

## СПЕКТАТОРЫ ИЗ УГЛЕРОДНОЙ МИШЕНИ В СС- ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,2 АГЭВ/с

Н. Халдоров, М. У. Султанов, Б. Имомов,  
И. Эгамбердиев, А. Шодиев, Ж. Пармонов

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

С. Юлдашев

Самаркандский государственный университет

### АННОТАЦИЯ

Обсуждается механизм образование спектаторных нуклонов из ядра снаряда в СС -взаимодействиях. Проведены теоретические расчеты по импульсно-угловым характеристикам испарительных нуклонов из ядра-снаряда, которые важны при решении проблемы выделения частиц–спектаторов. Рассмотрены особенности испарительных нуклонов для выделения их из экспериментальных распределений.

**Ключевые слова:** импульс, спектатор, протон, мишень, распределение, нуклон.

### ABSTRACT

The mechanism of formation of spectator nucleons from a projectile nucleus in СС-interactions is discussed. We performed theoretical calculations for momentum–angular characteristics of the nucleons evaporated from the projectile nucleus, which are important for solution of the problem of identification of spectator-particles. Specific features of the evaporated nucleons in terms of their identification from experimental distributions were considered.

**Keywords:** momentum, spectator, proton, target, distribution, nucleon.

### ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с современным представлением о механизма столкновения релятивистских ядер с ядром-мишенью играет существенную роль частицы-спектаторы и частицы-участники, которые должны различаться между собой. Поэтому для выделения частиц-спектаторов в экспериментальных работах используются разные критерии отбора, которые

основаны на их угловых и импульсных распределениях. При этом в результате столкновения релятивистских ядер частицы-спектаторы образуются как из ядер-мишени, так и из ядер – снарядов.

С этой целью нами были проведены теоретические расчеты, которые важны при решении проблемы выделения частиц-спектаторов, а именно, испарительных нуклонов из ядра-снаряда.

## ЛИТЕРАТУРА И МЕТОДОЛОГИЯ

В частности, проведены расчеты импульсно-угловых характеристик испарительных нуклонов из ядра-снаряда. Рассматриваются также найденные расчетным способом особенности испарительных нуклонов с целью их выделения из экспериментальных распределений, получаемых при изучении ядерных взаимодействий [1].

### Две стадии ядерного взаимодействия

Как уже известно, что взаимодействие налетающего ядра с ядром-мишенью разделяют на две стадии.

В первой стадии реализуется процесс сильного взаимодействия в ядре-мишени, к которой относят множественное образование частиц. После акта сильного взаимодействия ядро приобретает угловой момент, становится пространственно-деформированным, возбуждается. Образование испарительных и стриппинговых частиц относят ко второй стадии взаимодействия (более длительной по времени, чем первая). Деформированное ядро претерпевает ряд превращений, переходя в состояние с меньшим значением энергии ядра.

Для второй стадии взаимодействия характерен процесс испускания нуклонов из возбужденного ядра, т.е. "испарение" нуклонов (и, возможно, фрагментов ядра). В собственной системе ядра импульсы испарительных нуклонов составляют меньше 300 МэВ [2]. Но так как сохранившееся ядро (рассматриваем ядро-снаряд) продолжает свое движение, то на импульсы испарительных нуклонов накладывается "переносное" движение ядра-снаряда.

В системе регистрирующего прибора заряженные испарительные частицы из ядра - снаряда оставят следы в узком конусе вперед вокруг направления пучка. Однако в число частиц, летящих в узком конусе вперед, помимо испарительных частиц ядра - снаряда дают вклад и частицы от других процессов.

Для легкого ядра, каким является ядро углерода, доминирующим является акт сильного взаимодействия. Если он произошел в рамках периферического механизма (с возможным небольшим разрушением ядра-снаряда), то он будет сопровождаться процессом испарения нуклонов из этого ядра. Для конкретной реакции СС при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон согласно экспериментальным оценкам [2] характерна небольшая энергия возбуждения порядка 100 МэВ на все ядро углерода. Механизм каскадного взаимодействия (от первой стадии взаимодействия) начинает заметно проявляться сопровождаемый энергией возбуждения легких ядер более 150 МэВ [3].

Для условий небольшого возбуждения ядра-снаряда углерода и проводятся расчеты по нахождению зависимости угол-импульс испарительных нуклонов от ядра-снаряда в лабораторной системе.

В число частиц в узком конусе вперед в лабораторной системе могут давать вклад также нуклоны и пионы из акта сильного взаимодействия, т.е. от первой стадии взаимодействия (см., например, [4-5]).

Из всех процессов, ведущих к появлению частиц в узком конусе вперед, будем рассматривать только вклад от процесса испарения ядра-снаряда в распределение частиц-спектаторов. Для этого надо перевести испарительные частицы из системы ядра-снаряда в лабораторную систему и провести анализ получаемых зависимостей угол-импульс.

Рассмотрение характеристик испарительных нуклонов из ядра-снаряда делается на примере взаимодействия ядер углерода с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон с ядрами углерода, так как эти реакции широко изучаются в Международной коллаборации по анализу взаимодействий релятивистских ядер углерода с водородом и углеродом.

Выбор для анализа частиц из ядра-снаряда обусловлен экспериментальными условиями. Протоны от ядра-мишени с импульсом меньше 150 МэВ/с в пропановой камере не видны. Частицы испарения от ядра-снаряда в лабораторной системе измеряются практически все. Это дает возможность анализа в эксперименте их импульсного распределения, что соответствует в системе ядра-снаряда анализу распределения, начиная примерно с 20-40 МэВ/с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Зависимость угол - импульс для нуклонов – спектаторов

Для получения зависимости угла от импульса для испарительных нуклонов ядра - снаряда (протонов и нейтронов) в лабораторной системе было использовано кинематическое соотношение Лоренца. Кинетические характеристики испарительных частиц из системы, в которой покоится ядро-снаряд, были переведены в систему, в которой ядро углерода движется с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон.

Расчеты с учетом импульсного спектра испарительных нуклонов показали, что в области меньше 140 МэВ/с находится около 94 % испарительных нуклонов, от 140 до 170 МэВ/с - около 4 % и от 170 до 240 МэВ/с - 2 % испарительных нуклонов ядра-снаряда. Более подробные данные о соответствии граничных величин импульсов испарительных нуклонов ядра-снаряда, их максимальных углах и вкладе (вероятности) испарительных нуклонов внутри граничных кривых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Граничные величины для импульса и энергии испарительных нуклонов.

$P_{исп}(p)$ , ГэВ/с	$E_{исп}(p)$ , ГэВ	Доля, %	Границы, ГэВ/с	Угол, Градус
<b>0,100</b>	<b>0,0053</b>	<b>79</b>	<b>3,85-4,79</b>	<b>1,33</b>
<b>0,110</b>	<b>0,0064</b>	<b>84,18</b>	<b>3,81-4,84</b>	<b>1,47</b>
<b>0,120</b>	<b>0,0076</b>	<b>88,27</b>	<b>3,77-4,90</b>	<b>1,60</b>
<b>0,130</b>	<b>0,0090</b>	<b>91,48</b>	<b>3,73-4,95</b>	<b>1,73</b>
<b>0,140</b>	<b>0,0104</b>	<b>93,85</b>	<b>3,69-5,00</b>	<b>1,87</b>
<b>0,150</b>	<b>0,0119</b>	<b>95,64</b>	<b>3,65-5,00*</b>	<b>2,00</b>
<b>0,160</b>	<b>0,0135</b>	<b>96,93</b>	<b>3,61-5,11</b>	<b>2,13</b>
<b>0,170</b>	<b>0,0153</b>	<b>97,91</b>	<b>3,57-5,17</b>	<b>2,27</b>
<b>0,180</b>	<b>0,0171</b>	<b>98,56</b>	<b>3,53-5,22</b>	<b>2,40</b>
<b>0,190</b>	<b>0,0185</b>	<b>99,04</b>	<b>3,49-5,28</b>	<b>2,53</b>
<b>0,200</b>	<b>0,0201</b>	<b>99,38</b>	<b>3,46-5,33</b>	<b>2,67</b>
<b>0,210</b>	<b>0,0232J</b>	<b>99,57</b>	<b>3,42-5,39</b>	<b>2,80</b>
<b>0,220</b>	<b>0,0254</b>	<b>99,73</b>	<b>3,38-5,45</b>	<b>2,93</b>
<b>0,230</b>	<b>0,0278</b>	<b>99,86</b>	<b>3,35-5,51</b>	<b>3,07</b>
<b>0,240</b>	<b>0,0302</b>	<b>99,95</b>	<b>3,31-5,56</b>	<b>3,20</b>
<b>0,250</b>	<b>0,0327</b>	<b>100</b>	<b>3,28-5,62</b>	<b>3,33</b>
<b>0,300</b>	<b>0,0468</b>	<b>100</b>	<b>3,11-5,92</b>	<b>4,00</b>

В первых двух колонках таблицы приведены границы обрезания (по импульсу и по кинетической энергии) спектра испарительных нуклонов в системе покоя ядра-снаряда (предполагая, что угловое распределение нуклонов испарения в этой системе изотропно). В третьей колонке приведена нарастающая доля (вероятность) нуклонов испарения от ядра-снаряда с импульсом меньше, чем указаны границы в первой колонке. В четвертой и пятой колонках приведены импульсные и угловые границы для испарительных нуклонов ядра-снаряда в лабораторной системе для соответствующих границ этих нуклонов в системе покоя ядра-снаряда.

Из таблицы видно, что если ограничиться импульсом испарительных нуклонов величиной 170 МэВ/с в системе покоя ядра-снаряда (что соответствует 98 % всех нуклонов испарения от ядра-снаряда для импульса налетающего ядра углерода 4,2 ГэВ/с на нуклон), то практически все импульсы нуклонов испарения от ядра-снаряда в лабораторной системе будут ограничены областью 3,6-5,2 ГэВ/с и имеют угловое распределение меньше 2,3 градуса относительно направления пучка.

В экспериментальных работах для выделения заряженных частиц-спектаторов использовались близкие величины углового ограничения:

в работе [6] - угол меньше 3 градусов,

в работе [7] - угол 2,4 градуса,

в работе [8] - угол 2,5 градуса.

В этих работах импульс налетающего ядра-снаряда был от 4,1 до 4,5 ГэВ/с на нуклон, что совпадает со значением 4,2 ГэВ/с на нуклон в данной работе. Хорошее согласие расчетных величин ограничения по углу с приведенными выше экспериментальными данными по углу может рассматриваться как подтверждение правильности предположения, использованных в модельных расчетах по процессу испарения нуклонов из ядра углерода, а также, возможно, свидетельствовать о доминирующей роли испарительных процессов как источника нуклонов, движущихся в узком конусе вперед вдоль направления ядра - снаряда при данном импульсе пучка.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные выше экспериментальные данные относятся к облучениям в пучках углерода или другого легкого ядра. В реакциях от налетающего дейтрона ситуация другая. Узкий конус для нуклонов - спектаторов несколько

шире и 98 % испарительных нуклонов имеют угол меньше 5 градусов при импульсе дейтронов 1,7 ГэВ/с на нуклон [8]. В районе импульса дейтрона 12 ГэВ/с на нуклон угол для отбора нуклонов - спектаторов составил 2,5 градуса [9].

На основе выполненных работ и сделанных расчетов по конкретной реакции СС-взаимодействия при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон можно заключит:

-проведен подробный анализ  $P(\theta)$  зависимости испарительных нуклонов из ядра-снаряда для СС-взаимодействий при импульсе 4,2 АГэВ/с.

-дана оценки вероятности выхода испарительных нуклонов и показано, что испарительные нуклоны в основном (с вероятностью 94%) образуются с импульсом 140 МэВ/с и с углом вылета  $\theta < 2^0$  в лабораторной системе отсчета. Также получены экспериментальные данные по изменению величин импульса и соответствующего ему угла испарения нуклона-спектатора;

-результаты экспериментальных расчетов позволяют с хорошей точностью оценить долю выделения испарительных частиц при введении различных критериев их отбора.

## REFERENCES

1. Беляков В.А., Богданович Е. Сообщение ОИЯИ, Р1-96-238, Дубна, 1996. =30
2. Беляков В.А., Богданович Е. Сообщение ОИЯИ, Р1-95-516, Дубна, 1995.==17
3. Le Couter K. Proc. Phys. Soc, 1950, v.63, p. 498.==26
4. Карабова М. и др. ЯФ, 1979, т.29, с.117.=31
5. Банник Б.П. и др. Сообщение ОИЯИ,Р-13055, Дубна, 1980.=35
6. Бекмирзаев Р.Н. и др. Сообщение ОИЯИ, Р1-84-70, Дубна, 1984=36
7. Батюня Б.В. и др. Сообщение ОИЯИ, Р1-87-340, Дубна, 1987.=37
8. Бекмирзаев Р.Н., Олимов К., Султанов М.У. Нодиров Г.Ю., Юлдашев Б.С. Теоретический расчет кинематических характеристик нуклонов-спектаторов из возбужденного ядра-мишени углерода. Доклады Академии наук Республики Узбекистан. 3-2012. Стр.27-31
9. Султанов М.У.,Усаров А.А., Тухтаев У.У., Кодиров А.А., Яхшибоев К.Х., Нурмуродов Л.Т. Влияние центральности столкновений к образованию заряженных пионов и протонов в dС-взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с. СамГУ, Научный вестник, 2020 г. №1(119), стр.112-116.