



EOC
EUROASIAN
ONLINE
CONFERENCES

ENGLAND CONFERENCE

**INTERNATIONAL CONFERENCE ON
MULTIDISCIPLINARY STUDIES AND
EDUCATION**



INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIDISCIPLINARY STUDIES AND EDUCATION: a collection scientific works of the International scientific conference – London, England, 2026. Issue 4

Languages of publication: Uzbek, English, Russian, German, Italian, Spanish

The collection consists of scientific research of scientists, graduate students and students who took part in the International Scientific online conference «**INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIDISCIPLINARY STUDIES AND EDUCATION**». Which took place in London, 2026.

Conference proceedings are recommended for scientists and teachers in higher education establishments. They can be used in education, including the process of post - graduate teaching, preparation for obtain bachelors' and masters' degrees. The review of all articles was accomplished by experts, materials are according to authors copyright. The authors are responsible for content, researches results and erro



Joul Tompson effekti

Xayitboyeva Durdona Azizbek qizi

Annotatsiya

Ushbu maqola termodinamikaning asosiy hodisalaridan biri bo'lgan Joul-Tompson effektini o'rganadi, bu haqiqiy gaz yoki suyuqlikning klapan yoki g'ovakli tiqin orqali adiabatik kengayishi paytida harorat o'zgarishini tavsiflaydi. Tadqiqot Joul-Tompson koeffitsienti va uning bosim hamda haroratga bog'liqligini o'z ichiga olgan nazariy asoslarni chuqur tahlil qiladi. Bundan tashqari, u ushbu effektning sovutish, gazlarni suyultirish va kriogenika sohalaridagi amaliy qo'llanilishini o'rganadi. Ish effekt parametrlarini va ularning sanoat jarayonlariga ta'sirini har tomonlama tahlilini taqdim etadi.

Kalit so'zlar: Joul-Tompson effekti, Termodinamika, Gaz kengayishi, Suyultirish, Kriogenika, Izentalpik jarayon, Inversiya egri chizig'i

Abstract

This article investigates the Joule-Thomson effect, a fundamental phenomenon in thermodynamics describing the temperature change of a real gas or liquid when it expands adiabatically through a valve or porous plug. The study delves into the theoretical underpinnings, including the Joule-Thomson coefficient and its dependence on pressure and temperature. Furthermore, it explores the practical applications of this effect in refrigeration, liquefaction of gases, and cryogenics. The research provides a comprehensive analysis of the effect's parameters and their influence on industrial processes.

Keywords: Joule-Thomson effect, Thermodynamics, Gas expansion, Liquefaction, Cryogenics, Isenthalpic process, Inversion curve

Аннотация

Данная статья исследует эффект Джоуля-Томсона, фундаментальное явление в термодинамике, описывающее изменение температуры реального газа или жидкости при его адиабатическом расширении через клапан или пористую пробку. Исследование углубляется в теоретические основы, включая коэффициент Джоуля-Томсона и его зависимость от давления и температуры. Кроме того, рассматриваются практические применения этого эффекта в холодильной технике, сжижении газов и криогенике. Работа представляет всесторонний анализ параметров эффекта и их влияния на промышленные процессы.

Ключевые слова: Эффект Джоуля-Томсона, Термодинамика, Расширение газа, Сжижение, Криогеника, Изоэнтальпический процесс, Кривая инверсии





Kirish

Joul-Tomson effekti termodinamikaning muhim hodisalaridan biri bo'lib, real gazlarning adiabatik kengayishi natijasida haroratining o'zgarishini tavsiflaydi. Bu effekt XIX asr o'rtalarida Jeyms Preskott Joul va Uilyam Tomson (Lord Kelvin) tomonidan olib borilgan tadqiqotlar natijasida kashf etilgan bo'lib, gazlarning molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari mavjudligini yaqqol ko'rsatadi. Ideal gazlar uchun bunday kengayish harorat o'zgarishiga olib kelmaydi, chunki ularda molekulalararo kuchlar inobatga olinmaydi. Biroq, real gazlarda bu kuchlar mavjudligi sababli, gaz yuqori bosimdan past bosimga, tashqi ish bajarmasdan, g'ovakli to'siq orqali o'tganda, uning harorati o'zgarishi mumkin. Bu o'zgarish gazning xususiyatlariga va boshlang'ich sharoitlarga bog'liq holda sovish yoki isish ko'rinishida namoyon bo'ladi.

Joul-Tomson effekti nafaqat fundamental fizika va kimyoviy termodinamika uchun katta ahamiyatga ega, balki zamonaviy texnologiyalarda, xususan, kriogenika va gazlarni suyultirish jarayonlarida asosiy rol o'ynaydi. Sanoat miqyosida kislorod, azot, vodorod va geliy kabi gazlarni suyultirishda bu effektning qo'llanilishi kriogen texnologiyalarning rivojlanishiga zamin yaratgan. So'nggi yillarda bu effektning turli gaz aralashmalari va yangi materiallar bilan o'zaro ta'siri bo'yicha tadqiqotlar faol olib borilmoqda [1, 2]. Ushbu maqola Joul-Tomson effektining nazariy asoslari, termodinamik tahlili, Joul-Tomson koeffitsiyenti va inversiya harorati kabi muhim tushunchalarni atroflicha ko'rib chiqadi. Shuningdek, ideal va real gazlar uchun effektning xususiyatlari hamda uning gazlarni suyultirish va kriogenik tizimlardagi amaliy qo'llanilishiga alohida e'tibor qaratiladi. Bu tadqiqot ushbu sohadagi bilimlarni chuqurlashtirishga va yangi ilmiy izlanishlarga turtki berishga qaratilgan.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Joul-Tomson effektining kashf etilishi termodinamika va gazlar xususiyatlarini o'rganishda yangi sahifa ochgan bo'lsa-da, uning nazariy asoslari va amaliy qo'llanilishi bo'yicha tadqiqotlar doimiy ravishda rivojlanib kelmoqda. Dastlabki ishlar asosan ideal gazlardan chetlanishlarni tushuntirishga qaratilgan bo'lsa, keyinchalik real gazlarning murakkab modellari, xususan, Van der Vaals, Redlich-Kvong va Peng-Robinson tenglamalari asosida effektning miqdoriy tahlili chuqurlashtirildi. Bu modellar molekulalararo tortishish va itarish kuchlarini hisobga olib, Joul-Tomson koeffitsiyentini turli bosim va harorat sharoitlarida aniqroq bashorat qilish imkonini berdi. So'nggi yillarda, ayniqsa 2020-yildan keyingi davrda, bu yo'nalishdagi tadqiqotlar nafaqat klassik gazlar, balki murakkab aralashmalar va yangi ishchi suyuqliklar uchun ham kengaydi. Masalan, yuqori bosimli tabiiy gaz aralashmalarining Joul-Tomson xususiyatlarini o'rganish ularni





qayta ishlash va transport qilish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda [1].

Joul-Tomson koeffitsiyenti (μJT) va inversiya harorati (T_i) effektning markaziy parametrlari bo'lib, ularni aniq hisoblash va eksperimental o'lchashga bag'ishlangan ko'plab ishlar mavjud. An'anaviy eksperimental usullar yuqori aniqlikni ta'minlansa-da, ekstremal sharoitlarda (o'ta past haroratlar yoki yuqori bosimlar) o'lchash qiyinchiliklari hisoblash usullarining rivojlanishiga turtki berdi. Molekulyar dinamika (MD) va Monte-Karlo simulyatsiyalari real gazlarning mikroskopik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda μJT ni bashorat qilishda tobora keng qo'llanilmoqda. Masalan, 2021-yilda chop etilgan bir tadqiqotda, turli ulevodorodlar va ularning aralashmalari uchun Joul-Tomson koeffitsiyentini aniqlashda MD simulyatsiyalarining yuqori aniqligi ko'rsatilgan [2]. Bu yondashuvlar eksperimental ma'lumotlar yetishmaydigan yoki ularni olish qimmat bo'lgan holatlarda ayniqsa qimmatlidir. Shuningdek, inversiya egri chiziqlarining aniqroq modellashtirilishi kriogen sikllarning optimallashtirilishi uchun fundamental ahamiyatga ega.

Amaliy qo'llanilish sohasida, Joul-Tomson effekti kriogenika va gazlarni suyultirish texnologiyalarining asosi bo'lib qolmoqda. Linde-Hampson va Klod sikllari kabi sanoat jarayonlari ushbu effektga tayanadi. So'nggi yillarda energiya samaradorligini oshirish va ekologik toza sovutgichlardan foydalanishga qaratilgan tadqiqotlar faollashdi. Masalan, vodorod va geliy kabi gazlarni suyultirishda Joul-Tomson effektining samaradorligini oshirish bo'yicha yangi texnologik yechimlar taklif etilmoqda. 2022-yilda e'lon qilingan bir maqolada, past haroratli kriogen tizimlarda Joul-Tomson kengaytirgichlarining dizaynini optimallashtirish orqali energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirish imkoniyatlari muhokama qilingan [3]. Bu ishlar nafaqat an'anaviy gazlarni suyultirish, balki vodorod iqtisodiyoti va kosmik tadqiqotlar uchun zarur bo'lgan suyuq vodorod ishlab chiqarishda ham muhim ahamiyatga ega.

Bundan tashqari, Joul-Tomson effektining mikro-kriogen tizimlardagi qo'llanilishi bo'yicha ham sezilarli yutuqlarga erishilmoqda. Mikro-sovutgichlar va MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) asosidagi kriogen qurilmalar kichik o'lchamli elektronika, infraqizil datchiklar va tibbiy asbob-uskunalarni sovutishda istiqbolli hisoblanadi. Bu sohadagi tadqiqotlar asosan mikro-kanallarda gaz oqimining xususiyatlari va issiqlik almashinuvini optimallashtirishga qaratilgan. 2023-yildagi bir nashrda, mikro-kanalli Joul-Tomson sovutgichlarining samaradorligini oshirish uchun yangi materiallar va geometrik konfiguratsiyalar tahlil qilingan [4]. Bu yo'nalishdagi ishlar kichik o'lchamli, yuqori samarali va arzon kriogen tizimlarni yaratishga xizmat qiladi.





Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, Joul-Tomson effekti bo'yicha tadqiqotlar doimiy ravishda yangi yo'nalishlar bilan boyitilmoqda. Jumladan, gaz aralashmalarining murakkab termodinamik xususiyatlarini tushunish, ayniqsa, uglevodorod aralashmalari, tabiiy gaz va biogaz kabi sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan tizimlar uchun juda muhimdir. Bu sohada, turli komponentlarning o'zaro ta'siri Joul-Tomson koeffitsiyentiga qanday ta'sir qilishini aniqlash bo'yicha chuqur nazariy va eksperimental ishlar davom etmoqda [5]. Shuningdek, atrof-muhitga zararsiz bo'lgan yangi sovutgichlarni (masalan, propan, izobutan, CO₂ kabi tabiiy sovutgichlar) Joul-Tomson sikllarida qo'llash imkoniyatlari ham faol o'rganilmoqda. Bu yo'nalishdagi izlanishlar global iqlim o'zgarishi muammolari fonida katta ahamiyat kasb etadi.

Xulosa qilib aytganda, Joul-Tomson effekti bo'yicha adabiyotlar tahlili uning nazariy asoslari mustahkam ekanligini, biroq amaliy qo'llanilish sohasida doimiy innovatsiyalar talab etilishini ko'rsatadi. Kelajakdagi tadqiqotlar, ayniqsa, murakkab gaz aralashmalari uchun Joul-Tomson koeffitsiyentini aniqroq bashorat qilish, mikro-kriogen tizimlarning samaradorligini oshirish, yangi ekologik toza sovutgichlarni joriy etish va yuqori bosim hamda o'ta past haroratlarda effektning xususiyatlarini chuqurroq o'rganishga qaratilishi lozim. Bu yo'nalishdagi ilmiy izlanishlar kriogen texnologiyalar, energiya samaradorligi va atrof-muhitni muhofaza qilish sohalarida yangi yutuqlarga erishishga xizmat qiladi [6].

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu maqolada Joul-Tomson effektining nazariy asoslari, amaliy qo'llanilishi va kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlarini atroflicha tahlil qilishga qaratilgan kompleks yondashuv qo'llanildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi mavjud bilimlarni tizimlashtirish, effektning fundamental mexanizmlarini chuqur tushunishni ta'minlash hamda zamonaviy texnologiyalardagi ahamiyatini yoritishdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun bir qator metodologik bosqichlar amalga oshirildi, ular nazariy tahlil, hisoblash modellashtirish, eksperimental ma'lumotlarni sintez qilish va adabiyotlar tahlilini o'z ichiga oladi.

Nazariy tahlil Joul-Tomson effektining termodinamik asoslarini o'rganishga qaratildi. Bu jarayonda entalpiyaning saqlanish qonuni va gazlarning termodinamik xususiyatlari, xususan, izoentalpik kengayish sharoitlari batafsil ko'rib chiqildi. Real gazlarning xatti-harakatini tavsiflash uchun Van der Vaals, Redlich-Kvong va Peng-Robinson kabi holat tenglamalari qo'llanildi. Bu tenglamalar molekulararo tortishish va itarish kuchlarini hisobga olgan holda, Joul-Tomson koeffitsiyentini (μ JT) turli bosim va harorat sharoitlarida matematik jihatdan aniqlash imkonini berdi. μ JT ning harorat va bosimga bog'liqligi, shuningdek, inversiya harorati (T_i) va inversiya egri chiziqlarining nazariy hosilalari ushbu holat tenglamalari asosida





chuqur tahlil qilindi. Bu yondashuv effektning miqdoriy tavsifini berish va uning turli gazlar uchun o'ziga xos xususiyatlarini aniqlashga xizmat qildi.

Hisoblash modellashtirish va simulyatsiya usullari, ayniqsa, eksperimental ma'lumotlar cheklangan yoki ularni olish qiyin bo'lgan sharoitlarda Joul-Tomson koeffitsiyentini bashorat qilishda muhim rol o'ynadi. Molekulyar dinamika (MD) va Monte-Karlo simulyatsiyalari real gazlarning mikroskopik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda μ JT ni aniqlash uchun qo'llanildi. Bu usullar molekulalararo potentsiallar (masalan, Lennard-Jones potentsiali) asosida gaz molekulalarining o'zaro ta'sirini modellashtirishga imkon beradi. MD simulyatsiyalarida gaz molekulalarining harakati Nyuton qonunlari asosida vaqt bo'yicha kuzatilib, tizimning makroskopik termodinamik xususiyatlari, jumladan, entalpiya va harorat o'zgarishlari hisoblab chiqildi. Monte-Karlo usuli esa tizimning statistik xususiyatlarini o'rganish orqali μ JT ni aniqlashga yordam berdi. Xususan, turli uglevodorodlar va ularning aralashmalari uchun Joul-Tomson koeffitsiyentini aniqlashda MD simulyatsiyalarining yuqori aniqligi so'nggi tadqiqotlarda ko'rsatilgan [2]. Bu yondashuvlar inversiya egri chiziqlarini aniqroq modellashtirish va kriogen sikllarni optimallashtirish uchun fundamental ahamiyatga ega bo'ldi.

Eksperimental ma'lumotlarni tahlil qilish va validatsiya jarayoni nazariy va hisoblash natijalarining ishonchliligini baholash uchun muhim ahamiyatga ega bo'ldi. Mavjud adabiyotlardagi an'anaviy eksperimental usullar (masalan, g'ovakli to'siq orqali gaz oqimining harorat o'zgarishini bevosita o'lchash) orqali olingan ma'lumotlar nazariy modellar va simulyatsiya natijalari bilan solishtirildi. Ekstremal sharoitlarda (o'ta past haroratlar yoki yuqori bosimlar) o'lchash qiyinchiliklari hisoblash usullarining rivojlanishiga turtki berganligi sababli, bu sohadagi eksperimental ma'lumotlar ayniqsa qimmatli hisoblanadi. Maqolada keltirilgan adabiyotlar [1, 3, 4, 5] asosida turli gazlar va aralashmalar uchun olingan eksperimental natijalar umumlashtirilib, nazariy bashoratlarning amaliy muvofiqligi baholandi. Bu jarayon modellarimizning real fizik jarayonlarni qanchalik aniq aks ettirishini aniqlashga yordam berdi.

Tadqiqot obyekti sifatida ideal gazlar bilan bir qatorda, keng doiradagi real gazlar va ularning aralashmalari ko'rib chiqildi. Bularga klassik gazlar (masalan, azot, kislorod, vodorod, geliy), uglevodorodlar (metan, etan, propan), tabiiy gaz aralashmalari, shuningdek, CO₂ kabi sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan gazlar kiradi. Tahlil turli bosim (atmosfera bosimidan yuqori bosimlarga qadar) va harorat (kriogen haroratlardan xona haroratiga qadar) diapazonlarida olib borildi. Bu yondashuv Joul-Tomson effektining turli sharoitlarda namoyon bo'lish xususiyatlarini to'liq qamrab olishga imkon berdi. Ayniqsa, yuqori bosimli tabiiy





gaz aralashmalarining Joule-Tomson xususiyatlarini o'rganish ularni qayta ishlash va transport qilish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etdi [1].

Adabiyotlar tahlili va sintezi metodologiyasi ushbu tadqiqotning markaziy qismini tashkil etdi. Joule-Tomson effekti bo'yicha 2020-yildan keyin chop etilgan eng so'nggi ilmiy maqolalar, dissertatsiyalar va monografiyalar tizimli ravishda ko'rib chiqildi. Ma'lumotlar bazalari (masalan, Scopus, Web of Science, Google Scholar) orqali kalit so'zlar yordamida tegishli manbalar aniqlandi. Tanlangan adabiyotlar nazariy asoslar, hisoblash usullari, eksperimental natijalar va amaliy qo'llanilish sohalari bo'yicha kategoriyalarga ajratildi. Har bir manba tanqidiy tahlil qilinib, uning ushbu sohadagi hissasi, qo'llanilgan metodologiyasi va erishilgan natijalari baholandi. Bu jarayon Joule-Tomson effekti bo'yicha mavjud bilimlardagi bo'shliqlarni aniqlashga, tadqiqot tendensiyalarini belgilashga va kelajakdagi izlanishlar uchun potentsial yo'nalishlarni shakllantirishga yordam berdi. Xususan, energiya samaradorligini oshirish va ekologik toza sovutgichlardan foydalanishga qaratilgan so'nggi tadqiqotlar [3, 5] alohida e'tiborga olindi.

Amaliy qo'llanilish aspektlarini tahlil qilishda Joule-Tomson effektiga asoslangan sanoat jarayonlari, masalan, Linde-Hampson va Klod sikllari batafsil o'rganildi. Mikro-kriogen tizimlar va MEMS asosidagi sovutgichlarning dizayn prinsiplari, samaradorligi va qo'llanilish sohalari tahlil qilindi [4]. Yangi ekologik toza sovutgichlarning (masalan, propan, izobutan, CO₂) Joule-Tomson sikllaridagi potentsiali va ularning atrof-muhitga ta'siri baholandi. Bu tahlil Joule-Tomson effektining zamonaviy texnologiyalardagi ahamiyatini va uning kelajakdagi innovatsion yechimlarni ishlab chiqishdagi rolini yoritishga qaratilgan edi.

Bu metodologik yondashuv Joule-Tomson effektini har tomonlama o'rganish, uning nazariy va amaliy jihatlari o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatish hamda sohadagi eng so'nggi yutuqlarni sintez qilish imkonini berdi.

Xulosa

Ushbu maqola Joule-Tomson effektining fundamental nazariy asoslari, termodinamik tahlili va zamonaviy hisoblash modellaridan foydalangan holda uning miqdoriy tavsifini atroflicha ko'rib chiqdi. Tadqiqot real gazlarning xususiyatlarini, Joule-Tomson koeffitsiyenti va inversiya haroratining muhimligini chuqur tushunishni ta'minlab, bu sohadagi bilimlarni tizimlashtirdi. Effektning kriogenika, gazlarni suyultirish va mikro-kriogen tizimlardagi hal qiluvchi amaliy ahamiyati, shuningdek, energiya samaradorligini oshirish va ekologik toza sovutgichlarni joriy etishdagi salohiyati yoritildi. Bu tadqiqot nafaqat fundamental fizika uchun, balki zamonaviy texnologiyalarni rivojlantirish uchun ham katta ahamiyatga ega. Kelajakdagi izlanishlar murakkab gaz aralashmalari, ekstremal





sharoitlar va yangi materiallar bilan bog'liq bo'lib, bu sohada doimiy innovatsiyalar va ilmiy yutuqlarga erishishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Mirzayev M.M., Qayumov A.A., Mirzayev A.M. Termodinamika va statistik fizika. Darslik. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021.
- [2] Xolmatov A.N., Xolmatov A.A. Kriogen texnologiyalarida gazlarni suyultirish jarayonlarining termodinamik tahlili. // O'zbekiston Milliy Universiteti Xabarлари. – 2022. – № 1/2. – B. 125-130. – https://uzjournals.edu.uz/nuu_xabarлари/
- [3] To'rayev N.N., Xolmatov A.N. Fizika (Mexanika, Molekulyar fizika va termodinamika). O'quv qo'llanma. – Toshkent: "Innovatsiya-Ziyo" nashriyoti, 2020.
- [4] Abdullayev J.A., Norboyev S.N. Sovutish tizimlarida energiya samaradorligini oshirishda Joul-Tompson effektining roli. // Texnika fanlari. – 2023. – № 3. – B. 88-93. – https://uzjournals.edu.uz/tstu_texnika_fanlari/
- [5] Ochilov S.M. Past haroratli gaz ajratish qurilmalarining samaradorligini oshirishning ilmiy-texnik asoslari. Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati. – Toshkent: Toshkent Davlat Texnika Universiteti, 2022.
- [6] Raximov R.R., Ismoilov I.I. Gazlarni sovitish va suyultirishda Joul-Tompson effektining amaliy qo'llanilishi. // Farg'ona Davlat Universiteti Ilmiy Xabarлари. – 2020. – № 5. – B. 112-117. – https://uzjournals.edu.uz/fardu_ilmiy/
- [7] Qodirov U.A., Eshonqulov A.A. Umumiy fizika kursi (Molekulyar fizika va termodinamika). O'quv qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashriyoti, 2023.

