

Mohácsi Sándor

Az integrált környezetszemlélet kialakításának egyik lehetséges modellje a gimnáziumokban és a szakiskolákban

A pedagógiai elvek: ha ezt az egységes és oszthatatlan világot (természet és társadalom) egymástól elszigetelt részekre osztva akarnánk a tanulóinkkal megismertetni – mondhatjuk –, hogy a lehetetlenre vállalkoztunk. A tanulók csupán a részleteket látnák, nem pedig a dolgok és jelenségek térbeli és időbeli rendszerét. Ma a világ megismerésének problémáját – így pedagógiai tevékenységünket, a tanítást is – a modern ember átfogó jellegű gondolkodásával kell megközelíteni. Ennek értelmében ma egyetlen jelenséget sem vizsgálhatunk önmagában, az összefüggések figyelembevétele nélkül, jóllehet az ismeretek (természettudományos és társadalomtudományos) még látszólagos elkülönülésben jelennek meg a tantervekben, a tankönyvekben. Ám az átfogó jellegű gondolkodásmód arra kötelezi a nevelőket, hogy a „látszólagosan” elkülönült ismereteket – az ismeretszerzési folyamatok lezárásaként a gimnáziumokban – egy sok szállal összekapcsolódó egészzé ötvözze, integrálja a rendszerszemlélet kialakítása céljából. A szakiskolákban a közismereti tantárgyakat eleve integráltan kellene megtanítani. E tantárgy ismeretanyagát az általános iskolai természettudományi és társadalomtudományi fogalmak képeznék. Valójában az általános iskolai ismeretek újratanításáról, megszilárdításáról lenne szó. A megoldáshoz vezető út: A természettudományos és társadalomtudományos ismereteknek egy kapcsolatrendszerbe történő kiépítése.

Az általános műveltség fogalom tartalma minden korban más volt. E sorok írója szerint ma, a 21. században, az általános műveltség az integrált ismeret, mégpedig az emberiség által teremtett kultúrártékek (természettudományos, társadalomtudományi) átfogó szemlélete. Ez utóbbi gondolatot az alábbi rendszert követve fejtem ki:

- a tudományok fejlődéstörténete, különös tekintettel a természettudományok 19. és 20. századi fejlődésére;
- a tudományoknak az iskolai tantárgyakban való leképeződése, a fejlődés nyomon követésének módja a gimnáziumban, a szakiskolákban.

Végül arra a kérdésre adjuk meg a választ, hogy:

- melyik az a diszciplína, amelynek segítségével – elgondolásunk szerint – egységbe foglalhatók a természettudományos és társadalomtudományos ismeretek.

1. A MODERN TUDOMÁNY FEJLŐDÉSÉNEK SAJÁTÓSÁGAI

A tudományoknak mint az ismeretek önálló ágának fejlődésében már a keletkezésétől fogva két homlokegyenest ellentétes, egymást *látszólag kizáró tendencia mutatkozott*. Az egyik a tudományok szétágazása, *differentiálódása*, a másik pedig a tudománynak a tudományos ismeretek általános rendszerében való egyesítése, vagyis *integrációja*.

A határterületi tudományok kialakulása

A tudományok célja az emberiség történelmének kezdetétől a reneszánszig a *világ megértése* volt. A 16. századtól a természettudományok egyre inkább a *világ megváltoztatására törekedtek*.

A 19. században a természettudomány hatalmas léptekkel fejlődött. Az ember egyre mélyebben és teljesebben ismerte meg az anyagot, tulajdonságait, fajtáit és a *hozzájuk kapcsolódó jelenségeket*. A nagy felfedezések nyomán kezdték felismerni, hogy a természet különböző területei *belsőleg összefüggnek és kölcsönösen hatnak egymásra*. E tény felismerése vezetett el a természettudományokban az úgynevezett *„határterületi tudományok”* kialakulásához, például biokémia, geokémia, geofizika stb.

A 20. század természettudományának néhány mérföldköve

Az 1920 és 1990 közötti évtizedek az egyetemes tudománytörténetben az *atomfizika „nagy évtizedei”*. Az első atombomba előállítás (Szilárd Leó, Teller Ede munkásságának közreműködésével) és felrobbantása után (1945. augusztus 6. Hiroshima) kezdték világszerte emlegetni a századelő angol, holland, dán, német fizikusait, kémikusait, akik az 1885-ben felfedezett radioaktivitás elvét az 1910-es évektől *természetes*, majd az 1940-es évektől *mesterséges izotópok* alkalmazásával magas szinten művelték a *nyomjelzést a biológiai, kémiai és fizikai folyamatokban*. Lerakták mindazon nukleáris technikáknak a tudományos alapjait, amelyekre az 1950-es évektől kibontakozó atomipar épülhetett: *ipari, mezőgazdasági, nukleáris medicina* stb. Az atomkorszak vizsgálati tárgya az 1960-as évektől kezdve a *világ elemi összetevőinek kutatása, a részecskefizika*. Az élővilág elemi részeit kutatja a molekuláris biológia is. Intézményrendszere a *DNS felfedezésével bontakozott ki*. A *DNS a földi élővilág egységének alapbizonyítékát fekteti le*, először jutva el a *genetikai manipuláció kézzelfogható termékéhez (az inzulinhoz)*, majd *Dolly-hoz (1997)*, és végül az ember genetikai térképéhez (*HUMAN GENOME PROGRAM 2000*). Az ember és a természet viszonyát helyezi új alapokra az *ökologizmus*. Az embert a természet, a világ-mindenség egyik alkotójának tekinti. 1968-ban indult az *Ember és Bioszféra Program*, amely a biológia- és éghajlatkutatás megújulását hozza magával. Mindezek a földtudományokban és a biológiában is *szintetizáló* látásmódot eredményeztek. Hasonlóan a természettudományokhoz, a társadalomtudományokban is kialakultak a *klasszikus tudományok*, például a történelem *„határterületi tudományai”* (agrár-, ipartörténet, történeti földrajz stb.). A természettudományok fejlődése nagyban hozzájárult a társadalomtudományok fejlődéséhez (pl. a radiokarbon kormeghatározás elősegíti a régészet fejlődését).

A témakör lezárásaként az alábbiakat állapíthatjuk meg:

- A természettudományok fejlődésével új eszmék, nagy felfedezések és egész interdiszciplináris tudományok születtek (születnek) a tudományágak határterületén. A természettudományok – különösen a fizika – sikere hatott a tudomány és a technika viszonyára.
- A természettudományos módszereket, a technikai eszközöket egyre hatékonyabban alkalmazták, alkalmazzák a humán tudományokban (pl. a régészetben); ugyanakkor a humán tudományok (pl. a történeti, a gazdasági tudományok) segítik a természet-kutatókat abban, hogy felismerjék a tudomány általános mozgatóerejét, fő céljait, irányait.
- A természettudomány és a társadalomtudomány közötti kapcsolatok, kölcsönhatásokban folyamatosan erősödtek (erősödnek).
- Egyre világosabban érvényesül az emberi tudás egységes, belsőleg differenciált tudománnyá való összeolvadásának tendenciája. Ez a szintézis – amelyet áthat a történetiség elve – a valóságban két fő aspektusban jelenik meg: a természet története és az emberiség története; ahol a természet humanizált természetként, az ember pedig a természeti erőforrások használójaként (gyakran „túlhasználójaként”) jelenik meg. Az integráció e két történelmi folyamat szintézise.

2. A TUDOMÁNYOK TENDENCIÁINAK LEKÉPEZŐDÉSE AZ ISKOLAI OKTATÁSBAN

A tudományok differenciálódásával „... jórészt még a 19. században vagy a 20. század első felében alakultak ki” az úgynevezett *diszciplináris tantárgyak*. „Ezek a tantárgyak csaknem kizárólag egy-egy klasszikus tudományterület” – például matematika, fizika, irodalom stb. „... logikáját, struktúráját, vizsgálati módszereit, szemléletét, nevezéktanát alkalmazzák az iskolai oktatásban.” „Az ilyen, egy-egy tudományág iskolai leképezésével létrejött tantárgyakat nevezzük *diszciplináris tantárgyaknak*” (CHRAPPÁN MAGDOLNA 1998. 59. o.). Az *integrált tantárgyak* „... kisebb-nagyobb mértékben eltérnek a diszciplinák rendszertani beosztásától, és a különböző tantárgyakban oktatott ismereteket összekapcsolják” (CHRAPPÁN M. i. m. uo.). Céljuk pedig egy egységes világkép kialakítása, röviden: *szemléletformálás*. A *diszciplináris tantárgyak* sokféle hátránya közül az alábbi, *legáltalánosabb* ténytet emeljük ki: „... a tudományos egyoldalúságának következtében a gyerekekben nemigen tudatosulhat, hogy a különböző tantárgyakban ugyanarról a valóságdarabról esik szó. Egészen triviális példaként szokták emlegetni, hogy nem válik világossá a gyerek számára, hogy az atom, amellyel a fizikaórán találkozunk ugyanaz, ugyanúgy viselkedik, mint amelyről kémiából, biológiából vagy földrajzból tanulnak” (CHRAPPÁN M. i. m. u. o.). A *diszciplináris tantárgyi keretben való oktatás* tehát *gátló tényező* abban, hogy a tanulók az egésznek a valódi kapcsolatát világosan lássák.

Alkalmazkodás a „gyorsuló időhöz”: a gimnáziumokban, a szakiskolákban

2.1. A gimnáziumi oktatásban

Szükség lenne egy olyan tantárgyra, amely a diszciplináris tantárgyak után *integráltan összefoglalva bemutatná a tanult természettudományos és társadalmi ismereteket*. Bemutatná a természettudományok valamennyi területének, ágazatának kölcsönös kapcsolatát és azt a folyamatot, ahogyan az emberiség a történelmi fejlődése során *beleavatkozott az őt körülvevő világ jelenségeibe*. Ily módon világossá válhat a gyerek számára, hogy a világ, amelyben élünk, *egységes egész, amelyben minden folyamat, minden folyamatra hat, s minden folyamatot és jelenséget az összes többi folyamat és jelenség összeműködése határoz meg*.

2.2. A szakiskolákban

Közismert tény, hogy a szakiskolák nagyobb részben azokkal a tanulókkal foglalkoznak, akiket az általános iskolában különösképpen nem érdekeltek az iskolai tantárgyak. Azokkal a tanulókkal, akiknek a többsége azért „...jön a szakiskolába, mert úgy gondolja, hogy másnap már szerszámmal a kezében fog dolgozni. Az iskolapadban ülve az elméleti kérdések, a matematika feladatai nem érdeklik őket. Akik számára »kémia, fizikát«
oktatni »fából vaskarika«”. Hátrányos helyzetű tanulók a szakiskolákban. (Kerekasztal-beszélgetés) *Új Pedagógia Szemle*, 2003 október 70–73. o. A fizika- és kémiatanárok részéről a tényekből következően felmerül a kérdés, *hogyan lehet ezeket az elméleti ismereteket tudományosan és korszerűen, ugyanakkor a tanulók értelmi és érdeklődési szintjéhez igazítva megtanítani?*

3. AZ INTEGRÁLT KÖRNYEZETSEMLÉLET MEGVALÓSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Az egyes tudományok bővülő és egyre mélyebben feltárt fejezetei több lehetőséget nyújtanak az integrációra. Például, ha a kémia képezi az integrált tantárgy alapját, akkor szerepelhet benne a szervetlen kémia, a geokémia, a szerves kémia és a biokémia is. E sorok írója az integrált környezetszemlélet kialakítását a földrajz tantárgy *sajátosan összetett ismeretanyagára* és a földrajzi környezet *megismerésének módszerére* alapozza. Célja bemutatni, miképpen valósítható meg az integrált környezetszemlélet kialakítása a tantárgyi határok eltörlésével, a tantárgyak ismerettartalmának a vázig történő lecsupaszításával. „A teljes földrajzi környezet – írja Pécsi Márton – a természeti és társadalmi folyamatok kölcsönhatása eredményeként alakul ki.” (PÉCSI MÁRTON 1980/1. 1. o.) A komplex környezetszemlélet felől vizsgálva a földrajz az integrált ismereteket helyezi előtérbe. Tehát nemcsak leír, tájékoztat, hanem az emberiség *természeti, gazdasági környezetéről, mozgásfolyamatairól nyújt dinamikus térbeli rendszert*. Ily módon a földrajz *híd funkciót* tölt be a két alapvető – a természettudományos és a társadalomtudományi – ismeretrendszer között. E sajátosságok következménye a *módszer, mely szerint minden táj, régió, globális földrajzi környezet megismerése szükségképpen megkívánja fejlődéstörténeti folyamatának – azaz keletkezésének, fejlődése szakaszainak fel-*

tárását, beleértve azt is, ahogyan az emberiség a történelme folyamán átalakította, a maga javára hasznosította. Újraalkotjuk a valóságos történeti folyamatot, s eközben tárul fel a természettudományok kölcsönös kapcsolata, az emberi szervezet és a természeti környezet közötti kapcsolat, illetve az embernek a környezetre gyakorolt potenciális hatása, amely az adott kor technikai, tudományos és kulturális fejlettségétől és a népesség nagyságától függő tényező.

AZ ANYAG ÉS ÁLLAPOTVÁLTOZÁSAI

Az anyagfogalom tartalma

Az anyag az érzékszerveinkkel közvetlenül megtapasztható makrovilág, amely lehet élettelen vagy élő, művi vagy természetes. Az anyagnak két megjelenési formája van: a tömeg és az energia, amely az anyag egymástól elválaszthatatlan megjelenési formája. Minden anyagnak – tömegének és állapotának megfelelően – energiája van (pl. mechanikus, elektromos, kémiai stb.), vagyis bizonyos körülmények között munkát tud végezni.

Az egyik fajta energia átalakulhat a másik fajta energiává, de nem vész el és nem is teremthető (tömegmegmaradás törvénye). A tömeg és energia közötti kapcsolatot az Einstein-féle ekvivalencia elv tárja fel; amely szerint $E = mc^2$, ahol E az energia, m a tömegváltozás, c a fény terjedési sebessége, vagyis m tömeg, $E = mc^2$ energiával egyenértékű.

Az anyag szerkezete: Akármilyen formájában találkozunk az anyaggal, atomokból áll. Az atomok atommagot és elektronokat tartalmaznak. Az atommag összetevői a nukleonok (protonok és neutronok). Az atommagban lévő protonok számát „ Z ”, a neutronok számát „ N ”, együttes számukat pedig „ A ” betűvel jelöljük.

$$A = Z + N$$

Az atommag „ Z ” rendszáma határozza meg az atomoknak a periódusos rendszerben elfoglalt helyét. Az azonos protonszámú „ Z ”, de különböző neutronsámú „ N ” atommagok az izotópok. Az izotóp magokat tartalmazó atomok, az elemek periódusos rendszerének azonos helyén vannak, tehát kémiai tulajdonságaik megegyeznek.

A jelenlegi tudásunk szerint az anyag alapvető építőkövei a quarkok és leptonok. A „quarkok és leptonok egymással négy, nyilvánvalóan különböző kölcsönhatásba léphetnek; ezek az erős, elektromágneses, gyenge, és gravitációs kölcsönhatások” (FÉNYES T. 2005. 18. o.).

Az atommagok, atommag-átalakulások: Az atommagoknak két nagy csoportja van: a stabil és a radioaktív atommagok. Ez utóbbiak radioaktívak, azaz bennük önként bekövetkező bomlási folyamatok lépnek fel. Ez a sugárzás elektromos és mágneses térben való eltérülése alapján három összetevőre bontható, melyek az alábbiak: α (alfa)-bomlások nehéz, két egységnyi pozitív töltésű részecskék He^{++} atommagok; $A \beta^\pm$ átalakulásnak három formája ismeretes: negatív β átalakulás, amikor lényegében egy neutron alakul át protonná (általában az atommagon belül, de a szabad neutron is el tud bomlani). A pozitív β átalakulás,

és az elektronbefogás, a pozitív β átalakuláskor és az elektronbefogáskor pedig egy proton alakul át neutronná.

A γ -sugarak keletkezésük szerint lehetnek Elektromos vagy Mágneses típusú sugarak. (Az előbbit a töltések rezgésével – gyorsulásával – magyarázhatjuk, az utóbbit a töltések kóráramától eredő mágneses momentum változásával.)

A bomlás sebességét a felezési idővel mérjük. Ezen általában azt az időt értjük, amely alatt az elbontatlan atom N_0 száma $N_{0/2}$ -re, azaz felére csökken. A bomlási sorozatok az izotópok.

Az elektronok: gömbformájú héjakon, pályákon keringenek. Az elektronokat az atommag elektromos vonzereje tartja a pályákon (azt, hogy az elektron milyen átlagos távolságban mozog az atommagtól, a fő kvantumszám mutatja meg).

A nagyobb fő kvantumszám nagyobb potenciális energiaszintet jelez – vagyis a magtól távolabbi elektronoknak általában nagyobb az energiája. Az elektronhéjat azonos főkvantumszámú elektronok alkotják. A legelső a K-héj, amelyen 2 elektron van (kivéve a H). Ezután következik a 2. sz. héj 8, a 3., 4. amelyen maximum 18, illetve 32 elektron lehet. Ha egy héj „megtelt”, akkor lezárt héj a neve: ez igen stabilis képződmény, az elektronokat nehéz belőle kimozdítani. Ezért a csupa lezárt héjból álló nemesgázok nem egyesülnek semmiféle más elemmel. Ha a lezárt héjakon kívül is vannak az atomban elektronok, akkor ezeket vegyérték-elektronoknak nevezzük. Ettől függenek az atom kémiai tulajdonságai.

Az elemek Mengyelejev-féle periódusos rendszere: A többelektronos atomok héjszerkezete alapján magyarázható meg az elemek Mengyelejev-féle periódusos rendszere. Mengyelejev a periódusos rendszert a növekvő atomsúlyok szerint szakaszosan ismétlődő kémiai tulajdonságaik alapján szerkesztette meg. A rendszerben az elemek egymás alá rendezett hét sorban – periódusban – úgy helyezkednek el, hogy az egymás alatti elemek 8 oszlopot alkotnak. Az egyes oszlopban lévő kémiai elemek viselkedésük szerint hasonlóak. Az elemek periódusbeli sorszáma a rendszám. A rendszám a protonok száma, a protonok száma egyenlő az elektronok számával.

Az elemeket három nagy csoportba soroljuk: fémek; nemfémek; fémhez hasonló anyagok (pl. az arzén – As). A C (szén) különleges tulajdonságú anyag, mert egyes esetekben fémként, más esetekben nemfémként lép reakcióba.

Az atomok összekapcsolódása, a kémiai kötések: Az atomok általában egymással összekapcsolódva molekulákat, kristályokat képezhetnek. Az atomok összekapcsolódása az úgynevezett kémiai kötés.

A kémiai kötés három alaptípusa: kovalens, fémes és ionos kötés. A kovalens kötéssel összekapcsolódó atomokból molekulák vagy kristályok keletkeznek. A kovalens kémiai kötés tartja össze az atommagokat az úgynevezett atomrácsú kristályokban is (pl. gyémánt). A fémek ún. fémes kötésének lényege, hogy a kapcsolódó atomok külső elektronjai közössé válnak, a fémes kötés erői hasonlóan a kovalens kötéséhez. Az ionos kötés töltéssel rendelkező atomi részecskék sokaságát kapcsolja össze elektrosztatikus kölcsönhatással kristállyá (pl. NaCl kristály). A negyedik kötésfajtát Johannes Diderik van der Waals holland fizikus felfedezése nyomán van der Waals-féle erők tartják össze. Ezek az erők, amelyek inkább molekulákat tartanak össze, mint atomokat, relatíve gyengék. Például a jód kristály ezért megy át a szilárdból légnemű halmazállapotba. Ez a folyamat a szublimáció.

A molekula: Az atomokból megfelelő körülmények között (kémiai reakciók); egyesülés: $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$; bomlás: $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$; helyettesítés: $2\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$; cserebomlás: $\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S} + \text{FeCl}_2$ molekula lesz.

Halmazok, halmazállapotok: Az olyan rendszereket, amelyekben az atomok, ionok, molekulák száma 10^5 -től 10^{10} darab vagy annál több, halmazoknak nevezzük. A halmazt alkotó részecskék kölcsönhatásban vannak egymással. A molekulák állandóan mozognak a halmazokban is: ez a hőmozgás. Szilárd halmazállapotban a részecskék közti viszonylag erős kölcsönhatás minden egyes atom helyét rögzíti. Az atomok helyhez kötöttsége (kicsi a hőmozgás, csak rezgő mozgás) olyan szabályos geometriai elrendezést eredményez, ami a tér mindhárom irányába szakaszosan ismétlődik. Az ilyen anyagokat nevezzük kristályoknak, amelyek alakját a belső szerkezete, a kristályrács felépítése szabja meg.

A kristályszerkezetek és a kémiai kötések összefüggése: A kristályrács geometriai szerkezetét, a kristályt felépítő részecskék közötti kémiai kötés határozza meg. A rácsot összetartó kémiai kötések szerint a kristályok négy csoportba sorolhatók: – **atomrács:** a rácspontokban atomok vannak. (Az atomokat kovalens kémiai kötések kapcsolják össze.); – **ionrács:** ha a kristályokban váltakozva pozitív és negatív ionok foglalnak helyet (pl. NaCl). Az ionkristályok elektromosan semlegesek. **Molekularács:** a rácspontokban molekulák vannak (pl. CO_2). **Fémrács:** a rácspontokban fémionok vannak. A fémes kötés azáltal jön létre, hogy az atomok legkülső elektronhéjukon lévő elektronokat leadják. A leadott elektronok ezután a kristály valamennyi ionjához együttesen tartoznak, és a pozitív töltésű fémionokat kristályrácsba rendezik.

A folyékony halmazállapot: átmenet a szilárd és a légnemű halmazállapot között. A folyékony halmazállapotban a folyadékok molekuláit összetartó erők között jelentős a van der Waals-erő. Azonban nem csak a van der Waals-erők kapcsolják össze a folyadékok részecskéit. A vízmolekulában egy atom oxigén és két atom hidrogén van. H_2O . A molekula kettő hidrogénatomja nagy aktivitású, elektromosan töltött részecske. Ezek más vízmolekulák elektronjaira hatnak és kötve tartják azokat.

A folyadékok keveredése más anyagokkal: A folyadékok más anyagokkal háromféle módon keverednek: az oldatokban; szuszpenziókban; a kolloid diszperziókban a részecskék oldhatatlanok, de megtartják tulajdonságaikat.

A légnemű halmazállapot: A légnemű halmazállapotban a kohéziós erő a legkisebb, a molekulák közötti távolság a legnagyobb. A gáz halmazállapotot a molekulák szabad mozgékonyasága jellemzi. A gázok rugalmasak, pl. a levegő legkisebb mozgása is a kötetlen molekulákat irányított mozgásba hozza, s ezek pedig ütközésük révén (rugalmas ütközések – mint a biliárdgolyó ütközése) más molekulákat hoznak mozgásba. A gáz térfogata függ a hőmérséklettől és a nyomástól.

Halmazállapot-változások: olvadás, fagyás, gőzképződés (párolgás, forrás), lecsapódás, és a már korábban említett szublimáció.

Az élettelen környezet felépítése halmazállapotuk szerint lehet: szilárd (litoszféra); folyékony (hidroszféra); légnemű (atmoszféra).

I. KÖRNYEZETI RENDSZEREK

A környezeti rendszereket – élettelen, élő – az „Univerzum élettörténeté”-ből kiindulva vizsgáljuk.

Az univerzum élettörténetének kísérletileg ellenőrzött menete az alábbi. „Négy különálló és »mindennapi« kölcsönhatás → Hadronképződés plazmamáagokból, elektronokból, fotonokból → könnyű magok képződése → Az univerzum átlátszóvá válik → Protogalaxisok kialakulása → kialakult galaxisok → Első csillagok keletkezése → Naprendszer kialakulása → Élet keletkezése → Szabad oxigén megjelenése az atmoszférában → kétéltűek, hüllők → Ma” (SIMONYI K.1998, 547. o.).

1. Az élettelen környezet rendszerei

1.1. A litoszféra:

A litoszféra fogalom a földkéregre és a földköpeny ehhez hozzáfertt legkülső szilárd rétegére utal. A gömb alakú Föld tehát három fő egységből, úgynevezett gömbhéjakból tevődik össze: a kéreg, a köpeny és a mag. A litoszféra gömbhéjas szerkezetét a földrengések vizsgálata tette lehetővé. A rengéshullámok – transzverzális, longitudinális – típusa, sebessége mérhető, amelyből lehet következtetni azon részek fizikai állapotára, amelyeken mélységi útja során áthalad, valamint az adott uralkodó körülményekre, a lehetséges anyagokra.

Maga a földkéreg két lényegi alkotórészből áll: a szárazföldi és az óceáni kéregből. [A földkéreg vastagságát az úgynevezett „izosztázia törvénye” szabályozza. Az izosztatikuss modell fizikai alapja a testek úszása.]

A Föld kémiai elemei: A Földön található 92 természetes kémiai elem mindegyike kozmikus eredetű. Kivételt csupán a radioaktív elemek bomlásából keletkezett izotópok képeznek (pl. Pb). A földkéregben előforduló elemeket az alábbiak szerint csoportosítjuk: uralkodó elemek (pl. O), nyomelemek (Co).

A földkéreg ásványi összetétele: A szárazföldi kéreg lényegében magmás (gránitos) kőzetből – szilícium és alumínium uralta ásványtársulásokból állnak, melyet vékony szerves (pl. CaCO_3) és szerves (pl. szénközetek) üledékek borítanak be. Az óceáni, bazaltos kéreg a kontinensek alatt is megtalálható.

Az ásványok fizikai tulajdonságai

A sűrűség: Minden testnek, így a Földnek is van tömege (m) és térfogata (V). Az „m” tömegű és „V” térfogatú test sűrűsége a térfogategységben foglalt tömegmennyiség

$$\rho = \frac{m}{V}$$

mértéke Si-egységben kg/m^3 , jele ρ (ró). A sűrűség elsősorban az atomok és az ionok tömegétől, másodsorban azok szerkezeti elrendeződésétől függ.

A szilárdság: A szilárd anyagok szűkebb értelemben a kristályos szerkezetű anyagokat, az úgynevezett szilárd testeket értjük. *Rugalmas alakváltozás*, amely alatt az alábbiakat értjük: ha valamely külső erő a test alakját vagy méretét megváltoztatni igyekszik, akkor a belsejében olyan irányú feszültségek lépnek fel, amelyek az alak- és méretváltozást megakadályozni igyekeznek.

Mágneses tulajdonságok: Néhány anyagnak az a tulajdonsága, hogy a vasat magához vonzza (magnetit, Fe_3O_4). A mágnességet igen apró elemi mágnesek okozzák, ezek pedig az atomokban keringő elektromos töltések mágnességeként foghatók fel.

Elektromos tulajdonságok: Az elektromos árammal szemben tanúsított viselkedésük szerint az ásványok lehetnek vezetők (pl. termésfémek), szigetelők (pl. kén), félvezetők (pl. szilícium).

A lemeztektonika: A Föld külső héja, a litoszféra hat nagy és több kisebb merev kőzetlemez mozaikjaiból áll. A lemezek a földköpeny áramlatainak hatására mozgásban vannak. Az óceáni medencék kinyílnak, majd bezáródnak. A lemezek, másképpen fogalmazva lemezszegélyek között háromféle mozgás lehetséges: két lemez szembe mozog egymással. Ezeket hívjuk alábukó lemezszegélyeknek. Többek között ezzel hozható kapcsolatba a nagy lánchegységek, a vulkánok és a földrengések képződése. Két lemez távolodik egymástól. Ilyenek az óceáni hátságok. A harmadik típus, amikor a lemezszegélyek elcsúsznak egymás mellett (pl. a kaliforniai Szent-András törésvonal).

A Föld hőjelenségei: A földfelszínen, illetve a felszín közelében lévő kőzetek hőviszonyait két hőhatás együttesen befolyásolja: a földfelszín hőt vesz fel egyrészt a Nap sugárzásából, másrészt a Föld belsejéből hővezetés útján. [A Föld belső hője a radioaktív magok (U^{238} U^{235} Th^{232} K^{40}) bomlása által termelődött hőből származik.] A hőfelvétel mellett a földfelszín hőt ad le egyrészt a légkör felé (részben a kisugárzás, részben a víz elpárolgottatása révén), másrészt az alsóbb rétegek felé is.

1.2. A légkör (atmoszféra):

[A légkör keletkezése: A légkör kialakulásában a vulkáni tevékenységnek volt szerepe. Vulkáni működés révén az első atmoszféra főleg CO_2 -t és N_2 -t tartalmazott a CH_4 , a vízgőz, az NH_3 és a CO mellett, de nem tartalmazott kezdetben O_2 -t. A vulkáni eredetű gázok keverékét a mikrobiális biológiai aktivitás alakította mai légkörré.]

A légkör rétegződése és anyagösszetétele: Az élővilágra legnagyobb hatással lévő alsó zónát troposzférának nevezzük. Ezt a réteget felülről a tropopausa határolja. A tropopausa felett egy rétegzett zóna található, a sztratoszféra. A troposzféra mintegy 20 százalékban tartalmaz O_2 -t. Koncentrációja a magassággal csökken. A növényi élet szempontjából és az üvegházhatás szempontjából esszenciális a CO_2 gáz. Az üvegházhatás a Föld hőháztartásában játszik szerepet. A légkör vízgőz tartalma és minden felszíni víz, főleg az óceánok és tengerek felszínéről elpárolgó vízből származik.

A légkör (gázok) fizikai állapothatározói: Bármely gáz fizikai állapotát három állapothatározóval írhatjuk le: a nyomással (p), a hőmérséklettel (T) és a sűrűséggel (ρ). [„A három állapothatározó nem független egymástól, közöttük a gázegyenlet: $pV = RdT$ írja le a kapcsolatot, ahol Rd az anyagra jellemző specifikus gázállandót jelenti. Ennek értéke száraz levegőre $Rd = 287 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, ahol J (joule), kg (kilogramm), K (Kelvin – abszolút fokokban kifejezett hőmérséklet)” (RÁKÓCZI FERENC: Életterünk a légtér, 78. o.)].

A légnyomást (P) higanyos barométerrel mérjük, értéke 760 Hgmm, azaz 760 mm-es higanyoszlop nyomásával tart egyensúlyt. Újabban hektopascalban (hPa) fejezzük ki (760 Hgmm = 1013 hPa).

A sűrűség (ld. előző fejezet).

A hőmérsékletet Celsius-fokokban ($^{\circ}\text{C}$) fejezzük ki. A hő egyik helyről a másikra háromféleképpen jut el: vezetéssel, sugárással, áramlással.

A Nap sugárzása: Minden légköri mozgás energiaforrása a Nap sugárzó energiája. A nap-sugárzás energiaforrása atommag-reakció. Ennek során a Nap tömegének 98 százalékát kitevő H atomok He atomokká alakulnak. A Nap sugárzó energiája részecskesugárzásból („napszél”) és elektromágneses sugárzásból áll. A részecskesugárzás korpuszkuláris elemei lehetnek: elektromos töltéssel rendelkező ionok, és töltetlen neutronok. E részecskék a Nap sugárzó energiájának csak kis hányadát teszik ki. Az elektromágneses sugárzás fotonok árama, melynek terjedését döntően az határozza meg, hogy hullám természete van.

A Nap elektromágneses sugarai közül a látható fényt, illetve a hősugarakat emeljük ki. A fény és a hősugarak tették lehetővé a földi élet kialakulását, a kőszénben, kőolajban felhalmozott energiakészleteket. A Nap elektromágneses sugárzása hajtja a Föld szélrendszereit, az óceáni vízáramlatokat, ez párologtatja el a tengervizet, amiből eső és édesvíz lesz.

1.3. A vízburok (hidroszféra):

A légkörhöz hasonlóan a vízburok is a vulkánkitörésekből származó vízgőzből jött létre. A vízburok főként az óceánokból (97%), továbbá a légkörben, a kőzetekben, a jégtakarókban, a tavakban és a folyókban lévő vízből áll.

A víz fizikai, kémiai tulajdonságai: A víznek nagy a fajhője (fajhő = az a hőmennyiség, amely adott mennyiségű test 1 kg-jának hőmérsékletét 1 K fokkal megváltoztatja. Mértékegysége $\text{J}(\text{Kg})^{\circ}\text{C} = \text{J}(\text{KgK})$. Olvadás- és fagyáspontja (0°C), a kritikus hőmérséklete magas. Fajlagos térfogata $+4^{\circ}\text{C}$ -on a legkisebb, sűrűsége pedig a legnagyobb. A többi folyadékkal ellentétben a víz térfogata fagyáskor is, hőmérséklet-emelkedéskor is megnő, amely jelenség a H-hidak meglétével magyarázható. [„Ez a kémiai kötés úgy jön létre, hogy a H-tartalmú molekulákban a H atom elektronja eltolódik a hozzá kapcsolódó atom (F, O, N) felé. Ennek következtében a H atom pozitív, a hozzá kapcsolódó másik atom pedig negatív töltésre tesz szert. A kialakuló többpólusú molekulák (pl. HF, H₂O, NH₃) közötti elektrosztatikai kölcsönhatás legtöbb esetben a molekula összekapcsolódásához (molekula-asszociációhoz) vezet.

A világklimát meghatározó tényezők

1. Az Egyenlítőtől való távolság.
2. Tengerektől, óceánoktól való távolság.
3. Domborzat.

II. AZ ÉLŐ KÖRNYEZET (A BIOSZFÉRA)

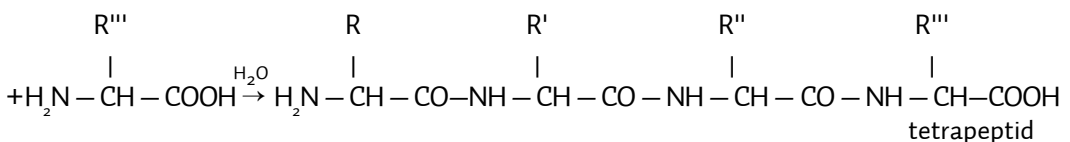
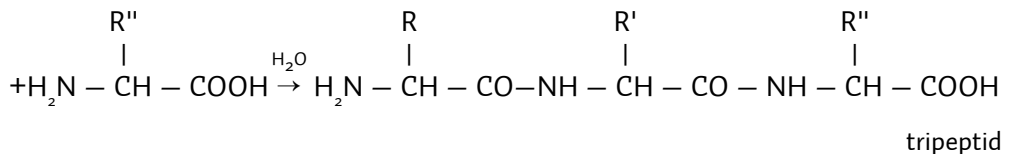
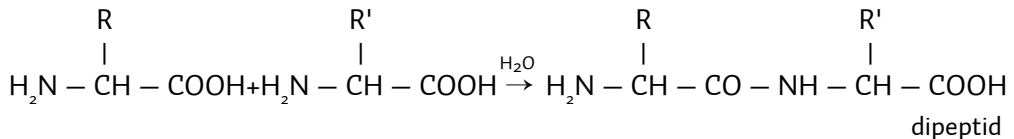
Az élethez vezető kozmikus út: Az élet a fehérjékből keletkezett, melynek „tartós” létezéséhez szükségesek voltak fizikai (szűk hőmérsékleti tartomány, megfelelő nyomás, halmazállapot), kémiai (az ősz atmoszférában zajló villamos folyamatok hatásai) és az önreprodukció kialakása után a biológiai feltételek.

Az élő anyag elemi összetétele: A természetben előforduló közel száz elemből a sejtek fő tömegét négy elem, a szén (C), a hidrogén (H), az oxigén (O) és a nitrogén (N) építi fel. A kén (S) és a foszforral (P) együtt az élő anyag 99 százalékát teszik ki. A hidrogénnek és az oxigénnek az élet szempontjából fontos alkotója a víz, melynek mennyisége az egyes szervezetek tömegének 98 százalékát is meghaladhatja.

Az élőlények molekuláris összetétele: Az élőlényeket alkotó molekulák az ún. szerves molekulák, amelyek négy nagy csoportba sorolhatók: fehérjék, nukleinsavak, szénhidrátok és lipidek (korábban: lipoidok).

A fehérjék: mindig megtalálható bennük a szén, a hidrogén, az oxigén és a nitrogén, sokszor a kén és néha a foszfor is, de nem jellemző. A fehérjemolekulák α -aminosavakból állnak. Általános képletük: $\text{RCHNH}_2\text{COOH}$. A fehérje eredetű aminosavakban egy CH-csoport, amino (NH_2) és karboxilcsoportot (COOH) köt össze. Az R gyök a legegyszerűbb esetben hidrogén (H), de lehet alkil ($\text{CH}_3 = \text{metil}$) csoport.

[Az aminosavak α -amino és α -karboxil csoportjának legfontosabb reakciója az, hogy a másik aminosavval kapcsolódva – vízkilépés mellett – peptidkötést alakít ki: két, három vagy négy aminosav kapcsolódása útján di-, tri-, és tetrapeptidek keletkeznek.



A húsféle fehérjealkotó aminosavból polipeptid-láncok alakulnak ki. A fehérjemolekulák tulajdonságait megszabja az aminosavak sorrendje, szekvenciája.] (Forrás: Elődi Pál: Biokémia. Akadémia Kiadó, Budapest, 1989. 65 o.)

A nukleinsavak: A nukleinsavak két fő típusa ismeretes: a *dezoxi-ribonukleinsav (DNS)* és a *ribonukleinsav (RNS)*. (Mindkét nukleinsav-féleség háromféle szerves vegyületből tevődik össze: heterociklikus *N-tartalmú bázisból*, öt szénatomos *cukorból* és *foszforsavból*. Az összetevő anyagok közül a *bázisok* a legfontosabbak, mert elsősorban ezek sorrendiségében – szekvenciájában – rögzítődnek az *öröklődő sajátosságok információi*.)

A DNS-molekula szerkezete kettős csavarhoz (megcsavart létrához) hasonlít. A „létra szarai”-nak külső részén fut a cukorból és a foszfátcsoportból álló kettős lánc, amelyet H-híd kötésben 4 különféle heterogyűrűs, nitrogéntartalmú bázisokból álló bázispárok: Adenin – Timin; Citozin – Guanin kapcsol össze. Minden élőlénynek, a sejtmagban lévő kromoszóma meghatározott helyén (locusán) elhelyezkedő, és az örökletes információ egységét alkotó *nukleinsav-szakaszt* géneknek nevezzük. Minden élőlénynek a fajra jellemző számú DNS molekulája, illetve kromoszómája van, tehát a *gének az élővilág egységének bizonyítékai*.

Az örökletes tulajdonságok ugrásszerű megváltozása a *mutáció*. A mutációnak lehetnek káros és kedvező hatásai. Káros hatást válthatnak ki a *rákkeltő* anyagok (pl. aszfalt), a kedvező hatás eredménye az *evolúció*. A 20. század végén sikerült a géneket elkülöníteni, és beépíteni más szervezetekbe (növényekbe, állatokba). Ezeket az eljárásokat *génklónozásnak*, röviden *klónozásnak* nevezzük.

Szénhidrátok: Az élő szervezetek energiát szolgáltató tápanyagai. Szénből, hidrogénből és oxigénből állnak. A szénhidrátok lehetnek: *egyszerű szénhidrátok* (monoszacharidok); *összetett szénhidrátok* (poliszacharidok).

Cukorszerű oligoszacharidok (répacukor), *nem cukorszerű poliszacharidok*: keményítő, cellulóz, amely a növényi sejt *vázának* építőanyaga.

A zsírok: A cukrokkal együtt az élő szervezetek tápanyagai. [A zsírok glicerinnél és telített vagy telítetlen zsírsavakból (palmitinsav, sztearinsav, olajsav) felépített vegyületek.]

Az élő szervezetek energiaigénye

1. **A tápanyagok energiaforgalma:** Az élő szervezetek energiaigényük kialakítására csak kémiai energiát képesek felhasználni. A fényenergiát hasznosító zöld növények is a fényt először *kémiai energiává* alakítják át, és az életfolyamatokhoz ezt használják fel. Következésképpen a tápanyagok mint *energiahordozók* sohasem közvetlenül szolgálják a szervezet működéséhez szükséges kémiai szabad energiaváltozást. A tápanyagok lebontása során felszabaduló kémiai energia előbb nagy energiataartalmú *kémiai kötésekbe* épül be, elsősorban ATP-be (adenozin-trifoszfát). [Az ATP az élővilág minden szintjén kémiai *energiafelvevő, tároló, illetve közvetítő* anyagcsoport.]

2. **A sejtek munkára fordítható energiájának keletkezése:** A sejtek anyagcseréjének kétirányú:

I. Az energiaigény kielégítésére és a biomolekulák felépítéséhez szükséges elemek előállítására a sejtek az anyagok egy részét lebontják (ELŐDI PÁL 1981, 343. o.).

A folyamat(ok) során a bonyolultabb vegyületek egyszerű kémiai összetételű végtermékekre bomlanak le, főleg CO_2 -re és H_2O -ra. A folyamat során felszabaduló energia az élő szervezet munkára fordítható energiáját adja. A szervezet életben maradását és normális működését a külső környezetben végzett külső munka, illetve a belső környezet és a sejtek életfolyamatait fenntartó belső munka különböző fajtái szolgálják.

3. A külső és belső környezetben végzett munka: Külső munkán a vázizmok összehúzódása révén a környezet erői ellenében végzett mechanikai munkát értjük: hely-, illetve helyzetváltoztató mozgás, teher mozgatása stb. A belső mechanikai munkának az alábbi fajtáit különböztetjük meg:

A szív, a légzőizmok, a bélrendszer munkája; a sejtek ozmotikus munkája (az anyagkoncentráció-különbség fenntartása a sejt külseje és belseje között), a kémiai munka (a szervezet bonyolult vegyületeinek felépítése: a biomolekulák felépítése).

II. A sejtek anyaggazdálkodásának másik iránya: Amikor a szervezet egyszerű anyagokból az oxidáció során felszabaduló energia felhasználásával az általános és speciális igényeknek megfelelő biomolekulákat épít fel. Ez a folyamat szolgálja a szervezet strukturális felépítését (növekedését), tápanyagok raktározását és az energetikai szempontból fontos energiátárolást.]

Az élő szervezeteket és az élettelen környezetet magába foglaló egységek: az ökoszisztémák.

Az ökoszisztéma az élővilágnak az élettelen környezettel együttesen alkotott rendszere, mely rendszeren belül a visszacsatolási folyamatok révén egymás tulajdonságait kölcsönösen befolyásolják.

A szén körforgása és a tápláléklánc kapcsolata a biológiai populációkkal: Az ökoszisztémák közül a tavi ökoszisztémákban tanulmányozható a legfontosabb energiahordozó elemek (C, N) körforgása, valamint ezek kapcsolata a táplálékláncot alkotó biológiai populációkkal.

A szén körforgása: A zöld növények szén-dioxidot, ásványi anyagokat és vizet vesznek fel a környezetükből. Ennek következtében oxigén lép vissza a légkörbe, a fennmaradó anyag pedig szénhidráttá alakul. A szén-dioxidból és a napenergiából a tóban élő zöldmoszatok (fitoplanktonok) állítják elő az összes, a többi élőlény számára is hasznosítható energiát. Így a növényzet a szén globális körforgásában nem más, mint elsődleges termelő. Az alábbiak pedig a fogyasztók. A szénhidrátok lebontása szolgáltatja az energiát a tóban élő mikroszkopikus rákok, lárvák (zooplanktonok) táplálékául, amelyeket viszont a kis méretű halak fogyasztanak el. A kis halakat a nagyobb halak fogyasztják el, amelyek viszont a magasabb rendű gerinceseknek és az embernek jelentenek táplálékot. Az élőlényeknek ez az egymásra épülése a tápláléklánc. A szén körforgásában az utolsó szerep a lebontó szervezetekre, baktériumokra, gombákra hárul. Az így felszabaduló szén visszatér a légkörbe vagy a vízbe.

Az ember és a környezet kapcsolata: Az emberi élet és környezete között folyamatos az anyagcsere. Az energiaforgalom bemenetét a környezetből felvett tápanyagok, O_2 és H_2O képezi, amely a szervezetben átalakul, részben raktározódik, részben belső munkát végez.

Kimenete pedig a környezetbe leadott hő és a külső munka formájában leadott energia. [Mivel a sejtekben a kémiai energia hasznosítása irreverzibilis folyamat, az élő szervezetek energia szempontjából termodinamikai gépnek tekinthetők. (A tápanyagok átalakulásakor hőenergia képződik. A hőenergia növeli a szervezet biomolekuláinak rendezetlenségét, entrópia-növekedését. A hőleadás entrópia-csökkenéssel jár. Az entrópia-csökkenés helyreállítja a biomolekulák rendezettségét.)]

Az élőlények fejlődéstörténete

Az evolúció folyamata: A jelenleg élő valamennyi élőlény a korábban élt őseiktől származik, és kétlépcsős evolúciós folyamatok során alakult ki. Először mutációval létrejöttek a különböző szervezettségű – entrópiájú és információtartalmú – változatok. Ezt követően a környezethez jobban alkalmazkodni tudó kisebb entrópiájú és nagyobb információtartalmú másolatok szaporodtak el; a nagyobb energiájú és kisebb információtartalmú egyedek rovására. Tehát ahogyan haladunk előre az evolúcióban, a változás „entrópiacsökkenéssel és információnövekedéssel járó termodinamikai folyamat, amely csak a környezetével kölcsönhatásban lévő, nyílt rendszerekben jöhet létre” (EROSTYÁK J. – LITZ J. i. m. 279. o.).

Az élőlények fejlődésének fokozatai: Az őskövületek többsége arra utal, hogy 3,8 milliárd évvel ezelőtt már élő szervezetek népesítették be bolygónk egy részét. Az első élőlények olyan makromolekula-halmazok lehettek, amelyek életjelenségeket már mutattak, de nem érték el a sejtjes szerveződés fokát. A fejlődés második fokozatában jelentek meg a sejtmag nélküli sejtjes élőlények (baktériumok, kékeszöld moszatok). Harmadik fokon pedig mint sejtmagvas szervezetek, amelyekben elkülönült szerkezetes sejtmagot találunk az ostoros növényektől a legmagasabb rendű élőlényig, az emberig.

Az ember megjelenése a bioszférában

1. Az idő meghatározásának kérdése: Az emberi faj kialakulási idejének meghatározása attól függ, hogy a régészeti antropológia aktuális álláspontja szerint mely csontmaradványok (fogak, csontok, koponyatöredékek) nevezhetők már emberinek.

A modern ember őseinek elválása az állatvilágtól csupán öt-nyolc millió évvel ezelőtt kezdődött meg, ami az első élőlények megjelenéséhez viszonyítva (3,8 milliárd év) igen késői időszak. A modern ember története pedig a Homo (emberfélék) nemzetség kifejlődésével veszi kezdetét 2 millió évvel ezelőtt, és a technológia, az újítások iránti hajlammal, művészi kifejezőkészséggel, önismerettel, előrelátással, erkölcsi érzékkel rendelkező Homo sapiens sapiens megjelenésével végződik.

2. A legközelebbi rokonsági viszony: A DNS-vizsgálatok szerint fajunk a csimpánzokkal és a gorillákkal mutatja a legközelebbi rokonságot. A rokonsági viszonyt a molekuláris biológia tudománya tárta fel a legegyszerűbben. A molekuláris biológia kimutatta, hogy „... Az ember és a csimpánz bizonyos enzimeji és más fehérjei, például a hemoglobinja, gyakorlatilag azonosak” (E. MAYR: Mi az evolúció? 251–252. o.). Az élőlények esetében a

molekuláris különbségek mértéke egyfajta „molekuláris óraként” szolgál, amely alapján megbecsülhető a két rokonsági ág elválása között eltelt idő. Az ember evolúciójára vonatkoztatva az elválás 5-8 millió évre tehető. De ez az elválás az evolúció történetének csak a kezdetét jelenti.

3. *A modern ember földrajzi eredete:* A modern ember története – kb. 2 millió éve – a felgyenesedett ember (*Homo erectus*) kifejlődésével kezdődött, és a *Homo sapiens sapiens* megjelenésével végződik. A *Homo erectus* előtt élt faj sok tekintetben az emberszabású majmok jellegével rendelkezett. Előreugró arckoponya, kis agy, kurta nyak, kürtő alakú mell. A *Homo erectus*-nál az agy megnagyobbodott, az arc laposabbá vált, a test pedig karcsúbbá. Napjainkban széles körben elfogadott elmélet szerint *a modern ember eredete Afrikához köthető*, s amely migráció során váltotta fel a többi emberfajt. Ezt támasztják alá a fosszilis leletek is, amelyeket Kelet-Afrikában, Afrikának a Szaharától délre eső vidékein és a Közel-Keleten találtak meg. Csupán az utóbbi évtizedben találtak maradványokat, mintegy 300 ezer éve felbukkant *Homo erectus* – *Homo sapiens* átmeneti formák, és a teljesen *modern* mintegy 100 ezer évvel ezelőtt ismert *Homo sapiens sapiens* között. Az Etiópiából előkerült *Homo sapiens sapiens* maradványok (egy jó állapotban megmaradt felnőtt koponya és egy részleges megtartású gyermekkoponya) kora 154-160 ezer évre tehető, azaz betölti az említett rést a *Homo erectus* és a modern *Homo sapiens sapiens* között (HISTÓRIA 2003/5–6. 58.o. nyomán). [Az afrikai eredetet igazolja az úgynevezett „mitokondriális Éva” modell is, amely ugyan korábban sok vitát váltott ki tudósok körében, de ma már széles körben elfogadottá vált. A „mitokondriális Éva” modell: A mitokondriumok sejt szervecskék a sejt citoplazmájában, amelyek – hasonlóan a sejtmaghoz – DNS-t tartalmaznak. Amikor az anyai petesejt és az apai hímvarsejt összeolvad, a születő embrió sejtjei egyedül a petesejt mitokondriumait tartalmazzák. Tehát a mitokondriális DNS kizárólag anyai ágon öröklődik. Mivel a mitokondriális DNS kizárólag anyai ágon öröklődik, különösen alkalmas arra, hogy a nagymama, dédnagymama, üknagymama stb. egymást követő nemzedéke során visszafelé haladva eljussunk az „egyetlen” őspanyához, a modern ember genetikai őséhez, „Évához”, aki Afrikában egy körülbelül 150 ezer évvel ezelőtt élt nő volt. Természetesen „Éva” nem egyedül élt „választottjával”, „Ádámmal”, hanem feltehetően egy nagyobb létszámú populáció tagjaként (Venetianer Pál 1998, 486–488. o. nyomán)].

Kelet-Afrikára mint evolúciós központra a „magterület” kifejezést használjuk, amely alatt nemcsak a genetikai fejlődéstörténetet értjük, hanem a kulturális evolúciót, illetve a kontinensek felé szétágazás központját is. A magterületről való kiáramlás lehetőségét a geográfiai folyamatok tették lehetővé. A pleisztocén kori eljegesedés korszakában a Föld víz-készletének jelentős része a jég „fogságába” került. E folyamat következtében földrészek nyíltak meg, például a Bering-szoros földhíddá vált Szibéria és Alaszka között. Ez a földhíd utat nyitott népcsoportoknak Észak-Amerika benépesítésére.

4. *Az emberré válás folyamatának szakaszai:* A leletek alapján kirajzolódó evolúciós kép a korai embernek két alapvető típusát különböztette meg. Az egyik típusnak nagy őrlőfogai és kis agya volt. A másik agya megnagyobbodott, őrlőfogai megkisebbedtek. Ez a típus – a *Homo erectus* – az, amely a modern ember biológiai útjára lépett.

4.1. [Biológiai folyamatok: Az őrlőfogak megkisebbedése a Homo nemzetség étvend-jének a módosulását bizonyítja. A korai Homo formák fogazatának változása húsevésre utal. Az agynak a megnagyobbodása – a hasonló súlyú emberszabású majmok agyához viszonyítva háromszorosára – az energiatartalékok megnövekedésével párhuzamosan következett be. A hús fehérjékből és zsírokból álló koncentrált kalóriaforrást jelent. A korai Homo-formák csak azon az áron fejleszthették agyukat, ha étvendjük zömét hús alkotta, mivel az agy a *legenergiaigényesebb* szerve az embernek. A megnagyobbodott agy következményeként a medencenyílás is megnövekedett az ember evolúciója során. A növekedésnek a hatékony kétlábú helyváltoztatás vonta meg a határát, melyet az ember akkor ért el, amikor az újszülött agytérfogata a jelenlegi értékhez, 385 cm³-hez érkezett el. A medencenyílásnak az agyhoz viszonyított szűk keresztmetszete következményeként az újszülöttek túl korán, s egyben *magatehetetlenül* jönnek a világra. A túl korai időszak azt jelenti, hogy a központi idegrendszer sok más része, különösen a pszichikus tevékenységhez annyira fontos nagy agykéreg dúcsejtjei és pályái *csak a méhen kívüli élet első 12 hónapja alatt fejezik be fejlődésüket*. Valójában a terhesség idejének 21 hónapnak kellene lennie, nem pedig 9 hónapnak. A *magatehetetlenség* alatt pedig azt értjük, hogy a csecsemő központi idegrendszere fejletlen, a reflexpályák tökéletlenek, érzékszervei működésképtelenek. A csecsemő csak vegetatív életet él, csak a létfenntartó életjelenségei működnek. Az embernél az agy fejlődésével az agykéregben olyan központok jelennek meg, amelyek az élőlények egyik fajtájánál sem találhatók meg: a beszéd szenzoros és motoros központja. Az ember hangképző apparátusa, a gége, a garat, a nyelv és az ajak.]

4.2. *Az ember kulturális fejlődése*: Az emberi agy sajátos szerkezete kapcsolatban van azzal a képességével, hogy életének fő komponense a tanultaknak a következő generációra való átvitele, az információ továbbítása. Ez a képesség kedvezett a beszéd fejlődésének. Azt is állíthatjuk, hogy szükségessé tette a *beszéd kialakulását*. [Az emberi beszéd voltaképpen nem más, mint a fogalmak kifejezése és megértése útján való érintkezés kifinomult formája. A beszéd elemei a szavak, a *fogalmak szimbólumai*. Azt, hogy embertársaink szavainak értelmét felfogjuk, s így a beszédet megértsük, az agy szenzoros központja teszi lehetővé. A beszéd azonban nemcsak a szavak megértését jelenti, hanem a helyes utánmondást, a szavak kiejtését. A beszédhangok kiejtése számos izom koordinált működésének az eredménye, amely megfelelő gyakorlással alakul ki. A gyakorlás által az emlékenyomok hozzák létre a hangképzésnél szereplő izmok mozgatóközpontját, a motoros központot. A két központ (szenzoros, motoros) együttműködése képesíti az embert a beszédre. A szimbolikus kifejezés magasabb formája az írás és az olvasás. A szimbolikus érintkezés legmagasabb fokozatát a zenében, a képzőművészetben és a matematikában éri el. A homloklebeny a legmagasabb motoros tevékenység helye. Innen indul ki a tudatos cselekvés első impulzusa. Ehhez a kérgi részhez kapcsolódik a figyelem, az érdeklődés, tervezés, kezdeményezés stb., röviden: a céltudatos cselekvés. A *fali lebeny* alsó része az emlékképek elraktározásának, összerendezésének, új fogalmak képződésének, a múlt emlékeinek összerendezése az újakkal, így ehhez a területhez tartozik a tudás, a műveltség.] (BENDE SÁNDOR 1958, 409–421. o. nyomán.)

AZ EMBERI TÁRSADALOM FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE AZ ŐSKORTÓL A FOLYAMVÖLGYI CIVILIZÁCIÓK KIALAKULÁSÁIG

Az emberiség kulturális evolúcióját taglaló fejezetekben azokat a tapasztalati, majd tudományos módszerekkel felfedezett gazdasági és tudományos jelenségeket, folyamatokat ismertetjük, amelyek hosszú távon döntően meghatározták az emberiség fejlődését: például a növények, állatok domesztikációja.

Az ős-kőkor (paleolitikum): Az emberiség történelmének kezdetén minden erőfeszítés a létfenntartásra összpontosult. A természet megdézsmálására az ember – kezdetben – csak az izomerejét használta, amely a növényi és állati eredetű táplálékban felhalmozott kémiai energiából származott. Az élelem szerzése és a védekezésre irányuló cselekvések fejlesztették ki a kezdetleges eszközöket, fegyvereket, amelyekkel lehetővé vált az izomerő hatékonyságának növelése, a „legelső szerszám, a kéz” teljesítményének fokozása. Az első kezdetleges eszközök anyaga a kő volt, amelyet vagy közvetlenül a természet formált ki (pl. az időjárás), vagy minimális átalakítással – a kődarabokon repesztéssel, pattintással, durva vágóélek létrehozásával – maguk „készítették el”. Nagyon fontos lépés volt a tűz meghódítása, elsősorban fűtési szempontból, de azért is, mert a sütés-főzés elterjedésével a máskülönben ehetetlen energiaforrásokat is hasznosítani lehetett. A következő nagy lépés a mesterséges tűzgyújtás volt. A tűz kémiai jelenség. A tűzgyújtás viszont fizikai folyamat, amelynek számos módja van, de mindegyik a mechanikai energia hőenergiává való átalakításán alapul.

Az ős-kőkor alkonyán élő ember már a technikai fejlettségnek egy viszonylag magas fokát érte el. Az e korból származó leletek azt bizonyítják, hogy az emberiség már sokféle pattintott, hasított kőszerszámot, késeket, vésőket készített, valamint a csontokból, kagylóhéjakból, szarvakból tüt, szigonyt, horgokat.

Az ős-kőkor társadalmá: A technikai evolúcióhoz kapcsolódó társadalmi evolúció következménye a csoportokban és „hordában”, törzsben élés kialakulása. A törzsek zsákmány után járva vándorló életmódot folytattak. Az, hogy mekkora volt a terület nagysága, a vadász-zsákmány mennyiségétől, vagyis a terület népesség-eltartó képességétől függött, amely akkor az éghajlat függvénye is volt.

Az őskori ember hiedelemvilága: Az emberiség fejlődése folyamán a legkorábban kialakult világnézet az animisztikus világnézet. Az animisztikus hiedelmek minden bizonnyal a természettől való függőség hatására alakultak ki. E műveltségi fokon a képzetek még nagyon képszerűek. Jellemző, hogy a külvilági tárgyakat, eseményeket saját lelkük mintájára, önmagukhoz hasonló Én-nel ruházzák fel. Az animisztikus világnézetben minden tárgy lélekkel felruházott, külön hatalom. E világnézet terméke: az ősi művészet. Erről az észak-spanyolországi és a dél-franciaországi, 20 ezer évvel ezelőtt készített barlangrajzok adnak némi tájékoztatást.

A tudományok kezdetei: A tudomány ott kezdődött, amikor az őskori ember megfigyelte a környezetében lévő dolgokat és jelenségeket, és a hasonlóság alapján csoportosította azokat. Majd kialakította például az ehető, a mérgező, a gyógyhatású növények csoportját, ma azt mondjuk: halmazát. Mindezekből alakult ki a növény absztrakt álta-

lános fogalma. „A legdöntőbb lépés a tudomány felé a különböző halmazoknak (...) a leképezése egyetlen halmazra, pl. a vonások halmazára: ezzel jut el az ember a szám fogalomhoz.” (SIMONYI K. 1998, 41. o.) – A szimbolikus érintkezés egyik „legmagasabb fokozatához, a matematikához.”

Az *újkőkorszak* (neolitikum): Kr. e. 14–12 ezer év táján lassanként véget ért az utolsó jégkorszak. A jégkorszak megszűnése óriási változást okozott: a természeti környezetben; az emberiség életfeltételeiben és fejlődésében is. A jégmezők visszahúzódását követően a Kr.e. 5–4. évezredben az éghajlati változásokkal – elsősorban a Közel- és Közép-Keleten – az emberiség használati eszközeiben is jelentős változások mentek végbe. A pattintás egykori módszerét csiszolással tökéletesítették, ami a neolitikum, az *újkőkorszak* beköszöntését jelentette. Az ősember eddigi életformájában azonban a legnagyobb változás az volt, hogy a gyűjtögetést lassanként felváltotta a növények termesztése, a vadászatot pedig az állatok domesztikációja. A házasítás folyamatában a vadászathoz tartozó kutya után a juh, a szarvasmarha, a sertés és végül a ló lett az embernek társa.

A földművelés elterjedésének következményei

1. A földműveléssel, az élelmiszer növények formájában az ember irányítása alá vonta a növényi energia átalakító berendezéseket. A földművelésre való áttérés nagyobb népsűrűséget eredményezett. A nagytermetű állatok házasításával izomerőből és mechanikai energiából is több állt rendelkezésre, egyben koncentrált formában is.

2. „A földművelés és az állattenyésztés energiátöbbletet képzett. Az emberiség számára az első politikai feladatot ennek a többletnek az irányítása, felhasználása, hozamának az elosztása jelentette. Ezért a preindusztriális időkben a rabszolgotartás széles körben elterjedt volt, kiváltképpen azokban a társadalmakban, amelyek szűkében voltak igavonó állatoknak. Energiakonzentrációt csak az emberi tömegek felhalmozásával tudták megoldani.” (JOHN ROBERT McNEILL 2006/5. 33. o.).

3. A mezőgazdaság az emberiség kulturális evolúciójának történetében felmérhetetlen. A mezőgazdaság ugyanis letelepítette az embereket, és arra készítette, hogy telepeket, falvakat, majd városokat építsenek a földjeik mellé. Ezzel nem csak egész sor technikai és ipari újítás szükségessége járt, hanem egyúttal a szoros közösség érzete is, ez viszont társadalmi szerveződést eredményezett, s idővel államalakuláshoz vezetett.

Az első folyómenti kultúrák

A mezőgazdaság kialakulása négy nagy folyó völgyében indulhatott meg: a Tigris és az Eufrátesz folyók közén, Mezopotámia földjén, a Közel-keleten, a Nílus völgyében, Egyiptomban, az Indus völgyében Nyugat-Indiában, és a Sárga-folyó (Huang Ho) völgyében Észak-Kínában. Az öntözéses gazdálkodás és a civilizáció bölcsőjének Mezopotámiát tartják. Innen terjedt át Egyiptomba.

Mezopotámia gyakorlatilag *fa nélküli vidék volt*. Sem ásványi kincsekkel, sem építésre alkalmas kövekkel nem rendelkezett. Mégis itt jött létre a történelem első nagy civilizációja, az ősi városállamokkal (Eridu, Ur, Uruk, Babilon templomvárosok) Kr. e. 3100-2800 között, melyek megteremtője az ismeretlen eredetű sumér nép volt. Az elszigetelt városállamokat a hozzájuk tartozó földek mezőgazdasága tartotta el. Valamennyi saját öntözőrendszerrel és önálló gazdasági élettel rendelkezett. A gazdálkodás nem függött a folyók áradásától, mert itt természetes csapadéokra is lehetett számítani.

Az öntözéses gazdálkodás kialakítása a *mocsarak lecsapolásával* kezdődött. Ezt követte az Eufrátesz folyó mederrendezése, majd a tulajdonképpeni öntözőcsatorna-rendszer kiépítése, amelyekhez *gátak, zsilipek* is tartoztak, tekintettel arra, hogy az Eufrátesz vízszintje erősen ingadozó volt.

Egyiptom kőben gazdag vidék volt, éghajlata pedig szárazabb. A Nílus áradása viszont szabályosabb volt, és nagyobb területre terjedt ki, mint pl. az Eufráteszé. Így Egyiptomban nem városállamok alakultak ki, hanem az egész folyó völgyre kiterjedő *hatalmas birodalom*, melynek vezetője az „istenkirály”, a *fáraó* volt.

A *kulturális különbségek okai*: Mezopotámiában a fa és a kő hiánya szükségessé tette és meggyorsította a fémek, a réz és a bronz használatát. Az alapanyagokat Omanból, Anatóliából és a Kaukázusból szállították. Ettől kezdve a fémgyártás, a fémből készült eszközök – sarló, kapa, majd a fém alkatrészekkel ellátott eke – lettek a *civilizáció ismertető jegyei*. A kő hiánya következtében a *tégla* volt a fő építőanyag, az írás kifejlődése is az *agyaggal* kapcsolatos. Egyiptomban a *kőnek* volt a legnagyobb szerepe az építkezésben, a *papirusznak* az írásban. A két folyó völgyi kultúra másik különbségének oka a *folyók áradásában keresendő*.

A Nílus naptári szabályossággal árad. Nagyon fontos volt az áradás időpontjának az előrejelzése is. A csillagászati megfigyeléseknek a vallási ünnepnapok meghatározásán kívül *termelésirányító szerepük* is volt. (Az egyiptomi fizika legnagyobb része a naptár köré épült. A naptár pedig az ég megfigyelésére.)

Találmányok

A *tűz adta lehetőségekből adódó találmányok*: A kenyérfőzés és kenyérsütés – melynek alapját a vizes lisztből gyúrt tészta speciális erjedési folyamata képezi – *egyiptomi eredetű*. (Alkoholos erjedés: $2C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$). Az eljárást a nyers tészta kisütésével, a kenyérsütéssel fejezték be. A *mészégetés*, amelyet Mezopotámiában fedeztek fel Kr. e. 2500-ban. Az égetett mész (CaO) fehér por, amelyet mészkőből állítottak elő égetéssel. ($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$). Az égetett mészből víz hatására Ca-hidroxid ($Ca(OH)_2$) keletkezik. Ez a folyamat a *mészoltás* ($CaO + 2H_2O = Ca(OH)_2$). A *fémkohászat*: A legelsőként felfedezett hasznos fém a réz volt. Az emberiség történetében nem is annyira a réz, mint ennek ötvözeté, a *bronz* vált fontossá. A *vas és acél*: már a bronznál is alkalmasabb szerszámok, fegyverek előállítására. A vas redukciója a vasérc esetében is viszonylag könnyen bekövetkezik: $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$. A vaskohászatot egy mechanikai találmány, a *fújtató* felfedezése tette lehetővé. A fújtató használatával már olyan meleget kaptak, amely a

fém vas előállításához már elegendő volt. Az üveg: homok, szóda, mészkeverékéből hevítéssel állították elő.

Mechanikai találmányok: Az energia legősibb formája a *szélenergia*, amely a vitorla segítségével a hajók hajtását szolgálta. Az első szállítási mód a *csúsztatás* volt. Először valamiféle „szán” kellett. A szántalpnál jobb eszköz lett, ha alá görgőket helyeztek, és így jutunk el a *gördülés fogalmához*. A legősibb kerék a *vízszintes kerék*, ennek a tengelye *függőlegesen áll*. A vízszintes tengely körül forgó kerék viszonylag késői találmány. A kerék másik alkalmazása az *emelőcsiga*. A kerekek és csigák lényege az *erőátvitel*. Valójában az első „erőátvivő” az *emelő* volt. A tapasztalat termékei az úgynevezett *egyszerű gépek*, amelyek lehetnek: *emelő típusú gépek* (mérlegek, feszítővasak, fogók, ollók, de az emberi kar is modellezhető egykarú emelőként), *lejtő típusú gépek* (lejtőcsavar, ék).

A FÖLDKÖZI-TENGER MEDITERRÁN KULTÚRÁJA

A Földközi-tenger medencéjének mediterrán gazdasága és kultúrája a Görög-félszigeten alakult ki. Vívmányai a gyarmatosítással terjedtek el a Földközi-tenger egész partvidékén és jutottak el Itáliába is. Ezekből az alapokból jött létre a *római gazdaság és kultúra* is.

I. Az ókori görög kultúra: Az ókori görög kultúrának számos eleme létezett már Babilóniában és Egyiptomban, majd terjedt el a környező országokban. Például az írást Egyiptomban találták fel, valamikor Kr. e. 4000 táján, majd sokkal később Mezopotámiában is. Mindkét helyen a tárgyak rajzából indultak ki. Később lett a szóírás, mint amilyen ma Kínában használatos, majd évezredek múlva vált az írás alfabetikussá. A görögöknek a művészet és az irodalom terén nyújtott teljesítménye mindenki számára jól ismert, de kevésbé ismert az a tény, hogy ők elmélkedtek először a világ természetéről és az emberi lét céljairól szabadon, mindenfajta hitelv béklyói nélkül. Ők találták fel „az igazi” matematikát (az általános premisszákból kiinduló deduktív érvelési módot), és a *természettudományt*. A racionalizmus volt a jellemző vonásuk. A racionalizmus jellemezte a *vallásukat* is. Az istenek teljesen emberi módon viselkedtek. Csupán abban különböztek tőlük, hogy halhatatlanok voltak és emberfeletti tulajdonságokkal rendelkeztek. Racionális volt a *művészetük* is.

A görög kultúra felosztása: A *klasszikus természetfilozófia* (melynek részei a természettudományok) korszaka Kr. e. a 6. századtól a 3. századig tart. A görög kultúra e korszakában a természet egyetemes kérdéseire keresték a választ, a természet átfogó képét és törvényszerűségeit tették vizsgálat tárgyává. Elgondolásaik alapvető vonása az volt, hogy pusztán logikai úton, a tiszta ész segítségével igyekeztek megoldani a problémákat. *Kr. e. a 4. század* jelentős változást hozott a görögök életében. A macedón *Nagy Sándor* (Alexandrosz) meghódította és uralma alatt egyesítette a görög városállamokat. A közös görög-macedón hadsereg megdöntötte a Perzsa Birodalmat, elfoglalta Egyiptomot és új világbirodalom alakult ki. Kr. e. 331-ben Nagy Sándor megalapította a következő évszázadok híres kultúrközpontját, Alexandriát Egyiptomban. Ezzel vette kezdetét a *görög kultúra második korszaka*. E korszak tudományának képviselői már nem a természet egészét, hanem sokkal inkább a részleteket vizsgálták. Sőt, a tudósok a *gyakorlathoz fordultak és kísérletezni is kezdtek*. A *klasszikus korszak*

legfontosabb tudományos kérdése az volt, hogy *miből épül fel az anyag, és milyen a szerkezete*. Ehhez kapcsolódva felvetődött az a kérdés is, hogy az anyag folytonos felépítésű-e vagy sem. A görögök a dolgokat halmazállapotokként, a természetet pedig halmazállapot-változások állandó körfolyamataként értelmezték. Az első elgondolások szerint az anyagok – a halmazállapotoknak megfelelően – *őselemekből* épülnek fel. A milétozi születésű Thalész (Kr. e. 624-547) elgondolása az volt, hogy az *őselem a víz*. („A víz a legfőbb jó” – állította.) Mások úgy vélték, a *levegő* az őselem, és ennek sűrűsödésével vagy ritkulásával jönnek létre a különböző dolgok. Anaximandrosz, a milétozi iskola második filozófusa szerint *minden egyetlen ősananyagból származik*. Ez azonban nem a víz, hanem „végtelen, örök és átfogja az egész világot ti. úgy gondolta, hogy a mi világunk csak egy a sok közül.” Szerinte a mozgás örök, s ennek folyamán jönnek létre a világok. Evolúció történt az állatvilágban is. Az élőlények nedves elemből keletkeztek, miközben a Nap kiszárította azt; „az ember a többi élőlényhez hasonlóan a halaktól származik (...)” (BERTRAND RUSSELL 1994. 42. o.) Az őselemek teljes rendszerét, a *négy őselem tanát* Empedoklész dolgozta ki; mely szerint a *föld*, a *víz*, a *levegő* és a *tűz* egyenrangú őselemek, s ezekből keletkezik minden anyag, sőt, *maga az ember* is. Lényeges megállapítása volt, hogy „semmitől nem lesz semmi, és ami már megvan, az nem semmisülhet meg”. Ez az anyagmegmaradás korai megfogalmazása. Tudományos tevékenységéhez tartozik annak a felfedezése is, hogy a *levegő önálló szubsztancia*, illetve ő fedezte fel a centrifugális erő egyik példáját, tudniillik ha egy pohár vizet egy zsinór végére kötve körbe forgatunk, nem folyik ki belőle. Az atomistákhoz közel álló Anaxagorasz (Kr. e. 500-428) úgy vélte, hogy „minden dolog végtelenül osztható, s még az anyag legkisebb része is tartalmaz valamennyit mindegyik elemből. A dolgok annak látszanak, amelyek elemből a legtöbbet tartalmazzák: például mindenben van tűz, de csak azt nevezzük tűznek, amiben ez az elem dominál” (B. RUSSELL i. m. 73. o.).

Az *atomizmus* tanának két alapítója: Leukipposz (Kr. e. 5. század) és Demokritosz (Kr. e. 473-370) volt. Közös filozófiájuk alapvető eszméjét Leukipposz fogalmazta meg, de kifejtésük szerzőjét szinte lehetetlen kideríteni. Szerintük minden atomokból áll, amely *azonos anyagúak, fizikailag oszthatatlanok, egymástól csupán méreteikben és alakjukban térnek el*. (Az atomok oszthatatlansága volt az uralkodó nézet a radioaktivitás felfedezéséig: A. H. BECQUEREL természetes radioaktivitás – 1896; IRENE FRÉDERIC JOLIOT-CURIE 1934 – mesterséges radioaktivitás, akkor azonban kiderült, hogy az atomok is felbomolhatnak.) Az atomokat üres tér veszi körül, és véletlenszerűen mozognak. (Úgy, ahogy azt a modern kinetika a gázokról tartja.) Démokritosz megrogzött materialista volt, aki szerint a lélek is atomokból áll, a gondolkodás pedig fizikai folyamat. Arisztotelész (Kr. e. 384-322) az anyagszerkezetet tekintve visszatért az őselem fogalmához, és ezzel hozzájárult a *kémia fejlődésének megakasztásához*. Tagadta az atomok és az űr létezését. Híres mondása szerint „a természet irtózik az űrtől.”

Arisztotelész, a *biológus*: Arisztotelész elsősorban biológus volt. Az egész világegyetemet élő valamiként kezelte. Olyan csodálatos leírást adott az állatvilágról, hogy azt csak az újabb időkben tudták finomítani. Támogatta az úgynevezett „ősnevezés” elméletét, mely szerint az élőlények keletkezésének van egy olyan módja, amikor egy új egyed nem a szülőktől, hanem közvetlenül vagy szervetlen anyagból, vagy élettelen szerves anyagból származik. Élesen

megkülönböztette az ivaros szaporodást és az ősnemzést: bármely állatfaj vagy egyik vagy a másik módon szaporodik, a növények részint magból nőnek, részint pedig a természet ősnemzést hajt végre.

Arisztotelész fizikája: A görögök, amikor megpróbálták tudományos magyarázatot adni a mozgásra, akkor két jelenségcsoportot láttak fontosnak: az állatok és az égitestek mozgását. A görögök, de Arisztotelész számára is természetesnek tűnt, hogy látszólag élettelen mozgásokat az állatok mozgásával hozzák kapcsolatba. Az égitestek mozgásáról úgy vélekedett Arisztotelész, hogy az égitestek mozgásai szabályosságukban különböznek az állatokétól, de ez csak a nagyobb fokú tökéletességükből fakad. „Minden mozgáshoz valamilyen ható okra, mai szóval erőre van szükség. (...) A mozgás tehát folyamat, nem állapot. Vagyis ha nincs hatóerő, megszűnik a mozgás.” (SIMONYI K. i. m. 75. o.) A newtoni dinamika szerint a mozgás: állapot „... külső hatóerőre csak a mozgásállapot megváltoztatásához van szükség” (SIMONYI K. i. m. 76. o.).

[Az arisztotelészi világgép: Arisztotelész világa „a Kozmosz (...) a rend világa, ahol mindennek megvan a maga természetes helye, a tárgyak, az emberek és az istenek hierarchikus rendben helyezkednek el.” Az égi világ a tökéletes rend világa, ahol „harmónia” van, „(...) és ahol minden örök és változatlan.” A mozgás egy központ körül végzett körmozgás vagy ilyennek eredője. A földi világ „(...) a változás, a keletkezés, a megszűnés világa, a dolgoknak itt is megvan a természet által rendelt helyük (...) és minden tárgy természetes törekvése az, hogy a természet által kijelölt helyét foglalja el.” (SIMONYI K. i. m. 75–76. o.) A gömb alakú Föld a világ központjában helyezkedik el. A földi dolgok egyenes vonalban mozognak. (Ezért sokáig azt tartották, hogy a kilőtt lövedék egy ideig vízszintesen mozog, majd hirtelen elkezd lefelé zuhanni. E téves gondolatot Galilei cáfolta meg, és bizonyította be, hogy a lövedék parabolapályát ír le.)]

2. Az alexandriai iskola (e névvel jelölik azokat a tudományos irányokat, melyek megindítói, művelői és terjesztői Alexandriában éltek): Itt mérte meg Eratoszthenész a Föld területét, mely lehetővé tette, hogy a Földet zónákra – szélességi körökre – osszák fel úgy, hogy a Nap sugarai az év valamelyik napján 1-1 zónában merőlegesen essenek a Földre. A trópusi éghajlati övezetet nem azért nevezték el így, mert forró, hanem azért, mert a Nap itt van a tetőpontján vagy fordulópontján. Megtanulták azt is, hogy van egy szélességi kör fent Északon, amelyen túl a Nap évente legalább egyszer le sem nyugszik. Ezt hívták Sarkvidéknek, s alatta van a közönséges vagy mérsékelt övezet. Mindezek a tények kialakították azt a képet, hogy a Föld valószínűleg gömb, és nemsokára felmerülhetett az a gondolat is, hogy a szilárd Föld „tengelyforgást” végez. Itt írta meg Euklidész Kr. e. 3. században a geometriáját. Arkhimédész (Kr. e. 287–212) hidrosztatikáját a mai tudomány is átvette, nevét örzi a róla elnevezett végtelen csavar is. Héron (Kr. e. 2. század vége felé élt) munkásságára jellemző, hogy a teóriáit mindig a hétköznapi életben használható eszközökre igyekezett alkalmazni. *Pneumatika* című munkájában nagyon sok (78) olyan készüléket írt le, melyeket a melegített levegő vagy a gőz hajt. A gőz és a melegített levegő nyomásáról és feszültségéről helyes nézete volt. „Elvileg semmi sem állt útjába a gőzgép megvalósításának, annál nagyobbak voltak azonban az akadályok. Nem volt megfelelő minőségű vas. Hiányoztak a vas feldolgozásának olyan módszerei, mint az eszter-

gálás és a hengerlés, tehát sem pontosan illeszkedő vas alkatrészeket, sem ellenállóképes gőztartályokat nem készíthettek” (FÉNYES IMRE 1980., 90. o.).

II. A rómaiak: „Amikor a rómaiak először kerültek kapcsolatba a görögökkel, rá kellett döbenniük, hogy hozzájuk képest barbárok, faragatlanok.” A görögök fölöttük állnak „a kézművességben és a földművelési technikákban (...), a képzőművészetekben, az irodalomban és a fizikában.” A rómaiak nem alkottak semmiféle új művészeti ágat és nem tettek semmilyen tudományos felfedezést. „Jó utakat építettek, jó törvényeket hoztak, hatékony hadseregük volt (...) de minden egyebet a görögöktől kölcsönöztek” (B. RUSSELL i. m. 246–247. o.). A római építészettel kapcsolatban meg kell emlékezni egy igen fontos felfedezésről: a cement felfedezéséről. A cementhabarcsot kötőanyagként, valamint víz alatti munkákban használták fel (DR. BALÁZS i. m. 96. o. nyomán).

Európa népességeinek társadalmi, gazdasági és kulturális evolúciója, a népvándorlás korától a 19. századig

I. A korai középkor: a népi mozgások miatt a „népvándorlás” kora nevet kapta. A „népvándorlás” a belső problémákkal együtt elsöpörte a Római Birodalmat.

II. A középkor (6–8. sz.): Az európai népek felcseperedésének korszaka. A Római Birodalom gazdasága két pilléren nyugodott: a mezőgazdaságon és a kereskedelmen. A népvándorlás vihara alatt megszűntek a városok, megszűnt a kereskedelem és az ipar, az antik világ nagy találmányai feledésbe merültek.

A feudalizmust létrehozó fordulat a középkorban: A gazdaságban jelentős változást hozott a vas alkatrészekkel felszerelt eszközök megjelenése. A mezőgazdasági munka hatékonyságát növelte az úgynevezett „szügyhám” és a vasszerkezettel ellátott nehézeke feltalálása. Az eddigi igavonó állatok, az ökrök helyét lovak vették át a szántásban és a kocsihúzásban is. A technikai fejlődés következményeként lehetővé vált nagyobb földterületek művelésbe vonása, ami a népesség növekedéséhez, a városok kialakulásához vezetett. A városokban ment végbe a mezőgazdasági és ipari tevékenység szétválása. Létrejött a céhes kézművesség és a kereskedők társadalma. A 15. századra a földesúr és jobbág mellett színre lépett a polgár, általánossá vált a pénzgazdálkodás.

A vallás: Míg a görögök fénykorukban a mindennapok világában találták meg az örömet és a szépséget, addig a későbbi korokban – egészen a reneszánszig – nem találtak semmiféle ilyen egyszerű boldogságot a látható világban. Reményeikkel a láthatatlan égi világ felé fordultak.

A művészet gyökerei a kereszténység „illegális” korára nyúlnak vissza. Ez az ókori keresztény művészet. A keresztény művészetet Nagy Károly után román, a keleti keresztény művészet pedig attól kezdve, hogy Bizánc fővárossá lett (Kr. u. 330.) bizánci művészetnek nevezzük, melyet a gótika követett.

A tudomány: A Nyugatrómai Birodalom bukása után a keresztény egyház és az újszülött Arab Birodalom lett a tudomány képviselője. Az előbbi elsősorban teológiai problémák érdekelték, az utóbbi viszont új tudományos fogalmakkal gazdagította az emberiséget (arab számok, amalgám, alkohol, alkália stb.).

A reneszánsz: A 16. század folyamán két nagy szellemi forradalom határozta meg az európai népek fejlődését: a reneszánsz és a reformáció. A reneszánsz a tudománynak és a művészetnek adott szárnyakat, a reformáció pedig új gazdasági és vallási irányzatot teremtett. E két jelenség létrehozta a harmadikat, a kapitalizmust.

A kapitalista gazdaság kialakulása (15–17. század): A pénzgazdálkodás és a kereskedelem megindította a könnyű meggazdagodás lehetőségét nyújtó eddig ismeretlen területek felfedezését, a gyarmatok létrehozását (Spanyolország, Portugália, Hollandia, Anglia). „Nyugat-Európa a nagy felfedezések korától a világ legdinamikusabb régiójává és egyben a modern világgazdaság létrehozójává vált. A világgazdaság létrejötte a világpiac megszületéséhez kapcsolódik, vagyis a távolsági kereskedelem tette lehetővé.” (Lökös L. i. m. 107. o.)

A gyarmatosítás és a világpiac kialakulása a mezőgazdaságban felgyorsította a növényfajok cseréjét, új, az európai emberek számára eddig ismeretlen növényfajok importját (kakaó, kávé, dohány stb.).

Az iparban a feudalizmust a kapitalizmustól elválasztó technikai, technológiai változások ezekben a századokban nem voltak. Az újításokat gyakran hatósági beavatkozások akadályozták meg. (Az ok a munkanélküliségtől és következményeitől való félelem.)

A természettudományok felemelkedése: Az új természettudomány megteremtését négy nagy név fémjelzi: Kopernikuszé, Kepleré, Galileié és Newtoné.

Nikolausz Kopernikusz felismerte, hogy a Nap áll a világmindenség központjában, s hogy a Föld kettős mozgást végez: a napi forgást és a Nap körüli keringést.

Kepler felfedezte a bolygómozgás három törvényét, Galilei a gyorsulás jelentőségét a dinamikában. A gyorsulás értéke minden testre azonos – állította Galilei –, mely tételt Otto Guericke bizonyította a légüres tér felfedezésével. A légüres térben a testek anyagminőségtől függetlenül „egyenlő idők alatt esnek le” (EROSTYÁK J. – RITZ J. i. m. 32. o.).

Newton tette meg a végső diadalt jelentő lépést azon az úton, amelyet Kopernikusz, Kepler és Galilei készített elő számára. Saját három mozgástörvényéből kiindulva: a tehetetlenség törvénye, az erő törvénye, a hatás-ellenhatás elve (HOLICS L. i. m. 99–103. o.), (bebizonyította, hogy Kepler három törvénye ekvivalens azzal a tétellel, hogy minden bolygó minden pillanatban gyorsulással rendelkezik a Nap irányába, s ez a gyorsulás a Nap-bolygó távolság négyzetének reciprokéval arányos). Az erőt úgy definiálta, mint a mozgásváltozás, azaz a gyorsulás okát. Ennek alapján jelentette ki az általános gravitáció törvényét]. Newton *Optikájában* kidolgozta a fény visszaverődésének, törésének, elhajlásának, színeinek elméletét. A fény – úgy vélte – nagysebességű részecskék áramlása. E felfogással élesen szembeállt Cristian Huggens, aki a fény hullámtermészetét vallotta. (A fény „bizonyos körülmények között hullám; más körülmények között részecske tulajdonságot mutat. Ezt nevezzük a fény kettős természetének” – EROSTYÁK J. – LITZ J. i. m. 583. o.).

A fejlett kapitalizmus: 18–19. század. A 18. században következett be az az áttörés, amely összekapcsolta a természettudományos forradalmat az ipari forradalommal. Az ipari forradalom Angliában, a textiliparban történt eljárással kezdődött el: a mechanikus vetélő, majd az első szövőgép megjelenésével. A textilipar elősegítette a vegyipar fejlődését. A kénsavat a textiliparban fehérítésre használták. A kémia eredményei megjelentek a mezőgazdaságban is. Justus von

Liebig a szerves kémia megteremtése mellett megteremtette a mezőgazdasági vegyészetet, és felismerte a szervesanyagok szerepét a növénytermesztésben. A jobb minőségű mikroszkópi lencsék segítségével R. Brown 1831-ben felfedezi a sejtmagot; N. J. Schleiden és T. Schwann felállították az általános sejtelméletet (1838). C. Darwin szintén 1838-ban megalkotta a fajok kiválasztásának elvét. Gregor Mendel felderíti az öröklődés menetének szabályait.

A szén- és a fémérc iránti kereslet indította el az úgynevezett gőzszivattyú megalkotását, amely a fokozódó bányászat következtében egyre mélyülő bányák víztelenítését szolgálta. D. Papin által létrehozott egydugattyús gőzgép, T. Saver gőzszivattyúja, Newcomen gőzgépe rendkívül fontos volt, ám a végső megoldást James Watt gőzgépe jelentette, amely már kazánból, munkahengerből és kondenzátorból állt. A gőzmozdony feltalálása megindította a vasút és a gőzhajózás fejlődését.

A gőzgép gazdasági hatása: A gépek alkalmazása folytán a termelési költségek lényegesen alacsonyabbak lettek Angliában, mint más országokban. A mezőgazdaságban megjelentek a munkaerőt helyettesítő gépek: például a gőzhajtású cséplőgép, aratógép. A gépek megjelenése csökkentette a mezőgazdaságban foglalkoztatottak létszámát, melynek következménye a belső migráció és a munkaerő külföldre történő kivándorlása.

A művészet: A 18–19. század művészetét három irányzat képviseli: a romantikus, amely a görög és római utánzás ellen támadt ellenhatás, 1855 táján a realizmus és a naturalizmus; a 19. század végén az impresszionisták törnek új utat a művészetben.

A tudomány fejlődése: Lavoisier 1783-ban feltárta az égés folyamatát. Állatkísérletek alapján igazolta a légzés és az égés folyamatának hasonlóságát. N. T. de Soussure kimutatta, hogy a növényi anyagok képződése szén-dioxid és víz felvételével jár, miközben oxigéngáz szabadul fel (DR. BALÁZS L. i. m. 249–366. o.). A 18. század az elektromosság terén is újat hozott. C. F. Dufay megállapította, hogy kétféle elektromosság van: üveg és gyanta. B. Franklin 1749-ben kifejtette, hogy csak egyféle elektromosság van, de az kétféle: pozitív és negatív. Faraday felfedezte az elektromágneses indukciót. Ezen alapul a mai elektrotechnika (generátorok, transzformátorok). A 19. században született meg a fizikai legátfogóbb jellegű törvénye, az *energiamegmaradás elve* (R. MAYER 1842). JOULE méréssel meghatározta a hő és a mechanikai energia mértékegységei közötti kapcsolatot, és kimondta az *energiamegmaradás törvényét*. A hőtani kutatások megalapozták a *thermodinamikát*, melynek *első főtétele* az *energiamegmaradás törvényét* érvényesíti a hőjelenségekre. A *második főtétel* megszabja a *thermodinamikai folyamatok* irányát. (A *harmadik főtétel* tapasztalati törvény: az abszolút zérus fokhoz (0 °K) való közeledésnél a kémiailag egységes anyagok entrópiája zérushoz tart (EROSTYÁK J. – LITZ J. i. m. 202–238., 263–274. o. nyomán).

A technika, a tudomány és a társadalmi változások fejlődése a 20. században

Az ipari forradalom újításaival lezárult a szomatikus energia kora. Helyette jóval összetettebb berendezés jött létre, a *fosszilis energiáé*. A 18. században a gőzgép feltalálásával az emberiség sok száz millió évnyi fotoszintézis során felhalmozott energiakészlethez jutott

hozzá, amikor a szén elégetésével a kémiai energiát mechanikai energiává alakította át. A belsőégésű motorok benzint, majd a R. Diesel által szabadalmaztatott belsőégésű motorban „nyersolajat” (gázolajat) használtak. 1900-tól kezdve tehát az energia jelentős részét a biomassza, a szén és a kőolaj adta.

A népesség növekedése: A népesség a 18. század közepére – az ipari forradalom kezdetén – meghaladta a háromnegyed milliárd főt. Az ipari forradalom kibontakozásától az elmúlt évszázad derekáig eltelt évek során az emberi populáció 2,5 milliárd főre emelkedett. Az ipari forradalom kiterjedése indította el a városrobbanás máig tartó folyamatát. Míg a 18–19. század fordulóján a népesség 3 százaléka volt város lakó, 1900 körül ez az arány 13,6 százalékra növekedett.

A világgazdaság kialakulása: „A 20. század kezdetére alapvető változások mentek végbe a világ gazdaságában a népesség, az erőforrások és a technika területén egyaránt, amelyek a térségek elszigeteltségét feloldották, és az egymásraultaltság, a kapcsolatok fejlesztését kikényszerítve végül is az egyes területek gazdaságainak egységbe foglalásához, a világgazdaság létrejöttéhez vezettek” (Lökös L. i. m. 159. o.).

A világgazdaság kialakulásában Nyugat-Európa vitte a legnagyobb szerepet, de az 1870-es évektől új versenytársak bukkantak fel. Az Amerikai Egyesült Államok és Japán, de a Föld valamennyi lakott területe hozzájárult valamilyen mértékben a kialakulásához.

Az atomkorszak

Előzmények: 1. Az atomkorszakot két jelentős felfedezés indította el: H. Becquerel 1896-ban felfedezte, hogy az urán külső hatások nélkül sugárakat bocsát ki. Ezzel felfedezte a radioaktív sugárzást. F. J. Curie és felesége, I. Curie 1938-ban pedig a mesterséges radioaktivitást.

2. O. Hahn és F. Strassmann 1938-ban felfedezte a neutronok által indukált atommaghasadást, a nukleáris energia forrását. E. Fermi és Szilárd Leó az urán maghasadás reakciójában felismerte az önfenntartó thermonukleáris láncreakció lehetőségét. E felfedezéssel kezdődött el az atombomba, majd az atomenergia békés felhasználásának története.

A tudományos technikai forradalom: A II. világháborút követően a „tudományos-technikai” forradalom nem csak nukleáris erőműveket, hanem egyéb új iparágakat is teremtett: a szintetikus alapanyagok termelésének vegyipari ágazatait, automatikus gépsorokat, számítógépek gyártását, elektronikai ipart. Az 1973. évi „olajrobbanással” kezdődő és azt követő recesszió és energiaválság, valamint a felismert környezetszennyezés és ökológiai probléma a tudományos és technikai forradalom újabb hullámának adott lökést és motivációt. Például mikrochipek, miniatürizálás, robottechnika, illetve ezzel összefüggésben a kommunikáció és információs technikai, végül anyag- és energiatakarékos, továbbá környezetbarát technikák jöttek létre. Mindezek az újítások növelték a fejlett országok előnyét, másrészt új lehetőségeket és követelményeket állítottak a világgazdasági alkalmazkodásban. Az alkalmazkodás elsősorban a délkelet-ázsiai országoknak sikerült („kistigrisek” országai: Dél-Korea, Taivan stb.), ugyanakkor Kelet-Közép-Európa és a Szovjetunió gazdasága képtelen volt alkalmazkodni a világgazdasági kihívásokhoz, válságba került, amely gazdasági

és társadalmi összeomlásokat okozott. A fenti okok következménye Kelet-Közép-Európában és a Szovjetunió utódállamaiban a piacgazdaságra való áttérés.

A szociális piacgazdaság néhány lényeges jegye

- a foglalkozás és a munkahely megválasztásának lehetősége;
- a szabad vállalkozás, amely lehet termelői vagy kereskedelmi tevékenység;
- a korlátozás nélküli magántulajdon, amely magában foglalja a termelői vagy kereskedelmi tevékenységhez szükséges eszközöket (gépek, szállítójárművek, üzletek stb.).

A piacgazdaság feltételezi, hogy a vállalkozók munkájuk eredményeként önmaguk, családjuk vagy egy nagyobb közösség részére *hasznot hoznak létre*. A piacgazdaság *fogyasztói gazdaság* is. A munkavállalók, a fogyasztók a munkával megszolgált keresetükből megvásárolják a termelt javakat. Mindig a fogyasztó dönti el, milyen árut és milyen mennyiségben vásárol. Érthető tehát, hogy a termelők versenyeznek a vásárlók kegyeiért. Az állandóan működő verseny – ami a piacgazdaság legfontosabb eleme – ösztönzőleg hat az önálló gondolatok, az ötletek megvalósítására, a szakmai fejlődésre. Ily módon a piacgazdaság az egyén számára felemelkedési esélyt teremt, a piacon pedig az egyre újabb és jobb minőségű áruk kínálatát. Nem minden ember tud versenyképes teljesítményt nyújtani. Minden társadalomban vannak hátrányos helyzetűek, munkanélküliek, idősek, betegek, gyerekek. Velük szemben az államnak van tennivalója. Immár az a kérdés, hogyan.

Az államnak nincs pénze! Az államnak csak annyi pénze van, amelyet az állampolgároktól, a vállalatoktól és a fogyasztóktól adó és járulék formájában beszed, és ebből nyújt támogatást a rászorulóknak. Csak annyival tudja támogatni a rászorulókat, amennyit beszedett. De az adókból fedezi az állam a kiadásokat is, például utak, iskolák építését és fenntartását, közegészségügyi, biztonsági szolgáltatásokat nyújt. A piacgazdaság igen fontos intézményei a bankok. A vállalkozók és a munkavállalók is jövedelmük azon részét, amelyet nem fordítanak másra (befektetésre vagy vásárlásra), a bankoknál helyezik el. A bankok kamatot fizetnek, illetve kölcsönöket nyújtanak új vállalkozásokhoz vagy tartós fogyasztási eszközök vásárlásához. A törlesztéskor a kölcsönt felvevők kamatot fizetnek. A bankok és a nagykereskedők megbízottaik révén áru-, illetve értékpapír-ügyleteket kötnek egy különleges piacon, amit tőzsdének neveznek. Kérdés, hogy a piacgazdaság egyszer és mindenkorra jólétet teremt-e az emberek számára. A válasz egyértelmű: NEM. Mindig lesznek gazdagok, kevésbé gazdagok és szegények. A gazdasági fejlődés sem egyenletes a piacgazdaságokban. Vannak felfelé ívelő szakaszok, amelyek nagy beruházási aktivitással és munkaerő-kereslettel kezdődnek. Ez a fellendülés hosszabb-rövidebb ideig tart, majd egy lanyguló, lefelé ívelő szakasz következik, amelyet gazdasági recessiónak nevezünk. Ilyenkor a gazdaság pang, egy helyben áll. Növekszik a munkanélküliség, nőnek a lakosság körében a jövedelemkülönbségek, megjelennek a politikai szélsőségek. A piacgazdaság tehát nem olyan rendszer, amely mindenkit gazdaggá tesz. A piacgazdaság és magántulajdon csupán eszköz, és semmi egyéb. Hogy miként bánnak velük, az kizárólag a használó képességétől

és akaratától függ. Képesség és akarat nem olyan tényezők, amelyeket máról holnapra meg lehet változtatni, de törekedni kell rá.

A jövő globális problémái: A jövőre a jelen valóságából kiindulva lehet valamelyest következtetni, amelyet a teljesség igénye nélkül az alábbiakban foglalunk össze.

– Jelenleg népeségrobbanásnak vagyunk tanúi. A világ népeségének gyarapodása közelít az évtizedenkénti egymilliárdhoz (ENSZ BECSLÉS 1999).

– A fosszilis tüzelőanyag készletek fedezni tudnák a népeség energiaigényét, de a könnyen kitermelhető készletek fogyásával a kitermelési költségek meredeken emelkednek. A megújuló energiaforrásokkal az igényeket nem lehet kielégíteni. Mindezekből következik, hogy távlatokban az emberiség energiaigényét az atomenergia felhasználása nélkül nem lehet fedezni. A Napban lejátszódó thermonukleáris fúzió közben keletkező energiatermelést – a szakemberek szerint – 40-45 év múlva lehetségesnek (FÉNYES T. 2005, 472–473. o. nyomán).

– A radioaktív hulladékok biztonságos elhelyezése továbbra is a megoldandó kérdések közé fog tartozni.

– Az 1800-as években kezdődő globális felmelegedés az elkövetkezendő évtizedekben fokozódni fog, amely a szakemberek egy része szerint a széntüzelés és a robbanómotorok széles körű elterjedésével függ össze. A paleoklimatikusok vitatják ezt az állítást, mondván, a Föld történelmének „természetes” melegedési periódusáról van szó.

– A demográfiai növekedés kikényszerítheti új termelési módok, technológiák kialakítását, fejlesztést. A technológiai haladás megalapozhatja a további gazdasági fejlődést, ami nagyobb ütemű népeségnövekedés, egyben magasabb életszínvonal iránti igény kialakulásához vezethet a Föld jelenleg is fejlett régióiban. A szegénység problémája azonban továbbra is a megoldandó feladatok közé fog tartozni. A szegénységgel összefüggésben növekedni fog a népvándorlás a Föld szegényebb régiói felől a gazdagabbak felé, amely a befogadó országokban konfliktusok kialakulásához vezethet.

– A HIV-vírus fertőzés terjedésének megakadályozása.

– A molekuláris genetika valószínűleg az egészségmegóvás egyik eszköze lesz.

Zárógondolatok

Az integrált oktatás felé vezető út még nagyon hosszú. Még sok rajta a munka; új tantárgyi koncepció kialakítása, a duzzadó ismeretanyag állandó rostálása, olyan értelemben, hogy csak a szilárd alapot biztosító, lényeges kerüljön bele a tantervbe, a tankönyvbe. A tanítási-tanulási módszerek összehangolása, a pedagógusok metodikai felkészítése stb.

IRODALOM

ALAN JOHNSTON (1984): Az archaikus Görögország születése, Helikon Kiadó, Budapest

BALÁZS LÓRÁNT (1996): A kémia története I., Nemzeti Tankönyvkiadó, 29–102. o.

BENDE SÁNDOR (SZERK.): Az anatómia, élettan, egészséggtan, Tankönyvkiadó

- BERTRAND RUSSEL: A nyugati filozófiák története, Göncöl Kiadó
- BOROS LÁSZLÓ – SAJGÓ MIHÁLY (2003): „A biokémia alapjai”, Mezőgazda Kiadó
- BODONYI F. (1979): „Kémiai összefoglaló”, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- BRAUNDET F. (1985): Anyagi kultúra, gazdaság és kapitalizmus a XV–XVIII. században; Budapest
- ELŐDI PÁL: Biokémia, Akadémiai Kiadó
- EROSTYÁK J. – LITZ J. (SZERK.) (2003): „A fizika alapjai” Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- FÉNYES IMRE: A fizika eredete, Kossuth Könyvkiadó
- FÉNYES T. (2007): „Részecskék és kölcsönhatásai”, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen
- FÉNYES T. (SZERK.) (2005): „Atommagfizika”, Debreceni Egyetem Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen
- IFJ. GONDA ISTVÁN – SAIN MÁRTON (1980): Fizikatörténeti ABC, Tankönyvkiadó, Budapest, 27–28. o.
- GÖRAN BURENHULT (FŐSZERKESZTŐ) (1995): Az első emberek. *Officina Nova Kiadó*, 14. o.
- HAJNAL J.: Az újkor története. *Akadémiai Kiadó*, Reprint sorozat, 5–34.; 98; 163–199.; 586. o.
- HOLICS L. (SZERK.) (1986): „Fizika I-II.” *Műszaki Könyvkiadó*, Budapest
- INZELT GYÖRGY (2003): Kalandozások a kémia múltjában és jelenében, Vincze Kiadó, 84. o.
- J. D. BERNAL (1977): A fizika fejlődése Einsteinig. *Gondolat Kiadó*, Kossuth Könyvkiadó, 43–106. o.
- JOHN ROBERT MCNEIL: Szaporodás, fogyás, önpusztító növekedés, (fordította) Rácz Lajos, *História*, 2006/5.
- KATUS L.: A középkor története; 69., 105–136., 160–162., 166. o.
- LIPTÁK PÁL (1980): „Embertan és ember-származástan”, Tankönyvkiadó
- LÖKÖS LÁSZLÓ (1998): Egyetemes agrártörténet, Mezőgazda Kiadó, 19–48. o.
- MARTINA BODEN (2001): Krónika kézikönyv. *Európa. Magyar Könyvklub*, 39–44. o.
- MICHAEL VICKERS (1985): A római világ, Helikon Kiadó, Budapest
- NORMAN DAVIS (2001): Európa története; Osiris Kiadó, Budapest, 193–211. o.
- OTTO NEUGEBAUER (1984): Egzakt tudományok az ókorban, Gondolat, Budapest, 158–221. o.
- PARK USBORNE (1990): Fizikai Enciklopédia, Park Kiadó, 92–94. o.
- RICHARD LEAKEY (1995): „Az emberiség eredete”, Kulturtrade Kiadó Kft., Budapest
- RONDO CAMERON (1994): A világgazdaság története; Macenas Könyvek, Budapest, Talentum Kft., 271–272., 329. o.
- SIMONYI K. (1998): „A fizika kultúrtörténete a kezdetektől 1994-ig”, Akadémiai Kiadó
- SZTARICSKAI FERENC (1999): „A gyógyszerkémia alapjai III.” *Kossuth Egyetemi Kiadó*, Debrecen, 180–182. o.
- THOMAS JUNKER (2007): A biológia története. *Corvina Kiadó Kft.*, 72., 77., 81., 95. o.
- V. MUZAK – Z. BURIAN (1990): „Az ősember és elődei”, Gondolat Kiadó, Budapest
- VADÁSZ SÁNDOR (SZERKESZTŐ) (1998): XIX. századi egyetemes történet 1789-től 1890-ig. 131–148. o.; *Korona Kiadó*, Budapest,
- VENETIARR PÁL: Az emberi mitokondriumok genetikája, *Természet Világa*, 129. évf. 11. sz. 1998. november
- VIDA GÁBOR (SZERKESZTŐ) (1982): „Az élővilág evolúciója”, Natura Kiadó