

Alapfogalmak a biofizikából

A biofizika önálló ága a természettudományoknak. Nem tekinthető sem a fizika, sem a biológia melléktudományának. A biológiai folyamatokat tanulmányozza a fizika módszereivel, ezért határtudomány jellege van. Főbb fejezetei a biomechanika, biotermodinamika, az érzékszervek biofizikája, sugárzások biofizikája (radiobiológia), biokibernetika stb. Történetét követve, az első biofizikai tanulmányok Leonardo da Vincinek (1452-1519) tulajdoníthatók. A biofizika különböző fejezeteinek megalapozói között sok tudóst sorolhatunk fel: Galileo Galilei, Galvani, Helmholtz, Robert Mayer, Békési György, J.Watson, J.Crick, M.Williams és mások.

A legtöbb biofizikus mindenek előtt az emberi szervezetben végbemenő folyamatokat próbálta és próbálja értelmezni, tisztázni és a nem egészséges, beteg szervezetek esetében hatékony beavatkozásra, gyógyításra felhasználni.

A biológiai rendszerekben kémiai változások történnek molekuláris szinten az anyagcsere folyamatában. A kémiai változásban a részecske termodinamikai jellemzője a kémiai potenciálja, amely nem más, mint a parciális moláris szabad entalpia. A jelenlegi iskolai tananyagban a X. osztályos kémia anyagban találkoztok a fogalommal. A kémiai potenciál (μ) az anyagátadással kapcsolatos, közelhatást jellemző intenzív mennyiség, amely az anyagi minőségen és hőmérsékleten (T) kívül a koncentrációtól (c) függ: $\mu = \mu_0 + RT \ln c$, ahol μ_0 csak az anyagi minőségtől és hőmérséklettől függ, R az egyetemes gázállandó. A kémiai potenciálnak az elegyek termodinamikájában van fontos szerepe, meghatározó tényezője a kémiai és fizikai folyamatok irányának és egyensúlyának. Általános törvényszerűség, hogy ha a rendszer valamely komponensének a kémiai potenciálja különböző az adott anyagi rendszer különböző helyein, akkor a komponens a nagyobb potenciálú helyről a kisebb kémiai potenciálú helyre önként átmegy. Amennyiben a rendszer minden pontján azonos a komponens kémiai potenciálja, akkor a komponens a rendszerben egyensúlyban van. A termodinamika törvényei szigorúan csak izolált, zárt rendszerekre érvényesek. A biológiai rendszerek ezeknek a kikötéseknek nem felelnek meg. Az élő szervezetek termodinamikailag nem tekinthetők zárt és izolált rendszernek. A zárt rendszer környezetével csak energiát cserél, tömeggel rendelkező anyagot nem. Stabil egyensúlyi állapotba jut, amikor az entrópiája maximális és a szabadenergiája minimális lesz, s ekkor a rendszer alkotórészeinek mennyiségi aránya állandó. A nyílt rendszer is eljuthat egyensúlyi állapotba, amelyben az alkotók aránya állandó, de csak állandó anyag és energiafelvétel közben, tehát az egyensúlya dinamikus egyensúly. A zárt rendszer egyensúly esetében hasznos munkát nem képes végezni, míg a nyílt rendszer igen. A nyílt rendszerekre jellemző, hogy törekednek mindenfajta külső hatást, zavart elhárítani, kiegyenlíteni, tehát önszabályozó rendszerként viselkednek. Az élő szervezetek rendelkeznek a nyílt rendszerek minden tulajdonságával. Bennük az anyagcsere folyamatok, az energia-átalakító folyamatok azt szolgálják, hogy a szervezet, mint nyílt rendszer, a dinamikus egyensúly állapotában fennmaradhasson. Amikor ezekben a folyamatokban belső, vagy külső okok miatt olyan zavar támad, hogy a dinamikus egyensúly megbomlik, akkor beáll a halál.

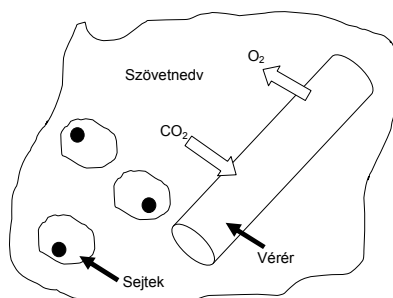
Mivel minden élő szervezet szerkezeti és működésbeli alapegysége a sejt, mondhatjuk, hogy a biofizika a sejtek, a szervek, a szervrendszerek szintjén végbemenő fizikai folyamatokat tanulmányozza. Ezeknek a folyamatoknak általános közös jelenségékként az úgynevezett transzport-, illetve szállítási folyamatok tekinthetők. Ezeket a különböző természetű kölcsönhatások időben és térben való változása okozza, amelyekre érvényesek a megmaradási törvények, melyeket a klasszikus fizikai tanulmányaitokból ismertek.

Tömeg-, energia-, elektromos töltés-transzport valósul meg az életfolyamatokban sejti szinten, vagy az élő rendszer szervi, illetve szervrendszeri szintjén fenntartva az anyagforgalmi életműködéseket (vérkeringés, légzés, emésztés, kiválasztás). Ezek során a különböző anyagi részecskék meghatározott irányban vándorolnak a rendszerben, amelyeknek a sajátosságait, megnyilvánulási módjait fogjuk áttekinteni a következőkben.

Az anyagi rendszerekben azok részecskéire a hőmozgás következtében az adott fázis belsejében jellemző a helyváltoztatásuk. A különböző alkotórészecskékből álló anyagi rendszerekben (gázelegy, folyadékok) állandó hőmérsékleten a koncentráció különböző hatására a részecskék önként a nagyobb koncentrációjú hely felől a kisebb koncentrációjú hely felé haladnak (diffundálnak), ezt a jelenséget nevezzük *diffúzió*-nak. Ennek a folyamatnak eredményeként a részecskék egyenletesen elkeverednek egymással. A folyamat sebessége a részecskék és a közeg természetétől függ. A diffúzió sebessége gázokban sokkal nagyobb, mint folyadékokban. Pl. a CO₂ levegőben 10000-szer gyorsabban diffundál, mint vízben.

A diffúzió jelenségének fontos szerepe van az életműködések során szükséges gázcserében, az oxigén – szén-dioxid ellentétes irányú mozgásában (1. ábra), vagy a sejteken belüli sejt plazmában (citoplazma), és a sejtek közti térben található nagyszámú, különböző természetű oldott anyagi részecske áramlásában.

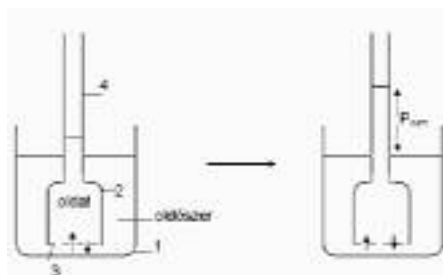
A diffúzió jelensége akkor is fennáll, ha ugyanannak a komponensnek a koncentrációja különböző az egymással érintkező oldatrészekben.



1. ábra

Ugyanis az oldószer molekulák kémiai potenciálja a hígabb oldatban nagyobb, mint a töményebben, s ez az okozója a diffúciónak. A biológiai folyamatok során előforduló diffúziós jelenségek nagy részében az a sajátos eset áll fenn, hogy a mozgó részecskék útjában valamilyen hártya, biológiai membrán található (pl. a sejtfa), amelyekre az jellemző, hogy különböző anyagokra nézve nem egyforma áteresztőképességűek (szelektív a permeabilitásuk). Azt a diffúziós jelenséget, amely különböző koncentrációjú oldatok között valósul meg, ha azokat féligáteresztő (szemipermeábilis) hártya választja el, *ozmózis*-nak nevezik. Ideális esetben a valódi féligáteresztő hártya csak az oldószer molekulákat képes áteresztetni. Az ozmózis során az oldószer molekulák a hígabb oldatból áramlanak a töményebb felé.

Tekintsük a következő, könnyen összeállítható kísérleti berendezést: (2. ábra) Mivel az 1. és 2. edényben is található oldószer molekulák, a 3. féligáteresztő hártya két oldalán ezek a hártyán be (endozmózis) és ki (exozmózis) is áramolhatnak. A tiszta oldószer oldaláról időegység alatt több molekula érkezik a falhoz, mint az oldat oldaláról (az oldatban az oldószer molekulák egy része oldott anyag molekuláival helyettesített).



2. ábra

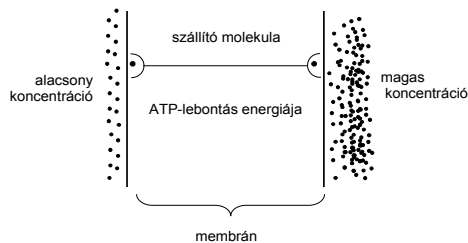
Ezért a 4. függőleges csőben emelkedik a folyadék szintje, ami az exozmózist segíti elő. A folyadékoszlop addig emelkedik, amíg ez a hatás ki nem egyenlítődik az

endozmózással. Ennek az egyensúlyi állapotnak megfelelő folyadékoszlop hidrosztatikai nyomását nevezik ozmózisnyomásnak (P_{ozm}). Híg vizes oldatok esetében az ozmózisnyomás megközelítőleg ugyanakkora, mint amekkorával az oldott anyag gázállapotban rendelkezne, ha az oldatban rendelkezésére álló térfogatot töltené ki.

A valódi féligáteresztő membránok, melyek csak az oldószer számára átjárhatóak, nagyon ritkák. A biológiai membránok a vízen kívül más anyagi részecskék (bizonyos ionok, molekulák) számára is átjárhatóak adott körülmények között. Az ozmózisnyomás fellépte okozta anyagvándorlást a membrán két oldala között penetrálásnak is nevezik a biológusok.

A molekuláknak membránon keresztül történő szállítása (transzmembrán transzport) kétféleképpen valósulhat meg:

- *passzív transzport* formájában, amikor a membránon keresztül az anyag szállítás a termodinamikailag valószínű irányba, a nagyobb koncentrációjú hely felől a kisebb koncentrációjú hely felé történik. Az egyirányú anyagmozgást a koncentráció gradiens tartja fenn, a részecskék diffúzióval jutnak át a membránon. Ilyen jelenség történik a vér és sejt közötti tér között. A hajszálér fala membránként viselkedik, melynek diffúziós tulajdonságait az ér falának két lipidrétege közti hidrofób réteg határozza meg. A hajszálérben levő emberi vérplazma az alakos elemek (vörösvértestek, fehérvérsejtek, vérlemezkék) mellett 0,9%-os NaCl-oldatban még K^+ , Ca^{2+} -ionokat, albuminokat, aminosavakat, glükózt és más anyagokat is tartalmaz. A sejt közötti tér más tulajdonságú, aminek következtében a membránon (érfal) az ionok, a kis és közepes méretű molekulák is közlekednek
- *aktív transzportnál* az anyag molekuláinak áramlása az alacsonyabb koncentrációjú helyről a magasabb koncentrációjú helyre, a koncentrációgradiens ellenében történik a sejtmembránon keresztül. A részecskéket az átérő membránfehérjék közé tartozó szállító (karrier) rendszerek mozgatják a membrán egyik oldaláról a másikra. A folyamat endoterm, a szükséges energiát a sejt az ATP hidrolíziséből fedezi (3. ábra). Ez a transzportféléség az anyagcserét befolyásoló tényezőkre (T, O_2 , pH) érzékeny.



3. ábra

Az aktív anyagtranszportnak egy másik módja a bekebelezés, vagy *endocitózis*. Ennek során a sejt a sejtmembránjából a citoplazmába fűződő vezikulába, vagy vakuólába csomagolva anyagot vesz fel a sejt külső téréből. Két formája ismert:

- fagocitózis – amikor viszonylag nagyméretű (szilárd, vagy gél), konzisztens anyagok hatolnak át a sejthártyán
- pinocitózis – a sejthártyáról a citoplazmába fűződő vezikulákba zárt folyadékot vesz fel a sejt

Bagoly Péter
egyetemi hallgató, BBTE