

## Orqanizmin stasionar halı özünü tənzimləməyə qabil ən ali varlıqdır

**Novruz Musayev**

*pedaqogika üzrə elmlər doktoru, professor,  
Azərbaycan Tibb Universiteti*

**E-mail:** fizikaelmi@gmail.com

**Rəyçilər:** p.ü.e.d., prof. İ.H. Cəbrayilov,  
p.ü.f.d., dos. G.V. Sultanova

**Açar sözlər:** orqanizm, sistem, stasionar, enerji, hal, tarazlı, çevrilmə

**Ключевые слова:** организм, система, стационарный, энергия, состояние, сбалансированный, превращение

**Key words:** organism, system, static, energy, condition, balanced, transformation

Stasionar halda sistemin müxtəlif hissələrində, sistemin parametrlərinin qiymətləri biri-birindən fərqlənir: məsələn, insan bədəninin müxtəlif hissələrində temperatur, sitoplazmatik membranının müxtəlif tərəflərində diffuziya edən molekulların konsentrasiyası və s. müxtəlifdir. Nəticədə, belə sistemlərdə bəzi parametrlərin qradienti əmələ gəlir və zaman keçdikcə bu qradient sabit qalır.

Belə sistemlərdə kimyəvi reaksiyalar da sabit sürətlə baş verir. Sistemin qərarlaşmış halı, xaricdən sistemə və sistemdən xaricə keçən maddə və enerji selinin dəyişməsi hesabına təmin edilir.

Təcrid olunmuş sistemlər müəyyən vaxt keçdikdən sonra termodinamik tarazlıq halına keçir. Bu halda, qərarlaşmış halda olduğu kimi, sistemin parametrləri zamandan asılı olaraq dəyişməz qalır, onların qiymətləri sistemin müxtəlif nöqtələrində biri-birinə bərabər olur.

Termodinamikanın inkişafının ilkin dövrlərində belə hesab edilirdi ki, termodinamikanın ikinci qanunu bioloji sistemlərə tətbiq edilə bilməz. Belə ki, bu qanuna görə, termodinamik sistemlərdə ancaq enerjinin səpələnməsi və sərbəst enerjinin azalması ilə bağlı proseslər baş verə bilər. Bu proseslər qradientlərin azalmasına, sistemin iş görmə qabiliyyətinin aşağı düşməsinə və son halda termodinamik tarazlığın yaranmasına səbəb olur. Lakin, canlı orqanizmlərdə qradient prosesləri (məsələn, maddələrin passiv transportu) ilə yanaşı, əksqradient prosesləri də (məsələn, maddələrin aktiv transportu) baş verir. Bioloji sistemlərin iş görmə qabiliyyəti də zaman keçdikcə azalmır—onların həyat fəaliyyəti isə illərlə və on illərlə davam edir. Klassik termodinamikaya görə sistemdə baş verən bütün proseslər sistemi termodinamik tarazlığa yaxınlaşdırmalıdır, onun canlı sistemlərə tətbiqi isə o deməkdir ki, onları ölümə yaxınlaşdırmalıdır. Lakin, bütün bunlar ancaq görünən, zahiri əlamətlərdir (görüntülərdir). Bu onunla izah olunur ki, klassik termodinamikanın qanunları təcrid olunmuş sistemlər üçün tətbiq edilmişdir, canlı orqanizmlər isə açıq termodinamik sistemlərdir. Ona görə də, canlı orqanizmlərin termodinamikasına, açıq sistemlərin termodinamikası kimi baxılmalıdır. Açıq sistemlərin termodinamikası isə, XIX əsrdən sonra Kolosovski, De Donde, İ Priqojin tərəfindən tətbiq edilmişdir.

Açıq termodinamik sistemlərdə sərbəst enerjinin  $dF$  və entropiyanın  $dS$  ümumi dəyişmələri iki cəmə ayrılır: sərbəst enerjinin  $dF_i$  və entropiyanın  $dS_i$  dəyişmələri, sistem daxilində baş verən biokimyəvi və biofiziki proseslərin getməsi ilə əlaqədardır; sərbəst enerjinin  $dF_e$  və entropiyanın  $dS_e$  dəyişmələri isə, sistemin ətraf mühitlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verən dəyişmələridir:

$$dF = dF_i + dF_e \quad (1)$$

$$dS = dS_i + dS_e \quad (2)$$

Orqanizmlərdə bütün biokimyəvi və biofiziki proseslər dönməyən proseslərdir — onlar enerjinin bir hissəsinin istiliyə çevrilməsi ilə baş verirlər. Nəticədə, sistemin sərbəst enerjisi arası kəsilmədən azalır, entropiyası isə arası kəsilmədən artır, yəni:  $dF_i < 0$ ,  $dS_i > 0$ . Lakin canlı orqanizmlərdə, sərbəst enerjinin artmasına səbəb olan əksqradiant proseslər də baş verir: məsələn, maddələrin konsentrasiya qradientinin əksinə transportu, müxtəlif yüksək molekullu birləşmələrin sintezi. Belə əksqradiant prosesləri lokal, yerli xarakter daşıyır, qradient prosesləri ilə əlaqəli və eyni zamanda baş verirlər. Məsələn, orqanizmdə sərbəst enerji ehtiyatının əmələ gəlməsinə səbəb olan aktiv transport əksqradiant prosesidir. Bu proses ATF-in sintezi ilə qoşalaşan (eyni vaxtda baş verən) prosesdir. Əgər orqanizm, ətraf mühitlə enerji və maddə mübadiləsində olmasaydı, onda o mütləq termodinamik tarazlığa yaxınlaşardı. Lakin, bu baş vermir, çünki, açıq termodinamik sistemin sərbəst enerjisi, arası kəsilmədən xaricdən sistemə daxil olan enerji hesabına bərpa olunur, orqanizm daxilində hasil olunan entropiya isə daim orqanizmdən xaric olunur.

Orqanizmə daxil olan yeyinti məhsullarından orqanizm heç də ehtiyat nizamlılıq yox, sərbəst enerji ehtiyatı alır, onun istifadəsi isə, orqanizmi həyat fəaliyyəti prosesi ilə təmin edir.

(2) bərabərliyini başqa formada da yazmaq olar:

$$dS/dt = dS_i/dt + dS_e/dt, \quad (3)$$

haradakı  $t$ -zamandır.

(3) bərabərliyi, canlı orqanizmlər üçün termodinamikanın ikinci qanununun riyazi ifadəsidir. Bərabərlikdən görünür ki, *orqanizmdə, ümumi entropiyanın dəyişmə sürəti, orqanizm daxilində entropiyanın əmələ gəlmə sürəti ilə, ətraf mühit maddələrindən orqanizmə daxil olan mənfi entropiyanın dəyişmə sürətlərinin cəbri cəminə bərabərdir.* Orqanizm üçün elə hal daha əhəmiyyətlidir ki, o halda sistem daxilində entropiyanın əmələ gəlmə sürəti, ətraf mühit maddələrindən sistemə daxil olan mənfi entropiyanın dəyişmə sürətinə bərabər olsun:

$$dS_i/dt = - dS_e/dt. \quad (4)$$

Bu zaman, sistem daxilində entropiyanın və sərbəst enerjinin ümumi dəyişməsi sıfıra bərabər olur. (5) bərabərliyi orqanizmin stasionar halının tənliyidir. Stasionar hal ilə, termodinamik tarazlıq halının biri-birinə oxşarlığı onunla izah olunur ki, hər iki halda sistemi xarakterizə edən parametrlər zamandan asılı olaraq dəyişmir. Lakin, stasionar halda sistemin parametrlərinin sabitliyi, termodinamik tarazlıqda olduğu kimi sistemdə müxtəlif proseslərin baş verməməsi ilə yox, orada baş verən proseslərin sürət və istiqamətlərinin sabitliyi və qarşılıqlı sürətdə biri-birilərini tarazlaşdırması ilə izah olunur. Stasionar hal ilə termodinamik tarazlıq halları arasındakı fərqlər cədvəl 2 – də göstərilmişdir.

İstiqanlı orqanizmlərin stasionar halda olması: orqanizmdə daxili maddələrin kimyəvi tərkibi, osmotik təzyiq və qanın pH, bədənin temperaturu və b. göstəricilər vasitəsilə müəyyən edilir. Stasionar halda olmaq xassəsi, nəinki, ancaq bütöv orqanizmin daxili maddələrinə, həm də onun, konsentrasiya, osmotik, elektrik qradientləri və digər fiziki-kimyəvi göstəriciləri ilə xarakterizə olunan, bütün hüceyrələrinə də aiddir. Nəhayət, orqanizmdəki bütün biokimyəvi çevrilmələr şəbəkəsi stasionar vəziyyətdə olurlar.

Cədvəl 2

Termodinamik tarazlıq və stasionar hal arasındakı fərqlər

Termodinamik tarazlıq	Stasionar tarazlıq
Misal: həcmnin bir hissəsi maye ilə, digər hissəsi isə buxarla doldurulmuş qapalı qab	Misal: yanan şam, yanan neft lampası, canlı orqanizm
1. Maddəyə daxil olan və maddədən çıxan sel yoxdur	1. Daim, sistemə maddə axını və sistemdən xaricə məhsul axını var
2. Tarazlığı saxlamaq üçün sərbəst enerji sərfiyyatı lazım deyil	2. Tarazlığı saxlamaq üçün daimi sərbəst enerji sərfiyyatı lazımdır
3. Sistemin sərbəst enerjisi və iş görmə qabiliyyəti sıfıra bərabərdir	3. Sistemin sərbəst enerjisi və iş görmə qabiliyyəti sabitdir və sıfıra bərabər deyil
4. Sistemdə entropiya maksimal qiymətinə bərabərdir	4. Sistemdə entropiya sabitdir və maksimal qiymətinə bərabər deyil
5. Sistemdə qradientlər yoxdur	5. Sistemdə daimi sabit qradientlər var

Orqanizmlərin stasionar halının saxlanması üçün meydana çıxan bu proseslər, mənfi əks rəbitəyə malik autotənziqləmə mexanizmlərinin köməyi ilə həyata keçirilir. Belə ki, məsələn, ətraf mühit maddələrinin temperaturunun yüksəlməsi, istilikdənziqləmə mexanizmlərinə təsir edərək, orqanizmin istilik yaratma qabiliyyətini zəiflədir və istilik ifrazı qabiliyyətini artırır. Nəticədə, ətraf mühit maddələrinin temperaturunun geniş intervalda dəyişməsi zamanı, qomoyoterm canlıların bədəninin temperaturu sabit qalır. Başqa misal: yüksək konsentrasiyada karbon qazı olan havanın udulması zamanı, autotənziqləmə mexanizmləri, qanda karbon qazının gərginliyinin dayanıqlı artmasına imkan vermir: belə ki, əlavə udulan karbon qazı, kimyəvi reseptorlara təsir edərək nəfəs alma mərkəzinin reseptorlarını qıcıqlandırır və nəticədə qaz mübadiləsinin intensivliyi güclənir ki, bu da qanda, karbon qazının təzyiqinin normaya qədər azalmasına gətirir. Yeyinti məhsulları ilə orqanizmə çoxlu miqdarda duzun daxil olması, qanda osmotik təzyiqi hiss ediləcək dərəcədə dəyişmir, çünki bu vaxt böyrəklər hipertoniik sidik ifraz etməyə başlayır və artıq duzun daxil olmasını kompensasiya edir.

Ümumiyyətlə, orqanizmlər ancaq autotənziqləmə mexanizmlərinin imkanını daxilində olan stasionar halları saxlaya bilər. Autotənziqləyici mexanizmlər isə, orqanizmləri ancaq xarici mühit maddələrinin müəyyən təsir intervallarında saxlaya bilirlər. Əgər autotənziqləyici mexanizmlər, verilmiş şəraitdə orqanizmin yaşamasını təmin edə bilirsə, orqanizm bu şəraitə uyğunlaşır, adaptasiya olur və yaşayır; əks təqdirdə orqanizmdə müəyyən dəyişikliklər olur və orqanizmin ölümü baş verir.

**Məqalənin aktuallığı.** Məqalə insan sağlamlığının qorunması kimi aktual problemə

həsr edilmişdir

**Məqalənin elmi yeniliyi.** Canlı orqanizmlərin stasionar halının araşdırılmasına və qorunmasına həsr olunmuş istənilən tədqiqat işi elmi yenilikdir.

**Məqalənin praktik əhəmiyyəti və tətbiqi.** Məqalə tibb universitetinin tələbələri, tibb işçiləri və müəllimlər üçün praktik əhəmiyyətə malikdir.

### **Ədəbiyyat**

1. Musayev N. İ. Tibbi və bioloji Fizikanın ixtisas fənləri ilə əlaqəli tədrisinin elmi-metodik əsasları: Monoqrafiya. Bakı: Hüquq ədəbiyyatı, 2010, 509 s.

2. Musayev N. İ. Tibbi təhsil müəssisələrində fizika elminin tədrisinə verilən müasir tələblər // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının məruzələri. Bakı, 2010, № 4, s.127-131

3. Федорова В. Н., Фаустов Е.В. Медицинская и биологическая физика. М.: Геотар-медиа, 2010.

4. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Пасечник В.И., Вознесенский С. А., Козлова Е. К. Биофизика. М.: ВЛАДОС, 2006.

5. Губанов Н. И., Утепбергенов А. А. Медицинская биофизика. М.: Медцина, 1978.

**Н. Мусаев**

### **Живой организм-это наивысшее существо способное к саморегулированию**

#### **Резюме**

Статья анализирует применение второго закона термодинамики в живом организме и взаимоотношение организма как открытой системы с окружающей средой. Показано, что второй закон термодинамики, в отличие от закрытых и изолированных систем, в живом организме дает различные результаты. Так, в закрытой и изолированной системе свободная энергия постоянно уменьшается значение энтропии растет, процес завершается термодинамическим балансом. В открытых термодинамических системах же изменение энтропии остается постоянным и в систему постоянно поступает свободная энергия при помощи пищи и в результате живой организм сохраняет свое существование.

**N. Musaev**

**A living organism is the supreme creator,  
capable of self-regulation**

**Summary**

The article analysis the application of the second law of the thermodynamics in a living body, as well as its relation with the environment as an open thermodynamic system. It was shown that the second law of thermodynamics, unlike isolated and closed systems, comes up with different outcomes. Thus, in isolated and closed systems the free energy keeps decreasing and the value of entropy increases and process ends with a thermodynamic balance. However, in open thermodynamic systems, the entropy change remains stable and the system get a continuous inflow of free energy at the account of nutrition, helping the living body to maintain its existence.

**Redaksiyaya daxil olub: 19.06.2019**