**Vratislav Chudoba**

**“Results of the first experiments with the ACCULINNA-2 fragment separator: 7H case”**

The 7H nucleus is the heaviest conceivable hydrogen isotope with the largest A/Z = 7 ratio. The 7H ground state decays via the unique five-body 3H+4n channel which has not been studied yet. It seems that the best approach to investigate of the unstable 7H nucleus is the use of the 2H(8He,3He)7H reaction. The recently commissioned fragment separator ACCULINNA-2 provides the 26 MeV/nucleon 8He radioactive beam with a good quality (I ~105 1/s, P ~ 90%) for the challenging experimental study of 7H in the (d,3He) reaction. The results of the two runs (the setups are shown in the figure) will be reported.

The first experiment was performed in 2018 [1,2]. The 8He beam, monitored by a standard ACCULINNA-2 beam diagnostic detectors, hit the cryogenic deuterium gas target where the anticipated (d,3He) reaction mechanism occurred. The 3He recoils, with low kinetic energy ~ 5÷20 MeV, and their angles were measured by two telescopes consisted of dE-E silicone strip detectors with thin first layer [1]. The reaction channel was identified by the coincidence of 3He with 3H detected in the central telescope. As a result of the analysis of the experimental data, the resonant structure at *ET* = 6.5(5) MeV was observed which may be interpreted as an overlapping doublet of 3/2+ and 5/2+ states (*ET* is the energy above 3H+4n threshold). Moreover, a group of events at ~2 MeV has been identified as a candidate for the 7H 1/2+ ground state with *ET*=1.8(5) MeV. However, due to the low statistics (5 events), there was incomplete confidence in such interpretation. The estimated cross section of the reaction channel populating this possible state appeared to be quite low: the value d/d~25 µb/sr was derived for the c.m. angular range 19o – 27o.

The second experiment, carried out in 2019, took advantage of refactored and improved telescopes dedicated for detection of 3He. The modified setup has larger solid angle and allowed to cover smaller c.m. angles. According to Monte-Carlo simulations, the statistics enhancement by factor of 4 was expected, taking into account the same theoretical angular distribution as reported in [2]. Our main intention was to obtain new data allowing to extract more information on the excited state in 7H, and to get clear results that would reliably characterize the 7H ground state. The accumulated number of 7H events in new experiment was more than three times larger in comparison to the first run. In addition, calibration of the 7H missing mass spectrum was independently verified by measurement of the missing mass of 9Li populated in the 2H(10Be,3He)9Li reaction at 42 MeV/nucleon 10Be energy.

A reliable experimental evidence for the population of two resonant states in 7H at 2.2(5) and 5.5(3) MeV relative to 3H+4n threshold was observed [3]. Moreover, there is some evidence for the resonant states at 7.5(3) and 11.0(3) MeV in the missing mass spectrum. Basing on the energy and angular distributions, one may argue that the weakly populated 2.2(5) MeV peak is the 7H 1/2+ ground state. It is highly plausible that the newly ascertained position of the state at 5.5(3) MeV is the 5/2+ member of the 7H excitation doublet, built on the 2+ state of valence neutrons. Possible explanation of the 7.5 MeV state may be that it is the 3/2+ member of the 5/2+ & 3/2+ doublet of the excited states, which could not be resolved early [2] because of worse energy resolution.

The other data for the studied systems 7He, 9He and 10Li are still under analysis and will be reported in the future.

1. I.A. Muzalevskii et al., *Detection of low energy recoil 3He in the reaction 2H(8He,3He)7H*, Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. 84, 500504

2. A.A. Bezbakh et al., *Evidence for the first excited state of 7H*, Phys. Rev. Lett. 124, 022502 (2020)

3. I.A. Muzalevskii et al., *Resonant states in 7H. I. Experimental studies of the 2H(8He,3He) reaction*, submitted to PRC, <https://arxiv.org/submit/3431165/pdf>.



Fig. Scheme of the experiments on the 7H study at ACCULINNA-2 in 2018 (left) and 2019 (right) runs.

**Вратислав Худоба**

**“Результаты первых экспериментов на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2: опыт 7Н”**

7Н является самым тяжелым изотопом водорода с наибольшим соотношением A/Z = 7. Основное состояние 7H распадается через уникальный пятичастичный канал 3H+4n, который еще не изучен. Представляется, что лучший подход к исследованию нестабильного ядра 7H - это использование реакции 2H(8He,3He)7H. Недавно введенный в эксплуатацию фрагмент-сепаратор АКУЛИНА-2 обеспечивает получение радиоактивного пучка 8He с энергией 26 МэВ/нуклон хорошего качества (I~105 1/с, P~90%), необходимого для сложных экспериментальных исследований 7H в реакции (d,3He). Будут сообщены результаты двух опытов, схемы которых показаны на рисунке.

Первый эксперимент был проведен в 2018 году [1,2]. Пучок 8He, контролируемый стандартными диагностическими детекторами установки АКУЛИНА-2, попадает в криогенную газообразную мишень из дейтерия, где происходит реакция (d,3He). Для регистрации образовавшихся фрагментов 3Не с низкой кинетической энергией ~ 5÷20 МэВ и их углов использовались два телескопа, состоящие из dE-E кремниевых стриповых детекторов с тонким первым слоем [1]. Канал реакции был идентифицирован по совпадению этих 3He с тритонами, попавшими в центральный телескоп. В результате анализа экспериментальных данных была обнаружена резонансная структура при *ET*=6.5(5) МэВ, которую можно интерпретировать как перекрывающийся дублет состояний 3/2+ и 5/2+ (*ET* означает энергию над порогом распада 3H+4n). Более того, группа событий с энергией ~2 МэВ была идентифицирована как кандидаты в основное состояние 7H 1/2+ с *ET*=1.8 (5) МэВ. Однако из-за низкой статистики (5 событий) такая интерпретация была ненадежной. Ожидаемое сечение для этого канала реакции оказалось достаточно низким: для углового диапазона в системе центра масс 19o – 27o было получено значение d/d~25 мбарн/ср.

Во втором эксперименте, проведенном в 2019 году, была модернизирована система регистрации 3He с целью увеличения светосилы и достижения меньших углов в системе центра масс. Согласно моделированию методом Монте-Карло, ожидалось увеличение статистики в 4 раза, принимая во внимание тоже теоретическое угловое распределение, что приведено в работе [2]. Нашей основной целью было получить новые данные, позволяющие извлечь больше информации о возбужденном состоянии 7H, и получить четкие результаты, которые бы надежно характеризовали основное состояние 7H. Набранное количество событий 7H в новом эксперименте было более чем в три раза больше по сравнению с первым заходом. Кроме того, калибровка спектра недостающей массы 7H была независимо проверена путем измерения спектра недостающей массы 9Li в реперной реакции 2H(10Be,3He)9Li, идущей при энергии 10Be 42 МэВ/нуклон.

Было обнаружено надежное экспериментальное свидетельство заселения двух резонансных состояний 7H при 2.2(5) и 5.5(3) МэВ относительно порога 3H+4n [3]. Более того, есть определённые свидетельства наличия резонансных состояний при 7.5(3) и 11.0(3) МэВ в спектре отсутствующей массы. Основываясь на энергетическом и угловом распределениях, можно утверждать, что слабо заселяемый пик при энергии 2.2 (5) МэВ является основным состоянием 7H. Весьма правдоподобно, что недавно установленное положение состояния при 5.5(3) МэВ является членом 5/2+ дублета возбуждения 7H, построенного на состоянии 2+ валентных нейтронов. Возможное объяснение состояния 7.5 МэВ может заключаться в том, что это 3/2+ член дублета 5/2+ и 3/2+ возбужденных состояний, который мог быть не обнаружен ранее из-за худшего энергетического разрешения эксперимента [2].

Данные для других исследуемых систем 7He, 9He и 10Li находятся пока в стадии анализа и будут представлены в будущеем.

1. I.A. Muzalevskii et al., *Detection of low energy recoil 3He in the reaction 2H(8He,3He)7H*, Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. 84, 500504

2. A.A. Bezbakh et al., *Evidence for the first excited state of 7H*, Phys. Rev. Lett. 124, 022502 (2020)

3. I.A. Muzalevskii et al., *Resonant states in 7H. I. Experimental studies of the 2H(8He,3He) reaction*, submitted to PRC, https://arxiv.org/submit/3431165/pdf



E

Рис. Схема экспериментов по изучению 7Н на установке АКУЛИНА-2 в опытах 2018 (слева) и 2019 (справа) гг.