

TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI VA UNING ANALITIK IFODASI

Axmedova Dilshodaxon

*Jizzax davlat pedagogika universiteti tabiiy fanlar
fakulteti kimyo yo'nalishi 211-24 guruh talabasi*

Ilyosova O'g'iloy

*Jizzax davlat pedagogika universiteti tabiiy fanlar
fakulteti kimyo yo'nalishi 212-24 guruh talabasi*

Erkinova Nozima

*Jizzax davlat pedagogika universiteti tabiiy fanlar
fakulteti kimyo yo'nalishi 212-24 guruh talabasi*

Annotatsiya

Termodinamikaning ikkinchi qonuni energiyaning tabiiy jarayonlarda qanday taqsimlanishini va tizimlarning entropiyasining o'sish tendensiyasini tushuntiradi. Ushbu maqolada ikkinchi qonunning asosiy tushunchalari, uning fizik mazmuni va matematik ifodalari tahlil qilinadi. Shuningdek, real jarayonlarda energiyaning samarali ishlatilishi va entropiya o'zgarishini aniqlash uchun analitik usullar keltiriladi. Maqola ilmiy izlanishlar va amaliy qo'llanmalar uchun foydali bo'lishi mumkin.

Kalit so'zlar: Termodinamika, ikkinchi qonun, entropiya, analitik ifoda, energiya samaradorligi

Аннотация

Вторая закон термодинамики объясняет, как энергия распределяется в естественных процессах и показывает тенденцию увеличения энтропии в системах. В данной статье рассматриваются основные понятия второго закона, его физический смысл и математические выражения. Также представлены аналитические методы для определения изменений энтропии и эффективного использования энергии в реальных процессах. Статья может быть полезна для научных исследований и практических приложений.

Ключевые слова: термодинамика, второй закон, энтропия, аналитическое выражение, эффективность энергии

Abstract

The second law of thermodynamics describes how energy is distributed in natural processes and the tendency of entropy to increase in systems. This article analyzes the fundamental concepts of the second law, its physical significance, and mathematical formulations. Additionally, it presents analytical methods for determining entropy changes and efficient energy utilization in real processes. The article is intended to be useful for both scientific research and practical applications.

Keywords: thermodynamics, second law, entropy, analytical expression, energy efficiency

Kirish

Termodinamika — bu makroskopik tizimlarning energiya almashinuvi va oʻzaro taʼsirini oʻrganadigan fan boʻlib, u tabiatdagi barcha jarayonlarning mexanik, issiqlik va kimyoviy aspektlarini izohlash imkonini beradi. Shu jumladan, energiya saqlanishi va aylanishi bilan bogʻliq qonunlar insoniyatning texnika, sanoat va ilmiy tadqiqotlar sohalarida asosiy tamoyil sifatida xizmat qiladi. Termodinamikaning ikkinchi qonuni tabiiy jarayonlarning yoʻnalishini aniqlaydi va tizimlarning entropiyasining oʻsish tendensiyasini tushuntiradi. Bu qonun birinchi qonun — energiya saqlanish qonuni — bilan birgalikda ishlaganda, jarayonlarning amalga oshishi mumkinligini va energiyaning samarali ishlatilishini baholash imkonini beradi. Ikkinchi qonun energiya sifatining pasayishini, yaʼni har qanday real jarayonda foydalaniladigan energiyaning bir qismi foydali ishga aylanishdan toʻxtalmasligini bildiradi. Shuningdek, ikkinchi qonun termodinamik tizimlarning izolyatsiya qilingan holatida entropiyaning oʻsishiga asoslanadi. Bu jarayonning matematik va analitik ifodasi ilmiy tahlil uchun zarur boʻlib, u energiya oʻzgarishini aniqlash, tizim samaradorligini baholash va sanoat, kimyo, energetika kabi amaliy sohalarida jarayonlarni optimallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu maqola ikkinchi qonunning asosiy tushunchalarini, uning fizik mazmunini, real jarayonlardagi qoʻllanilishini va analitik ifodalar orqali tizim entropiyasini aniqlash usullarini batafsil tahlil qilishga qaratilgan. Tadqiqot natijalari nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy qoʻllanmalar uchun ham foydali boʻlishi kutilmoqda.[1]

Asosiy qismi

Termodinamikaning ikkinchi qonuni tabiiy jarayonlarning yoʻnalishini belgilaydigan fundamental tamoyil hisoblanadi. U energiyaning tabiiy tizimlarda qanday tarqalishini va tizimlarning entropiyasining oʻsish tendensiyasini tushuntiradi. Energiya saqlanishining birinchi qonuni faqat energiyaning miqdorini belgilaydi, lekin uning sifatini aniqlamaydi. Shu nuqtai nazardan, ikkinchi qonun energiyaning sifatiga, yaʼni foydali ishga aylanish imkoniyatiga doir muhim maʼlumot beradi. Ushbu qonun har qanday real jarayonda energiyaning toʻliq foydali ishga aylana olmasligini koʻrsatadi, chunki tizimdagi qism energiya issiqlik sifatida yoʻqoladi. Bu jarayonlarda tizimlarning ichki tartibsizligi, yaʼni entropiya oshishi bilan bogʻliq boʻlib, tabiiy jarayonlarning vaqt yoʻnalishini belgilaydi. Ikkinchi qonunning fiziologik mazmuni entropiya tushunchasi orqali izohlanadi. Entropiya — bu tizimning ichki tartibsizligi yoki energiyaning foydali ishga aylanish imkoniyatining kamayish darajasi sifatida qaraladi. Tizim izolyatsiya qilingan holatda boʻlsa, uning entropiyasi vaqt oʻtishi bilan kamaymaydi; aksincha, tabiiy jarayonlar davomida u oshadi yoki eng yaxshi holatda

doimiy qoladi. Shu bilan birga, ikkinchi qonun termodinamik jarayonlarning amalga oshishi mumkinligini belgilaydi: agar tizimning entropiyasi oshsa, jarayon tabiiy tarzda amalga oshadi, agar entropiya kamayadigan bo'lsa, jarayon faqat tashqi energiya ta'siri bilan yuz berishi mumkin.[2] Ikkinchi qonunning turli formulalari mavjud bo'lib, ular jarayonning turiga va tahlil usuliga qarab ishlatiladi. Klauzius formulasi energiya almashinuvi va issiqlik transportini tushuntiradi: issiqlik tabiiy ravishda issiqlik manbai yuqori bo'lgan joydan past bo'lgan joyga oqadi, lekin aksincha tabiiy jarayon emas. Kelvin-Plank formulasi esa ideal issiqlik dvigatelining samaradorligini tahlil qilish imkonini beradi va energiyaning har qanday real ishlash jarayonida to'liq foydali ishga aylanishi mumkin emasligini ko'rsatadi. Shu yondashuvlar orqali ikkinchi qonunning amaliy qo'llanilishi energetika, mexanika va sanoat tizimlarida aniq namoyon bo'ladi. Analitik yondashuv esa ikkinchi qonunni tizimlar uchun matematik jihatdan izohlash imkonini beradi. Entropiya o'zgarishi formulalari yordamida energiya tarqalishi, tizimning ichki tartibsizligi va foydali ishga aylanish darajasi aniqlanadi. Masalan, izotermik yoki izobarik jarayonlarda entropiya o'zgarishi differensial va integral ko'rinishda tahlil qilinadi, bu esa tizim samaradorligini aniqlash va jarayonlarni optimallashtirish imkonini beradi. Shu bilan birga, izolyatsiyalangan va ochiq tizimlarda energiya va entropiya balansini hisoblash orqali real jarayonlarning mukammalligi baholanadi. Ikkinchi qonun real hayotdagi energetik jarayonlarda muhim ahamiyatga ega. Elektr stansiyalari, issiqlik dvigatellari, sovutish tizimlari va sanoat jarayonlarida energiyaning samarali ishlatilishini tahlil qilish uchun ikkinchi qonunning analitik ifodalaridan keng foydalaniladi. Bu qonun yordamida tizimlarning samaradorligi, issiqlik yo'qotishlari va energiya manbalaridan foydalanishning optimal strategiyalari aniqlanadi. Masalan, issiqlik dvigateli jarayonida energiyaning bir qismi har doim foydali ishga aylana olmaydi va qisman issiqlik sifatida yo'qoladi. Bu yo'qotishlar entropiya o'sishi bilan izohlanadi, va tizim samaradorligini oshirish uchun texnologik yechimlar ishlab chiqiladi. Shuningdek, ikkinchi qonun molekulyar darajada ham izohlanadi. Termodinamik tizimlarning har bir molekulasida o'z kinetik va potentsial energiyasiga ega bo'lib, tizimdagi mikrojarayonlar tartibsiz harakatlarni yuzaga keltiradi. Bu tartibsizliklar makroskopik miqyosda entropiya o'sishini ifodalaydi va jarayonlarning tabiiy yo'nalishini belgilaydi. Shu sababli, ikkinchi qonun energiyaning makroskopik va mikroskopik xususiyatlarini uzviy bog'laydi va real tizimlarda energiya va ish samaradorligini baholash imkonini beradi. Ikkinchi qonun amaliy jihatdan insoniyatning energiya resurslaridan foydalanish strategiyasini shakllantirishda muhim vosita hisoblanadi. U energiya samaradorligini oshirish, issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish va ekologik jihatdan barqaror jarayonlarni yaratishda qo'llaniladi. Shu bilan birga, ilmiy tadqiqotlar va texnologik innovatsiyalarni rivojlantirishda ikkinchi qonunning analitik ifodasi tizimning samaradorligini optimallashtirish va yangi energiya texnologiyalarini yaratish uchun

nazariy asos sifatida xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, termodinamikaning ikkinchi qonuni nafaqat nazariy fizikaning muhim qismi, balki amaliy muhandislik, energetika va sanoat jarayonlarida tizim samaradorligini oshirishning asosiy tamoyili hisoblanadi. U energiyaning tarqalishi, tizim tartibsizligi va foydali ishga aylanish darajasini baholashda universal me'yor sifatida ishlatiladi. Analitik ifodalar orqali entropiya o'zgarishini hisoblash va jarayonlarning tabiiy yo'nalishini aniqlash real tizimlarda energiya resurslaridan optimal foydalanish imkoniyatini yaratadi, bu esa texnologik va iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Shunday qilib, ikkinchi qonun energiyaning tabiiy tarqalishini va tizim entropiyasining oshish tendensiyasini tushuntirish bilan birga, uning analitik ifodasi tizimlarning samaradorligini ilmiy asosda baholash va optimallashtirish imkonini beradi. Bu qonun real jarayonlarda energiya samaradorligini oshirish, issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish va ilmiy-texnik innovatsiyalarni rivojlantirish uchun mustahkam nazariy poydevor yaratadi. Shu sababli, ikkinchi qonun va uning analitik ifodasi termodinamikaning fundamental tamoyili sifatida ilmiy va amaliy sohalarida keng qo'llaniladi.

Emperik tahlil

Emperik tahlil termodinamikaning ikkinchi qonuni asosida real jarayonlarni kuzatish va o'lchash orqali tizimlarning energiya samaradorligini va entropiya o'zgarishini aniqlashni o'z ichiga oladi. Tabiiy va texnologik tizimlarda energiyaning tarqalishi va samaradorligi faqat nazariy yondashuv bilan emas, balki eksperimentlar va amaliy kuzatuvlar orqali ham baholanadi. Buning uchun turli sanoat jarayonlari, issiqlik dvigatellari, elektr stansiyalari va sovutish tizimlarida amalga oshirilgan kuzatuvlar tahlil qilinadi. Shu orqali ikkinchi qonunning real sharoitlarda qanday amalga oshishi va uning analitik ifodalari bilan qanday bog'liqligi aniqlanadi. Empirik tahlilning asosiy maqsadi tizimlarning entropiya o'zgarishini va energiyaning foydali ishga aylanish darajasini real jarayonlarda baholashdir. Misol uchun, issiqlik dvigatellari jarayonida kiruvchi energiyaning qismi foydali ishga aylanadi, qismi esa issiqlik sifatida yo'qoladi. Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, energiyaning butunlay foydali ishga aylanishi mumkin emas, chunki entropiya tabiiy ravishda oshadi. Bu jarayonlarni kuzatish orqali tizim samaradorligi aniq raqamlar bilan ifodalanadi va amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi. Shu bilan birga, turli jarayonlarda energiya samaradorligini oshirish yo'llari aniqlanadi, masalan, issiqlik almashuvchilarni optimallashtirish, dvigatelning ishlash sharoitlarini yaxshilash va energiya yo'qotishlarini kamaytirish orqali. Shuningdek, emperik tahlilda izolyatsiyalangan va ochiq tizimlarning energiya va entropiya balanslari tahlil qilinadi. Izolyatsiyalangan tizimlarda entropiya oshishi tabiiy jarayonlarni kuzatish orqali aniqlanadi.[3] Masalan, izolyatsiyalangan gaz kapsulasi tajribalarida molekulalarning tasodifiy harakati tizim entropiyasining oshishiga olib keladi. Bu esa ikkinchi qonunning molekulyar darajadagi amaliy tasdig'i bo'lib xizmat qiladi. Ochiq tizimlarda esa energiya va

issiqlik almashuvi doimiy ravishda kuzatiladi, bu esa jarayonlarning samaradorligini va energiya yo'qotishlarini real sharoitda baholash imkonini beradi. Empirik kuzatuvlar shuni ko'rsatadiki, har qanday real jarayonda tizimning entropiyasi oshadi yoki doimiy bo'ladi, kamaymaydi. Bu holat issiqlik dvigatellari, elektr stansiyalari, kimyo sanoati va sovutish tizimlarida aniq kuzatiladi. Masalan, elektr stansiyasida ishlatiladigan bug' turbinasi orqali energiya ishlab chiqarishda kiruvchi issiqlikning faqat qismi foydali ishga aylanadi, qolgan qismi atrof-muhitga issiqlik sifatida tarqaladi. Shu bilan birga, tizimning samaradorligi va energiya yo'qotishlari aniq o'lchovlar orqali aniqlanadi va entropiya oshishi bilan izohlanadi. Tajriba va kuzatuvlar shuni ko'rsatadiki, ikkinchi qonun energiya samaradorligini baholashda universal qoidalar sifatida ishlatiladi. Empirik tahlil orqali aniqlangan natijalar ikkinchi qonunning analitik ifodalari bilan yuqori darajada mos keladi. Misol uchun, issiqlik dvigatellari va sovutish tizimlarida entropiya o'zgarishini nazariy hisoblash va real kuzatuvlar natijasi o'rtasidagi farq minimal bo'lib, bu analitik metodlarning amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi. Shuningdek, empirizm orqali tizim samaradorligini oshirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi. Energiya yo'qotishlarini kamaytirish uchun issiqlik almashuvchilarining samaradorligi oshiriladi, jarayonlar optimal sharoitlarda boshqariladi va issiqlik chiqindilari qayta ishlanadi. Bu yondashuvlar ikkinchi qonunning amaliy qo'llanilishining eng yaqqol misolidir, chunki ular nafaqat nazariy asosga ega, balki real jarayonlarda energiya resurslaridan maksimal darajada foydalanishga imkon beradi. Empirik tahlil shuningdek, energiya samaradorligini baholashda vaqt omilini ham hisobga oladi. Jarayonlar davomida tizim entropiyasining o'sishi vaqt bilan bog'liq bo'lib, uzoq muddatli kuzatuvlar energiya yo'qotishlarini aniqlash va tizim samaradorligini oshirish uchun muhim ma'lumot beradi. Masalan, sanoat jarayonlarida uzoq muddatli kuzatuvlar orqali turbinaning ishlash samaradorligi, issiqlik almashuvchilarining optimal ishlash sharoiti va energiya yo'qotishlari aniqlanadi. Shu orqali tizim samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy asoslangan strategiyalar ishlab chiqiladi. Empirik tahlilning yana bir muhim jihati — turli jarayonlarni solishtirish va optimal sharoitlarni aniqlashdir. Turli issiqlik dvigatellari, bug' turbinasi, sovutish tizimlari va sanoat jarayonlari kuzatilib, ularning samaradorligi va entropiya o'zgarishi taqqoslanadi. Bu taqqoslashlar orqali eng samarali tizimlar aniqlanadi va energetik resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi. Shu bilan birga, eksperimentlar natijalari analitik modellar bilan solishtiriladi, bu esa ikkinchi qonunning amaliy qo'llanilish darajasini baholash imkonini beradi. Empirik tahlil shuni ko'rsatadiki, ikkinchi qonun nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy jihatdan ham energiya samaradorligini oshirishda muhim vosita hisoblanadi. Tizimlarning entropiya o'zgarishini kuzatish va energiya yo'qotishlarini aniqlash orqali amaliy tizimlar optimallashtiriladi, jarayonlarning samaradorligi oshiriladi va energiya resurslaridan maksimal foyda olish mumkin bo'ladi. Shu bilan

birga, real tizimlarda kuzatilgan natijalar ikkinchi qonunning analitik ifodalari bilan yuqori darajada mos keladi, bu esa nazariy yondashuvning amaliy tasdig'ini beradi. Empirik tahlil shuningdek, energiya samaradorligini oshirishda texnologik innovatsiyalarni rivojlantirishga asos yaratadi. Masalan, issiqlik dvigatellari va sovutish tizimlarida energiya yo'qotishlarini kamaytirish bo'yicha yangi materiallar, dizaynlar va boshqaruv strategiyalari ishlab chiqiladi. Bu jarayonlar ikkinchi qonunning analitik ifodalariga mos keladi va tizim samaradorligini oshirish imkonini beradi. Shu orqali nafaqat iqtisodiy, balki ekologik samaradorlik ham ta'minlanadi. Shu tarzda, empirik tahlil orqali ikkinchi qonun va uning analitik ifodasi real jarayonlarda amalda qanday ishlashini kuzatish, tizim samaradorligini baholash va energiya resurslaridan optimal foydalanish imkonini beradi. Tizimlar entropiyasining o'sishi, energiya yo'qotishlari va jarayonlarning tabiiy yo'nalishi empirik kuzatuvlar orqali aniq ko'rsatiladi, bu esa ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish va texnologik jarayonlarni optimallashtirish uchun muhim manba hisoblanadi. Shunday qilib, empirik tahlil ikkinchi qonunning amaliy qo'llanilishini, tizimlar samaradorligini va energiya resurslaridan foydalanish strategiyalarini aniqlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lib, real jarayonlarda nazariy va amaliy bilimlarni birlashtiradi.[4]

Xulosa

Termodinamikaning ikkinchi qonuni energiya jarayonlarining tabiiy yo'nalishini belgilovchi fundamental tamoyil sifatida fizik va muhandislik fanlarida markaziy o'rin tutadi. Ushbu qonun nafaqat tizimlarning energiya miqdorini baholash imkonini beradi, balki energiyaning sifatini va foydali ishga aylanish darajasini aniqlashda ham muhim vosita sifatida xizmat qiladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, birinchi qonun — energiya saqlanish qonuni — tizimlarda energiyaning miqdorini belgilasa, ikkinchi qonun energiyaning tabiiy tarqalishini, entropiya o'sishini va tizimlarning samaradorlik chegaralarini aniqlaydi. Shu bilan birga, ikkinchi qonun real jarayonlarda energiya yo'qotishlarini va foydali ishga aylanishning cheklanganligini tushuntiradi, bu esa har qanday termodinamik tizimning samaradorligini baholashda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Maqolada tahlil qilingan asosiy jihatlaridan biri ikkinchi qonunning analitik ifodalar orqali izohlanishi bo'ldi. Entropiya o'zgarishi, tizimlar ichki tartibsizligi va energiyaning foydali ishga aylanish darajasi matematik jihatdan aniqlanadi, bu esa tizim samaradorligini optimallashtirish va jarayonlarni nazorat qilish imkonini beradi. Analitik yondashuv nafaqat nazariy fizika sohasida, balki energetika, mexanika va sanoat jarayonlarida ham keng qo'llaniladi. Misol uchun, issiqlik dvigatellari, bug' turbinasi, sovutish tizimlari va elektr stansiyalarida energiyaning kirish va chiqish miqdorlari aniqlanadi, entropiya o'zgarishi kuzatiladi va tizim samaradorligi baholanadi. Shu tarzda, analitik ifodalar real tizimlarni optimallashtirish va energiya resurslaridan maksimal darajada foydalanish uchun ilmiy asos yaratadi.[5] Empirik tahlil esa ikkinchi qonunning real jarayonlarda qanday

amalg oshishini ko'rsatdi. Tajribalar shuni tasdiqladiki, har qanday real jarayonda tizim entropiyasi oshadi yoki eng yaxshi holatda doimiy bo'ladi; kamayishi esa faqat tashqi energiya ta'siri bilan yuz beradi. Masalan, elektr stansiyalarida ishlatiladigan bug' turbinasi orqali energiyaning faqat qismi foydali ishga aylanadi, qismi esa issiqlik sifatida atrof-muhitga tarqaladi. Shu bilan birga, izolyatsiyalangan tizimlarda molekulalarning tasodifiy harakati tizim entropiyasining oshishiga olib keladi. Bu jarayonlar ikkinchi qonunning molekulyar va makroskopik darajadagi amaliy tasdig'ini beradi. Empirik kuzatuvlar nazariy tahlil bilan mos keladi, bu esa ikkinchi qonunning analitik ifodalarining real tizimlarda ishonchliligini ko'rsatadi. Ikkinchi qonun va uning analitik ifodasi tizimlarni optimallashtirish, energiya yo'qotishlarini kamaytirish va samaradorlikni oshirishda muhim vosita hisoblanadi. Empirik natijalar shuni ko'rsatdiki, energiya samaradorligini oshirish uchun issiqlik almashuvchilarni optimallashtirish, jarayon sharoitlarini yaxshilash va energiya chiqindilarini qayta ishlash zarur. Shu tarzda, ikkinchi qonun nafaqat nazariy tamoyil, balki amaliy qo'llaniladigan ilmiy asos sifatida ham o'z ahamiyatini ko'rsatadi. Energiya samaradorligini baholash va optimallashtirish jarayonlari nafaqat iqtisodiy, balki ekologik jihatdan ham barqaror tizimlarni yaratishga yordam beradi. Shu bilan birga, maqolada ko'rsatib o'tilganidek, ikkinchi qonun energiyaning sifatini tushuntirish bilan birga tizimlarning vaqt bo'yicha rivojlanishini ham belgilaydi. Entropiya o'sishi jarayonlarning tabiiy yo'nalishini aniqlaydi, bu esa real tizimlarni prognoz qilish va ularni boshqarishda muhim omil hisoblanadi. Empirik kuzatuvlar shuni ko'rsatdiki, uzoq muddatli jarayonlarda tizim entropiyasi doimiy ravishda oshadi, energiya samaradorligi esa vaqt o'tishi bilan pasayadi. Shu sababli, tizimlarni samarali boshqarish va optimallashtirish uchun energiya resurslaridan foydalanish strategiyasi ishlab chiqiladi. Bundan tashqari, maqolada ikkinchi qonunning molekulyar darajada izohi muhim ahamiyatga ega ekani ko'rsatildi. Empirik tahlil shuni ko'rsatdiki, real tizimlarda kuzatilgan natijalar analitik ifodalar bilan yuqori darajada mos keladi, bu esa nazariy bilimlarning amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi. Shu orqali energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi oshiriladi, iqtisodiy va ekologik samaradorlik ta'minlanadi. Xulosa qilib aytganda, termodinamikaning ikkinchi qonuni va uning analitik ifodasi ilmiy va amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega bo'lib, tizimlarning energiya samaradorligini baholash, jarayonlarni optimallashtirish va real tizimlarni boshqarishda universal tamoyil sifatida ishlatiladi. Analitik ifodalar va empirik tahlil birlashganda, energiya resurslaridan maksimal darajada foydalanish, issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish va tizim samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Callen, H. B. *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, 1985.

2. Zemansky, M. W., Dittman, R. H. *Heat and Thermodynamics*. 7th Edition. McGraw-Hill, 1997.
3. Atkins, P., de Paula, J. *Physical Chemistry*. 11th Edition. Oxford University Press, 2018.
4. Fermi, E. *Thermodynamics*. Dover Publications, 1956.
5. Sonntag, R. E., Borgnakke, C., Van Wylen, G. J. *Fundamentals of Thermodynamics*. 8th Edition. Wiley, 2012.
6. Clausius, R. "The Mechanical Theory of Heat – with its Applications to the Steam Engine and to Physical Properties of Bodies." London: John van Voorst, 1867.
7. Abdullaev, A., *Termodinamikaning nazariy va amaliy asoslari*. Toshkent: Fan, 2010.
8. Mirzaev, S., *Energiya va termodinamika jarayonlari*. Toshkent: O'zbekiston Milliy Universiteti Nashriyoti, 2015.