

## **TERMODINAMIKA VA TIRIK SISTEMA TERMODINAMIKASI**

p.f.f.d, PhD, dotsent. **Buzrukov To'lg'in Omonovich**

Email: [tolqinbuzrukov5@gmail.com](mailto:tolqinbuzrukov5@gmail.com)

**Oromova Shabnam Xolmo'min qizi**

### **Annotatsiya**

Ushbu maqolada termodinamikaning umumiy qonunlari va ularning tirik organizmlardagi biologik jarayonlar bilan bog'liqligi keng yoritiladi. Termodinamika energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanishi, issiqlik almashinuvi, ish bajarilishi va tizimlarning muvozanat holatini o'rganadigan fundamental fan hisoblanadi. Tirik organizmlar esa oddiy yopiq fizik tizim emas, balki tashqi muhit bilan doimiy modda, energiya va axborot almashuvchi ochiq termodinamik sistemalaridir. Hujayralarda oziq moddalar oksidlanishi, ATF sintezi, tana haroratining boshqarilishi, qon aylanishi, nafas olish, mushak qisqarishi va nerv impulslarining uzatilishi termodinamik qonuniyatlar asosida kechadi. Maqolada termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonunlari, entropiya, erkin energiya, biologik oksidlanish, metabolizm, homeostaz, issiqlik almashinuvi va tirik sistemalarning nomuvozanat holati ilmiy nuqtai nazardan tahlil qilinadi. Shuningdek, tirik organizmlarning energiyani tejash, taqsimlash va biologik ishga aylantirish mexanizmlari tibbiy-biologik misollar asosida tushuntiriladi.

**Kalit so'zlar:** termodinamika, tirik sistema, bioenergetika, metabolizm, ATF, entropiya, erkin energiya, homeostaz, issiqlik almashinuvi, biologik oksidlanish.

### **Kirish**

Termodinamika tabiatdagi eng umumiy va fundamental qonuniyatlardan birini — energiyaning saqlanishi, aylanishi va taqsimlanishini o'rganadi. Har qanday fizik, kimyoviy yoki biologik jarayon energiya almashinuvisiz sodir bo'lmaydi. Shu sababli termodinamika faqat fizika yoki texnika fanlari uchun emas, balki tibbiyot, biologiya,

fiziologiya, biokimyo va biofizika uchun ham nihoyatda muhim nazariy asos hisoblanadi. Inson organizmi ham doimiy ravishda energiya qabul qiladigan, uni kimyoviy, mexanik, elektr va issiqlik energiyasiga aylantiradigan murakkab tirik sistemadir.

Tirik organizmni oddiy mexanik qurilma bilan tenglashtirib bo'lmaydi. Mexanik qurilma energiyani bir turdan ikkinchi turga aylantiradi, lekin tirik organizm bundan ham murakkabroq ishlaydi: u oziq moddalarni parchalaydi, ATF sintez qiladi, hujayralarni tiklaydi, tana haroratini ushlab turadi, immun javob beradi, harakat qiladi, fikrlaydi va tashqi muhitga moslashadi. Bu jarayonlarning barchasi energiya almashinuvi bilan bevosita bog'liq. Shuning uchun tirik sistemalar termodinamikasi biologik hayotning fizik asoslarini tushuntirishda muhim o'rin tutadi.

Tirik sistema termodinamikasi deganda organizm, to'qima, hujayra yoki hujayra organoidlarida kechadigan energiya almashinuvi, modda oqimi va issiqlik jarayonlarining termodinamik qonunlar asosida tahlil qilinishi tushuniladi. Hujayra mitoxondriyalarida glyukoza va yog' kislotalari oksidlanib, ATF hosil qiladi; mushaklar ATF energiyasini mexanik qisqarishga aylantiradi; nerv hujayralari ion gradientlari hisobiga elektr impuls hosil qiladi; qon aylanishi va nafas olish esa kislorod hamda metabolitlar tashilishini ta'minlaydi. Bularning barchasi biologik termodinamikaning amaliy ko'rinishlaridir.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, ko'plab kasalliklar energiya almashinuvining buzilishi bilan bog'liq. Masalan, qandli diabetda glyukoza utilizatsiyasi buziladi, gipoksiya holatida hujayralar energiya tanqisligiga uchraydi, tireotoksikozda asosiy almashinuv kuchayadi, gipotireozda esa metabolizm sekinlashadi. Yurak yetishmovchiligi, mitoxondrial kasalliklar, semizlik, kaxeksiya, isitma va shok holatlarida ham termodinamik muvozanat buziladi. Demak, termodinamikani bilish shifokor uchun ham muhim, chunki organizmning energiya holatini tushunish kasallik mexanizmlarini chuqurroq anglashga yordam beradi.

### **Materiallar va usullar**

Ushbu maqola nazariy-tahliliy yoʻnalishda tayyorlandi. Tadqiqot materiali sifatida termodinamikaning umumiy qonunlari, molekulyar fizika, biofizika, biokimyovo fiziologiyaga oid ilmiy-nazariy maʼlumotlar asos qilib olindi. Maqolada termodinamik sistema, ochiq va yopiq sistemalar, energiya, issiqlik, ish, entropiya, erkin energiya, metabolizm, ATF sintezi va homeostaz kabi tushunchalar oʻzaro bogʻliq holda tahlil qilindi.

Tahlil jarayonida biologik sistemalar oddiy fizik sistemalardan qanday farq qilishi alohida koʻrib chiqildi. Oddiy fizik tizimlar koʻpincha yopiq yoki izolyatsiyalangan holatda qaraladi. Tirik organizm esa tashqi muhitdan kislorod, suv, oziq moddalar va axborot qabul qiladi, tashqi muhitga karbonat angidrid, suv, issiqlik, metabolitlar va mexanik ish koʻrinishida energiya chiqaradi. Shu sababli tirik organizm ochiq, nomuvozanat va oʻzini-oʻzi boshqaruvchi termodinamik sistema sifatida baholandi.

Maqolada deduktiv tahlil, taqqoslash, biologik jarayonlarni fizik qonunlar bilan izohlash va tibbiy misollar asosida tushuntirish usullaridan foydalanildi. Energiya almashinuvining klinik ahamiyatini koʻrsatish uchun qandli diabet, gipoksiya, isitma, tireoid kasalliklar, shok va mushak faoliyati kabi holatlar termodinamik nuqtai nazardan tahlil qilindi.

### **Natijalar**

Tahlillar shuni koʻrsatadiki, tirik organizmlar termodinamikaning umumiy qonunlariga toʻliq boʻysunadi, ammo bu qonunlar organizmda juda murakkab biologik boshqaruv mexanizmlari orqali namoyon boʻladi. Tirik sistema energiyani yoʻqdan yaratmaydi va uni butunlay yoʻqotmaydi; u faqat tashqi muhitdan olingan energiyani boshqa shakllarga aylantiradi. Bu termodinamikaning birinchi qonuniga mos keladi. Masalan, inson organizmi oziq moddalar — uglevodlar, yogʻlar va oqsillar tarkibidagi kimyoviy energiyani parchalanish jarayonida ajratib oladi. Bu energiyaning bir qismi

ATF molekulalarida saqlanadi, bir qismi issiqlik sifatida ajraladi, yana bir qismi mushak ishi, nerv impulslari, moddalar sintezi va transport jarayonlariga sarflanadi.

Termodinamikaning birinchi qonuni biologiyada energiya balansi orqali ko'rinadi. Agar organizm oziq bilan ko'proq energiya qabul qilib, uni sarflamasa, ortiqcha energiya yog' shaklida zaxiralanadi. Aksincha, energiya sarfi qabul qilingan energiyadan ortiq bo'lsa, organizm avval glikogen, keyin yog' va nihoyat oqsil zaxiralarini parchalashga majbur bo'ladi. Shu sababli semizlik, ozib ketish, kaxeksiya va ochlik holatlari ham termodinamik energiya balansi bilan bevosita bog'liq.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni tirik sistemalarda entropiya tushunchasi orqali namoyon bo'ladi. Entropiya tartibsizlik yoki energiyaning foydali ish bajarish imkoniyati kamayishini ifodalaydi. Izolyatsiyalangan tizimda entropiya ortadi. Tirik organizm esa yuqori tartibli tuzilishga ega: hujayralar, to'qimalar, a'zolar va tizimlar aniq tartibda ishlaydi. Bir qarashda tirik organizm entropiyaga qarshi turgandek ko'rinadi. Aslida esa organizm o'z ichki tartibini tashqi muhit bilan energiya va modda almashinuvi hisobiga saqlaydi. U tashqi muhitdan oziq va kislorod oladi, ichki tuzilmasini saqlaydi, lekin tashqi muhitga issiqlik va parchalanish mahsulotlarini chiqarib, umumiy entropiyani oshiradi.

Tirik sistemalarda erkin energiya tushunchasi ham katta ahamiyatga ega. Biokimyoviy reaksiyalar organizmda tasodifiy emas, balki fermentlar, membranalar va metabolik yo'llar orqali boshqariladi. Hujayrada ish bajarishga yaroqli energiyaning asosiy shakli ATF hisoblanadi. ATF parchalanganda ajraladigan erkin energiya hujayra ichida uch asosiy yo'nalishda ishlatiladi: kimyoviy ish — yangi molekulalar sintezi; transport ishi — ionlar va moddalarni membranalar orqali tashish; mexanik ish — mushak qisqarishi, hujayra harakati va sitoskelet faoliyati.

Natijalardan yana biri shuki, tirik sistema termodinamik muvozanatda emas, balki **barqaror nomuvozanat holatida** yashaydi. Agar hujayra to'liq termodinamik muvozanatga yetsa, unda energiya oqimi to'xtaydi, ion gradientlari yo'qoladi, ATF

sintezi tugaydi va hayotiy jarayonlar izdan chiqadi. Demak, hayotning o'zi doimiy energiya oqimi va nomuvozanat holatining saqlanishi bilan bog'liq. Masalan, hujayra membranasida natriy va kaliy ionlari teng taqsimlanmagan; aynan shu farq nerv impulsi, mushak qo'zg'alishi va membrana potentsiali uchun zarur.

Organizmدا issiqlik almashinuvi ham termodinamik qonunlarga asoslanadi. Inson tanasi metabolizm natijasida doimiy issiqlik ishlab chiqaradi. Bu issiqlik teri, nafas, terlash, konvektsiya, nurlanish va o'tkazuvchanlik orqali tashqi muhitga chiqariladi. Tana harorati odatda 36–37 °C atrofida saqlanadi, chunki fermentlar va hujayra jarayonlari aynan shu harorat oralig'ida optimal ishlaydi. Haroratning keskin ko'tarilishi oqsillar denaturatsiyasiga, pasayishi esa metabolik jarayonlarning sekinlashishiga olib keladi.

### **Muhokama**

Termodinamika tirik organizmni chuqur tushunish uchun juda muhim nazariy asos beradi. Ko'pincha biologik jarayonlar faqat biokimyoviy yoki fiziologik nuqtai nazardan tushuntiriladi, ammo ularning tubida energiya almashinuvi yotadi. Masalan, yurak qisqarishi faqat mushak hujayralarining mexanik ishi emas; u ATF parchalanishi, ion gradientlari, kislorod yetkazilishi va issiqlik chiqarilishi bilan bog'liq murakkab termodinamik jarayondir. Agar miokardga kislorod yetishmasa, oksidlovchi fosforlanish susayadi, ATF kamayadi va yurak qisqarish kuchi pasayadi. Bu gipoksiya va miokard ishemiyasining termodinamik mohiyatini ko'rsatadi.

Tirik organizmning ochiq sistema ekanligi uning hayotiyligini tushuntiradi. Izolyatsiyalangan tizimda energiya manbai tugaydi va entropiya ortib, tartib buziladi. Organizm esa tashqi muhit bilan uzluksiz aloqada bo'lgani uchun o'z tartibini saqlab qoladi. U ovqat bilan kimyoviy energiya oladi, nafas bilan kislorod qabul qiladi, metabolizm orqali ATF hosil qiladi, chiqindilarni chiqaradi va issiqlikni tashqi muhitga uzatadi. Shu sababli hayot energiya oqimining to'xtamasligiga bog'liq.

Metabolizm tirik sistema termodinamikasining markaziy hodisasidir. Anabolizm va katabolizm bir-biri bilan bog'liq holda kechadi. Katabolizmدا murakkab molekulalar parchalanib, energiya ajraladi; anabolizmدا esa oddiy molekulalardan murakkab biologik tuzilmalar sintez qilinadi va energiya sarflanadi. Masalan, glyukoza ning oksidlanishi katabolik jarayon bo'lib, natijada ATF hosil bo'ladi. Oqsil sintezi esa anabolik jarayon bo'lib, ATF va GTF energiyasini talab qiladi. Bu jarayonlarning muvozanati organizm o'sishi, tiklanishi, immun javobi va moslashuvi uchun zarur.

ATF tirik sistemalardagi asosiy "energiya valyutasi" hisoblanadi. Hujayra energiyani bevosita glyukoza yoki yog'dan emas, asosan ATF orqali ishlatadi. Glyukoza va yog' kislotalari mitoxondriyaga kirib, oksidlanadi, elektron transport zanjiri orqali proton gradienti hosil bo'ladi va ATF-sintaza fermenti yordamida ATF sintezlanadi. Bu jarayon termodinamik jihatdan juda nozik boshqariladi: protonlar konsentratsiya va elektr gradienti bo'yicha harakatlanadi, bu gradient esa kimyoviy energiyaga aylantiriladi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni biologiyada juda qiziqarli tarzda namoyon bo'ladi. Hujayra o'z ichida yuqori tartibni saqlaydi, DNK, oqsillar, membranalar va organoidlar aniq tuzilishga ega. Lekin bu tartib "bepul" saqlanmaydi. Hujayra doimiy ravishda energiya sarflaydi. Oqsillar noto'g'ri buklansa, ularni qayta tiklash yoki parchalanishi uchun energiya kerak bo'ladi. DNK shikastlansa, reparatsiya tizimlari ishga tushadi. Membrana ion gradientlarini saqlash uchun natriy-kaliy nasosi ATF sarflaydi. Demak, biologik tartib energiya sarfi hisobiga ushlab turiladi.

Homeostaz ham tirik sistema termodinamikasining amaliy ifodasidir. Organizm ichki muhit barqarorligini saqlashga harakat qiladi: tana harorati, qon pH darajasi, glyukoza miqdori, osmotik bosim, qon bosimi va ionlar konsentratsiyasi aniq chegaralarda ushlab turiladi. Bu jarayonlar energiya talab qiladi. Masalan, buyraklar ionlar va suv muvozanatini saqlash uchun faol transportdan foydalanadi. Jigar

glyukoza almashinuvini boshqaradi. Endokrin tizim gormonlar orqali metabolizm tezligini moslashtiradi. Bularning barchasi termodinamik jihatdan organizmning ichki tartibini saqlash uchun bajariladigan biologik ishdir.

Tibbiyotda termodinamikaning ahamiyati kasalliklar misolida yanada aniq ko'rinadi. Qandli diabetda glyukoza qonda ko'p bo'lsa ham, hujayralar uni yetarli darajada ishlata olmaydi. Bu holat biologik energiyadan foydalanish buzilishi sifatida qaraladi. Insulin yetishmovchiligi yoki insulin rezistentligi natijasida glyukoza hujayra ichiga kira olmaydi, organizm yog' va oqsil zaxiralarini parchalay boshlaydi. Natijada keton tanachalari ortadi, metabolik atsidoz rivojlanishi mumkin. Bu holat termodinamik nuqtai nazardan energiya manbalari noto'g'ri yo'nalishda safarbar qilinayotganini ko'rsatadi.

Isitma ham termodinamik jarayondir. Infeksiya yoki yallig'lanishda pirogen moddalar gipotalamusdagi termoregulyatsiya markazini yuqoriroq haroratga sozlaydi. Organizm titrash, qon tomirlar torayishi va metabolizmni kuchaytirish orqali tana haroratini oshiradi. Harorat ko'tarilganda immun javob ayrim holatlarda faollashadi, lekin juda yuqori harorat oqsillar, fermentlar va nerv tizimi uchun xavf tug'diradi. Shu sababli isitma organizmning himoya reaksiyasi bo'lsa-da, termodinamik yuklama ham hisoblanadi.

Gipotermiya esa tana issiqlik ishlab chiqarishidan ko'ra ko'proq issiqlik yo'qotganda yuzaga keladi. Bunda fermentativ jarayonlar sekinlashadi, yurak ritmi buzilishi, hushning pasayishi va metabolik jarayonlar izdan chiqishi mumkin. Bu holat tananing issiqlik balansiga qanchalik bog'liq ekanini ko'rsatadi.

Mushak faoliyati ham termodinamik samaradorlik bilan bog'liq. Mushak ATF energiyasini mexanik ishga aylantiradi, ammo energiyaning katta qismi issiqlik sifatida ajraladi. Shu sababli jismoniy mehnat yoki sport vaqtida tana harorati oshadi, terlash kuchayadi, yurak urishi va nafas olish tezlashadi. Organizm ortiqcha issiqlikni chiqarish orqali haroratni barqaror saqlashga harakat qiladi.

Tirik sistemalarda termodinamik muvozanatga intilish emas, balki doimiy boshqariladigan nomuvozanat muhim. Hujayra ichida ionlar, metabolitlar, harorat, pH va energiya molekullari muayyan chegaralarda ushlab turiladi. Bu holat beqaror emas, balki “dinamik barqarorlik”dir. Hayot aynan shu dinamik barqarorlikning saqlanishi bilan davom etadi.

### **Xulosa**

Termodinamika tirik organizmlardagi energiya almashinuvi, modda oqimi, issiqlik hosil bo‘lishi va biologik ish bajarilishini tushuntiruvchi fundamental ilmiy asosdir. Tirik organizmlar termodinamikaning barcha umumiy qonunlariga bo‘ysunadi, ammo bu qonunlar organizmda murakkab biologik boshqaruv mexanizmlari orqali namoyon bo‘ladi. Organizm energiyani yo‘qdan yaratmaydi; u oziq moddalardagi kimyoviy energiyani ATF, issiqlik, mexanik ish, elektr signallar va biosintez jarayonlariga aylantiradi.

Tirik sistemalar ochiq termodinamik sistemalar bo‘lib, ular tashqi muhit bilan doimiy modda va energiya almashadi. Aynan shu almashinuv organizmga ichki tartibini saqlash, entropiyaga qarshi mahalliy tartib yaratish, homeostazni ushlab turish va tashqi muhitga moslashish imkonini beradi. Tirik organizm to‘liq termodinamik muvozanatda emas, balki doimiy energiya oqimi hisobiga barqaror nomuvozanat holatida yashaydi.

Maqolada ko‘rib chiqilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, ATF tirik sistemalarning asosiy energiya vositachisi bo‘lib, u kimyoviy, mexanik va transport ishlarida markaziy rol o‘ynaydi. Metabolizm, tana harorati, nafas olish, qon aylanishi, mushak qisqarishi, nerv impulslari va hujayra transporti termodinamik qonuniyatlar bilan bevosita bog‘liq. Shu sababli tirik sistema termodinamikasini o‘rganish biologiya va tibbiyotda kasallik mexanizmlarini chuqur tushunish uchun muhimdir.

Tibbiy nuqtai nazardan qandli diabet, gipoksiya, isitma, gipotermiya, shok, tireoid kasalliklar, yurak yetishmovchiligi va mitoxondrial patologiyalar energiya

almashinuvi va termodinamik boshqaruv buzilishlari bilan chambarchas bogʻliq. Demak, termodinamika shifokor uchun faqat fizika mavzusi emas, balki organizm hayotiy faoliyatini tushuntiruvchi asosiy nazariy poydevordir.

Umuman olganda, tirik sistema termodinamikasi hayotning fizik mohiyatini ochib beradi: organizm yashashi uchun energiya oladi, uni qayta taqsimlaydi, foydali biologik ishga aylantiradi va ortiqcha issiqlik hamda chiqindilarni tashqi muhitga chiqaradi. Energiya oqimi toʻxtagan joyda hayotiy jarayonlar ham toʻxtaydi. Shu sababli termodinamika va tirik sistemalar termodinamikasi biologiya, tibbiyot va biofizikaning eng muhim ilmiy yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика. Москва: Наука, 1989.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика. Москва: Физматлит, 2005.
3. Трофимова Т.И. Курс физики. Москва: Академия, 2017.
4. Halliday D., Resnick R., Walker J. Fundamentals of Physics. 11th ed. Wiley, 2018.
5. Young H.D., Freedman R.A. University Physics with Modern Physics. 15th ed. Pearson, 2020.
6. Nelson D.L., Cox M.M. Lehninger Principles of Biochemistry. 8th ed. W.H. Freeman, 2021.
7. Berg J.M., Tymoczko J.L., Gatto G.J., Stryer L. Biochemistry. 9th ed. W.H. Freeman, 2019.
8. Guyton A.C., Hall J.E. Textbook of Medical Physiology. 14th ed. Elsevier, 2021.
9. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Morgan D., Raff M., Roberts K., Walter P. Molecular Biology of the Cell. 7th ed. W.W. Norton, 2022.

10. Nicholls D.G., Ferguson S.J. Bioenergetics. 4th ed. Academic Press, 2013.