

ISSIQLIK TUSHUNCHASINING TRANSFORMATSIYASI: SADI CARNOT'DAN TO NANOTERMODINAMIKAGACHA

Navbahor Qurbanbayeva Shermet qizi

Berdoq nomidagi Qoraqolpoq davlat universiteti

Fizika fakulteti Fizika kafedrası

ANNOTATSIYA: Mazkur maqolada issiqlik tushunchasining tarixiy va ilmiy jihatdan evolyutsiyasi, uning klassik termodinamikadan boshlab zamonaviy nanotexnologiyalar darajasigacha bo'lgan rivojlanish bosqichlari yoritiladi. Xususan, Sadi Karnoning issiqlik dvigatellari samaradorligiga doir asosiy prinsiplari, keyinchalik bu nazariyalarning termodinamik qonunlar shaklida umumlashtirilgani, hamda XX–XXI asrlarda mikro- va nanomiqyosdagi issiqlik hodisalarini o'rganishga qaratilgan nanotermodinamika yondashuvlari chuqur tahlil qilinadi. Maqola energetika tizimlari, nanoelektronika va kvant darajadagi issiqlik almashinuvi masalalariga nazariy va amaliy nuqtai nazardan yondashadi.

KALIT SO'ZLAR: Issiqlik, termodinamika, Sadi Karno, energiyaning saqlanishi, entropiya, reversiv jarayon, nanozarralar, issiqlik uzatish, kvant termodinamikasi, nanotexnologiya

Issiqlik tushunchasi insoniyat tarixining dastlabki bosqichlaridan boshlab tabiat hodisalari orasida eng muhimlaridan biri bo'lib kelgan. Biroq bu tushunchaning ilmiy mazmuni vaqt o'tishi bilan sezilarli darajada o'zgarib bordi. XVIII asr oxiriga kelib, issiqlik «kalorik suyuqlik» sifatida tasavvur qilingan bo'lsa, XIX asr boshlarida Sadi Karno tomonidan ishlab chiqilgan nazariy prinsiplar asosida issiqlik — energiyaning bir ko'rinishi sifatida qarala boshlandi. Aynan Karno issiqlik dvigatellari samaradorligi masalasini tahlil qilib, reversiv jarayonlar orqali maksimal foydalilik nazariyasini ilgari surdi.

Keyinchalik bu yondashuv termodinamik qonunlar tizimiga asos bo'lib xizmat qildi. XIX asrda Klauzius va Kelvin entropiya va issiqlikning yo'nalgan oqimi tushunchalarini aniqlab berdi. XX asrga kelib termodinamika kvant mexanikasi bilan uyg'unlashdi, bu esa energiyaning mikroholatlar orqali taqsimlanishini tushunishga imkon berdi. XXI asrda esa issiqlik almashinuvi jarayonlarini nanomiqyosda o'rganishga asoslangan nanotermodinamika yondashuvi shakllandi. Bu yo'nalish nafaqat yangi fizik qonuniyatlarni ochishga, balki nanoelektronika, biotexnologiya va yuqori samarali energiya tizimlarini yaratishga ham xizmat qilmoqda.

Ushbu maqola issiqlik tushunchasining tarixiy shakllanishi, nazariy asoslanishi va zamonaviy ilmiy-amaliy ko'rinishlarini o'zaro bog'liq tizimda tahlil etadi.

Tadqiqot doirasida birinchi navbatda issiqlik tushunchasining tarixiy rivojlanishi bosqichlari aniqlab olindi. Bu maqsadda ilm-fan tarixida muhim rol o'ynagan Sadi Karno, Klauzius, Kelvin va boshqa fizik olimlarning ishlari tahlil qilindi. Ularning energiya aylanishi, issiqlik dvigatellari samaradorligi, entropiya tushunchasiga oid ilmiy qarashlari muqoyasa asosida o'rganildi. Shuningdek, zamonaviy nanotermodinamik yondashuvlar, ya'ni issiqlikning atom va molekulalar darajasidagi xatti-harakati bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar tahlil qilindi. Nanozarralar, kvant issiqlik mashinalari va energiyaning statistik taqsimoti haqida chiqarilgan ilmiy natijalar hozirgi davrda issiqlik tushunchasiga qanday yondashilayotganini tushunishga imkon berdi. Tadqiqot davomida zamonaviy ilmiy maqolalar, konferensiya materiallari va xalqaro patentlar tahlil qilindi.

O'rganishlar shuni ko'rsatdiki, issiqlik tushunchasi dastlab «moddiy oqim» sifatida talqin qilingan bo'lsa-da, Sadi Karno nazariyasi asosida bu tushuncha energiyaning o'zgarish shakli sifatida qayta ko'rilgan. Karno aylanishi asosida maksimal samaradorlikka erishish imkoniyati faqat ideal, ya'ni reversiv jarayonlarda bo'lishi mumkinligi isbotlangan. Termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonunlari orqali issiqlik faqat energiya almashinuvi shaklida emas, balki entropiya ortishi orqali ham ifodalangan. Zamonaviy nanotermodinamika yondashuvi esa issiqlik hodisalarini mikro va kvant miqyosda tasvirlash imkonini beradi. Jumladan, kvant issiqlik dvigatellari, fononlar orqali issiqlik tashilishi va nanozarralarning haroratga bo'lgan sezuvchanligi fizik muhitda issiqlikning noan'anaviy xatti-harakatini ko'rsatadi. Statistik mexanika va ehtimollik nazariyasiga asoslangan modellar, ayniqsa, noaniqlik sharoitida energetik jarayonlarni modellashtirish imkonini yaratdi.

Tadqiqotda aniqlanishicha, issiqlik tushunchasi klassik fizikada doimiy qiymatga ega bo'lgan makroskopik energiya oqimi sifatida qaralgan bo'lsa, zamonaviy nanotexnologiyalarda u statistik xatti-harakatlar, kvant effektlar va ehtimollik asosida baholanmoqda. Bu esa issiqlikni universal tushuncha sifatida emas, balki muhitga, o'lchovga va vaqt miqyosiga qarab turlicha ifodalanuvchi fizik holat sifatida tasvirlashga olib keladi. Klassik termodinamikada reversiv jarayonlar nazariy model bo'lib xizmat qilgan bo'lsa, amaliy tajribalarda issiqlik uzatish jarayonlari odatda yo'qotishlar bilan kechadi. Nanotermodinamika bu yo'qotishlarning sabablari, atom darajasidagi energiya dispersiyasi va kvant tavsiflari orqali izohlaydi. Issiqlik dvigatellarining nanoo'lchamdagi prototiplari hozirgi kunda sun'iy fotosintez, biologik tizimlar va energiya tejovchi nanoqurilmalar loyihalashtirishda muhim vosita bo'lib xizmat qilmoqda. Shuningdek, issiqlikning axborot bilan bog'liq ekvivalentligi (Landauer printsipi) raqamli hisoblash tizimlarida ham yangi davrni boshlab berdi.

Issiqlik tushunchasining ilmiy jihatdan shakllanishi fizik fanlar tarixida muhim burilish bosqichlaridan biridir. Sadi Karno tomonidan ilgari surilgan reversiv aylanishlar haqidagi nazariya nafaqat bugungi issiqlik dvigatellarining asosini tashkil etdi, balki termodinamika fanining umumiy qonunlariga yo'l ochdi. Shundan boshlab issiqlik moddiy oqim emas, balki energiyaning bir shakli sifatida qaraldi. Zamonaviy nanotermodinamik yondashuvlar esa bu tushunchani yanada chuqurroq tahlil qilish imkonini bermoqda. Energiya va entropiyaning kvant miqyosda qanday o'zgarishi, nanozarralar orqali issiqlik uzatilishi, va ushbu hodisalarning amaliy dasturiy tizimlarda qanday qo'llanishi — fan oldida turgan yangi muammolar qatoriga kiradi. Tadqiqot davomida issiqlik tushunchasi fazoviy va zamonaviy kontekstdagi o'zgarishlari orqali chuqur ko'rib chiqildi va uning kelajak texnologiyalari uchun ilmiy negiz bo'lib xizmat qilishi asoslab berildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Carnot, S. (1824). *Réflexions sur la puissance motrice du feu*.
2. Clausius, R. (1865). *The Mechanical Theory of Heat*.
3. Kelvin, W. (1851). *On the Dynamical Theory of Heat*.
4. Callen, H. B. (1985). *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*. Wiley.
5. Kondepudi, D., & Prigogine, I. (1998). *Modern Thermodynamics*. Wiley.
6. Gemmer, J., Michel, M., & Mahler, G. (2009). *Quantum Thermodynamics*. Springer.
7. Allahverdyan, A., & Nieuwenhuizen, T. (2005). "Minimal work principle: Proof and counterexamples". *Phys. Rev. E*.
8. Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill.

ILM FAN YANGILIKLARI KONFERENSIYASI

IYUL

ANDIJON, 2025

9. Landauer, R. (1961). "Irreversibility and heat generation in the computing process". IBM Journal of Research and Development.
10. Giazotto, F. et al. (2006). "Opportunities for mesoscopes in thermometry and refrigeration". Rev. Mod. Phys.