

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Robbanásos elemszintézis-folyamatokban
szerepet játszó magreakciók kísérleti vizsgálata**

Mátyus Zsolt

Témavezető:

Dr. Gyürky György



DEBRECENI EGYETEM

Fizikai Tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2026

Bevezetés

A nukleáris asztrofizika célja a csillagok fejlődésének és a közben lezajló folyamatoknak (energiatermelés, nukleosintézis) a pontos leírása a magreakciók szemszögéből. A részecskegyorsítók megjelenésével a megfigyeléseken alapuló elméleti modellek mellett elérhetővé vált olyan kísérletek elvégzése, melyek eredményei hasznos információkat szolgáltatnak az elméleti modellek pontosításában.

A nuklidtérkép vasnál nehezebb izotópjainak többsége a neutronbefogásos s- és r-folyamatban jön létre. Azonban a stabilitási sáv protongazdag oldalán létezik néhány tucat izotóp (az úgynevezett p-izotópok), amelyek nem jöhettek létre egyik neutronbefogásos folyamatban sem. Létrejöttük a γ -folyamathoz köthető. A γ -folyamat a magösszeomló szupernóvákban (Core Collapse Supernovae, CCSNe) és a termikus szupernóvákban (Supernovae Type Ia, SNe Ia) játszódhat le. A bennük végbemenő nukleosintézis-folyamat leírására bonyolult szimulációs modellek állnak rendelkezésre. Ezen modellek pontossága több bemeneti paraméteren múlik. Mivel a szimulált reakciók nehéz atommagokon mennek végbe, a reakciósebességek a Hauser-Feshbach (HF) statisztikus modell segítségével számíthatók ki. Több kutatás is rámutatott, hogy a γ -folyamatban a stabilitási sáv protongazdag oldalán α -indukált reakciók kulcsszerepet játszanak. Az is világossá vált, hogy az α -részecske és az atommag kölcsönhatását leíró α -mag optikai modellpotenciál (AOMP) értékére a HF modell különösen érzékeny. Alacsony energiákon, ahol a csillagbéli reakciók döntő hányada megvalósul, az AOMP jól vizsgálható (α, n) reakciókon keresztül. Az (α, n) reakciók hatáskeresztmetszetének ismeretében pontosíthatók az AOMP-k és így a γ -folyamatot leíró szimulációkban szereplő HF modell is.

A csillagokban lezajló folyamatok megfigyelésében fontos szerepet játszik a csillagfejlődés során a csillagközi térbe juttatott anyag vizsgálata. Egy kettős rendszerben lévő fehér törpe klasszikus nóvát tud létrehozni társcsillagával. A klasszikus nóva robbanásban lejátszódó termikus megfutás (Thermonuclear Runaway, TNR) során többek között Si izotópok is létrejöhetnek. Az így keletkezett Si izotópok a TNR után meteoritokba záródhatnak szemcsék formájában. E meteoritokat a Földön feltárva és az izotóparányokat vizsgálva információ

szerezhető a TNR szerepéről a Si izotópok létrejöttében. Az ilyen vizsgálatok azonban nem szolgáltatnak egyértelmű eredményt, mivel többek között nem ismert az izotópok mennyiségét befolyásoló kulcsreakciók sebessége a csillagra jellemző hőmérsékleten. E kulcsreakciók kísérletileg meghatározott hatáskeresztmetszei hozzájárulhatnak a különböző izotópok keletkezési körülményeinek pontosabb leírásához.

Célkitűzések

Kutatómunkám célja olyan kísérletek elvégzése volt, melyek hozzájárulnak a nukleáris asztrofizikában használt elméleti modellek pontosításához:

1. A $^{120,122,124,127}\text{Te}(\alpha, n)^{123,125,127,133}\text{Xe}$ reakciók hatáskeresztmetszeit kísérletileg meghatározva tanulmányozható az AOMP, ami fontos szerepet játszik az asztrofizikai γ -folyamat modellezésében. A kísérleti eredmények felhasználásával készült S-faktor számolások összehasonlíthatóak a különböző, már létező AOMP-k segítségével meghatározott S-faktor értékekkel. Ezek között szerepel a nemrég kifejlesztett ATOMKI-V2 potenciál is, melynek tesztelése is a munkám egyik célja volt.
2. Több tanulmányból is kiderült, hogy a ^{29}Si izotóp mennyiségét befolyásoló kulcsreakciók közül az egyik a $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reakció. Ennek a reakciónak még nem határozták meg kísérletileg a direkt befogási hatáskeresztmetszetét, ami a reakciósebességet befolyásolja $T \leq 30$ MK hőmérséklet körül, és fontos a reakció teljes leírásához. A hatáskeresztmetszet meghatározásával pontosíthatóak a klasszikus nóva robbanások TNR modelljei által szolgáltatott ^{29}Si izotópgyakorisági adatok.

Vizsgálati módszerek

A kísérletekhez kapcsolódó munkafolyamatokat a HUN-REN Atommagkutató Intézetben végeztem.

Első lépésként a céltárgyak elkészítését végeztem el. A céltárgyakat termikus vákuumpárologatással készítettem. A Te céltárgyak esetében természetes izotópösszetételű tellúrt használtam. A Te réteg hordozója 10 μm vastag Al fólia volt. Mivel a ^{29}Si természetes gyakorisága csupán 4% körüli, a kísérletek megvalósíthatósága érdekében a céltárgyakat dúsított anyagból kellett elkészíteni. A ^{29}Si esetén a hordozó 0,5 mm vastag tantál lemez volt. A céltárgyak elkészítése után különböző ionnyaláb-analitikai módszerekkel meghatároztam a párologatott rétegben elhelyezkedő atommagok számát.

Miután elkészítettem a céltárgyakat és megmértem bennük a céltárgymagok számát, a ^{29}Si esetében $E_p = 1-1,4$ MeV, a Te izotópok esetében $E_\alpha = 10-17$ MeV energiatartományokba eső proton- és α -nyalábokkal sugároztam be őket. A besugárzás hatására létrejövő ^{30}P és $^{123,125,127,133}\text{Xe}$ izotópok radioaktívak, azért a hatáskeresztmetszet mérésekhez alkalmazható az aktivációs technika. A ^{30}P viszonylag rövid ($t_{1/2} = 2,500 \pm 0,002$ s) felezési ideje miatt az úgynevezett ciklikus aktivációs technikát alkalmaztam. A létrehozott radioaktív izotópok bomlásának követéséből meghatározható a reakciók hozama, ami közvetlen kapcsolatban áll a hatáskeresztmetszettel.

A bomlásokat nagy tisztaságú germánium félvezető detektorokkal követtem nyomon. A detektorok hatásfokát különböző kísérleti technikákkal határoztam meg, többféle mérési geometriában. A $^{123,125,127,133}\text{Xe}$ bomlása során létrejövő γ -sugarak energiatartománya miatt úgynevezett planáris detektort használtam. Az így gyűjtött adatokat feldolgoztam és meghatároztam a reakciók hozamát, hatáskeresztmetszetét és végül a reakciók asztrofizikai S-faktorait.

Az így kapott kísérleti eredményeket összehasonlítottam több elméleti modell által szolgáltatott értékekkel. A $^{120,122,124,127}\text{Te}(\alpha, n)^{123,125,127,133}\text{Xe}$ reakciók esetében a TALYS nevű magreakciók szimulálására szolgáló szoftvercsomag segítségével megvizsgáltam több AOMP által szolgáltatott S-faktor értéket. A $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reakció esetében a rendelkezésre álló elméleti becsléssel hasonlítottam össze az eredményeimet.

Új tudományos eredmények

1. Te izotópokon végbemenő (α, n) reakciók hatáskeresztmetszetét mértem meg az asztrofizikailag releváns $E_\alpha = 10 - 17$ MeV energiatartományban aktivációs technikával. A kapott eredményeket összehasonlítottam különböző AOMP-k által szolgáltatott S-faktorokkal. Ezek a számolások a TALYS kód segítségével történtek.

(a) $^{120}\text{Te}(\alpha, n)^{123}\text{Xe}$
A $^{120}\text{Te}(\alpha, n)^{123}\text{Xe}$ esetben kivételesen $E_\alpha = 11 - 17$ MeV energiatartományon végeztem méréseket, mivel a 10 MeV-es energia még a reakcióküszöb alatt van. 11 MeV felett válik dominánssá az (α, n) kimeneti csatorna. Ezen a tartományon az ATOMKI-V2 potenciál kivételével az összes potenciál, melyekkel összehasonlítottam az eredményeim, alulbecsli a kísérleti értékeket. Azonban küszöbenergia környékén, egy korábbi mérés adatait figyelembe véve, továbbra is van némi bizonytalansága a reakció hatáskeresztmetszetének. A kérdéses pontok esetében az ATOMKI-V2 által szolgáltatott értékek az én eredményimmal mutatnak jobb egyezést.

(b) $^{122}\text{Te}(\alpha, n)^{125}\text{Xe}$
Ennek a reakciónak az esetében a kísérleti eredményekkel összehasonlított AOMP-k által szolgáltatott S-faktor értékek az eredményeimet alábecsülik, kivéve az ATOMKI-V2 értékeit. A legmagasabb energián már megnyílik az ($\alpha, 2n$) csatorna a $^{123}\text{Te}(\alpha, 2n)^{125}\text{Xe}$ reakcióban. A TALYS által megbecsült hozzájárulása az ($\alpha, 2n$) csatornának kevesebb mint 5% volt, így nem volt szükség korrekcióra.

(c) $^{124}\text{Te}(\alpha, n)^{127}\text{Xe}$
A $^{124}\text{Te}(\alpha, n)^{127}\text{Xe}$ reakció esetében hasonló a tendencia, mint az előző két reakciónál. Az ATOMKI-V2 által szolgáltatott értékek is kissé alulbecsülik az eredményeim, de még mindig ezek állnak a legközelebb hozzájuk. A

$^{125}\text{Te}(\alpha,2n)^{127}\text{Xe}$ reakció $(\alpha,2n)$ csatornája már 15 MeV felett megnyílik. A hozzájárulást egy korrekciós faktor kiszámításával vettem figyelembe.

(d) $^{130}\text{Te}(\alpha,n)^{133}\text{Xe}$

A reakció hatáskeresztmetszetét két parciális hatáskeresztmetszet összegeként kellett meghatározni. A ^{133}Xe első gerjesztett állapotára és az alapállapotra vezető csatornákat külön-külön lehet mérni aktivációs módszerrel. A vizsgált AOMP-k által szolgáltatott értékekkel összehasonlítva az látszik, hogy az ATOMKI-V2 is jelentősen alábecsüli a kísérleti értékeket. Azonban ez nem a potenciál hibája, hanem nagy valószínűséggel az $(\alpha,2n)$ csatorna járuléknak túlbecslése miatt van. Ezt a ^{133}Xe nívósűrűségének mesterséges megnövelésével vettük figyelembe, mivel a teljes hatáskeresztmetszet független a nívósűrűségtől, csak az AOMP-től függ. Ezzel a módosítással az ATOMKI-V2 már jól illeszkedik a mérési adatokra, míg a többi potenciál ugyanúgy alulbecsli az eredményeimet.

Az ATOMKI-V2 potenciál a vizsgált reakciók esetében jó egyezéssel írja le a kísérleti adatokat. További mérések is vizsgálták a potenciál alkalmasságát és az együttes eredmények azt mutatják, hogy az ATOMKI-V2 potenciál jól használható asztrofizikai modellekben.

2. A $^{29}\text{Si}(p,\gamma)^{30}\text{P}$ reakció direkt befogási hatáskeresztmetszetét az $E_p = 1 - 1,4$ MeV energiatartományon ciklikus aktivációs technikával mértem meg négy ponton.

Az eredményeket összehasonlítottam az elméleti becslésként megadott asztrofizikai S-faktorral. Jelentős átlagos különbséget tapasztaltam, az általam meghatározott S-faktor értékek átlagosan $4,3 \pm 0,6$ -szor nagyobbak, mint az irodalomban megtalálható ajánlott értékek. A mérés közben részeredményként sikerült meghatároznom a $^{16}\text{O}(p,\gamma)^{17}\text{F}$ reakció hatáskeresztmetszetét is, melynek értéke jól egyezik az irodalmi adatokkal.

A nóva modellekben eddig csak elméleti becslések által lehetett figyelembe venni a $^{29}\text{Si}(p,\gamma)^{30}\text{P}$ reakció direkt befogási hatáskeresztmetszetét. Az eredményeimet használva új szimulációk készíthetők és összehasonlíthatóak a megfigyelésekkel.

Közlemények

Publikációk a disszertáció tárgyköréből

A tézispontok alapjául szolgáló referált folyóiratcikkek

- P1** Zs. Mátyus, Gy. Gyürky, P. Mohr, A. Angyal, Z. Halász, G. G. Kiss, Á. Tóth, T. Szücs and Zs. Fülöp *Low-energy α -nucleus optical potential studied via (α, n) cross section measurements on Te isotopes*, Phys. Rev. C **109**, 065806 (2024).
- P2** Zs. Mátyus, L. Csedreki, Zs. Fülöp, Z. Halász, G. G. Kiss, T. Szücs, Á. Tóth and Gy. Gyürky *Nonresonant capture cross section measurement of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction*, Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics **52**, 105201 (2025).

Konferenciakiadványok

A tézispontokhoz kapcsolódó konferenciakiadványok

- KK1** Zs. Mátyus and Gy. Gyürky *Experimental study of alpha-induced nuclear reactions on Tellurium isotopes for the astrophysical gamma-process*, Nuclear Physics in Astrophysics X (NPA-X), Genf, Svájc, 2022.09.04-09.

Poszterek

- PT1** Zs. Mátyus and Gy. Gyürky *Experimental study of alpha-induced nuclear reactions on Tellurium isotopes for the astrophysical gamma-process*, Nuclear Physics in Astrophysics X (NPA-X), Genf, Svájc, 2022.09.04-09.
- PT2** Zs. Mátyus, Gy. Gyürky *Experimental study of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction for classical nova nucleosynthesis*, Nuclear Physics in Astrophysics XI (NPA-XI), Drezda, Németország, 2024.09.15-20.

Előadások

- E1** Zs. Mátyus *Cross section measurement of nuclear reactions relevant to nuclear astrophysics*, Carpathian Summer School of Physics 2023 (CSSP23), Siania, Románia, 2023.07.02-15.
- E2** Zs. Mátyus *Details of (α, n) experiments aiming at the investigation of the Atomki-V2 potential*, 8th p-process workshop 2024, Budapest, Magyarország, 2024.10.16-18.
- E3** Zs. Mátyus *Experimental study of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction for classical nova nucleosynthesis* The 12th European Summer School on Experimental Nuclear Astrophysics (Santa Tecla School), Aci Trezza, Olaszország, 2024.06.16-22.
- E4** Mátyus Zs. *A $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reakció kísérleti vizsgálata*, Magyar Fizikus Vándorgyűlés 2025, Pécs, Magyarország, 2025.08.21-24.

A disszertációhoz nem kapcsolódó egyéb referált folyóiratcikkek

- F1** Gy. Gyürky, P. Mohr, A. Angyal, Z. Halász, G. G. Kiss, Zs. Mátyus, T. N. Szegedi, T. Szücs and Zs. Fülöp *Cross section measurement of the $^{144}\text{Sm}(\alpha, n)^{148}\text{Gd}$ reaction for studying the α -nucleus optical potential at astrophysical energies*, Phys. Rev. C **109**, 065806 (2024).
- F2** Zs. Mátyus, L. Csedreki, Zs. Fülöp, Z. Halász, G. G. Kiss, T. Szücs, Á. Tóth and Gy. Gyürky *Measurement of the $E_p = 416.9$ keV resonance strength in the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction*, Eur. Phys. J. A **60**, 218 (2024).
- F3** P. Mohr, Zs. Fülöp, Gy. Gyürky, Z. Halász, G. G. Kiss, S. R. Kovács, Zs. Mátyus, T. N. Szegedi and T. Szücs *The α -nucleus potential: towards a solution of a long-standing problem*, Eur. Phys. J. A **61**, 89 (2025).
- F4** Tóth, Á., Elekes, Z., Fülöp, Z. et al. *Gas-cell development for nuclear astrophysics motivated studies on noble gas targets and the $^3\text{He}(\alpha, \gamma)^7\text{Be}$ reaction*



Nyilvántartási szám: DEENK/64/2026.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Mátyus Zsolt
Doktori Iskola: Fizikai Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10082201

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

1. **Mátyus, Z.**, Csedreki, L., Fülöp, Z., Halász, Z., Kiss, G. G., Szücs, T., Tóth, Á., Gyürky, G.:
Nonresonant capture cross section measurement of the $^{29}\text{Si}(p,\gamma)^{30}\text{P}$ reaction.
J. Phys. G-Nucl. Part. Phys. 52, 1-10, 2025. ISSN: 0954-3899.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6471/ae06bd>
IF: 3.5 (2024)
2. **Mátyus, Z.**, Gyürky, G., Mohr, P., Angyal, A., Halász, Z., Kiss, G. G., Tóth, Á., Szücs, T., Fülöp, Z.:
Low-energy alpha-nucleus optical potential studied via (alpha, n) cross section measurements on Te isotopes.
Phys. Rev. C. 109 (065806), 1-16, 2024. ISSN: 2469-9985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevC.109.065806>
IF: 3.4

További közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (6)

3. Tóth, Á., Elekes, Z., Fülöp, Z., Gyürky, G., Halász, Z., Juhász, M., Kiss, G. G., Kovács, R. S.,
Mátyus, Z., Szegedi, T. N., Szücs, T.: Gas-cell development for nuclear astrophysics motivated studies on noble gas targets and the $^3\text{He}(\alpha,\gamma)^7\text{Be}$ reaction.
Eur. Phys. J. A. 61 (12), 1-14, 2025. ISSN: 1434-6001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1140/epja/s10050-025-01752-w>
IF: 2.8 (2024)
4. Mohr, P., Fülöp, Z., Gyürky, G., Halász, Z., Kiss, G. G., Kovács, R. S., **Mátyus, Z.**, Szegedi, T. N.,
Szücs, T.: The alpha-nucleus potential: towards a solution of a long-standing problem.
Eur. Phys. J. A. 61 (4), 1-23, 2025. ISSN: 1434-6001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1140/epja/s10050-025-01551-3>
IF: 2.8 (2024)





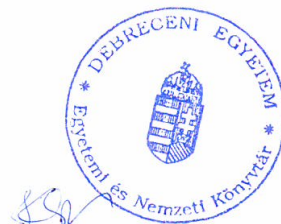
5. **Mátyus, Z.**, Csedreki, L., Fülöp, Z., Halász, Z., Kiss, G. G., Szücs, T., Tóth, Á., Gyürky, G.:
Measurement of the $E_p = 416.9$ keV resonance strength in the $^{29}\text{Si}(p,\gamma)^{30}\text{P}$ reaction.
Eur. Phys. J. A. 60 (11), 1-5, 2024. ISSN: 1434-6001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1140/epja/s10050-024-01438-9>
IF: 2.8
6. Gyürky, G., Mohr, P., Angyal, A., Halász, Z., Kiss, G. G., **Mátyus, Z.**, Szegedi, T. N., Szücs, T.,
Fülöp, Z.: Cross section measurement of the $^{144}\text{Sm}(\alpha,n)^{147}\text{Gd}$ reaction for studying the
alpha-nucleus optical potential at astrophysical energies.
Phys. Rev. C. 107 (2), 1-8, 2023. ISSN: 2469-9985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevC.107.025803>
IF: 3.2
7. **Mátyus, Z.**, Gyürky, G.: Experimental study of alpha-induced nuclear reactions on Tellurium
isotopes for the astrophysical gamma-process.
EPJ Web Conf. 279, 1-4, 2023. EISSN: 2100-014X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/202327911014>
8. Gyürky, G., Csik, A., **Mátyus, Z.**, Fülöp, Z., Halász, Z., Kiss, G. G., Szücs, T., Wagner, L.: Target
characterizations for a $^{14}\text{N}(p)^{15}\text{O}$ cross section measurement.
EPJ Web Conf. 165, 1-4, 2017. EISSN: 2100-014X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201716501027>

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 18,5

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
6,9**

A DEENK a Jelölt által a Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2026.02.16.



Short thesis for the degree of doctor of philosophy
(PhD)

**Experimental study of nuclear reactions
playing a role in explosive nucleosynthesis**

by Zsolt Mátyus

Supervisor

Dr. György Gyürky



UNIVERSITY OF DEBRECEN

Doctoral School of Physics

Debrecen, 2026

Introduction

The aim of nuclear astrophysics is to accurately describe stellar evolution and the processes occurring during it (energy production, nucleosynthesis) from the perspective of nuclear reactions. With the advent of particle accelerators, in addition to observation-based theoretical models, it has become possible to carry out experiments whose results provide useful information for refining theoretical models.

Most isotopes heavier than iron are produced in neutron-capture s- and r-processes. However, on the proton-rich side of the valley of stability exist several dozen isotopes (the so-called p-isotopes) that cannot have been produced in either neutron-capture process. Their formation is associated with the γ -process. The γ -process may take place in core-collapse supernovae (CCSNe) and thermonuclear supernovae (SNe Ia). Complex simulation models are available to describe the nucleosynthesis processes occurring in them. The accuracy of these models depends on several input parameters. Since the simulated reactions take place on heavy nuclei, the reaction rates can be calculated using the Hauser-Feshbach (HF) statistical model. Several studies have pointed out that in the γ -process, reactions involving α particles reactions on the proton-rich side of the valley of stability play a key role. It has also become clear that the HF model is particularly sensitive to the value of the α -nucleus optical model potential (AOMP) describing the interaction between the α particle and the nucleus. At low energies, where the overwhelming majority of stellar reactions occur, the AOMP can be well studied via (α, n) reactions. Knowing the cross sections of (α, n) reactions allows the AOMPs to be tested and optimized.

Observing processes occurring in stars also relies importantly on studying material injected into the interstellar medium during stellar evolution. A white dwarf in a binary system can become a classical nova together with its companion star. During the thermonuclear runaway (TNR) occurring in a classical nova explosion, Si isotopes can be produced. The Si isotopes formed in this way can be trapped in meteorites after the TNR in the form of grains. By excavating these grains on Earth and examining the isotope ratios, information can be obtained about the role of TNR in the formation of Si isotopes. Howe-

ver, such studies do not provide an unambiguous result, since, among other things, the rates of key reactions influencing isotope abundances at the stellar temperature are not known with reliable accuracy. Experimentally determined cross sections of these key reactions can contribute to a more accurate description of the formation conditions of Si isotopes.

Objectives

The aim of my research was to carry out experiments that contribute to refining theoretical models used in nuclear astrophysics:

1. By experimentally measuring the cross sections of the $^{120,122,124,127}\text{Te}(\alpha, n)^{123,125,127,133}\text{Xe}$ reactions, the AOMP can be studied, which plays an important role in modeling the astrophysical γ -process. S-factor calculations based on the experimental results can be compared with S-factor values determined using various existing AOMPs. These include the recently developed ATOMKI-V2 potential, whose testing was also one of the goals of my work.
2. Several studies have shown that one of the key reactions influencing the abundance of the ^{29}Si isotope is the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction. The direct capture cross section of this reaction has not yet been experimentally determined, although it influences the reaction rate around $T \leq 30$ MK and is important for a complete description of the reaction. By determining the cross section, the ^{29}Si isotope abundance data provided by TNR models of classical nova explosions can be tested.

Methods of investigations

The experiments related to my work was carried out at the HUNREN Institute for Nuclear Research.

As a first step, I prepared the targets which were produced by thermal vacuum evaporation. In the case of Te targets, tellurium with natural isotopic composition was used. The backing of the Te layer was a 10 μm thick Al foil. In the case of the Si targets (since the natural abundance of ^{29}Si is only about 4%), enriched material was necessary to produce the targets. In the case of ^{29}Si , the backing was a 0.5 mm thick tantalum disk. After the target production, I determined the number of nuclei in the evaporated layers using various ion-beam analytical methods.

After the target prepreparation and characterization, I irradiated them with proton beams in the energy range $E_p = 1-1,4$ MeV for ^{29}Si and alpha beams of $E_\alpha = 10-17$ MeV for Te isotopes. The ^{30}P and $^{123,125,127,133}\text{Xe}$ isotopes produced by the irradiation are radioactive; therefore, the activation technique can be applied for cross section measurements. Due to the relatively short half-life of ^{30}P ($t_{1/2} = 2,500 \pm 0,002$ s), so-called cyclic activation technique can be used. By following the decay of the produced radioactive isotopes, the yield of the reactions can be determined, which is directly related to the cross section.

The decay of the reaction products was followed by High Purity Germanium (HPGe) detectors. The detector efficiency was determined using various experimental techniques in several measurement geometries. Due to the energy range of the γ rays produced during the decay of $^{123,125,127,133}\text{Xe}$, I used a so-called planar detector. I processed the collected data and determined the reaction yields, cross sections, and finally the astrophysical S-factors of the reactions.

I compared the experimental obtained results with values provided by several theoretical models. In the case of the $^{120,122,124,127}\text{Te}(\alpha, n)^{123,125,127,133}\text{Xe}$ reactions, I examined S-factor values provided by several AOMPs using the TALYS nuclear reaction simulation software package. In the case of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction, I compared my results with the available theoretical estimate.

New scientific results

1. I measured the cross sections of (α, n) reactions on four Te isotopes in the astrophysically relevant energy range $E_\alpha = 10 - 17$ MeV using the activation technique. I compared the obtained results with S-factors provided by various AOMPs. These calculations were performed using the TALYS code.

(a) $^{120}\text{Te}(\alpha, n)^{123}\text{Xe}$

In the case of $^{120}\text{Te}(\alpha, n)^{123}\text{Xe}$, exceptionally, I carried out measurements in the energy range $E_\alpha = 11 - 17$ MeV, since 10 MeV is still below the reaction threshold. Above 11 MeV, the (α, n) channel becomes dominant. In this range, with the exception of the ATOMKI-V2 potential, all potentials with which I compared my results underestimate the experimental values. However, around the threshold energy, taking into account data from a previous measurement, there is still some uncertainty in the reaction cross section. At the questionable points, the values provided by ATOMKI-V2 show better agreement with my results.

(b) $^{122}\text{Te}(\alpha, n)^{125}\text{Xe}$

In the case of this reaction, the S-factor values provided by the AOMPs compared with the experimental results underestimate my results, except for the values of ATOMKI-V2. At the highest energy, the $(\alpha, 2n)$ channel opens in the $^{123}\text{Te}(\alpha, 2n)^{125}\text{Xe}$ reaction. The contribution of the $(\alpha, 2n)$ channel estimated by TALYS was less than 5%, so no correction was necessary.

(c) $^{124}\text{Te}(\alpha, n)^{127}\text{Xe}$

In the case of the $^{124}\text{Te}(\alpha, n)^{127}\text{Xe}$ reaction, the trend is similar to that of the previous two reactions. The values provided by ATOMKI-V2 also slightly underestimate my results, but they are still the closest to them. The $(\alpha, 2n)$ channel of the $^{125}\text{Te}(\alpha, 2n)^{127}\text{Xe}$ reaction already opens above 15 MeV. I took the contribution into account by calculating a correction factor.

(d) $^{130}\text{Te}(\alpha, n)^{133}\text{Xe}$

The cross section of the reaction had to be determined as the sum of two partial cross sections. The channels leading to the first excited state and to the ground state of ^{133}Xe can be measured separately with the activation method. Comparing with the values provided by the investigated AOMPs, it can be seen that ATOMKI-V2 also significantly underestimates the experimental values. However, this is not the fault of the potential, but most likely due to an overestimation of the contribution of the $(\alpha, 2n)$ channel. We accounted for this by artificially increasing the level density of ^{133}Xe , since the total cross section is independent of the level density and depends only on the AOMP. With this modification, ATOMKI-V2 fits the measurement data well, while the other potentials still underestimate my results.

In the case of the investigated reactions, the ATOMKI-V2 potential reproduces the experimental data with good agreement. Further measurements have also examined the applicability of the potential, and the combined results show that the ATOMKI-V2 potential can be well used in astrophysical models.

2. I measured the direct capture cross section of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction at four energies in the $E_p = 1 - 1,4$ MeV range using the cyclic activation technique.

I compared the results with a theoretical S-factor. I found a significant difference: the S-factor values I determined are on average 4.3 ± 0.6 times higher than the recommended values in the literature. During the measurement, as a side result, I also determined the cross section of the $^{16}\text{O}(p, \gamma)^{17}\text{F}$ reaction, whose value is in good agreement with the experimental data in the literature.

Until now, in nova models, the direct capture cross section of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction could only be taken into account via theoretical estimates. Using my results, new simulations can be performed and compared with observations.

Publications

Publications related to the dissertation

Papers in refereed journals

- TP1** Zs. Mátyus, Gy. Gyürky, P. Mohr, A. Angyal, Z. Halász, G. G. Kiss, Á. Tóth, T. Szücs and Zs. Fülöp *Low-energy α -nucleus optical potential studied via (α, n) cross section measurements on Te isotopes*, Phys. Rev. C **109**, 065806 (2024).
- TP2** Zs. Mátyus, L. Csedreki, Zs. Fülöp, Z. Halász, G. G. Kiss, T. Szücs, Á. Tóth and Gy. Gyürky *Nonresonant capture cross section measurement of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction*, Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics **52**, 105201 (2025).

Conference proceedings related to the dissertation

- CP1** Zs. Mátyus and Gy. Gyürky *Experimental study of alpha-induced nuclear reactions on Tellurium isotopes for the astrophysical gamma-process*, Nuclear Physics in Astrophysics X (NPA-X), Geneva, Switzerland, 2022.09.04-09.

Posters related to the dissertation

- PP1** Zs. Mátyus and Gy. Gyürky *Experimental study of alpha-induced nuclear reactions on Tellurium isotopes for the astrophysical gamma-process*, Nuclear Physics in Astrophysics X (NPA-X), Geneva, Switzerland, 2022.09.04-09.
- PP2** Zs. Mátyus, Gy. Gyürky *Experimental study of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction for classical nova nucleosynthesis*, Nuclear Physics in Astrophysics XI (NPA-XI), Dresden, Germany, 2024.09.15-20.

Oral presentations

- OP1** Zs. Mátyus *Cross section measurement of nuclear reactions relevant to nuclear astrophysics*, Carpathian Summer School of Physics 2023 (CSSP23), Siania, Romania, 2023.07.02-15.
- OP2** Zs. Mátyus *Details of (α, n) experiments aiming at the investigation of the Atomki-V2 potential*, 8th p-process workshop 2024, Budapest, Hungary, 2024.10.16-18.
- OP3** Zs. Mátyus *Experimental study of the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction for classical nova nucleosynthesis* The 12th European Summer School on Experimental Nuclear Astrophysics (Santa Tecla School), Aci Trezza, Italy, 2024.06.16-22.
- OP4** Mátyus Zs. *A $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reakció kísérleti vizsgálata*, Magyar Fizikus Vándorgyűlés, Pécs, Hungary, 2025.08.21-24.

Refereed journal articles not related to the dissertation

- OA1** Gy. Gyürky, P. Mohr, A. Angyal, Z. Halász, G. G. Kiss, Zs. Mátyus, T. N. Szegedi, T. Szücs and Zs. Fülöp *Cross section measurement of the $^{144}\text{Sm}(\alpha, n)^{148}\text{Gd}$ reaction for studying the α -nucleus optical potential at astrophysical energies*, Phys. Rev. C **109**, 065806 (2024).
- OA2** Zs. Mátyus, L. Csedreki, Zs. Fülöp, Z. Halász, G. G. Kiss, T. Szücs, Á. Tóth and Gy. Gyürky *Measurement of the $E_p = 416.9$ keV resonance strength in the $^{29}\text{Si}(p, \gamma)^{30}\text{P}$ reaction*, Eur. Phys. J. A **60**, 218 (2024).
- OA3** P. Mohr, Zs. Fülöp, Gy. Gyürky, Z. Halász, G. G. Kiss, S. R. Kovács, Zs. Mátyus, T. N. Szegedi and T. Szücs *The α -nucleus potential: towards a solution of a long-standing problem*, Eur. Phys. J. A **61**, 89 (2025).
- OA4** Tóth, Á., Elekes, Z., Fülöp, Z. et al. *Gas-cell development for nuclear astrophysics motivated studies on noble gas targets and the $^3\text{He}(\alpha, \gamma)^7\text{Be}$ reaction*



Registry number: DEENK/64/2026.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Zsolt Mátyus
Doctoral School: Doctoral School of Physics
MTMT ID: 10082201

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in international journals (2)

1. **Mátyus, Z.**, Csedreki, L., Fülöp, Z., Halász, Z., Kiss, G. G., Szücs, T., Tóth, Á., Gyürky, G.:
Nonresonant capture cross section measurement of the $^{29}\text{Si}(p,\gamma)^{30}\text{P}$ reaction.
J. Phys. G-Nucl. Part. Phys. 52, 1-10, 2025. ISSN: 0954-3899.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6471/ae06bd>
IF: 3.5 (2024)
2. **Mátyus, Z.**, Gyürky, G., Mohr, P., Angyal, A., Halász, Z., Kiss, G. G., Tóth, Á., Szücs, T., Fülöp, Z.:
Low-energy alpha-nucleus optical potential studied via (α, n) cross section
measurements on Te isotopes.
Phys. Rev. C. 109 (065806), 1-16, 2024. ISSN: 2469-9985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevC.109.065806>
IF: 3.4

List of other publications

Foreign language scientific articles in international journals (6)

3. Tóth, Á., Elekes, Z., Fülöp, Z., Gyürky, G., Halász, Z., Juhász, M., Kiss, G. G., Kovács, R. S.,
Mátyus, Z., Szegedi, T. N., Szücs, T.: Gas-cell development for nuclear astrophysics
motivated studies on noble gas targets and the $^3\text{He}(\alpha,\gamma)^7\text{Be}$ reaction.
Eur. Phys. J. A. 61 (12), 1-14, 2025. ISSN: 1434-6001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1140/epja/s10050-025-01752-w>
IF: 2.8 (2024)
4. Mohr, P., Fülöp, Z., Gyürky, G., Halász, Z., Kiss, G. G., Kovács, R. S., **Mátyus, Z.**, Szegedi, T. N.,
Szücs, T.: The alpha-nucleus potential: towards a solution of a long-standing problem.
Eur. Phys. J. A. 61 (4), 1-23, 2025. ISSN: 1434-6001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1140/epja/s10050-025-01551-3>
IF: 2.8 (2024)





5. **Mátyus, Z.**, Csedreki, L., Fülöp, Z., Halász, Z., Kiss, G. G., Szücs, T., Tóth, Á., Gyürky, G.:
Measurement of the $E_p = 416.9$ keV resonance strength in the $^{29}\text{Si}(p,\gamma)^{30}\text{P}$ reaction.
Eur. Phys. J. A. 60 (11), 1-5, 2024. ISSN: 1434-6001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1140/epja/s10050-024-01438-9>
IF: 2.8
6. Gyürky, G., Mohr, P., Angyal, A., Halász, Z., Kiss, G. G., **Mátyus, Z.**, Szegedi, T. N., Szücs, T.,
Fülöp, Z.: Cross section measurement of the $^{144}\text{Sm}(\alpha,n)^{147}\text{Gd}$ reaction for studying the
alpha-nucleus optical potential at astrophysical energies.
Phys. Rev. C. 107 (2), 1-8, 2023. ISSN: 2469-9985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevC.107.025803>
IF: 3.2
7. **Mátyus, Z.**, Gyürky, G.: Experimental study of alpha-induced nuclear reactions on Tellurium
isotopes for the astrophysical gamma-process.
EPJ Web Conf. 279, 1-4, 2023. EISSN: 2100-014X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/202327911014>
8. Gyürky, G., Csik, A., **Mátyus, Z.**, Fülöp, Z., Halász, Z., Kiss, G. G., Szücs, T., Wagner, L.: Target
characterizations for a $^{14}\text{N}(p)^{15}\text{O}$ cross section measurement.
EPJ Web Conf. 165, 1-4, 2017. EISSN: 2100-014X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201716501027>

Total IF of journals (all publications): 18,5

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 6,9

The Candidate's publication data submitted to the Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

16 February, 2026

