

ОӘЖ 536.72

**АДИАБАТАЛЫҚ ПРОЦЕСС ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖҰМЫСЫ****А.М. Базарбаева, Н.К. Айсултанова, Қ.Е. Тәңірберген**

*студенттер, 3 курс, 6B05302-«Физика» білім беру бағдарламасы,  
Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

**Ғылыми жетекші:** Қоштыбаев Талғат Бектасұлы,  
ф.-м.ғ.к., физика кафедрасының доценті

*Мақалада адиабатикалық процесс және оның физикалық сипаттамалары қарастырылады. Адиабатикалық процесс – жүйе мен қоршаған орта арасында жылу алмасусыз жүретін термодинамикалық құбылыс, мұнда жүйенің ішкі энергиясы тек жұмыс арқылы өзгереді. Бұл процестің негізгі теңдеулері, ерекшеліктері және басқа термодинамикалық процестермен салыстырмасы сипатталады. Қазіргі заманғы зерттеулерде адиабатикалық процестердің кванттық физикада және технологияларда қолданылуының маңыздылығы талқыланады. Мақалада жүйенің ішкі өзгерістері мен процестің тиімділігін арттыру әдістері баяндалған.*

**Кілт сөздері:** адиабатикалық процесс, термодинамика, ішкі энергия, жылу алмасу, идеал газ, кванттық физика.

**Кіріспе.** Адиабатикалық процесс – бұл жүйе мен сыртқы орта арасында жылу алмасусыз жүретін термодинамикалық процесс. Мұнда жүйенің ішкі энергиясы тек жұмыс арқылы өзгеріске ұшырайды, себебі жылу сыртқы ортамен алмаспайды. Мұндай процесте жүйенің температурасы немесе қысымы өзгерсе де, жылу алмасу болмайды. Жылу алмасудың болмауы жүйенің ішінде ғана энергияның қайта бөлінуіне алып келеді, яғни ішкі энергияның өзгеруі тек жүйенің өзінде орын алады. Бұл процесс газдардың кеңеюі мен сығылуы кезінде кездеседі, мысалы, поршеньді қозғалтқыштар мен турбиналарда. Адиабаталық процестерді зерттеу тарихы 19-ғасырдан басталады және термодинамиканың дамуының бір бөлігі ретінде көрінеді. Негізгі жаңалықтардың бірі – Карноның жұмысы, ол жылу машиналарының тиімділігін зерттеп, энергияның сақталу заңына негізделген алғашқы ғылыми тұжырымдарды жасады. Кейіннен Гельмгольц және Клаузиус сияқты ғалымдар адиабаталық процестердің термодинамика заңдарына байланысын зерттеп, энтропия түсінігін енгізді. Бұл жаңалықтар термодинамика заңдарының негізінде энергияның сақталу қағидаларын анықтап, адиабаталық процестердің

сипаттамаларын нақтылауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, Джоуль мен Томсонның зерттеулері адиабаталық процестегі газдардың сипаттамалары мен олардың суыту немесе қызу ерекшеліктерін ашуға көмектесті. Бұл деректер көптеген техникалық құрылғылардың, әсіресе, жылу машиналарының жұмыс істеу принциптерін негіздеу үшін маңызды болды. Адиабаталық процестер физикада және инженерияда маңызды рөл атқарады. Бұл процестер энергияның сақталуын, жүйе ішінде қайта бөлінуін зерттеуге көмектеседі. Қазіргі зерттеулерде адиабаталық процестерді жетілдіру, оларды кванттық физикада және түрлі технологиялық салаларда қолдану жолдары қарастырылуда. Қазіргі уақытта адиабаталық процестерді зерттеудің мақсаты – жүйелердің энергетикалық тиімділігін арттыру және энергия шығындарын азайту әдістерін табу. Зерттеу жаңа әдістерді, соның ішінде кванттық механика мен сандық модельдеуді қолдануға бағытталған. Жаңа әдістер, мысалы, адиабаталық процестерді модельдеуде сандық симуляцияны қолдану, қазіргі технологияларда қолданылатын процестерді түсінуге және дамытуға мүмкіндік береді.

**Негізгі бөлім.** Адиабаталық процесс – бұл жүйе мен қоршаған орта арасында жылу алмасу болмайтын термодинамикалық процесс. Бұл процесте жүйенің ішкі энергиясы сыртқы ортамен байланыссыз өзгереді, тек жүйедегі жұмыс арқылы өзгеріс болады. Адиабаталық процеске қатысты жұмыс келесі формуламен анықталады:

$$dU = -PdV,$$

мұнда ( $dU$ ) – жүйенің ішкі энергиясының өзгерісі, ( $P$ ) – қысым, ал ( $dV$ ) – көлемнің өзгерісі. Адиабаталық процестер үшін термодинамиканың бірінші заңы. Термодинамиканың бірінші заңы жүйенің ішкі энергиясының өзгерісі ( $\Delta U$ ) жүйеде атқарылған жұмыс ( $W$ ) мен жүйеге берілген жылу ( $Q$ ) қосындысына тең екенін айтады. Математикалық түрде бұл келесідей өрнектеледі:

$$\Delta U = Q + W$$

Адиабаталық процесс үшін, анықтамасы бойынша, қоршаған ортамен жылу алмасу болмайды ( $Q = 0$ ). Демек, адиабаталық процесс үшін термодинамиканың бірінші бастамасы келесі формада болады:

$$\Delta U = W$$

Бұл жүйенің ішкі энергиясының кез келген өзгерісі тек жүйеде немесе жүйенің қоршаған ортада атқарылған жұмысына байланысты болатынын білдіреді. Идеал газдар үшін адиабаталық процестің теңдеуі келесі түрде

көрсетіледі:

$$PV^\gamma = \text{const}$$

мұнда ( $\gamma$ ) – адиабаталық көрсеткіш ( $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ );  $C_p$  – тұрақты қысымдағы жылу сыйымдылығы;  $C_v$  – тұрақты көлемдегі жылу сыйымдылығы).

*Адиабаталық процестер мен басқа термодинамикалық процестердің байланысы.*

Изотермиялық процесте жүйенің температурасы тұрақты болып қалады. Адиабаталық процесс изотермиялық процесстен температураның өзгеруімен ерекшеленеді. Изобарлық процесте жүйенің қысымы тұрақты болып қалады. Адиабаталық процесс изобарлық процесстен ондағы қысымның өзгеруімен ерекшеленеді. Изохоралық процесте жүйенің көлемі тұрақты болып қалады. Адиабаталық процесс изохоралық процесстен ондағы көлемнің өзгеруімен ерекшеленеді. Төменде салыстыру кестесі ұсынылған.

Процесс	Температура	Қысым	Көлем	Жұмыс	Жылу алмасу
Изотермиялық	тұрақты	өзгереді	өзгереді	$\neq 0$	$\neq 0$
Изобаралық	өзгереді	тұрақты	өзгереді	$\neq 0$	$\neq 0$
Изохоралық	өзгереді	өзгереді	тұрақты	0	$\neq 0$
Адиабаталық	өзгереді	өзгереді	өзгереді	$\neq 0$	0

Жұмысты есептеу үшін адиабатикалық процесс кезінде мына теңдеу қолданылады:

$$W = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma - 1}$$

мұнда  $P_1, V_1$  – бастапқы қысым мен көлем,  $P_2, V_2$  – соңғы қысым мен көлем [1]. Адиабаталық процесс кезінде жүйенің ішкі энергиясы тек жұмыс жасау арқылы өзгереді. Жүйенің ішкі энергиясын ( $U$ ) деп белгілесек, оның өзгерісі ( $\Delta U$ ) және ( $A$ ) жасалған жұмыспен анықталады:

$$\Delta U = -A$$

мұндағы  $A$  – жүйе жасаған жұмыс. Адиабаталық процеске арналған теңдеулерден газдың ішкі энергиясы, қысымы мен көлемінің өзгеруі арасындағы байланыс анықталады энергияның формулалары:  $W = NkT$ ,  $W = PV$ ,  $W = \nu RT$ . Адиабаталық процесстің сипаттамасы мынадай: жүйе

кеңейсе, оның температурасы мен ішкі энергиясы азаяды, ал көлемі ұлғаяды. Егер газ қысылса, жүйенің ішкі энергиясы артады, бұл  $\Delta T > 0$  және  $\Delta W > 0$  болады. Газ кеңейгенде оның температурасы төмендейді, бұл жағдайда  $\Delta T < 0$  және  $W\Delta < 0$  болады [2]. Адиабатикалық процестің негізгі қасиеті – изолирленген жүйеде жүретін процестерде жүйенің ішкі энергиясының өзгеруі тек оның жұмыс атқару есебінен болады. Жүйенің температурасы көбінесе процесстің жылдамдығына және қоршаған ортаның жылу өткізгіштігіне байланысты өзгеруі мүмкін. Жылдам жүретін процестерде жылу алмасу болмауы ықтимал. Адиабатикалық жуықтау — процестің өте аз уақыт ішінде жүру жағдайы қарастырылатын кезде қолданылады. Бұл жуықтаудың мәні жылу беру процесі жүзеге асатын уақыттан әлдеқайда аз уақытта жүретін құбылыстарды сипаттайды. Адиабатикалық процестерде жүйе ішіндегі барлық ішкі өзгерістер өзара әсерлесулер арқылы орындалады, бірақ сыртқы ортамен жылу алмасусыз өтеді. Адиабатикалық процесті пайдалану шарттарына келесілер жатады: жүйенің жылу өткізгіштігі өте аз болу керек, немесе процесс жеткілікті жылдам өтуі тиіс. Бұл процестердің шектеулері бар, себебі шынайы жүйелерде толық адиабатикалық жағдайды сақтау қиын. Әдетте адиабатикалық процестер теориялық модель ретінде қолданылады және нақты процестерді сипаттағанда жуықтау ретінде қарастырылады. Адиабатикалық процестердің физикалық негіздері мен олардың қазіргі заманғы зерттеулердегі қолданылуы жан-жақты қарастырылып жатыр. Бұл процестер кванттық физика мен инженерияда маңызды рөл атқарады. Соңғы зерттеулерде Jean-François Schaff және оның әріптестері 3D Бозе-Эйнштейн конденсатын жылдам адиабатикалық қысу мен кеңейту әдістерін ұсынды. Адиабатикалық түрлендірулер өте баяу жүретіні белгілі, бұл практикалық қолдану үшін қиындықтар туғызатынын да білеміз. Зерттеушілер осы процестерді жылдамдату үшін әдістер іздеді. Бұл тәжірибелік зерттеулерде олар уақытқа тәуелді Гросс-Питаевский теңдеуінің масштабтық қасиеттерін пайдаланып, идеал адиабатикалық трансформация нәтижелеріне қол жеткізуге мүмкіндік беретін арнайы траекторияларды енгізді. Нәтижелер бойынша, бұл әдіс кванттық физикадағы басқа жүйелерге де қолданылуы мүмкін екенін көрсетті [3]. Сонымен қатар, Xi Chen және оның тобы адиабатикалық өтулерді лазерлік импульстармен жылдамдату әдісін зерттеді, бұл кванттық жүйелердің динамикасын тиімді басқаруға және кванттық есептеулердің жылдамдығын арттыруға мүмкіндік берді. Бұл тәсіл ядролық магниттік резонанс (NMR), кванттық ақпаратты өңдеу және түрлі ғылыми салаларда қолданылып, күрделі импульстардың шектеулерін жеңуге және жылдам әрі тұрақты жүйелерді құруға жол ашты. Осы зерттеулер адиабатикалық процестердің теориялық және практикалық қолданыстарын тереңдетіп, олардың жаңа технологиялардағы болашақ дамуына ықпал етті [4].

**Қорытынды.** Мақалада адиабаталық процестің термодинамикалық маңыздылығы жан-жақты талданды. Зерттеу барысында процестің ішкі

энергияның тек жұмыс арқылы өзгеруі, энергияның сақталу заңдарымен байланысы, сондай-ақ оның басқа термодинамикалық процестермен салыстырмалы ерекшеліктері көрсетілді. Жүйенің температурасы, қысымы және көлемі арасындағы байланыстың анықталуы процестің сипаттамаларын толық түсінуге мүмкіндік берді. Сонымен қатар, адиабаталық процестің нақты қолдану салалары мен шектеулері талқыланды, бұл оның техника мен ғылымдағы өзекті рөлін көрсетеді. Қазіргі заманғы зерттеулер бұл процесті кванттық физика мен технологиялық инновациялар саласында қолдану мүмкіндіктерін кеңейтті. Әсіресе, жылдам адиабаталық өтулерді зерттеу кванттық есептеулер мен ядролық магниттік резонанс секілді күрделі жүйелерді тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. MW. Zemansky, R.H.Dittman “Heat and Thermodynamics” 7<sup>th</sup> ed, McGraw-Hill, 1997. 74 p.
2. Қоштыбаев Т.Б. Физика. Алматы: «КЕМЕЛ КІТАП» баспасы, 2024. 248 б.
3. J.-F Schaff, X.-L. Song, P. Capuzzi, P. Vignolo and G. Labeyrie “Shortcut to adiabaticity for an interacting Bose-Einstein condensate” Europhysics Letters Association, 24 January 2011, Volume 93, Number 2
4. Xi Chen, I. Lizuain, A. Ruschhaupt, D. Guéry-Odelin, and J. G. Muga “Shortcut to Adiabatic Passage in Two and Three Level Atoms” Phys. Rev. Lett. 105, 123003 – Published 16 September 2010.

### АДИАБАТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ЕГО РАБОТА

*А.М. Базарбаева, Н.К. Айсултанова, К.Е. Танирберген*

*Научный руководитель: Т.Б. Коштыбаев*

*В статье рассматривается адиабатический процесс и его физические характеристики. Адиабатический процесс — термодинамическое явление, происходящее без теплообмена между системой и окружающей средой, при котором внутренняя энергия системы изменяется только за счет работы. Описаны основные уравнения, особенности и сравнение с другими термодинамическими процессами этого процесса. Современные исследования обсуждают важность адиабатических процессов в квантовой физике и технологиях. В статье описаны внутренние изменения системы и методы повышения эффективности процесса.*

**Ключевые слова:** адиабатический процесс, термодинамика, внутренняя энергия, теплообмен, идеальный газ, квантовая физика

## ADIABATIC PROCESSES AND ITS WORK

*Bazarbayeva A., Aisultanova N., Tanirbergen K.*

**Scientific Supervisor:** Koshtybayev T.

*The article discusses the adiabatic process and its physical characteristics. An adiabatic process is a thermodynamic phenomenon that occurs without heat exchange between the system and the environment, in which the internal energy of the system changes only due to work. The main equations, features and comparison with other thermodynamic processes of this process are described. Modern research discusses the importance of adiabatic processes in quantum physics and technology. The article describes internal changes in the system and methods for increasing the efficiency of the process.*

**Keywords:** adiabatic process, thermodynamics, internal energy, heat exchange, ideal gas, quantum physics.

### REFERENCES

1. MW. Zemansky, R.H.Dittman “Heat and Thermodynamics” 7<sup>th</sup> ed, McGraw-Hill, 1997. 74 p.
2. Koshtybaev T.B. Physics. Almaty:” KEMEL KITAP ” baspasy, 2024. 248 б.
3. J.-F Schaff, X.-L. Song , P. Capuzzi, P. Vignolo and G. Labeyrie “Shortcut to adiabaticity for an interacting Bose-Einstein condensate” Europhysics Letters Association, 24 January 2011, Volume 93, Number 2
4. Xi Chen, I. Lizuain, A. Ruschhaupt, D. Guéry-Odelin, and J. G. Muga “Shortcut to Adiabatic Passage in Two and Three Level Atoms” Phys. Rev. Lett. 105, 123003 – Published 16 September 2010.