{dx}$ , которые определяют тормозную способность вещества, а так же пробег частицы в веществе  $R$  или расстояние, при прохождении которого заряженная частица меняет свою энергию от начального значения до нуля. Пробег частицы в веществе зависит от её энергии, массы и заряда, а

также от характеристик вещества [1]. Из-за большой массы частицы её траектория в веществе почти прямолинейна.

Моделирование поведения  $p$  в алюминии  ${}_{13}\text{Al}^{27}$  с помощью системы Wolfram Mathematica (рисунок 1) свидетельствует о том, что удельные потери энергии растут с уменьшением кинетической энергии  $T$  протона  $p$ . Так при  $T=30\text{МэВ}$  удельные потери энергии составляют  $\frac{dE}{dx} = 0,385 \frac{\text{МэВ}}{\text{см}}$ , а при  $T=10\text{МэВ}$  –  $\frac{dE}{dx} = 0,91 \frac{\text{МэВ}}{\text{см}}$ . Особенно резко это наблюдается перед остановкой в веществе (пик Брэгга).

Численные расчеты и аналитические преобразования в системе Wolfram Mathematica позволяют установить закономерности потерь энергии частиц в зависимости от их характеристик и свойств вещества.

### Литература

1 Широков, Ю. М. Ядерная физика / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. – М.: Наука, 1980.

**В. Д. Матюшенко**

Науч. рук. **О. М. Дерюжкова,**

канд. физ.-мат. наук, доцент

### МЕХАНИЗМЫ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Механизмы ядерных реакций классифицируют по энергии налетающей частицы  $T$  и времени протекания реакции  $\tau$  [1]. Выделяют механизмы при высоких и низких энергиях падающих частиц. Используя среду Wolfram Mathematica, смоделируем зависимость длины волны  $\lambda$  падающей частицы на ядро радиуса  $R \sim 10^{-13}$  см от ее кинетической энергии  $T$ . Т.е., рассмотрим как энергия согласуется с  $\tau$ . Для этого воспользуемся формулой:

$$\lambda = \frac{\hbar c}{\sqrt{T(T+2mc^2)}},$$

где  $\hbar=c=1$ ,  $m$  – масса падающей частицы.

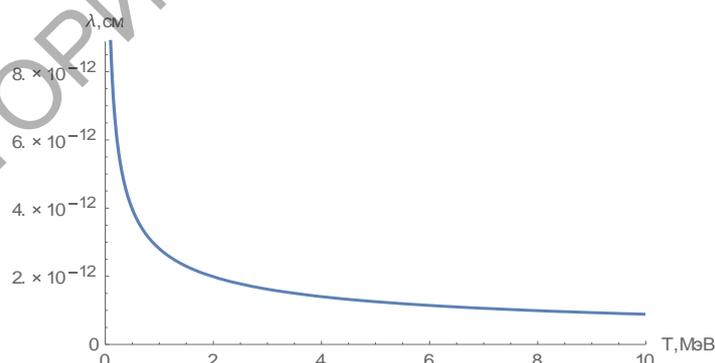


Рисунок 1 – Зависимость  $\lambda$  падающей частицы от ее кинетической энергии  $T$

Из анализа рисунка 1 следует, что если  $T \gg 1\text{МэВ}$ , то  $\lambda \ll R$  и высокоэнергетическая частица взаимодействует с ядром-мишенью как единым целым. Следовательно, передает свою энергию только одному-двум нуклонам ядра, при этом