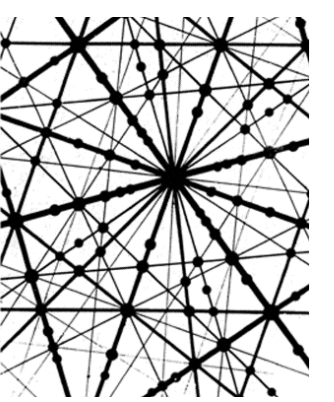


# Энергетические спектры отраженных частиц при бомбардировке атомами водорода поверхности вольфрама

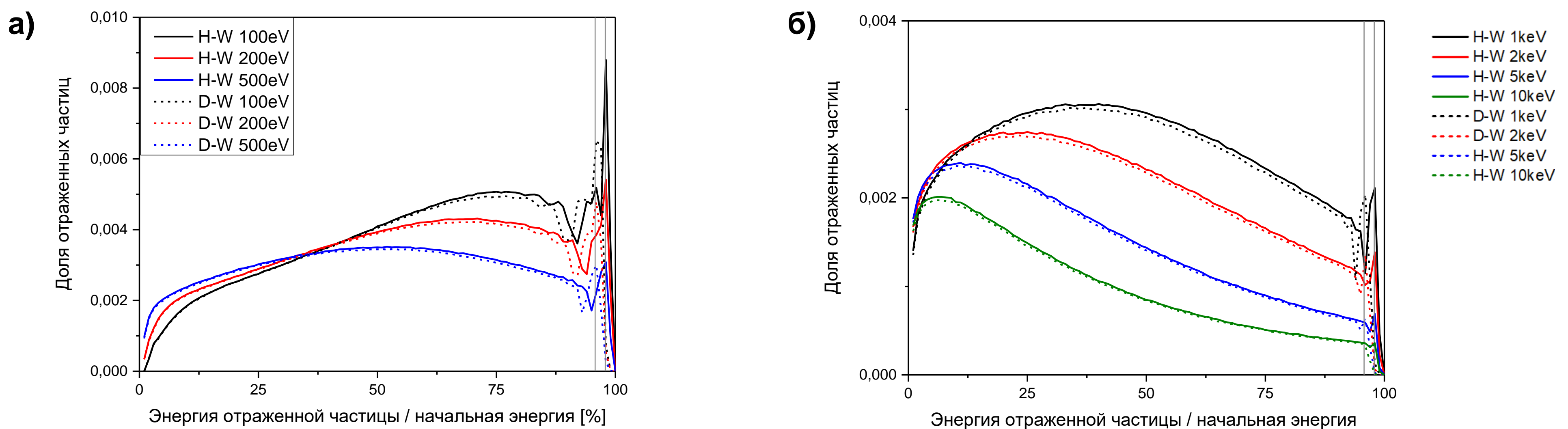


В.С. Михайлов, Д.С. Тенсин, А.Н. Зиновьев  
ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: zinoviev@inprof.ioffe.ru



## Аннотация

Рассчитаны спектры обратно рассеянных частиц для случая перпендикулярной бомбардировки вольфрама атомами водорода и дейтерия. Диапазон энергий бомбардирующих частиц лежит в пределах от 100эВ до 10кэВ. Энергетический спектр рассчитан для различных углов рассеянных частиц. Полученные данные могут позволить более точно проводить моделирование плазмы вблизи области дивертора токамака ИТЭР. В коде [1] использовалось приближение парных столкновений.

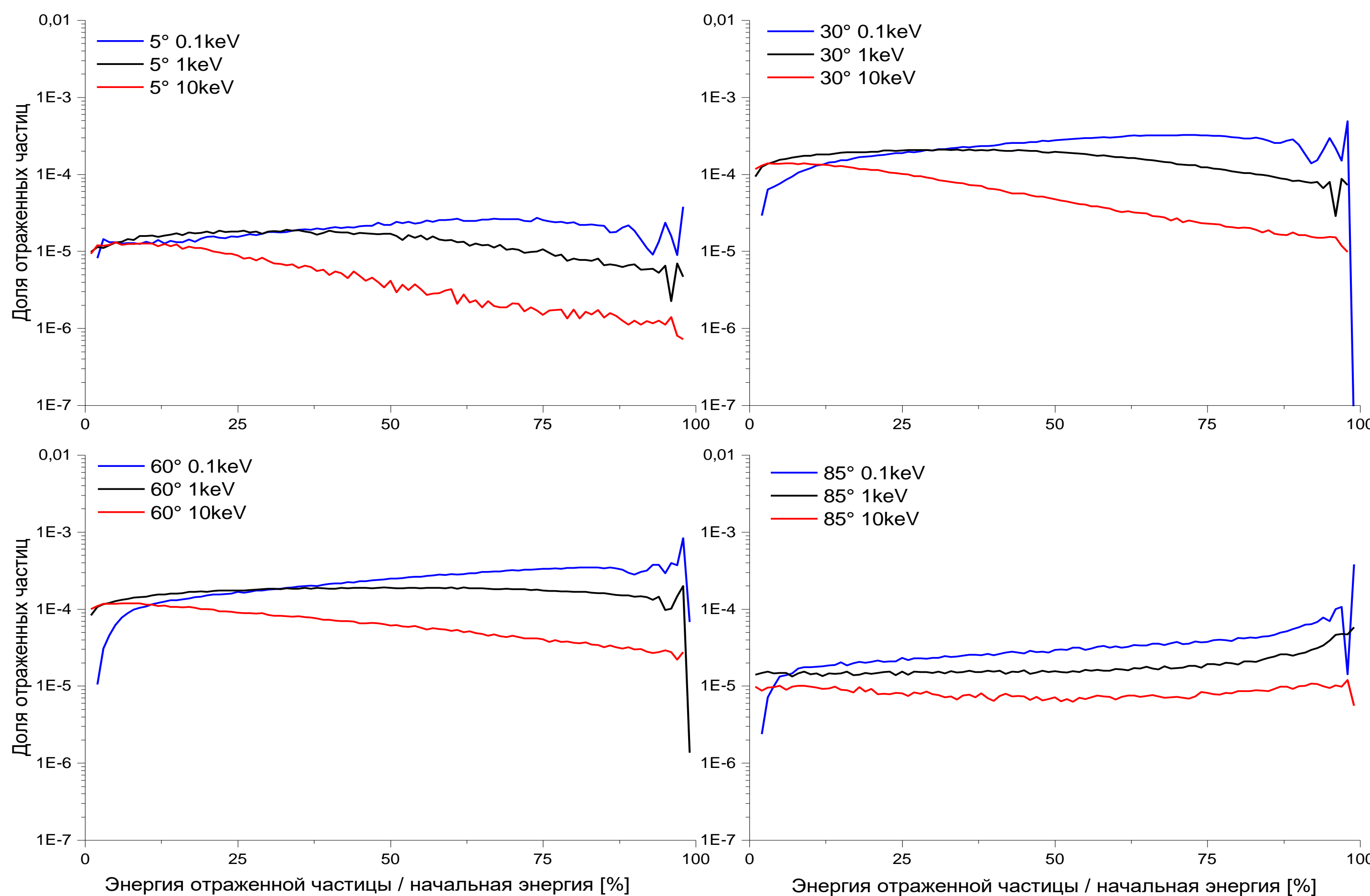


**Рис. 1.** Зависимости энергетических спектров рассеянных частиц от энергий налетающих частиц. По оси абсцисс представлена энергия отраженных частиц нормированная на 100% начальной энергии. По оси ординат представлено доля отраженных частиц.

Статистика составляет 50 миллионов налетающих частиц. Число отраженных частиц больше для более низких энергий, так как коэффициент отражения уменьшается с увеличением энергии. Вертикальными линиями обозначено положение пика однократного рассеивания на поверхности для водорода H (справа) и дейтерия D (слева). Положение пика вычисляется по формуле:

$$\frac{E_1}{E_0} = \left[ \frac{M_1}{M_1 + M_2} \right]^2 \cdot \left( \cos \theta \pm \left\{ \left( \frac{M_2}{M_1} \right)^2 - \sin^2 \theta \right\}^{\frac{1}{2}} \right)^2$$

Где  $E_0$  – энергия налетающего иона,  $M_1$  и  $M_2$  – масса соответственно налетающего иона и атома поверхности,  $\theta$  – угол рассеяния. Видно, что модель точно описывает расположение этого пика, он совпадает для различных энергий



**Рис. 2.** Зависимости энергетических спектров рассеянных частиц для различных углов

Угол спектра рассеянных частиц рассматривался в интервале  $\pm 2.5^\circ$ . Наблюдается изменение формы профиля спектра для различных углов рассеянных частиц. При рассеивание на малые и на большие углы наблюдается спад общего числа рассеянных частиц.

## Выводы

Таким образом, рассчитаны спектры обратно рассеянных частиц для случая перпендикулярной бомбардировки вольфрама атомами водорода и дейтерия. Наблюдается сдвиг максимума спектра в сторону меньших энергий при возрастании энергии налетающей частицы. Также продемонстрирована сильная зависимость спектра для различных углов рассеивания. Эти результаты могут быть полезны для анализа поступления быстрых частиц водорода в плазму и для диагностики нейтральных частиц.

## Литература

- Meluzova, D.S., Babenko, P.Y., Shergin, A.P. et al. Simulation of Particle Scattering at Amorphous and Polycrystalline Targets. J. Synch. Investig. 13, 335–338 (2019)