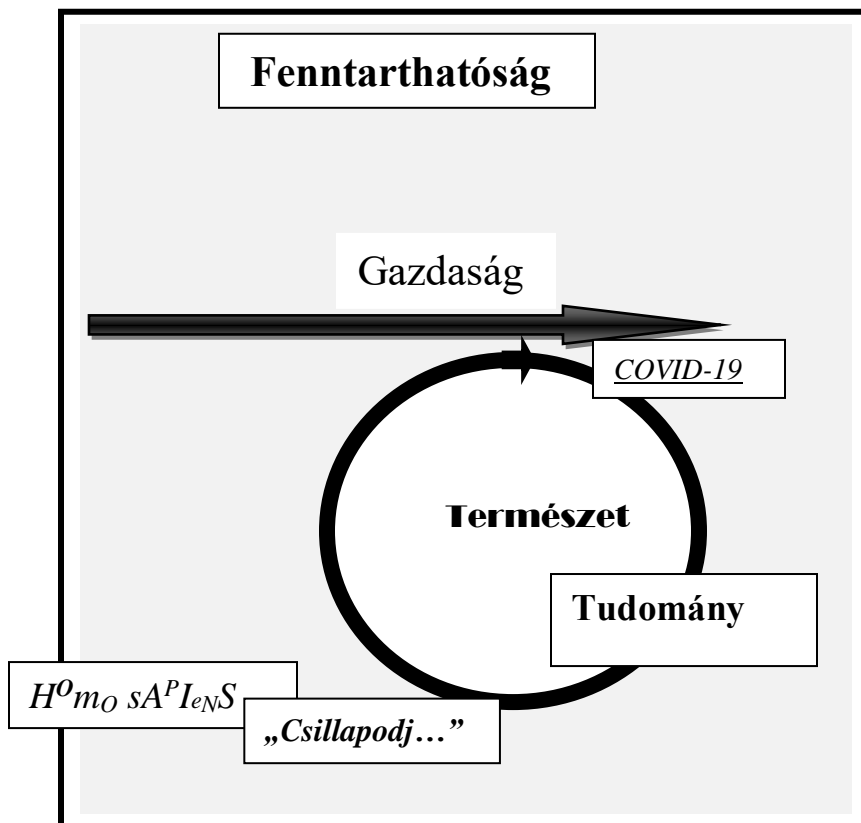


Kiss Ferenc-Szabó Árpád

TUDOMÁNY- ÉS KÖRNYEZETTÖRTÉNET



**Szerkesztette:
Kiss Ferenc**

**Lektorálta:
Reszler Gábor
és
Vallner Judit**

**Elektronikus tördelés:
Járay Sándorné
és
Tutkó Tímea**

**Borítóterv:
Kiss Ferenc**

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés.....	9
ŐSKOR.....	12
Tudomány?	13
Eszközkészítés és anyagismeret.....	14
A tűz megismerésének jelentősége	14
Csillagászati ismeretek	17
Őseink kultikus eljárásai.....	19
Az őseink kapcsolata a természettel	19
A tűz szerepe.....	23
A vadászat és a pásztorkodás.....	24
A növénytermesztés	26
A hulladékok, szennyeződés.....	27

ÓKOR	29
Tudomány, technika	29
Új alapanyagok: a fémek	29
Mezopotámia	31
Egyiptom	33
A görögök	37
A természetfilozófia kezdetei	37
A püthagoreusok	39
A geocentrikus világbkép	40
„Α-τομοσ”, azaz oszthatatlan	41
Szókratész és Platón munkássága	44
Arisztotelész tanai	45
Alexandriai korszak	47
Technika	49
Róma	50
A környezeti problémák megjelenése	51
A fémeszközök hatása	51
Erdőirtás, talajkárosítás	52
Öntözés	53
Csatornák	54
A városok káros hatása	55
A káros hatások ellensúlyozása	57

KÖZÉPKOR ÉS RENESZÁNSZ.....	59
Hít vagy tudomány	59
Patrisztika és skolasztika	59
Alkímia és jatrokémia	63
Az arabok szerepe	65
A reneszánsz mérnökei.....	67
A környezet állapotának romlása tovább folytatódik	70
Erdőirtás és legelőfeltörés	71
A levegőszennyezés új fejezete	72
Megújuló energiák használata	73
A vízszennyezés és a hulladék.....	75
Járványok kialakulása	76
ÚJKOR (XVI-XVIII. SZ.)	78
Forradalom a tudományban	79
A tudományos forradalom kezdetei	79
Az új tudományos világszemlélet megszilárdulása	83
Folyadékok, gázok és korpuszculák	88
Huygens és Newton munkássága.....	93
A fénytani nézetek kialakulása és fejlődése	95
Az elektromosság és a mágnesesség.....	97
Az elektromos áram törvényei és hatásai	101
A hőtan története.....	103
Az élettudományok fejlődése	106
Orvostudomány.....	108
A geológia, az ásványtan és a paleontológia megalapozása.....	110
A gőzgép megalkotása.....	111
A tudomány és a technika együttes hatása a környezetre	113
Az ipari forradalom	114
A szén vált a fő tüzelőanyaggá	116
A gépek térhódítása.....	117
Fokozódó környezetszennyezés.....	119
Romló közegészségügyi viszonyok	121
A természet fölötti uralom filozófiája	123

A GLOBÁLIS VÁLTOZÁSOK KEZDETE.....	125
Az evolúcióelmélettől az űrkutatásig.....	125
Evolúcióelmélet	125
Örökléstan.....	128
Az atomelmélet fejlődéstörténete.....	129
A katódsugárzás, radioaktivitás	132
Relativitáselmélet.....	135
Az atom szerkezetének feltárása	138
Radioaktív nyomjelzés. Mesterséges radioaktivitás	141
A kvantummechanika története	143
Az atommag szerkezete. Atommaghasadás.....	146
Az elemi részecskék felfedezése.....	150
Az űrkutatás és az űrhajózás.....	152
A környezeti problémák globálissá válnak.....	155
Új anyagok, új gépek, új energiahordozók.....	155
A globális környezeti problémák	157
Kozmikus környezetszennyezés	163

A KORLÁTOK FELISMERÉSE	164
A tudomány specializálódása és változása.....	164
A tudomány, a gazdaság és a hatalom.....	164
Új tudományos fölismerések	166
Holosz.....	168
Rendszertudomány	170
A világ egysége.....	171
A világnézet változása.....	173
A Föld nevű űrhajó	177
Egy „Nobel-díjas tévedés”.....	177
A környezetszennyezés tudományos és politikai kérdéssé válik	179
Az első lépések nemzetközi szinten.....	180
FELHASZNÁLT ÉS AJÁNLOTT IRODALOM	185

***„Csillapodj, s bús jövőnek serlegét
Elkerüljék ajkaid!”***

(Shelley)

Bevezetés

A történelmileg ránk hagyományozott ismeretek között vannak olyanok, amelyeket idáig nem tartottunk fontosnak. Azonban például a környezet átalakítására vonatkozó ismereteink az utóbbi időben rendkívül fontossá váltak, hiszen meghatározhatják jövőnket. A jövőre vonatkozó kérdések feltevése és az erre adható válaszok mindig is erősen függtek azoktól az ismeretektől, amelyekre támaszkodtunk. Robert Wont Pohl fizikus szerint: „*a tények maradnak, csupán jelentésük változik a történelem során*”. Valóban, az ember, a természet és a tudomány közötti viszony történelmi alakulásáról sok olyan tény áll rendelkezésünkre, melynek eddig nem tulajdonítottunk különösebb jelentést. Ma már fontos, hogy ezeket jelentőségüknek megfelelően kezeljük, illetve új jelentést adjunk nekik.

A környezetszennyezés megjelenése az emberiség történetében sokkal régebbi keletű, mint a környezetszennyezés fogalmának kialakulása. Az emberek nem használtak mindig gyűjtőfogalmat a piszokra, szennyre, mocsokra, füstre, sárra stb., amelyek szennyezték a környezetüket. 1873-ban a *Johnson-szótár* úgy határozta meg a szennyezést, mint a bemocskolás műveletét, vagy a megszentelésnek az ellentétét. A szótár szerint ez azt jelenti, hogy vallási értelemben tisztátalanná tesz, vagy bűnös módon bepiszkol. Tulajdonképpen csak a XIX. századtól kezdve használják az emberek úgy a szennyezés fogalmát, ahogyan azt ma is értjük. A mai értelmezés alapját Kenneth Mellanby adta meg, szerinte ugyanis a környezetszennyezés a mérgező anyagok jelenléte, amelyeket az ember juttat a környezetbe, illetve ezen túl azt is jelenti, hogy a természetes talaj- és vízrendszerek tulajdonságai megváltoznak azáltal, hogy a természetes anyagok máshová kerülnek eredeti helyükről.

Sajnos a környezet szennyezése és rombolása szinte egyidős az emberiség történetével. Mértéke akkor kezdett növekedni, amikor fajunk kb. 10 000 évvel ezelőtt kezdett fölhagyni a vadászó-gyűjtögető életmóddal, és áttért a földművelésre. Népeiségünk jelenlegi nagy száma tulajdonképpen alapvetően ennek köszönhető. Ma már azonban be kell látnunk, hogy minden mezőgazdasági tevékenység természetellenes, hiszen bizonyos fajokat előnyben részesít, míg másokat háttérbe szorít. Tudjuk, hogy bizonyos népcsoportok, birodalmak eltűnéséhez vagy hanyatlásához és összeomlásához nagymértékben hozzájárult a környezetszennyezés vagy a környezetrombolás. Az is ismert, hogy az emberek gyakran szenvedtek olyan betegségektől, amelyeket a környezetszennyezés okozott. A római birodalomban a nagy mértékű ólomfelhasználás mérgezésekhez vezetett, vagy pl. a középkori Európa higiéniés hiányosságai miatt hatalmas járványok alakultak ki.

Azonban nem csak a környezetszennyezés, hanem a környezetvédelem, ha kezdetleges formában is, de hosszú múltra tekint vissza. A környezetvédelem ma már minden felelősen gondolkodó embert foglalkoztat, és tudjuk, hogy lehetőségeinket józanul és észszerűen kell mérlegelni, és megtalálni a fenntartható élethez való helyes utat. Ehhez kíván segítséget nyújtani a könyv, amely igyekszik az emberiség történetéből azokat az eseményeket és folyamatokat kiválasztani, amelyek elvezettek a mai környezettudatos gondolkodáshoz.

Az egyes fejezetek arra szeretnének rávilágítani, hogy az ember fejlődése során hogyan változtatta meg a saját környezetét, és ezt hogyan alapozták meg a tudományos ismeretek. Ezzel segíteni egy újfajta gondolkodás kialakulását, melynek jellemzője, hogy az ember kerüljön ki a középpontból, s ne a természet leigázója, meghódítója, hanem szerves része legyen. Nagy szükség van arra, hogy az ember és a környezet kapcsolatát ilyen módon is tárgyaljuk.

Ma a különböző tantárgyak keretében megjelenő ismeretanyagban a környezeti szempont sokszor háttérbe szorul, és ez sajnos jellemző a tudománytörténetre is. Sok olyan ismeretet közvetítünk, amely nem felel meg a környezettudatos gondolkodásmódnak. A természeti kincsek kiaknázása, az élőhelyek tönkretétele, bizonyos fajok kipusztítása úgy jelenik meg a tananyagokban, mint a fejlődés szükségszerű velejárója. Emellett azonban nem jelenik meg az, hogy mindezen tevékenységek veszélyesek, és az emberiség hosszú távú biztonságát fenyegetik. Tanítjuk, hogy a tudományos-technikai forradalom az emberiség jólétének az alapja és a kevésbé fejlett országok népeinek is ez adhatja a fejlődés lehetőségét. Emellett nem kerül említésre, hogy a technológia, a gazdaság elsődlegessége társadalmi instabilitáshoz, a természettel való harmónia megbomlásához, a hagyományok elhagyásához és az adott kultúra esetleges megsemmisüléséhez vezethet. Gyakran tévesen, a tudomány és a technika mindenhatóságát erősítjük a hallgatóságban. Ez arra a tévhitre vezethet, hogy a természetet leegyszerűsíthetjük, folyamatait mindig előre jelezhetjük és büntetlenül uralmunk alá hajthatjuk, majd függetleníthetjük tőle magunkat. A természeti rendszerek ugyanakkor rendkívül összetettek és nem egyszerűen a részek összességével, hanem önszerveződő kaotikus rendszerekkel van dolgunk.

Be kell látnunk, hogy a jelenleg uralkodó felfogást nem lehet egyik napról a másikra megváltoztatni. A helyes szemlélet kialakításához viszont szükségünk van olyan példákra, amelyek jól mutatják az emberi tevékenység környezetre kifejtett káros hatását a törtélelem folyamán. A könyv ehhez kíván segítséget nyújtani.

Endrei Valter mondta *A gondolkodás évszázadai* című tudománytörténeti televíziós sorozatban: „*A tudománytörténet olyan természettudományokat vizsgál, amelyeknek a feladata a természet titkosírásának a megfejtése, érthetővé tétele annak érdekében, hogy az ember a természetet legyőzhesse.*” Reméljük olyan tudományágak is bekerülnek majd a tudománytörténetbe, amelyek segítenek a természet legyőzése közben elkövetett hibák kijavításában, illetve annak feltárásában, hogyan élhet az ember harmóniában a természettel.

Nyíregyháza, 2004. március 24.

ŐSKOR

E meglehetősen hosszú időszakot átölelő korról ismereteink rendkívül hiányosak. Nem tudjuk pontosan elődeink milyen tudással rendelkeztek, miben hittek, és mit gondoltak a környezetükről. Ha alkotásaikat hívjuk segítségül a korszak azonosítására, azt mondhatjuk, ez az időszak az, amikor eszközeit az ember találta, pattintotta, csiszolta, hajlította stb. Később finomította, szépítette, díszítette. S ez az a kor, melynek vége felé (felső paleolitikum) megjelennek az ősművészek első alkotásai, mint például a szobrok, a barlangfestmények és a sziklarajzok (**1. kép**).



1. kép. Barlangrajz, Altamira, Spanyolország

Forrás: http://pro.wanadoo.fr/quatuor/art_b20_0001_00.htm

Azon lehet vitatkozni, hogy ezek az alkotások művészi, vagy mágikus célból készültek, de azt nem lehet elvitatni, hogy a lényeket ragadják meg, és lényeges információkat közvetítenek számunkra abból a korból. A barlangrajzok a mágia és a művészet mellett rögzítették a megszerzett tapasztalatok egy részét, és így azt tanulmányozhatóvá tették, hiszen bemutatták a jellemző tevékenységeket, felismerhetővé tették az állatokat és bizonyos esetben anatómiai ismeretekkel is szolgáltak.

Tudomány?

Ha ebben a korban, illetve ennek a kornak a végén már beszélhetünk művészetről, mely az elvont gondolkodást feltételezi, vajon beszélhetünk-e tudományról? A válasz egyértelműen nem, a szó mai értelmében. A vélemények arról megoszlanak, hogy mióta is beszélhetünk tudományról egyáltalában, azt azonban biztosra mondhatjuk, hogy a görögöknek köszönhetjük azokat a következtetési gondolkodási módokat, melyek a tudományos gondolkodás alapját képezik. *Diodorosz* (i.e. I. sz.) véleménye szerint a tudományok Egyiptomból származnak: „*Homérosz, Platón, Püthagorász, Démokritosz ... mindazt, amit később általános csodálkozásra alkottak, biztosan Egyiptomban tanulták ...*”.

Talán mindezek megalapozásáról bizonyos empirikus ismeretek megszerzéséről és továbbadásáról már ezt megelőzően is beszélhetünk. Az ember őstörténetéhez képest a tudomány nem olyan régóta kultúránk része, de a görögök és az egyiptomiak előtt is létezett a tudás bizonyos formája, hiszen ősünk nagyon sok mindent tudtak anélkül is, hogy mi tudósoknak neveznénk őket.

A természetre vonatkozó első ismereteket gyakorlati tevékenységük alapján szerezték. A gyűjtögetés során természetesen nem csak élelmet, hanem fontos információkat is összegyűjtöttek, hiszen az élelmet ki kellett választani, és ehhez megfelelő ismeretekre volt szükség, amely fontos része volt a szellemi fejlődésüknek. Apáról fiúra szállt a megszerzett ismeret. A nomád életmód, a pásztorkodás, a földművelés, a gyógyítás, vagy éppen az élelmiszerek tartósítása megkövetelte a begyűjtött ismeretek megőrzését. Az eszközök, a szerszámok és a fegyverek készítése, valamint a tűz felfedezése voltak az őskor első nagy találmányai. Pontos eredetét egyiknek sem tudjuk.

Mint ahogy azt sem tudjuk biztosan, hogy a korábban említett ősművészek hogyan jutottak az általuk használt festékekhez. Véletlenül akadtak rá? Esetleg a rendelkezésre álló anyagokból, növényi nedvekből, koromból, vérből, zsiradékból pontosan kikísérletezve az arányokat állították össze festékeiket? Talán az ősművészek némelyike egyben őstudós is volt?¹
Koruk *Leonardo da Vincije*?

Ha elfogadjuk hogy a tudományos megismerés tulajdonképpen három, egymással szorosan összefüggő lépésből áll: tapasztalati *ismeretszerzés, megértés és magyarázat*, akkor azt kell mondanunk, hogy az őskorban elsősorban az ismeretszerzés dominált. Azt mondhatjuk, hogy a

¹ A színes barlangfestmények készítéséhez meg kellett ismerni a színes földfestékek ásványi alapanyagainak tulajdonságait is. A sárgához és a barnához a mai osztályozás szerint az okkerfélék csoportjába tartozó ásványokat, mert ezek legtöbbször sárga vagy barna színűek.

megismerő tevékenység egyidős magával az emberrel, és tulajdonképpen az ember fejlődésének alapját képező tevékenység részeként jött létre. Egyes tudománytörténészek szerint a természettudományos megismerés *Galilei* (1564-1642) és *Newton* (1643-1727) munkásságával kezdődött, azonban ha a természettudomány módszereit, eredetét kutatjuk, nem elegendő visszanyúlnunk az ókori görög, babiloni vagy egyiptomi kultúráig, hanem az azt megelőző „történelem előtti” múltba kell visszatekintenünk.

Eszközkészítés és anyagismeret

A szerszámkészítés megfelelő anyagismeretet feltételez. Tudjuk, hogy az első többcélú szerszám, a marokkó (vagy szakóca) különböző anyagokból, pl. kovakőből, kvarcból, obszidiánból, bazaltból vagy más kemény kőzetből készülhetett. Ezeknek az alapanyagoknak a megmunkálhatósága más és más. Ezért a kellő anyagismeretre már abban az időben is szükség volt. A tudomány alapjainak kialakulása, fejlődésének kezdete tehát visszanyúlik az emberi gondolkodás eredetéig.

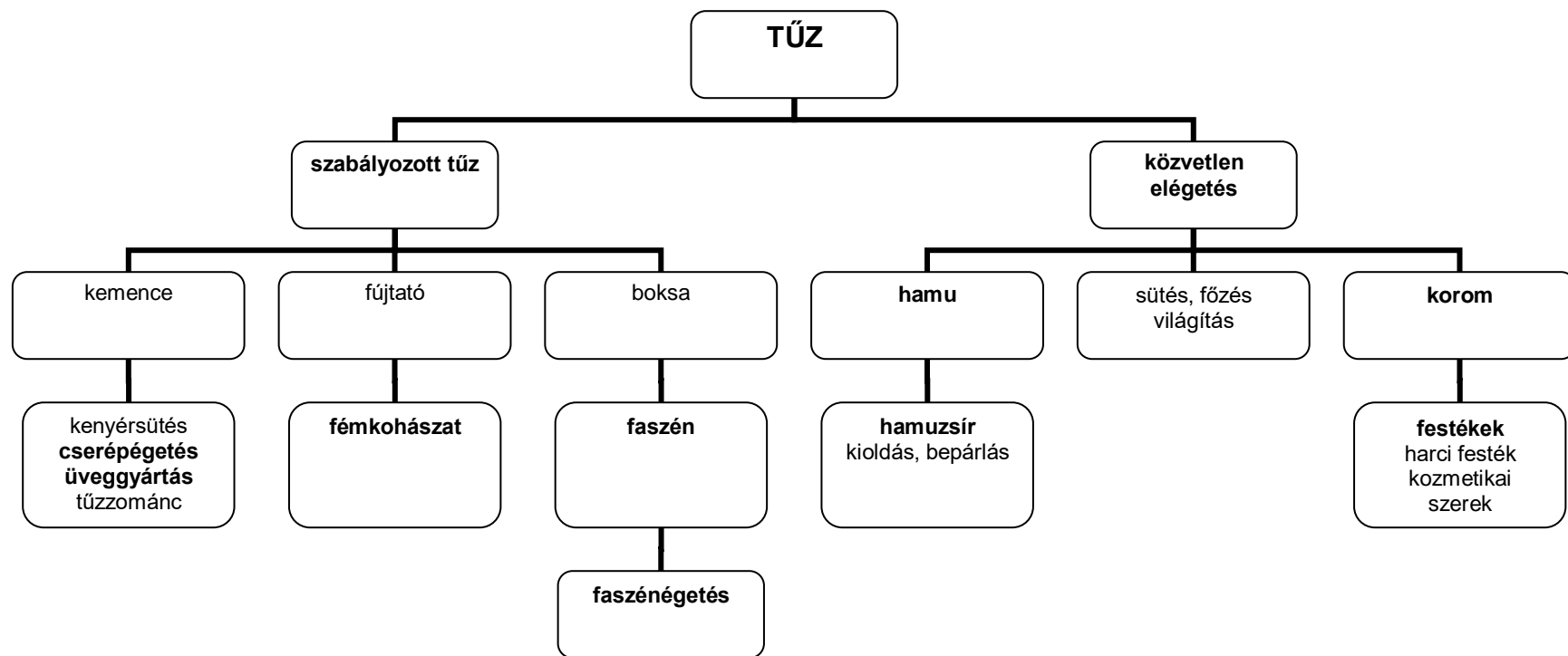
A felső paleolitikumban az emberi tevékenység fontos részévé vált a munkaeszközök és fegyverek készítése. A nyíl és az íj volt az első több elemből összeállított szerszám. Ezek megalkotása fontos információt és anyagismeretet sűrített magába. A fából, kőből és állati bélből készült eszköz-együttes a mechanikai energia első alkalmazása volt. Ma úgy mondanánk, hogy a helyzeti energia alkalmazása, amely a húr megfeszítésével bizonyos idő alatt összegyűlt, és aztán a nyíl eleresztésével átalakult mozgási energiává.

A tűz megismerésének jelentősége

A tapasztalati ismeretszerzésben a tűznek nagyon fontos szerepe lehetett. Kezdetben az ember csak a természetben keletkező tüzeket használta (~i.e. 700 000-tól), de a megismerési folyamatban ennek is fontos szerepe volt, hiszen a megfigyelés és a tapasztalatok összehasonlítását feltételezte. A mesterséges tűzgyújtás módszerének kidolgozása (~i.e. 350 000-tól) már nemcsak ügyességet, hanem szélesebb körű anyagismeretet is igényelt. Rendkívül nagy jelentőségű a tűzgyújtás felfedezése, hiszen egy természeti jelenséget az ember által létrehozott (technikai) folyamat segítségével megismételhetővé tett. A tűz meggyújtásához és az égés folyamatos fenntartásához a különböző anyagok tulajdonságaik szerinti elkülönítésére volt szükség. A száraz fát a nedvestől el kellett különíteni, ezek az ismeretek feltehetően bővültek az idők folyamán, hisz az ősember tapasztalati úton rájöhettek arra, hogy a különböző anyagok különböző módon égnak. Az első mesterséges (kémiai) folyamatok egyike lehetett az a tűz, amelyet az ember

gyűjtött. Az égés kémiai magyarázatára azonban a XVIII. sz. végéig kellett várni, a tudományos magyarázatra ugyanis *Lavoisier* 1777-ben megjelenő „*Az égésről általában*” című írásában kerül sor, melyben kifejti, „*hogy az égés nem más, mint az oxigénnel való egyesülés*”, és ekkor az is világossá vált, hogy a tűz az égés egyik megjelenítési formája. Tehát *Lavoisier* és kortársai munkássága nyomán a tűzzel kapcsolatban már nemcsak tapasztalati ismeret szerzéséről, hanem megértésről és tudományos magyarázatról is beszélhetünk. Ezt már tudományos megismerésnek nevezhetjük.

A tűz nagyban hozzájárult az anyagismeret bővüléséhez. Az ember megismerte a kormot, a hamut, az elszenesedett fát, s ezeknek az ismereteknek később nagy jelentősége lett. A korommal festeni lehetett, a fa elszenesedése során keletkezett faszenet a fémek olvasztásához lehetett használni, a hamu pedig a szóda előállításának lett az alapanyaga (**1. ábra**).



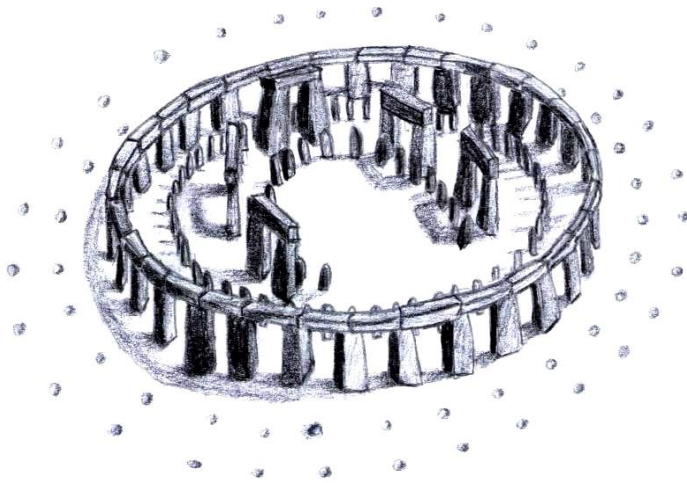
1. ábra. A tűz szerepe az ember ismereteinek bővülésében.
 A tűz felfedezésének hatása a korai technikákra és az anyagismeretre.
 Forrás: Dr. Balázs Lóránt: A kémia története, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996

A neolitikumban a tűz közvetett felhasználásáról is beszélünk, amely még magasabb szintű ismereteket feltételez. Az agyagedények kiégetésénél az ember a tüzet egy kémiai átalakulás elősegítésére használja fel. Az agyaghoz ugyanis különböző adalékanyagokat adnak, majd tárgyakká formázzák, szárítják, kiégetik. Eközben a kovasav és a timföld között kémiai átalakulás játszódik le, melynek következtében a termék megszilárdul, illetve megkeményedik. A sütés-főzés „tudományából” újabb és újabb ismeretek születhettek, a felhasznált anyagok tulajdonságai illetve az elkészítés módszereit illetően. A később kémiainak tartott ismeretek jelentős része innen származhatott, hiszen a levesek és növényi kivonatok készítése is oldatkészítés, és később az ún. laboratóriumi edények is ezek az általánosan használt agyagedények voltak.

Ma a fűtőttest mellett melegegde már nem érezzük a tűz közvetlen melegét, mert megszűnt a közvetlen kapcsolatunk vele. Enne ellenére fontos tudnunk azt, hogy abban a melegben, amely a mesterségesen gyűjtött és az ember által szabályozott tűzből ered, a múltban hosszú-hosszú idő alatt felhalmozott ismeretek is benne vannak.

Csillagászati ismeretek

Stonehenge (2. kép) jó bizonyítéka annak, hogy az újkőkori kultúra emberei, akiket mi sokszor primitívnek nevezünk, már a régmúltban is sok megfigyelést, tapasztalatot, csillagászati ismeretet halmoztak fel, és bizonyos összefüggéseket is felismertek a jelenségek között. Arra viszont nincs bizonyítékunk, hogy megértették a jelenségek lényegét, és esetleg magyarázatot tudtak volna adni azokra.



2. kép. A stonehenge-i építmény Dél-Nyugat-Angliában
Az alsó kép Stonehenge-et mai állapotában mutatja, a felső rekonstrukciós rajz pedig azt a feltételezett állapotot, amikor még őseink az „idő mérésére” használták a hatalmas „szerkezetet”.

Illusztráció: Lengyel Adél

Fotó: Kiss Gergely

A jó termés erősen függött az időjárástól. Ezért az akkori embereknek akarva-akaratlanul foglalkozni kellett a természeti erőkkel (az időjárás változásával). Az évszakok változása jól láthatóan összefüggött a Nap pályájával, amelynél még feltűnőbb volt a hold négy fázisának állandó változása. Azt feltételezzük, hogy a neolitikum földművelői jól ismerhették az égitestek mozgásának sajátosságait, megelőzve ezzel a babiloni csillagászpapok ismereteit. A holdnak az akkori földművelők számára valószínűleg mágikus jelentése volt. Ennek lehet a bizonyítéka az ún. megalitikus kultúra közismert emlékműve, a *Stonehenge-i építmény*. Az építmény fokozatos bővítéséhez, fejlesztéséhez pontos megfigyelésekre és jó technikai ismeretekre volt szükség. Úgy is fogalmazhatunk, hogy az építményben egyesültek az adott időszak tudományos és technikai eredményei. Ennek köszönhetően – ha jól értelmezzük – segítségével pl. megfigyelhető volt a Hold 19 éves ún. Meton-ciklusa is. Ebből arra következtethetünk, hogy hosszú időn át folytatott megfigyelések és elemzések révén jöttek rá a Hold mozgásával kapcsolatos összefüggésekre.

Őseink kultikus eljárásai

A neolitikumban az emberi tevékenységre egyre inkább a földművelés és az állattenyésztés vált jellemzővé. A jó földműveléshez bizonyos tapasztalati ismeretekre volt szükség, mint például az öntözés, trágyázás, gyomlálás stb. Ebben az időszakban jelennek meg az ún. termékenységi szertartások is, amelyben például a bevetett földet igyekeztek megáldani. A művészetekben a realiztikus képi ábrázolás mellett fokozatosan megjelenik a szimbolikus ábrázolás. Míg a barlangrajzok megtörtént cselekedeteket, valós dolgokat jelenítettek meg, addig az újkőkorbán megjelenik az absztrakt szimbolikus ábrázolás, a termékenység absztrakt szimbolikus megjelenítése.

Bár nincsenek egyértelmű bizonyítékaink arra, hogy őseink kultikus eljárásai, misztikus építményei ismeretmegőrzés illetve -átadás céljából születtek volna, mindaz a tapasztalati tudás azonban, amely akkor felhalmozódott, alapja volt a természet megismerés további fejlődésének, a tudományos gondolkodás kialakulásának.

Az őseink kapcsolata a természettel

Az ember fejlődéstörténetét (**1. táblázat**) figyelembe véve, az előembernek rendkívül hosszú időre volt szüksége ahhoz, hogy a természet erőitől akár kis mértékben is függetlenítse magát. Nem rendelkezett olyan eszközökkel, melyekkel lényegesen befolyásolhatta volna a természetet. A természetben készen talált eszközöket használta. Még nem volt jellemző rá a

szerszámkészítés. Feltevések szerint az előember kis hatással volt a környezetére. A hordákban élő, az élelmet gyűjtögetéssel szerző, feltehetőleg mindenevő lények környezetükre gyakorolt hatása leginkább a hasonló módon élő állatok hatásának felelt meg. Ez a hatás semmiféleképpen nem állandósult, s minden esetben képes volt a természeti környezet kompenzálni azt.

Mai ismereteink és leleteink szerint, szerszámot (szakóca) először a *Homo habilis* (**3. kép**) készített.



3. kép. A *Homo habilis* rekonstruált képe

Forrás: <http://www.uea.ac.uk/~x9706887/Hhabilis.html>



4. kép. A *Homo erectus* rekonstruált képe

Forrás: <http://www.uea.ac.uk/~x9706887/Herectus.html>

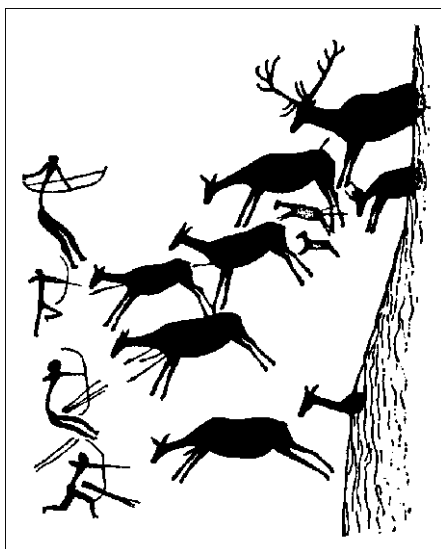
A *Homo erectus* (**4. kép**) már jobb szerszámkészítési technikával rendelkezett (pattintott kőszerszámok). A *Homo sapiens* kezében az újabb eszközök (pl. a dárda, **I. táblázat**) hatékony fegyvernek bizonyultak. Ezek, és a csoportos vadászat pedig együttesen oda vezettek, hogy jelentősen nőtt az elejtett vadak száma. A földművelés kialakulásáig azonban nem beszélhetünk a természeti környezet lényeges megváltoztatásáról, káros befolyásolásáról, sem szennyezéséről.

1. táblázat. Az emberré válás folyamata

Név	Ramapithecus (Emberszerű Ősmajmok)	Rudapithecus	Australopithecus (Déli majom-emberek)	Homo habilis (Ügyes ember)	Homo erectus (Egyenes tartású ember)	Homo sapiens (Értelmes ember)	Homo sapiens sapiens (Értelmes ember)
Kora	14-8 millió év	8-6 millió év	6-2 millió év	2,5 millió év	2-0,3 millió év	250-700 ezer év	70-10 ezer év
Agykopter	450 cm ³	450-500 cm ³	500 cm ³	680 cm ³	800-1350 cm ³	1400 cm ³	1425 cm ³
Jelentősebb lelet helye	India	Rudabánya	Afrika	Afrika	Jáva, Peking	Neander-völgy	Cro-Magnon
Jellemző eszközök	Bot, ahogyan találja	Bot, csont, szarv, ahogyan találja	Bot, csont, szarv, (ahogy alakítja)	Durván pattintott kőeszköz, "eszköz-készítő eszköz"	Finoman pattintott kőeszköz, tűz	Finoman megmunkált csont- és kőeszköz, gerely, szigony	Finoman csiszolt és festett csont- és kőeszközök, íj, nyíl
Hatása a környezetére	Nem jelentős	Nem jelentős	Nem jelentős	Nem jelentős	Lokális	Lokális	Lokális Regionális

Az alsó paleolitikumban az ember állandó vándorló közösségekben élt. A vándorlás hajtóereje a táplálék megszerzése volt. Az adott területen rendelkezésre álló élelem elfogyasztása után újabb és újabb területekre vándorolt. Az ezeken a területeken létrehozott változások lokálisnak és regionálisnak tekinthetők. Így a pattintott kőkorszak embere a környezetében nem hozott létre maradandó környezeti változásokat.

A paleolitikum végén megkezdődött egyes törzsek letelepedése, és a kő mellett az ember már más anyagokból is készített eszközöket, mint pl. az állati csont. Az ebben az időszakban készült híres barlangfestményeken az ember mint vadász jelenik meg (5. kép). Arra vonatkozóan, hogy az akkor élt őseink növénytermesztéssel is foglalkoztak volna, nincs elegendő bizonyíték.



5. kép. Barlangrajz, Cueva de los Caballos, Albocáser, Castellon, Spanyolország, paleolit kor

A tűz szerepe

Az ember életében talán az egyik legnagyobb előrelépést a tűz használata jelentette. Kezdetben ez a tűz azonban az ún. vad tűz volt (a természetben környezeti tényezők hatására keletkezett tüzek), s ez szolgáltatta a fényt és a hőt. A *Homo sapiens* fennmaradása szempontjából nagy jelentőségű volt a tűz megismerése, amely vadászati eszköz, ragadozók elleni védelem, tápláléktartósítás és -készítés eszköze volt, de ugyanakkor jelentősen hozzájárult a környezettől való függőség csökkentéséhez azáltal, hogy enyhíteni tudta a szélsőséges időjárási viszonyok okozta hatásokat.

A tűzgyújtás megismerése, a több elemből álló szerszámok és vadászeszközök előállítását bizonyítja, hogy az ősember már képes volt bizonyos ok-okozati összefüggések felismerésére, és céljait a megfelelő eszközök segítségével el tudta érni. Mindezek oda vezettek, hogy rájött, már nincs teljes mértékben kiszolgáltatva a természetnek, és bizonyos jelenségeket képes megismételni, illetve szabályozni. A tűz és a különböző eszközök együttes használata már hatékonyabb vadászatra, és ezzel nagyobb mértékű környezeti beavatkozásra tette képessé az embert.

A fa, mint energiahordozó is fontos szerepet játszott, ugyanakkor a tüzet erdőirtásra is használták, hogy növeljék a termőföld területét. A tűz megismerését követően a fa (biomassza) mint energiaforrás jelent meg. Ezt ma éppúgy használjuk, mint az ősidőkben. A lényeges különbség a felhasználás mértéke. Az ősember azonban nem törődött – és nem is kellett törődnie – azzal, hogy milyen mértékben fogy ez a forrás, mert kimeríthetetlennek gondolhatta. A mai embernek viszont kellene törődnie vele, hiszen az erdők területe véstesen csökken, ami a földi életet alapjaiban veszélyezteti.

A vadászat és a pásztorkodás

A különböző vadászeszközök, kunyhóépítés, tűzgyújtás megjelenése a környezetre gyakorolt hatás növekedésének lehetőségét teremtették meg. Mindezek lehetővé tették az újabb és újabb területek benépesítését, ill. az adott terület fizikai átalakítását. A vadászat hosszú és fontos időszaka volt a mai ember kialakulása előkészítésének, hiszen a földművelés csak az utóbbi néhány ezer esztendőben vált jelentőssé. Feltehetőleg már az *Australopithecus* is olyan hominida, amely kezdetleges módon vadászott. Egyre több a bizonyíték arra vonatkozóan, hogy az ember történetének kevesebb, mint 1 % -ában volt uralkodó a földművelés, ugyanakkor a *Homo erectus* legkorábbi populációitól a mai rasszokig lezajlott fejlődésben a vadászat játszotta a főszerepet.

Egy fontos dolog még mindig hiányzott. A megszerzett zsákmány, az elejtett állat hosszú távú raktározásának a feltétele, a tartósítás. Ennek következtében mindig friss élelemre volt szükség, ehhez pedig viszonylag sok zsákmányt kellett elejteni. Ez, feltételezések szerint hozzájárulhatott bizonyos állatfajok számának jelentős csökkenéséhez, esetleg kipusztulásához. Egyes szakemberek szerint ez az oka a mamut kipusztulásának, bár meg kell jegyeznünk, hogy ez nem egyértelműen bizonyított. Feltevések szerint az ember ennek a viszonylag lassan szaporodó állatnak a könnyen elejthető

borjait is vadászta, és így megszüntette a faj utánpótlását, s ez vezethetett a kihaláshoz.²

Újabb jelentős változás következett be, amikor az embernek sikerült bizonyos állatfajokat megszelídíteni, mint pl. a kutyát, majd azokat, amelyek ma is fontos szerepet játszanak az állattenyésztésben (**2. táblázat**).

2. táblázat. *Egyes növények és állatok házasításának helye és ideje*

Forrás: Mannion, A. M. 1991. Global Environmental Change. A Natural and Cultural Environmental History J. Wiley and Sons Inc., New York

Állat	Terület	Megközelítő idő (i.e.)
Kutya	Közép-Kelet	10 ezer év
Kecske	Közép-Kelet	7 ezer év
Sertés	Közép-Kelet	5 ezer év
Ló	D-Oroszország	4 ezer év
Csirke	India; Burma	2 ezer év
Növény	Terület	Megközelítő idő (i.e.)
Búza	Közép-Kelet	7-8 ezer év
Árpa	Közép-Kelet	6,5-7,5 ezer év
Borsó	Közép-Kelet	6,5-7,5 ezer év
Bab	Trópusi Amerika	5,7 ezer év
Kukorica	Trópusi Amerika	5,5 ezer év
Olajbogyó	Ázsia	4,0 ezer év

A kutya megszelídítése a földművelés előtti korszak utolsó szakaszára esik. Használták vadászatra, szállításra, éhség idején esetleg táplálékra, továbbá őrzésre is. A kutyák nagyon fontosak voltak a vadászatban, hiszen fölfedezték a vad tartózkodási helyét, annak vándorlási útvonalát, bekerítették, és esetleg meg is ölték azt.

A vadászó ember tevékenységét összehasonlítva a pásztorkodó emberével, azt a lényeges különbséget láthatjuk, hogy amíg a vadászat során az ember az állatok mozgását követte, azokkal mintegy együtt vándorolt, a pásztorkodó ember ezzel szemben állatcsordák mozgását már tudatosan befolyásolta, ill. gondoskodott arról, hogy megfelelő élelemhez és vízhez jussanak, igyekezett megvédeni őket a ragadozók ellen. Tehát ez utóbbi, az

² Amíg a vadászatban résztvevő emberek száma elenyésző volt a rendelkezésre álló vadak számához képest, a végtelen vadászmezők mítosza szilárdan állt. Amikor az éghajlati változások, vagy a vadászat tökéletesedése megtizedelte a vadállományt, ez a mítosz valószínűleg megingott. Hasonló eseményeknek vagyunk tanúi manapság is, hiszen a fogyasztói társadalom növekedés-mítosza meginogni látszik a rendelkezésre álló természeti erőforrások korlátozottságának felismerése következtében.

ember olyan tudatos tevékenysége, amelynek következményeképpen bizonyos állatfajok előnyt élveztek, míg mások nem. Ezen kívül az is előfordulhatott, hogy bizonyos területeket túllegették, s ezért azok növényállománya is átalakulhatott. Fontos megjegyeznünk azonban azt, hogy ezeknek csak lokális hatása volt a természetre.

A növénytermesztés

A következő jelentős változás az ember és a környezet kapcsolatában a növénytermesztés megjelenése volt. Ennek feltétele, hogy az ember a termesztésre szánt terület eredeti növénytakaróját kiirtsa, s helyette az általa hasznosnak ítélt növényeket szaporítsa el, és azok számára biztosítson megfelelő körülményeket. Ez már egyértelműen az adott terület eredeti élővilágának radikális átalakítása.

A mezolitikumban (időszámítás előtti 8-10 ezer év) állandósulni kezdett a helyhez kötött életforma és az ennek megfelelő földművelés kialakulása. Ezzel párhuzamosan az ember számos állatot háziassított, és a növénytermesztés mellett egyre inkább kihasználta az erdőségek nyújtotta lehetőségeket. Így pl. építkezésre, tüzelésre használta a fát. Ez lehetőséget adott már nagyobb települések kialakulására is (pl. Jerikó romjai 8 ezer évesek). Megfigyelhető a kőszerszámok finomabb kimunkálása, csiszolása, és a neolitikumban kerámiatárgyakat is készítettek. Mindezeknek fontos környezeti következményei lettek. Talán a kertészeti termesztés volt az első fontos tevékenység, melynek során gyümölcsöket termő növényeket ültettek egy kisebb területre, s ezeket a területeket – az állatok károkozását megelőzendő – bekerítették. Később különböző gabonaféléket termesztettek, amelyek a természetre, bioszférára nem jellemző rendszerként jelentek meg.

A vad búza természetes tulajdonsága, hogy a magok a kalászból kihullnak. Az ember szempontjából ez nem volt előnyös tulajdonság, hiszen csökkentette a betakarítható magvak mennyiségét. Az ember azt a búzanövényt részesítette előnyben, amely nem volt képes kiszórni a magvait a kalászból. Ezáltal nagyobb mennyiségű magot tudott betakarítani. Ezek voltak az első jelei az ember okozta tudatos diszkriminációnak, azaz bizonyos fajok előnyben részesítésének más fajokkal szemben.

A neolitikumban olyan változás indult meg, amelynek messze ható következményei lettek. Az ember és környezete közötti viszony alapvetően megváltozott, hiszen az ún. neolitikus forradalomnak (az élelemtermelés forradalma) alapvető sajátossága az, hogy az ember céljaihoz – mint például az élelemtermelés – igyekezett átalakítani, megváltoztatni a természetet. Egy olyan folyamat kezdete, amelynek lényege az, hogy az ember már nem a természethez alkalmazkodik, hanem a természetet alakítja át saját igényeinek megfelelően, egyre nagyobb hatékonysággal.

A növénytermesztés megváltoztatta a talajok addigi természetes anyag- és energiaforgalmát. A természetes vegetáció kiirtása csökkentette a biológiai sokféleséget. Talán az erdőirtások következtében jöttek létre a legnagyobb regionális változások, ezek azonban még nem tekinthetők maradandónak. A növénytermesztés és az állattenyésztés létrejöttével bekövetkező jelentős változás a Földön az emberek létszámának jelentős növekedése.

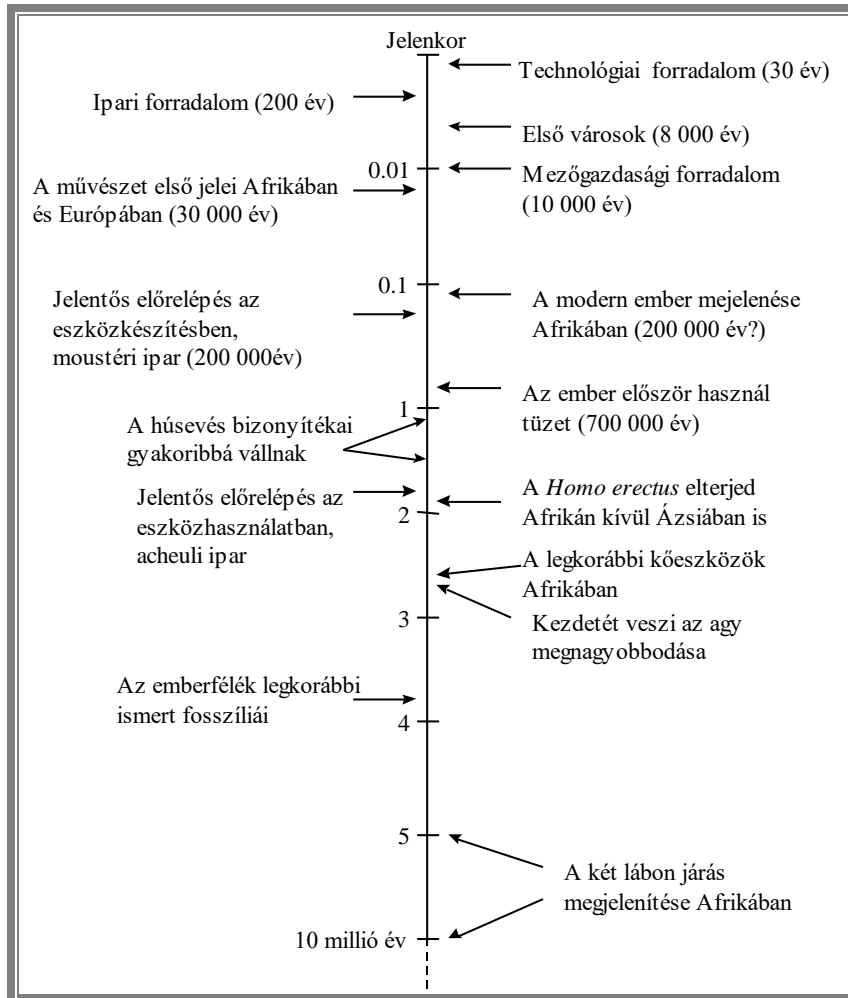
A hulladékok, szennyeződés

Az emberi tevékenységre az ősidőkben keletkezett hulladékból is következtethetünk. Érdekes megjegyeznünk, hogy a korai régészeti leletek közül szinte hiányoznak a halak, a kagylók, vagy olyan tárgyaknak a maradványai, amelyekért az embernek le kellett volna küzdeni a vizet, mint fizikai és pszichológiai akadályt, azaz csónakot kellett volna használnia, vagy a mélybe kellett volna merülnie. Nincs tehát bizonyíték arra vonatkozóan, hogy a földművelést megelőző korszak kései szakaszában az ember jelentősen kiaknázza volna a víz adta lehetőséget (hiszen ha így lett volna, pl. kagylófogyasztás esetén nagy hulladékhalmoknak kellett volna fennmaradniuk, mint arra később – a felső paleolitikumból – rá is találtak).

A lokális környezetben kialakult szennyeződések, melyek lehettek természetes vagy emberi eredetűek, befolyásolták az ősember egészségi állapotát. Már 200 000 évvel ezelőtt élt emberfélék csontjaiban is felfedeztek nehézfém-szennyeződést, azonban ennek feltehetően geológiai oka volt. A csontokból kimutatott ólommérgezés arra utal, hogy a környezet, amelyben éltek, olyan vizet biztosított, amely a közeli érctelepekből nehézfémet oldott ki. Janssens feltevése szerint az új-kőkori kőbányákban dolgozó emberek, akik a kovakőfaragással foglalkoztak, szilikózisban szenvedhettek, mivel egész nap minden lélegzetvételükkel a saját tevékenységük által létrehozott kőport szívták be.

A fenti példákból is jól látszik, hogy az emberi tevékenység és természet közötti viszony az ősidőkben sem volt tökéletes.

(A témához ajánlott olvasmány: *Daniel Quinn: Izmael, Múzsák Kiadó 1993.* A könyv egy részlete a függelék 200. oldalán olvasható.)



2. ábra. Az emberiség történetének néhány fontos eseménye
 Forrás: Richard Leakey: *Az emberiség eredete*, Kulturtrade, 1995.

ÓKOR

A két folyó völgy közötti Mezopotámiában fejlett művészetről és tudományról beszélhetünk. Ide kapcsolódik az első ismert irodalmi emlékünknél, a *Gilgames-eposz*. Erre a korra emlékeztet bennünket Babel tornya, az agyagtáblák, az egyiptomi építészet hatalmas alkotásai, a piramisok, az oszlopcsarnokok, vagy a görög epika remekművei, mint például az *Iliász*, az *Odüsszeia* és az *Antigoné*. A kor csodálatos irodalmi művei nemcsak a görögök isteneiről vagy saját történelmükről szólnak, hanem ezekből a művekből megismerhetjük az akkor élt emberek mindennapjait, vagy a kovácmesterség és az ötvösség fortélyait egyaránt.

Tudomány, technika

Új alapanyagok: a fémek

A fémekről, mint az adott időszakra jellemző alapanyagokról korszakokat is neveztek el (réz-, bronz-, vaskor). Ez a korszakfelosztás azonban erősen vitatott. Azokban az időkben nem tettek különbséget a réz és a bronz között. Még a görögök sem használtak külön nevet. A khalkosz egyszerre jelentett rezet és bronzot is. Számunkra azonban nem a korszakok elnevezése a fontos, hanem az, hogy az addig megszerzett természetismeretet és technikai tapasztalatokat hogyan használták föl új alapanyagú eszközök készítésére. A bronz (fémek) felhasználása lényeges minőségi változást hozott, hiszen lehetővé tette a természeti anyagok egyszerű felhasználása helyett a bonyolultabb eszközkészítést.³

Hogyan jött rá az ember a réz és a bronz előállításának titkára? Nem tudjuk pontosan. Ma úgy gondoljuk, hogy a fazekas mesterek voltak azok, akik rendelkeztek kellő anyag- és eszközismerettel ahhoz, hogy megtegyék az első lépéseket ezen az úton. Ők nagyon jól ismerték a tűz tulajdonságait, és a kemence felhasználásának különböző módjait. Talán a fazekak kiegészítése során ők vették észre, hogy valami furcsa, addig ismeretlen tulajdonságú anyag (réz, vagy inkább bronz) maradt vissza. A réz 1100 °C-on olvad. Abban az időben már körülbelül 1200 °C-ot tudtak elérni a kemencékben, tehát a réz olvasztása nem jelenthetett problémát. Mai

³ Történelmileg csak attól az időponttól számítjuk a vaskort, amikor jelentős számban jelentek meg a vasszerszámok és a fegyverek. Valószínűleg az első nyersanyagként használt vas meteorból származott. Erre utal magas nikkeltartalma, illetve bizonyos nyelvemlékek is. Egyiptomban is és Kínában is „égi fénynek” hívták a vasat. A görögök sziderosznak „égi kőzetnek”. Mindezek arra utalnak, hogy a vas, melyet az istenek ajándékának tekintettek, meteorként hullhatott alá az égből.

ismereteink alapján azonban pontosan tudjuk, hogy nem egyszerűen réz olvasztásáról van szó, amikor malachitból vagy kupritből akarunk rezet előállítani, hanem az elemi fém előállításához az érceket redukálni kell (azaz az oxidációs állapotokat valamely redukálószer segítségével meg kell változtatni). Ehhez új ismeretekre, új tudásra volt szükség. Rá kellett jönni, hogy a különböző rézérceket a faszénnel (redukálószerrel) hogyan kell rétegezni, és a tüzet úgy kezelni, hogy az égéshez elég oxigén legyen, de csak annyi, hogy a redukciónak ne akadályozza meg.

Új mesterség volt tehát születőben, melyhez a tűz újszerű fölhasználására, és új anyagismeretre volt szükség. Kísérletezni kellett a fazekasok által már jól alkalmazott kemencével. Meg kellett ismerni, hogy a különböző színű kövekből (ásványokból), a zöld malachitból, a kék azuritból stb. hogyan lehet új tulajdonságú anyagokat (fémeket, ötvözeteket) előállítani. A kovácsoknak, fémelőállító mestereknek jól kellett ismerni a különféle érceket, és mintegy kikísérletezni, melyik érchez milyen másik ércet, és milyen arányban kell tenni a kemencébe ahhoz, hogy jól sikerüljön a kiolvasztás, és jól felhasználható anyagot állítsanak elő. A próbálkozások közepette rábukkanhattak a kassziteritre, azaz az ón-oxidra, amelyet a rézércekhez kellő mennyiségben adva olyan fémeket eredményez, amelyből jó kardok kovácsolhatók, és más eszközök is önthetők.

Feljegyzések szerint már az i.e. 3. évezredben felfedezték, hogy bizonyos esetekben, amikor rezet vagy bronzot akartak előállítani, akkor valami addig ismeretlen, szürkés, fémszerű anyagot kaptak, amely ugyan nem volt olyan kemény, mint a bronz, de volt egy jó tulajdonsága: könnyen lehetett kalapálni. Ez a ritka anyag (ritka, mert ritkán sikerült előállítani) az i.e. második évezredtől a királyok ékszere, adók és ajándékok eszköze lett. Így lehetséges az, hogy a vas a történelmi időkben az ezüsthöz és az aranyhoz is többet ért.

Ha vasat már az i.e. 3. évezredben is ismerték, mi az oka annak, hogy nem vált a szerszámok alapanyagává ebben az időben? Az ok egyszerű: még nem rendelkeztek a fémmegmunkálás mesterei azzal a tudással, azokkal a technológiai ismeretekkel, amelyek szükségesek voltak ahhoz, hogy nagy mennyiségben és megbízhatóan elő tudják állítani. Akkor azonban, amikor a tengeri népek áradatával a második évezred végén megszakadt a bronz- és a rézkereskedelem, nagy szükség lett egy olyan alapanyagra (a vasra), amely a szerszámok alapanyagául szolgálhat. Ez nagy lökést adott a technológiai problémák megoldásának. A vas tiszta állapotban 1500-1600 °C között olvad, azonban ebben az időben a fémművesek nem tudtak ilyen magas hőmérsékletet előállítani (erre Európában egészen a középkor végéig kellett várni). 1200 °C-ig már biztonsággal tudtak eljutni, és ez elegendő ahhoz, hogy vasércekből redukcióval előállítható legyen a vas, és a kohókban úgynevezett „virág” formájában megmaradjon. Ebből kovácsolással ki

lehetett kalapálni a vasat. Az így előállított fém sajnos puha és lágy volt, ezért fegyverek készítésére nem volt alkalmas. Rá kellett arra jönni, hogy ha ezt a kikalapált vasat faszén tüzebe rakják, akkor a tűz valami olyasmit tesz vele, amely jó irányba változtatja meg tulajdonságait. Hogy mit tesz a tűz? Ennek magyarázatára a XVIII. század végéig kellett várni. Ma már tudjuk, hogy a tűzből a vas szenet vesz föl, és ha a széntartalma 0,1-1,5 % közötti, akkor kemény, rugalmas anyag, acél állítható elő.

Az ókori kelettől eltérően Kínában már ebben az időben is rájöttek arra, hogy ha a vas szenet vesz föl, akkor 1150 °C-on olvad. Így alakult ki a kínai öntöttvas technológia, míg Európában maradt az úgynevezett kovácsoltvas technológia.

Az acél előállítása valamiféle mágikus dolog volt, mert nem tudták pontosan megmagyarázni, mi is történik. A tudás csak szájhagyomány útján őrződött meg és terjedt, ezért nem csoda, hogy a kovácsok körül annyi legenda született. *Homérosz* (i.e. VIII. sz.) is megemlíti az *Odüsszeiában* az acélkészítés bizonyos lépéseit. Például azt írja egy helyen: „*Odüsszeusz a nagy, kihegyezett, izzó fadorongot beledöfte Polüszémosz szemébe, és közben az óriás egyetlen szeme elkezdett sisteregni, forrongni, úgy, mint mikor a kovács a tűzbe mártja a vasat.*”

Mezopotámia

5-6 ezer évvel ezelőtt világszerte hatalmas birodalmak alakultak ki, mint például Perzsiában, Egyiptomban, Indiában, Kínában. Számunkra azok a birodalmak, kultúrák a fontosak, amelyek a mediterrán térséghez kapcsolódnak, hiszen a tudomány kialakulása a földközi-tengeri kultúra szülötte.

A legutóbbi időkig azt hittük, hogy az egyiptomi kultúra a legősibb alapja az úgynevezett európai kultúrának. Azonban az i.e. 4. évezredben az egyiptomi kultúrát megelőzte a sumér kultúra, melynek sok olyan dolgot köszönhetünk, amelyre az egyiptomi és az azt követő kultúrák művészete, gondolkodása, tudománya is épül. Már abban az időben is alapvető változások következtek be a közlekedésben és a teherhordásban, hiszen fölalták a kereket és a kocsit, de nekik köszönhető a kezdetleges csónak és a kezdetleges vitorlás megalkotása is. Ezek a ma egyszerűnek tűnő találmányok oly nagy jelentőséggel bírtak, hogy továbbfejlesztve tulajdonképpen a mai napig is használjuk őket. A találmányok sora tovább folytatható, hiszen az agyagedények készítésében szintén jelentős változást hozott a forgókorong megalkotása. Szintén jelentős alkotás volt a téglá égetése, amely az építkezésben hozott jelentős változást. Mindezek mellett, és ezekre alapozva, egyre szervezettebb kereskedelem jött létre, és ugyancsak

a suméroknak köszönhető a számolás és az írás alapjainak megteremtése, amely rendkívül nagy jelentőségű változásokat indított el.

Ahogy az előző fejezetben láttuk, a falfestmények, sziklarajzok és ősi alkotások is közvetítenek bizonyos információt az akkori emberek természetismeretéről, de a gondolkodásukról és tudásukról pontosabb ismereteket ad az írás maradandó jelleggel olyan módon, hogy azt egymásnak és az utódoknak is át tudták adni. A sumérok kezdetben piktogramokat használtak, ez tulajdonképpen nem írás, hanem rajzolás, később a rajzból ideogram lett, ami még szintén inkább csak rajzolás. Az igazi írás akkor valósult meg, amikor a piktogram fonogrammá alakult. A Mezopotámiában élő népek (sumérok, akkádok, babilonok, asszírok) agyagtáblát és íróeszközt használtak. Az agyagtáblákat égették, és ezzel rendkívül időtállóvá tették.⁴

A jelentős alkotásaik közé sorolhatjuk a faekét is, amely lehetővé tette a gabonatermés mennyiségének a növelését, és ezáltal a város nem termelő lakosságának, papoknak, hivatalnokoknak, „tudósoknak” az ellátását. Mezopotámiában a sumérok az akkori mérték szerinti hatalmas, 30-50 ezer lakosú városokat hozták létre, mint például Uruk, Eridu, Labash. Ezeknek a városoknak a központjában egy-egy templom állt, amelyek, személyzete olyan papokból állt, akik egyben a városállam vezető hivatalnokai is voltak és közülük kerültek ki a kor „tudósai” is.⁵

Ők voltak azok, akik a csatornázáshoz és az építkezéshez szükséges bonyolult számítási módszereket is ismerték. Volt szorzótáblájuk, tudtak négyzetre emelni, gyököt vonni, területet számolni. Naptárt alkottak, melynek alapját a Hold mozgása határozta meg. A napot 24 órára osztották,

⁴ A neolitikumot követő időszakban sajátos változások következtek be. Az írás megjelenésével jól követhető, hogy a férfi és női, azaz a dinamikus és statikus folyamatok jellemzően kettéváltak.

Egyes szerzők szerint, mint például *Mumford*, ezek a folyamatok, tevékenységek a férfiaknál azok, amelyek erőt igényelnek, és mennyiségi változást hoznak létre, mint pl. szállítás, szakítás, húzás; a nőknél pedig olyanok, amelyek alapvetően nem igényelnek nagy fizikai erőt, ugyanakkor minőségi változást okoznak, mint például nyers anyagok megfőzése, erjedési folyamatok stb. Más szerzők ezt a véleményt nem teljesen osztják - azaz a folyamatok jellemzően kettéválását -, azonban tényként kell elfogadnunk, hogy az írásos történelmünk a férfiak uralmával kezdődött, akik hatalmukat valóságos és misztikus erőkre alapozták.

⁵ A Nílus és az Eufrátesz mentén a „tudósok”, mint az isteni uralkodók képviselői ténykedtek és elsősorban nem alkotó, kutató tevékenységgel és természettudományos kísérletezéssel foglalkoztak. Tevékenységük szorosan összefüggött a hatalomgyakorlással és a kereskedelemmel. Természetesen ezt a mai tudományról is elmondhatjuk, hiszen ma is jellemzően a tudományos tevékenység része a tudomány- vagy a kutatásirányítás és azzal összefüggő kapcsolatok a hatalommal és a gazdasággal.

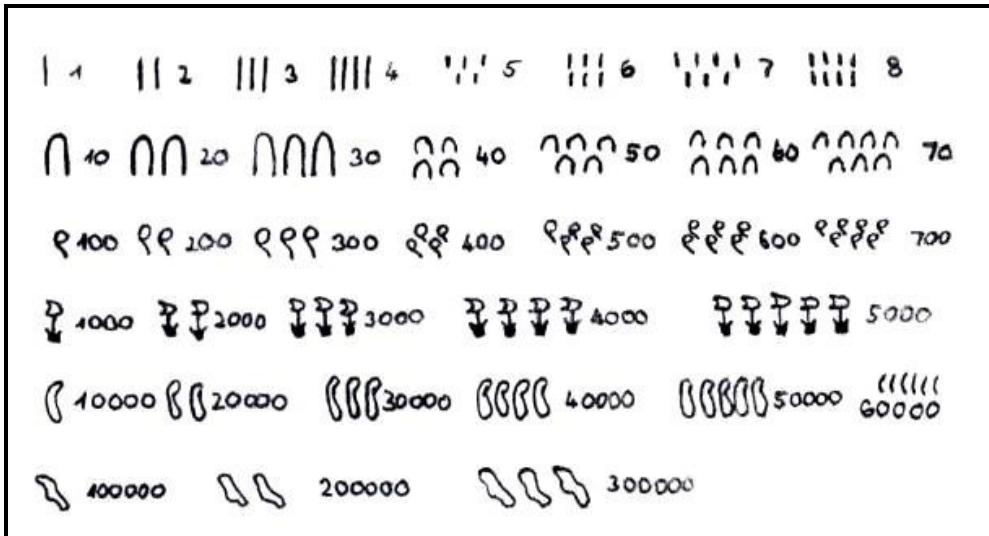
az évet pedig 12 holdhónapra. Ez utóbbinak az lett a következménye, hogy időnként 13. hónapot kellett beilleszteni, hiszen a 12 Holdhónap nem adta ki a 365 napot. Tudásukat a templomukhoz tartozó iskolákban adták tovább, itt tanították az írást, a számolást és a gyakorlati ismereteket.

Egyiptom

A Nílus völgye Mezopotámiához hasonlóan nagyon kedvező feltételeket biztosított egy sajátos kultúra kialakulásához. A Nílus minden nyáron szinte mindig azonos időben kiöntött, ezzel megtermékenyítette azt a partvidéket, amely lehetőséget biztosított a földművelésre, és ehhez alapot egy kultúra kialakulására. *Seneca* (i.e. 4 – i.sz. 65.) római filozófus, Néró tanítómestere a következőképpen ír erről: „*A Nílus hatalmas színjátékot mutat be akkor, amikor a földeket elárasztja. A síkság talaja eltűnik, a dombok alámerülnek a vízben, és a falvak csak kicsiny szigetekként emelkednek ki belőle.*”

Egyiptom az i.e. 2900-tól vált birodalommá. Ezt mintegy 3000 éven keresztül sikerült is megtartania. Szinte már az első dinasztiától kezdve tudtak írni, számolni, épületeket emelni, gyógyítani, különböző művészeti alkotásokat létrehozni. Ez az állapot az ezredévek alatt szinte alig változott, ezért szokták az egyiptomi kultúrát mintegy merev egységet jellemezni. Ennek az oka feltehetően a halálkultusz. A gyógyítás tudományához hozzátartozott, hogy leginkább csak a régi orvosok utasításait és tapasztalatait volt szabad követni (a tetemeket is csak az arra kitűzötteknek volt szabad balzsamozni, de boncolni, azaz részletesen tanulmányozni még azoknak sem). Ez eleve lassította az orvostudomány fejlődését.


Hasonlóan, mint Mezopotámiában, az építkezés, a csatornázás, a hivatalnoki munka, az adók nyilvántartása, a termények raktározása, mind-mind számítást igényelt. Ennek megfelelően az egyiptomiak tudtak is számolni, bár mai szemmel nézve egy kissé nehézkesen. Alapvetően a tízes számrendszert használták és minden értékhez más-más jelet használtak (**3. ábra**).












3. ábra. Az egyiptomi számok hieroglifái.
 Illusztráció: Lengyel Adél









Az első, általunk tudósnak is nevezhető ember az egyiptomi *Ümhotep* nevű bölcselő volt, aki időszámításunk kezdete előtt 2770 körül élt, és *Dzsószer fáraó* minisztere, építésze, csillagásza, fizikusa volt. Feltehetően neki köszönhető az Óbirodalom Napon alapuló naptárának bevezetése. Ebben az időben az egyiptomi időszámítás relatív volt, azaz minden uralkodó uralkodásához külön időszámítást rendeltek, amely az adott fáraó hatalomra jutásával kezdődött. (A következőképpen adták meg az egyes időpontokat: „*Ramszesz fáraó uralkodásának 4. évében az áradás 2. hónapjának 14. napján.*”)


Az egyiptomi papcsillagászok által leginkább tanulmányozott égitest a Nap volt. Igyekeztek pontosan követni és feljegyezni a Nap minden mozgását. Megfigyeléseik központja – mai tudásunk szerint – Héliopolisz volt. Erről a később élt görög csillagászok is elismerően írtak: „*Az éggel kapcsolatos dolgokban rendkívül járatosak voltak.*” A Nap mellett más csillagokat is tanulmányoztak, mint például a Szíriuszt, amely az északi égbolt legfényesebb csillaga. Felkelését a Nap felkelésével, illetve az Nílus áradásával hozták összefüggésbe. Bármennyire is fontos eseményhez kapcsolódott a Szíriusz csillag mozgása, az egyiptomi tudóspapok az időszámítást a Naphoz kötötték és megalkották az első Napon alapuló

 = az áradás ideje

1   = Thoth 3   = Athyr
 2   = Phaophi 4   = Choiak

 = a vetés ideje

5   = Tybi 7   = Phamenoth
 6   = Mechir 8   = Pharmuthi

 = az aratás ideje

9   = Pachon 11   = Epiphi
 10   = Payni 12   = Mesari

4.ábra. Az egyiptomiak naptárukat a Nap járására alapozták. Egy év 3 évszaktól állt, melynek mindegyik négy hónapra tagolódott. Az első évszak az aratás a Thoth nevű hónapban kezdődött és a Choiakig tartott. A vetés évszaka a Tybitől Pharmuthi hónapjáig húzódott. Pachon havától kezdődően az év utolsó hónapjáig, Mesariig tartott az aratás időszaka.

Ilusztráció: Lengyel Adél, „Az év” (<http://www.goranga.cd/mb/lt>) alapján

naptárt. Ők 365 nappal számoltak, három évszakkal, úgy, mint „Áradás”, „Vetés”, „Aratás”. Ezek mindegyike négy hónapból állt, és minden hónap 30 nappal. (4.ábra.) Így öt nap megmaradt minden évből, amelyet az év végéhez csatoltak. Az egyiptomi naptárt Julius Caesar i.e. 45-ben tökéletesítette. A tökéletesítés lényege az volt, hogy minden negyedik év február hónapjában egy szökőévet vezetett be, és különböző hosszúságú hónapok követték egymást. Ezt a naptárt, amelyet tulajdonképpen még ma is használunk 1582-ben XIII. Gergely pápa tökéletesítette tovább.

A mai természettudományok számoláson és a mennyiségek mérésén nyugvó alapjait tulajdonképpen ezen időszak mérő, számoló, jegyzőkönyvet vezető állami hivatalnokai dolgozták ki, akik inkább hasonlítottak a mai könyvelőkre, mint kutatókra. A hivatali tevékenység során olyan hatalmas adattömegekkel kellett megbirkózni, amely fokozatosan ahhoz a változáshoz vezetett, amelynek eredményeképpen kialakultak a már tudatosan művelt

tudomány alapjai. Emellett fokozatosan fejlődött az írás, amely az ember egyik legnagyobb intellektuális találmánya. Akár a naptárkészítést, akár a hivatalnokok könyvelőmunkáját tekintjük, úgy tűnik, a tudomány alapjainak kialakulásában a mindennapi gyakorlati tevékenységek játszottak fontos szerepet, nem csak a miszticizmus, mint például a csillagjóslás.⁶

A csillagjóslást egyébként a babiloniak hozták létre. Bármennyire is misztikusnak tűnik ez a tevékenység, mégis volt fontos szerepe az egzakt tudományok kialakulásában, hiszen ehhez a tevékenységhez olyan dolgok társultak, mint például az égitestek pontos és alapos megfigyelése, és a változások leírása. A csillagjósláshoz szükséges adatok gyűjtése jóval túlment a gyakorlati igényeken, hiszen állócsillagok és a bolygók mozgására vonatkozó olyan adatokat is összegyűjtöttek, amelyekre a mindennapi tevékenység során nem volt szükség. Így a babiloni csillagjósok vagy csillagászok éppen ezekkel a megfigyelésekkel lehetővé tették azt, hogy kialakuljanak azok az alapok, amelyekre épülve a görögök létrehozhatták azt, amit ma tudománynak nevezünk.

Az egyiptomi kultúra sajátosságához hozzátartozott, hogy lényegében hiányzott belőle a valódi természettudományos érdeklődés. Az a kíváncsiság, ami a tudomány előrehaladásához feltétlenül szükséges és ami a görögökre nagyon jellemző volt. Egyiptomban leginkább a technika volt fejlett és a halálkultusz ellenére az orvoslás is fontos szerepet töltött be. *Hérodotosz* (i.e. 500-424.) írja, hogy „*úgy tűnik Egyiptomban minden hely orvosokkal van ellátva, és minden orvos csak egy bizonyos betegséggel, vagy egy adottságnak a gyógyításával foglalkozik.*” Ma ezt úgy mondanánk, hogy rendkívül nagy fokú volt a specializálódás. A leghatásosabbak az úgynevezett empirikus gyógyítás területén voltak, vagyis nagyon sok olyan tapasztalatot gyűjtöttek össze és alkalmaztak, amely hatásos gyógyszerek készítését tette lehetővé. Fölhasználták a növények virágát, gyökerét és a legkülönbözőbb anyagokat, egészen az állati ürülékig. Mindezek mellett az orvos természetesen az írástudók közé tartozott.

Az egyiptomi isteni királyság mítoszának gyengülésével párhuzamosan jött létre egy olyan változás a tudomány területén, amely a klasszikus görög városállamokhoz kötődik, és legtöbbször csak úgy emlegetünk, mint a „görög csodát”.

⁶ A templomok falai mögött a tudósok sok olyan ismeretet őriztek, melyek a legtöbb ember számára érthetetlenek és ugyanakkor titkosak is voltak. Sajnos a mai tudomány is megőrizte ezt a sajátságát.

A görögök

A görögök (indogermán törzsek) eredete – hasonlóan a legtöbb ősi nép származásához – nem ismert pontosan, azaz nem tudjuk honnan jöttek, honnan származnak. Jelenlegi ismereteink szerint kb. az i.e. II. évezred kezdetén dór, ión és aiol törzsek szóródtak szét a hegyek között a Balkán-félsziget déli részén. Birodalmat nem alkottak, egyszerű fegyverforgató pásztortörzsek voltak.

A krétai kultúra lehanyatlását követően i.e. XV. század táján kezdett a görög kultúra kiemelkedni. Az i.e. IX. században mai kultúránk szempontjából rendkívül jelentős folyamat kezdődött. Az addig használatos képirással vagy ékírással szemben a görögök fokozatosan átvették a betűírás tudományát a föníciaiaktól, és azt fokozatosan módosították. Bővítették magánhangzókkal, megváltoztatták a betűk alakját, az írás irányát. Az így kialakult görög írás lett minden európai írás őse. Miután megszületett a görög ábécé, lehetőség volt az addigi, szájhagyomány útján őrzött ismeretek leírására. Így maradhattak ránk *Homérosz* és *Hérodotosz* költeményei is.

A természetfilozófia kezdetei

A görög természetfilozófia kezdetei az i.e. VI. századra tehetők. A görög világban az isteni és a világi hatalom már nem fonódik olyan szorosan össze, mint például az egyiptomi vagy a sumér kultúrában, melyeknek ez az összefonódás az alapját jelentette. Az isteni és a világi hatalom lassan szétesett, és ebben az időben átadta helyét a demokratikus polisznak. *John Burnett, Korai görög filozófia* című művében azt írja: „*A természettudományt úgy lehet legtalálóbban jellemezni, hogy az a régi görögök módján való gondolkodás a világról.*” Ez feltehetőleg azt jelenti, hogy a görögöknek sikerült leginkább megérteni a világ történéseit, folyamatait, és ezeket gondolatban összefoglalni és megismételni. Egyben azt is jelenti, hogy a görögök azok, akik a leginkább formálták az úgynevezett nyugati kultúrát és gondolkodásmódot. Az ión természetfilozófia, azaz a görög felvilágosodás jellemzője az önálló gondolkodás volt, amelyeket elő lehetett adni, a beszédek helyességét ellenőrizni lehetett, ellenvéleményeket lehetett megformálni, és ezzel vitát alakítani ki. Ennek eredményeképpen az intuitív gondolkodás, a logikai érvelés meggyőző erővé vált.

Melyek voltak a jellegzetességei ennek az eddigiéktől eltérő gondolkodásnak? A görögök minden gondolati helyzethez keresték az ellenhelyzetet, hogy az állításokat megkérdőjelezzék, vagy megcáfolják. Tézisek és antitézisek bonyolult útjaiból érveléssel próbáltak új ismereteket nyerni. Gondolkodtak mindenről, ami lehetséges. Ez a lehetőségekben való

gondolkodás a mai értelemben vett egzakt természettudományok kezdetének tekinthető.

A természetfilozófusok gondolkodásmódjára az volt a jellemző, hogy megkísérelték a természet sokféleségét a „naiv” természet-megfigyelés alapján egyetlen őselvben megragadni, amit valamilyen *szubsztanciában* (víz, levegő, tűz, föld) vélték megtalálni. *Thalész* (i.e. 625–545) a dolgok őselvét, okát a vízben jelölte meg. Ő a vizet tartotta annak az őselemnek, amely mozgása során fokozatosan más anyagokká alakul át. Tanítványa, *Anaximandrosz* (i.e. 611–546) meghatározatlannak, megfoghatatlan *apeiron*-nak vélte az őselemet. Úgy képzelte, hogy a világegyetem egy üres gömb, és ennek a közepén a Föld egy szabadon lebegő korong. Ő volt az első, aki térképet rajzolt, ezért tekintik a földrajztudomány megalapítójának.

Hérakleitosz (i.e. 535–475) a világ lényegének, a mindenség őanyagának a tüzet tartotta, amely állandóan változik, vízzé és földdé alakul. A világot a szakadatlan változások, az ellentétek körforgásaként lévőnek tartotta. Felismerte a világban az örök változást és az ellentétek harcából születő fejlődést. Híres mondása: „*Pantha rhei.*” (*Minden folyik*).

Anaximenész (i.e. 585–525) szerint a levegő az őselem, míg *Arisztotelész* (i.e. 384–322) szerint a világ négy őselemből áll (vízből, tűzből, földből és levegőből), amely négy tulajdonság (meleg, hideg, száraz, nedves) kombinációjából jön létre. Ebből olyan következtetést vont le, hogy a tulajdonságok változtatásával az elemek átalakíthatók. *Arisztotelész* megkülönböztetett még egy ötödiket is – a quinta essentia-t, amit sokáig világegyetemnek képzeltek a természettudósok. Az alkímisták ebből az ötödik elemből kreálták meg a misztikus bölcsek követ.

A milétoszi *Thalész* a fenti a gondolkodásmódnak jeles képviselője volt. Azt a gondolatot, hogy kezdetben létezett a víz, mint minden dolog őanyaga, amelyből aztán minden létező kialakult, és aztán újra visszaalakult, *Arisztotelész* a thalészi filozófia alapmotívumának tekinti. Nyilvánvaló, hogy *Thalész* gondolkodása hamis volt. De mi teszi mégis *Thalészt* korunkban sokkal inkább természettudományossá, mint az őt megelőző civilizációk természetkutató papjait? *Thalész* filozófiai iskolájában fogalmazódott meg először, hogy az egész világegyetem a természeti világhoz tartozik, és elvileg megismerhető. Megjelenik az a gondolat, hogy a levegőből, a földből és a vízből létrejöhetnek az állatok és a növények, és ezek később visszaalakulhatnak ezekké. Ez már egy alapjaiban újfajta gondolkodás. A világ folyamatait *Thalész* szerint már nem a szellemek és istenek irányítják, hanem ezek a folyamatok bonyolult mechanizmust alkotnak, melyeket az ún. természettörvények irányítanak. Ez lényegében ma is elfogadott a természettudományokban.

Eukleidész (i.e. 300 körül) *Elemek* című műve jó példája annak, hogy a görögök ebben az időben rendkívül nagy hangsúlyt fektettek a meggyőző bizonyítási eljárásokra. Ez lényeges különbség az őket megelőző időszakhoz képest. Fontos azonban azt is hangsúlyozni, hogy az ióniai görög tudósok a babiloniak és az egyiptomiak eredményeire támaszkodva hozták létre azt, amit ma görög csodának nevezünk. Jó példa erre *Thalész* jóslata az i.e. 585. évben bekövetkező kis-ázsiai napfogyatkozásra, hiszen *Thalész* ezt a jóslatát a babiloni megfigyelések részletes kiértékelése alapján hozta meg.

Fontos kiemelnünk, hogy amikor tudományról beszélünk nem egyszerűen csak a megfigyelési adatok gyűjtéséről és bizonyos számolások elvégzéséről, hanem bizonyításról és logikai következtetések láncolatáról beszélünk. Már a görögöknél is megjelenik az adott tudományterület bizonyított, elfogadott tételeinek rendszerbe kapcsolása, azaz az elmélet kidolgozása. A déli ión iskola egyik nagyon fontos eredménye az volt, hogy képet tudott adni a világegyetem keletkezéséről és történéseiről, és általában a minőségi változásokról. Hiányossága viszont az volt, hogy nagyon gyakran mellőzte a konkrétumokat. Ezeknek a megjelenéséhez egy fontos dologra volt szükség: a szám és a mennyiség fogalmának bevezetésére a filozófiában. Ez a híres számoszi *Püthagorász* (i.e. 570-480) nevéhez fűződik.

A püthagoreusok

Püthagorász (i.e. 570–480) és tanítványai (a püthagoreusok) váltak a rendszeres matematikai tudomány megteremtőivé. *Püthagorász* a számokban vélte megtalálni a világegyetem megértésének a kulcsát. Szemléletüket a következőképpen fogalmazták meg: „*a dolgok természetes lényege a szám*”. Különösen a 10-es számot tisztelték. A tízes számnak misztikus jelentőséget tulajdonítottak. Különböző számokhoz különböző tulajdonságokat kapcsoltak. Megkülönböztettek tökéletes számot, baráti számot. Nevükhöz fűződik a *Püthagorász-tétel*, a számtani- és mértani középátlagos tétele. Több tudománytörténeti írásból azt is megtudhatjuk, hogy a derékszögű háromszög oldalai közötti összefüggést a babilóniaiak i.e. 2000 táján már ismerték. Felfedezték az irracionális számokat, ennek nem örültek, a felfedezőt a legenda szerint a tengerbe vetették.

A püthagoreusok végezték az első fizikai méréseket. Ők a hangtani ismeretek első felfedezői. A hangtan területén számokkal kifejezhető törvényszerűségeket állapítottak meg. Megállapították, hogy az oktáv 1:2, a kvint 2:3, a kvart 3:4 hangköz viszonyának felel meg.

Bár *Püthagorásznál* újra megjelenik a miszticizmus, azaz például az égitestekhez isteni tulajdonságokat rendelt, azonban *Püthagorásznak*

köszönhetjük az egzakt természetkutatás megalapozását is, azaz az olyan tudományét, amely matematikai elmélettel rendelkezik.

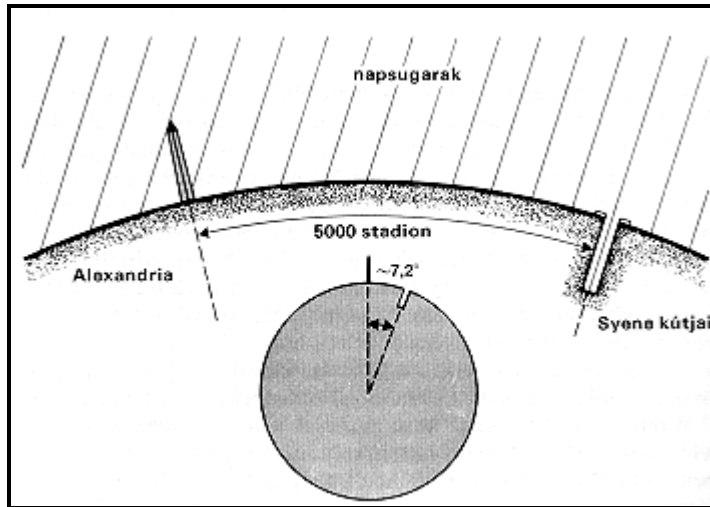
A geocentrikus világgép

Püthagorász életművéhez kapcsolódik a geocentrikus világgép megjelenése, amelyben a gömb alakú Föld áll a világegyetem középpontjában. A püthagoreusok legnagyobb csillagászati felfedezése a Föld gömb alakjának a felismerése. Mivel a tízet szent számnak tekintették, tíz bolygó létezésében hittek. Ők adták a világnak a kozmosz nevet, ami a görög filozófiában a rendezett világegyetem elnevezése.

Itt meg kell említenünk azonban azt is, hogy *Arisztarkhosz* (i.e. 320–250) egy olyan elméletet dolgozott ki, amely a mai heliocentrikus világgépünknek az elődje, hiszen ebben a rendszerben a Nap, mint központi égitest körül kering minden bolygó, a Földet is beleértve.

Az ókorban a bolygók mozgására vonatkozó legmaradandóbb modell *Cladius Ptolemaiosz* geocentrikus rendszere volt. Ennek segítségével bizonyos mértékig előre is meg lehetett mondani a bolygók helyzetét egy adott időpontban. Valószínűleg ez lehet az oka, hogy *Arisztarkhosz* heliocentrikus rendszeréhez nagyon sokáig nem tértek vissza. *Ptolemaiosz Syntax Mathematicae* című művében leírt bolygómozgás-elmélet egészen a reneszánsz ideéig tartotta magát, és olyan jelentős csillagászok is, mint például *Tycho Brahe* (1546–1601), aki *Kepler* (1571–1630) tanítómestere volt, még vallotta ezt a nézetet.

A görög csillagászat eredményeinél feltétlenül meg kell említenünk azt, hogy *Eraszthothenész* (i.e. 276–194) viszonylag egyszerű mérési módszerrel meghatározta a Föld nagyságát (**5. ábra**).



5. ábra. Eratosthenész, az alexandriai könyvtár igazgatója, az íróasztal mellett dolgozott ki hatékony módszert a Föld nagyságának meghatározására. Az ehhez szükséges adatokat a könyvtár archívumából szerezte meg.

Forrás: Walter R. Fuchs: *Mielőtt a Föld „mozgásba jött”* (A természetismeret történetéből). Minerva Kiadó, Budapest, 1978.

A Föld kerületére megközelítőleg 40 ezer kilométert kapott, azonban mégsem az ő eredményét, hanem *Poszeidoniosz* (135–51) hibás, kb. 30 ezer km körüli értékét fogadták el, s ez az érték adott alapot olyan térképek készítéséhez, amit Kolumbusz is használt, amikor nekivágott híres, India felé vezető útjának, mely Amerika felfedezéséhez vezetett.

„Α-τομοσ”, azaz oszthatatlan

A görög természetfilozófia egyik fontos kérdése az volt, hogy miből és hogyan épül fel az anyag. Hogy az anyag folytonos felépítésű-e vagy sem? *Démokritosz* (i.e. 460–370) vezette be a tudományba az atomhipotézist (i.e. 427-ben), vagyis azt a – ma már tapasztalatilag is igazolt – feltevést, hogy az anyag nem folytonos, hanem különálló részekből, atomokból épül fel. Véleménye szerint az üres térben zuhanó atomok összeütközése vezet a különböző anyagok keletkezéséhez. Azt is tanította, hogy az atomok egymástól csak az alakban, nagyságban és az elrendeződésükben különböznek, és minden anyag tovább már nem osztható atomokból áll. A milétoszi *Leukipposz* (i.e. V. század), aki *Demokritosz* tanítómestere volt korábban azt is kijelentette, hogy az atomok örökkévalóak.

Démokritosz determinista volt, a meghatározottság, a szükségszerűség elvét vallotta. *Epikurosz* (i.e. 341–270) folytatója volt ugyan a démokritoszi atomelméletnek, de szembeszállt a démokritoszi determinizmussal. Ő szenzualista volt, felismerte az érzékiséget, az élvezetek jogosultságát, de azt az értelemnek vetette alá. Ő már a különböző anyagok atomjainak nemcsak különböző alakot, hanem különböző súlyt is tulajdonított, közel járt az atomsúly elgondolásához. Az atomok diszkrét felépítését, az üres tér fogalmát vallotta, az atomok oszthatatlanságát és örökkévalóságát hirdette. *Anaxagorász* (i.e. 500–428) ugyancsak összetettnek vélte az anyagot. Szerinte az arany aranyelemekből, a hús húselemekből áll.

Ma már tudjuk, hogy az atomok oszthatók, és azt hogy *Anaxagorász*, *Leukipposz*, *Démokritosz*, *Epikurosz* által elképzelt részecskék kevéssé hasonlítanak az elemek valódi atomjaihoz. A klasszikus görög atomelmélet mindamelllett jelentős előrelépés volt, olyan feltevéseket tartalmazott, amelyekből a XVII. századi korpuszkuláris elmélet indult ki.

Ahogy a fentiekből is látható, a tudományos gondolatok keletkezésének kiindulópontját, vagy abszolút kezdetét megtalálni olykor szinte lehetetlen, hiszen ahogy haladunk visszafelé, mindig találunk olyan gondolatot, amely egy adott gondolatot előkészített. Sokszor olyan véleményekre találunk rá, amelyeket mások már sejtettek. *Démokritosz* sem volt egyedül az atomizmus tanával, hiszen ahogyan láthattuk többen is hasonlóan gondolkodtak. Mindannyian egy olyan tudományos gondolatot készítettek elő, amelynek hatása a mai tudományban is érezhető. Ez az atomelmélet volt.⁹

Démokritosz atomelméletének alaptétele a következő: „*Egy dolognak csak látszólag van színe, csak látszólag édes, vagy keserű, a valóságban csak atomok vannak és üres tér.*” Ebben a gondolatban az is benne rejlik, hogy amikor az ember a mikrokozmoszt szeretné megismerni, nem hagyatkozhat egyszerűen csak az érzékeire. Erre vonatkozóan a következőképpen hangzik *Démokritosz* egy megállapítása: „*Sokat kell gondolkodni, nem pedig sok ismeretet összegyűjteni.*”

⁹ Aki gondolkodik, nemcsak egyszerűen saját tapasztalatait rendezi bizonyos örökölt, és kipróbált rendszer szerint, amelyet kultúránk alapoz meg. A tapasztalatokon kívül bizonyos ideák is, előítéletek is benne foglaltatnak gondolataikban. Mai fogalmainkat olyanok alkották meg egy egymáshoz kapcsolódó gondolati láncból, mint Einstein, Newton, Plátón, Démokritosz, s az ő gondolataik előzményei pedig olyan múltban gyökereznek, melyekről ismereteink meglehetősen homályosak, sokszor misztikusak.

Demokritosz atomelméletének jellegzetességei röviden a következők:

- Az atomok¹⁰ rendkívül kicsinyek. Az anyagi minőségüket tekintetbe véve azonban egyformák, de változatos alakúak és nagyságúak. Ebben van közöttük a lényegi különbség.
- Ezek a részecskék áthatolhatatlanok, de ugyanakkor hatással vannak egymásra azáltal, hogy ütköznek, és a hasonló és különböző anyagok egymáshoz kapcsolódhatnak, ezáltal végtelen változatosságot alakítva ki.
- Az atomokon kívül üres tér van, mely térben az atomok állandó mozgásban vannak. Ebben a térben nincsenek kitüntetett irányok, a fent és lent, elöl és hátul egymással egyenértékű.
- Az állandó mozgás mindig jellemző, és magától fennmarad.
- A nehezebb atomok a középpont felé tartanak, míg a könnyebbek a középponttól kifelé és az ég felé mozognak.

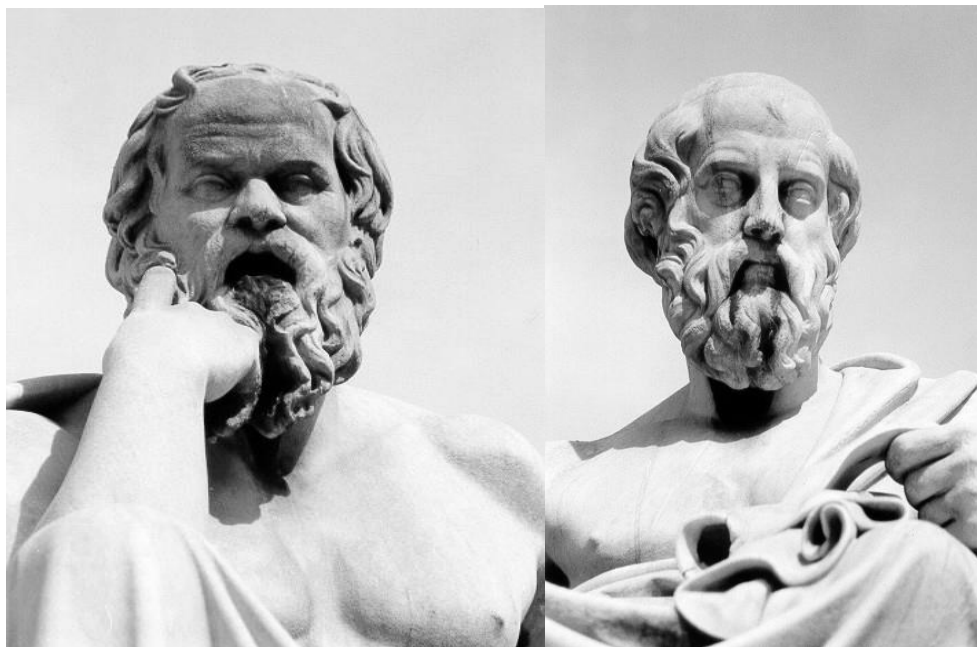
Demokritosz gondolatai nem elsősorban a tapasztalatokból származnak, hanem ideákból.¹¹

A mai természettudományos gondolkodáshoz már alapvetően hozzátartozik az, hogy egy kialakított rendszernek elegendően sok tétellel kell a tapasztalathoz kapcsolódnia. Ez a lényeges különbség a mai, és a *Demokritosz* kori gondolkodás között. *Demokritosz* azonban világosan különbséget tesz a valóság és az idea között. Szerinte egy test geometriai fogalma, és annak egy tökéletlen megvalósulása valós fizikai testben, lényeges különbség. Ez a megfontolás lesz *Platón* „Ideák tanának” alaptétele, azaz a dolgok, amelyeket a Földön tapasztalunk, az ideák tökéletlen másolatai.

¹⁰ Az „Α-τομος” = „a-tomos” görögül oszthatatlant jelent.

¹¹ Ahogyan Einstein mondta: „A következtetések ellenőrzése a tapasztalat segítségével nem történt meg *Demokritosz*nál.”

Szókratész és Platón munkássága



*6.kép. Szókratész és Platón szobra a Görög Tudományos Akadémia előtt.
Fotó: Kiss Ferenc*

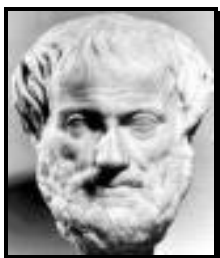
Szókratész (i.e. 469–399) görög idealista filozófus az ókori természetfilozófiát nem találta kielégítőnek, ezért az emberi tudat és gondolkodás elemzése felé fordította figyelmét. Vizsgálódásait leginkább az etikára korlátozta. *Szókratész* az etikai racionalizmus képviselője volt. Vizsgálataiban a jót kereste, önmegismeréssel foglalkozott. Műveket nem írt, nézeteit tanítványai, köztük *Platón* írásaiból ismerjük. *Szókratészt* élete végén megvádolták új istenségek hirdetéséért, valamint az ifjúság megromlásáért perbe fogták, és i.e. 399-ben halálra ítélték. A börtönben maga itta ki a méregpoharat. A Vének Tanácsa, amely az ítéletet meghozta, 500 tagú volt. 280 tag bűnösnek ítélte meg, míg 220 nem tartotta bűnösnek.

Platón (i.e. 427–347) görög filozófus, az idealizmus képviselője, a dialektia megalapozása terén szerzett jelentős érdemeket. Eszmei fejlődését *Szókratész*, *Hérakleitosz* és *Püthagorasz* filozófiai tanításai befolyásolták. *Platón* a tudomány fejlődését abban segítette elő, hogy Athénban i.e. 387-ben akadémiát alapított. Az Akadémia bejárati kapuja fölött ez a felírás állt: „*Ide ne lépjen be az, aki nem ismeri a geometriát.*” Az akadémia révén hatása évszázadokon keresztül érvényesült, kihatott a tudomány fejlődésére. Azt tanították, hogy az érzékileg tapasztalható világon túl van egy másik világ,

amely nem anyagi természetű, és ez az ideák, a szellemi szubsztanciák világa. A materialista világgépet elvetette. Lebecsülte a természetkutatást.

A platóni ideatan dualista és idealista filozófiának tekinthető. Dualista, mert a lelket különválasztja a testtől; idealista, mert az ideát létezőnek és fontosabbnak tekinti, mint a realitást. Tulajdonképpen ez utóbbi, ami igazi hiányossága *Platón* életművének. *Arisztotelész* volt az, aki mint tanítványa, ezt pótolni igyekezett.

Arisztotelész tanai



Arisztotelész (i.e. 384–322) ógörög természetfilozófus, minden idők egyik legnevesebb természet-filozófusa szerint a dolgoknak nem egy szubsztanciája van, hanem kettő: az anyag és a forma. Az ilyen felfogást valljuk ma dualizmusnak, szemben az egy szubsztanciát föltételező monizmussal. Az arisztotelészi gondolkodás kiindulópontja: a világ mozgó anyagból áll. Az anyagot azonban *Arisztotelész* szerint valamiféle istenség mozgatja.

Nála a materialista és az idealista megállapítások keverednek. *Arisztotelész*, *Démokritosszal* ellentétben tagadta az üres tér létezését. Azt vallotta: „... a természet irtózik az űrtől, az anyag nem elkülönült részekből áll, hanem az anyag egymásba hatolva tölti ki a teret.” Szerinte az anyag folytonos, nem atomos. Abban is hibázott, hogy nála a súlyosabb test gyorsabban esik a Föld felé, mint a könnyebb. *Metafizika* című munkájában viszont így fogalmaz: „Az anyag öröktől fogva létezik és mozog”. A mozgást osztályozta, megkülönböztette a szabad- és a kényszermozgást.

Kiváló megfigyelőképességgel rendelkezett, de soha nem végzett egyetlen kísérletet sem. Nem csoda tehát, hogy a tisztán spekulatív, elméleti úton megállapított következtetései között vannak hibásak is.

Tévedései ellenére is, a legnagyobb csodálattal tekintett *Arisztotelész* tanaira *Galilei* is.

Arisztotelész az ókori statikus világgép ellentmondásmentes fizikai axiomarendszerének a kidolgozója. Ő volt az első, aki a szaktudománytól megkülönböztette a filozófiát, vagy ahogyan később nevezték, a *metafizikát*. Fő kutatási területe a mechanika volt, és ezt elsőként kapcsolta össze a matematikával. Foglalkozott a hangsebesség és a látás tanulmányozásával. A szem és a tárgy közé közvetítő közeget képzelt el. Kimutatta a levegő súlyát. Számos tanulmányt írt fizikából, biológiából, orvostudományból, etikából, filozófiából és a politikáról. Írásainak nagy részét 1209-ben betiltották, nem sokkal később azonban tanait már az egyház is tanította. A XIII. században

írásai vitathatatlanokká, megtámadhatatlanokká lettek és így fizikája évszázadokon át a tudományos gondolkodás középpontjában állt. Írásait egészen a XVI. századig teljes mértékben perdöntőnek tekintették, vitás kérdésekben mértékadó forrásul fogadták el. *Arisztotelész*, *Platónnak* a tanítványa volt. Ő viszont a macedóniai *Nagy Sándornak* volt a nevelője. Középkori követői a dominikánusok voltak, köztük is a legállhatatosabb *Aquinói Tamás* (1225–1274) domonkos rendi szerzetes.

Arisztotelész hatása az utókorra kétértelmű. Egyrészt, felkeltette az érdeklődést a tapasztalatokon alapuló tudásszerzés iránt. Másrészt, az őselemekről vallott nézetei tévútra vitték a tudomány fejlődését, különösen a kémiai nézetek fejlődését. Őselemtana az alkímia elméletének alapjául szolgált, gondolkodásmódja akadályozta a helyes természettudományos megismerést (7. kép).



7. kép. Raffaello: 1511-ben elkészült *Athéni iskola* című freskója a Vatikánban. A festő reneszánsz környezetbe helyezte az ókori gondolkodókat. Középen az ég felé mutató alak az idealista Platón, mellette a realista Arisztotelész a Föld felé mutat. Balra, tanítványai körében látható Szókratész, előttük magányosan Hérakleitosz könyököl, a lépcsőn Diogenész ül, jobb oldalt Euklidész a geometriát, Ptolemaiosz pedig a csillagok járását magyarázza.

Forrás: <http://www.scientia.hu/main.html>

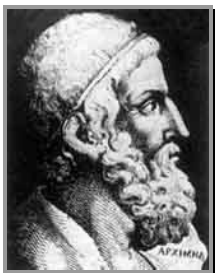
Arisztotelész filozófiájának lényeges eleme volt az, hogy az egész természetet úgy tekintette, mint értelemmel rendelkező organizmust, vagy szervezetet, amelynek történései bizonyos céltól vezérelve mennek végbe.¹⁰

Alexandriai korszak

I.e. 331-ben *III. Alexandrosz (Nagy Sándor)* felszabadította Egyiptomot a perzsa megszállás alól, majd i.e. 332-ben megalapította a híres Alexandria városát, amely a következő századok ismert kultúrközpontjává vált. Alexandria Egyiptomhoz tartozott, azonban kultúrája tulajdonképpen a görög kultúra továbbélésének tekinthető. Hatalmas, mai napig emlegetett könyvtárában, melyet i.e. 305-ben alapítottak, közel egymillió könyvtekercset őriztek. Iskolái megfeleltek a mai egyetemeknek, fejlett kórházai, csillagvizsgálói, állat- és növénykertjei voltak. A tudósok állami támogatásban részesültek, teljes ellátást biztosítottak számukra, így szabadon átengedhették magukat a kutatásnak. Alexandria *Nagy Sándor* halála után is a hellénizmus központja maradt. Az alexandriai iskola tanárai főként matematikai és természetfilozófiai kutatásokat folytattak. Az iskola leghíresebb képviselői *Eukleidész*, *Arkhimédész*, *Héron* és *Ptolemaiosz* voltak.

E korszak tudósai már sokkal inkább szakembereknek, mintsem filozófusoknak tekinthetők, közreműködésükkel alakultak ki az önálló szaktudományok. Az alexandriai kutatók már nem a természet egészét, hanem sokkal inkább a részleteket vizsgálták. A tudósok a gyakorlathoz fordultak és elkezdtek kísérletezni. Ezt bizonyítják *Arkhimédész*, majd *Héron* munkái is. *Eukleidész* (i.e. 365–300) az alexandriai matematikusok közül talán a legismertebb. Legfontosabb műve az *Elemek*, amelyben axiomatikus tárgyalásban összefoglalta a korabeli görög matematikatudomány alapjait. Ezt a könyvet egészen a XIX. századig tankönyvként használták. A XIX. század elején a magyar *Bolyai János* (1802–1860), az orosz *Nyikolaj Lobacsevszij* (1792–1856) és a német *Karl Friedrich Gauss* (1777–1855) egymástól függetlenül dolgozták ki a nem-eukleidészi geometriát.

¹⁰ Lovelock Gaia-elméletének is lényeges eleme az, hogy Földünk egy önszabályozásra képes rendszer, az élőlényekhez hasonlóan.
J. E. Lovelock: Gaia, A földi élet egy új nézőpontból, Göncöl Kiadó, Budapest, 1987.



Arkhimédész (i.e. 287–212) görög matematikus és fizikus Alexandriában tanult. Kísérleteket végzett, először alkalmazta a matematikát a feltárt fizikai törvények leírásához. *Arkhimédész* máig érvényes törvényeket alkotott. Őt tartják a hidrosztatika megalapozójának, a csigasor megszerkesztőjének. A testek egyensúlyi viszonyai, az emelő és az úszás törvényei, amelyeket i.e. úgy 250 táján dolgozott ki, még ma is tankönyvi anyag.¹¹

Készített gömbtükröket és homorú tükröket. Tükrivel Szirakuza védelménél hajókat gyújtott fel. Kiemelkedő eredményeket ért el a geometriában is.

Hérón (I. század) alexandriai görög matematikus és fizikus eredményesen vizsgálta a testek fizikai tulajdonságait. Ismerte a gőz feszítő erejét. Nevéhez fűződik a gázokkal foglalkozó pneumatika megszületése. *Pneumatika* című munkájában 78 készülék, valamint eszközök szerkezetét, készítésük és gyakorlati alkalmazásuk módjait írja le. Eszközei közül a leghíresebb a *Hérón kútja* és a *Hérón labda*. Tudomásunk szerint az első gőzzel hajtott szerkezet *Hérón* munkája volt. Optikai megfigyeléseket is végzett. Ő is – másoktól függetlenül – leírta a fényvisszaverődés törvényét. Geometriai eredményei közt tartják számon a háromszög területének kiszámítását szolgáló *Hérón képletet*, bár többen a tudománytörténészek közül úgy vélik, hogy ezt a képletet *Arkhimédész* fedezte fel.

Az alexandriai természettudós *Klaudiusz Ptolemaiosz* (87–165) legjelentősebb műve az *Almagest*. A mű 153 körül jelent meg. A műben a róla elnevezett *ptolemaioszi világregszert* (geocentrikus világképet), a bolygók mozgásának addigi legtökéletesebb leírását adta. Tőle származik az *epiciklus* elmélet. Egyébként a bolygómozgás geocentrikus világképe leírását először *Apollóniosz* (i.e. 262–190) adta meg. *Ptolemaiosz* nem csupán átvette *Apollóniosz* bolygórendszerét, hanem *Hipparkhosz* (i.e. II. század) nézeteit és saját megfigyeléseit felhasználva tökéletesítette azt. A ptolemaioszi világkép az első olyan rendszer, amelynek segítségével az ember az égitestek világában tájékozódni tudott. Tanulmányozta a látás, a geometriai optika jelenségeit. Térképészettel is foglalkozott.

¹¹ Arkhimédésztől származnak a következő mondások:

- „Adjatok egy fix pontot és én kimozdítom sarkaiból a világot.”
- „Heuréka! Heuréka!”
- „Ne zavarj köreimet!”

Technika

Amellett, hogy a görög társadalom jó közeget biztosított a különböző elméletek megszületésének, számos, a gyakorlatban is jól alkalmazható találmány is létrejött ebben az időben. Az egyik ilyen az esztergapad létrejötte, amely tulajdonképpen az íjnak, illetve az íjfúrónak a továbbfejlesztése. Segítségével különböző formákat: hengereket, golyókat, kúpokat, orsókat lehetett készíteni, amelyek jól használhatók voltak a gyakorlatban különböző eszközök (csörlők, öntözőberendezések stb.) alkatrészeiként. Talán ezek a felfedezések is bizonyítják, hogy – a tévhitell ellentétben – a görögök technikailag nem voltak elmaradottak. Ez a tévhit az elmaradottsággal kapcsolatban talán arra vezethető vissza, hogy a görög tudósok a fizikai, mechanikai tevékenységgel szemben sokszor megvetéssel viseltettek. Ez a megvetés viszont visszavezethető a korábbi időkre. Arisztotelész tiszta spekulációra irányuló természetfilozófiája is erősítette ezt a tévhitet, azonban nagyon sok, gyakorlatban jól alkalmazható találmány ennek ellentmond.¹²

A görög találmányok sorából ki kell emelnünk a vízimalmot, amelynek őse feltehetőleg *Nagy Sándor* seregeivel jöhetett Indiából, ahol a buddhisták apró vízi kerekeket használnak imamalomként. Meg kell említenünk, hogy a vízimalom olyan gyakorlati vonatkozású találmány, amelynek később is nagy jelentősége volt az elkövetkező századok során. Bár a vízimalom görög találmány, de a földrajzi viszonyok miatt ők csak korlátozottan tudták használni, hiszen a hegyi patakok nyáron a kevés eső miatt nem szolgáltatnak annyi vizet, hogy ez a szerkezet jól működjön. A rómaiak az i.sz. III. századtól kezdve az Alpoktól északra fekvő, csapadékban gazdagabb területeken építettek vízimalmot, olykor hatalmas, egymáshoz kapcsolódó, kerekekből álló monstrumokat. **6. ábra**

¹²Gyakran – tévesen – az ipari forradalom idejére teszik a vízöblítéses WC és a központi fűtés feltalálást, azonban ezek a jelentős felfedezések is a görögöknek köszönhetők.



*6. ábra. Ezt a hatalmas vízimalmot, amelyben 16 vízikerek 32 malomművet hajtott, a rómaiak építették a második és harmadik század között az Arles közelében fekvő Barbegalban
Illusztráció: Lengyel Adél*

Róma

A közfelfogással ellentétben a Róma által meghódított Görögországban felhalmozott tudás nem esett áldozatul a római gyakorlatiasságnak. Ahogy Horatius írja: „Foglyul ejtette, meghódította Rómát, mégpedig azzal, hogy nem hadat viselt ellene, hanem a szépművészetekkel megszelídítette.” A hódító hadvezérek mögött ott voltak a tudósok, akik a hódításokat részben előkészítették. Látnunk kell, hogy a hellének hagyatékát a mai napig nagyrészt római közvetítéssel fogadtuk be. A Római Birodalom 395-ben történő kettészakadását követően a tudomány bölcsőjeként számon tartott görög területet a Kelet-Római Birodalom, azaz Bizánc foglalja magába. Bizáncban a görög és a római hagyományok továbbélését figyelhetjük meg egy sajátos formában. A bizánci világkép különlegessége az a kettősség, amelyben a természettudomány objektív megfigyelése és egy sajátos misztikus szemlélet ötvöződik. Talán ennek köszönhető, hogy a misztikus szemlélet nyomán erőteljesen jelentkezik az alkímia.¹³

¹³ Bizáncnak köszönhető egy olyan találmány is, mint a bizánci-görög tűz.

Meg kell említenünk Bizánc szerepét Amerika felfedezésével kapcsolatban. *Agathotaion*, *Ptolemaiosz* munkatársa, olyan világtérképet készített, amelyen a Földet gömb alakúnak képzelte, de sokkal kisebbnek, mint az a valóságban ismert. Több mint egy évezreddel később ezen alapuló térképet adott *Kolumbusznak Toscanelli*, a nagy tudós. Ezek alapján *Kolumbusz* úgy gondolta, hogy a Föld körbehajózásához sokkal kevesebb időre van szükség, ha el akarja érni Indiát. Azt is mondhatjuk, a bizánciak téves tudása birtokában indult 1492-ben útnak *Kolumbusz Kristóf*.

A környezeti problémák megjelenése

A fémeszközök hatása

Az ókori kultúrák kialakulását megelőző néhány ezer évben jelentős változáson ment keresztül az ember eszközkészítő tevékenysége. Kezdetben a kőeszközök mellett egyre változatosabb formájú és anyagú eszközöket készítettek, azonban az igazi változás lehetőségét a fémek használata hordozta magában. Egyes leletek arra utalnak, hogy i.e. 8 ezer évvel az ember alkalmoszerűen felhasznál egy-egy fémeket, pl. az aranyat (vagy az ólmot) és ebben az időszakban a réz felhasználása is megkezdődött. Számos lelet utal arra, hogy az ember ekkor már képes volt a kupritot (réz-oxidot) feldolgozni. A réz előállítására utaló leleteket találtak a Fekete- és a Kaszpi-tenger vidékén, illetve a Perzsa-öbölben. A fémek feldolgozásának egyszerű technológiái azonban csak i.e. 4000-től kezdtek általánossá válni Európa területén.

Szerencsére, bizonyos rézércek arzén-tartalmúak (például azok, amelyeket a sumérok is használtak) és az arzén a rézzel ötvözetet alkotva, úgynevezett arzénbronzot hoz létre. Így kezdetben az ötvöző anyag az arzén, később pedig az ón lett. Ennek természetesen a fém mestereire nézve komoly, súlyos következményei voltak, hiszen az arzén mérgező, és idegbénulást okozhat. Talán ez az oka annak, hogy a kovácsisten, *Héphaisztosz* sánta.

Az elemi réz és annak ötvözete, a bronz, lehetővé tette kifinomultabb, tartósabb szerszámok készítését. Ehhez a különböző érceket, illetve az ónt, rezet, bronzot szállítani kellett, melyhez a háziasított állatokra – mint például a szamárra¹⁴ – nagy szükség volt.

¹⁴ A királyokról vagy éppen egyes tudósokról annyit és annyit beszélünk, de a szamarakat a történetírók elfelejtik, holott az ókori Kelet gazdagsága legalább olyan mértékben a szamaraknak, mint az uralkodóknak köszönhető.

Az ércék bányászatának fokozódása, illetve a fémkohászat terjedése is fokozta a környezet károsodását, hiszen abban az időben az elemi fémeket faszén segítségével állították elő. Ehhez viszont egyre több fát irtottak ki, amely maradandó változáshoz vezetett a többi fát igénylő tevékenységgel kifejtett együttes hatás eredményeképpen. A bányászat önmagában még nem okozott jelentős károkat, hiszen abban az időben viszonylag kis területről még nagy mennyiségű jó minőségű ércet tudtak kibányászni.

A görög városállamok kialakulásával egy időben a vas válik a szerszámok és a fegyverek legfontosabb alapanyagává. Olyan vasszerszámok jelennek meg, melyek közül soknak ma is nagyon fontos szerepe van a földművelésben (pl. a vaseke). A vas (vaseke, fejsze) megjelenésével az erdőket és a talajt érintő környezeti károk egyre nagyobb területen jelentkeztek.

Erdőirtás, talajkárosítás

A kereskedelmi igények fokozták a közlekedés fejlődését. A hajóépítés kezdetei a neolitikumra tehetőek, míg a kerek kocsik elterjedése i.e. 5500-tól számítható. A legtöbb közlekedési eszköz fából készült, s ezek tömeges előállítását az erdők már az ókorban is megsínylették. Az erdők megújulását hátráltatta, hogy mindezzel párhuzamosan a legeltetés egyre inkább terjedt. A legelő állatok – elsősorban a kecske – a fiatal facsemeték hajtásait is lerágták, ezért pl. az eredeti mediterrán erdők kipusztulása erre az időre tehető.

A növekvő népesség egyre több élelmiszert igényelt, melyet az élelmiszertermelés a tartós fémeszközök segítségével ki tudott elégíteni. Ehhez azonban újabb területekre volt szükség, s ezeket erdők irtásával nyerték.

A földművelés fokozódását nagyban segítette a szántás, melynek segítségével az ember nagy területen képes volt alapvetően megváltoztatni a talaj felső rétegeinek fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait. Megváltozott körülmények között a mikroorganizmusok életkörülményei megváltoznak, amely kihathat a talaj pH-jára és ezen keresztül a humuszképződésre is. A vaseke megjelenésével a fent említett környezeti károk egyre nagyobb területen jelentkeztek. A sztyeppvegetáció és az erdők kiirtásával megkezdődött a bioszféra diverzitásának mesterséges befolyásolása.

A Nílus, a Tigris, az Eufrátesz és a Sárga folyó mentén alakultak ki az első kultúrák, melyeknek az alapját a növénytermesztés jelentette. Ehhez arra volt szükség, hogy az akkori emberek kiirtsák a folyókat kísérő erdőket, feltörjék a még szűz területeket, csatornaásással elvezessék a fölösleges vizeket. Ez nem csak az ottani őshonos élőlények tömegének pusztulását jelentette, hanem azt is, hogy a korábban növények által védett terület a felszántást

követően a víz és a szél pusztító hatásának volt kitéve. Ettől kezdve beszélhetünk az emberi tevékenység által létrejött talajerózióról és deflációról. Ezek az emberi hatások azonban nem minden esetben voltak tartósak, hiszen az ember még nem mindig gondoskodott a talajok tápanyag-utánpótlásáról, ezért néhány év után a talajok kimerültek, és fel kellett hagyni azok művelésével, újabb területeket kellett feltörni. Ez lehetőséget biztosított a sérült területek regenerációjára.

Öntözés

A szántással egy időben jelenik meg az öntözés. Láthattuk, hogy amikor Mezopotámiában a termékeny síkságon elkezdtek búzát termesztani, nagy változás kezdődött el. A Tigris és az Eufrátesz síkságán azonban nem esik elég eső, ezért meg kellett szervezni az öntözést. Ennek a sikernek az eredményeképpen egyre nagyobb terménytöbbletre tettek szert. Így azok, akik ezzel a terménytöbblettel rendelkeztek, egyre nagyobb hatalommal is bírtak. Mezopotámia törzsei és népei által épített különböző öntözőberendezéseket és csatornákat a központosított állam révén egyesítették. Így a Tigris és az Eufrátesz között olyan csatornarendszer jött létre, melynek segítségével mesterségesen öntözhető volt mintegy 30 000 négyzetkilométernyi terület.

Ebben az időben hasonló építkezések történtek Indiában és Kínában. Huang-ho medencéjét a Csang-Csianggal összekötő Hang-Csou és Peking közötti csatorna hossza mintegy 1782 km volt. *Hérodotosztól* tudjuk, hogy Egyiptom területén az i.e. 1600-as évek körül hatalmas völgyzáró gátat építettek, melynek segítségével mintegy 700 km² felületű és közel 3 milliárd m³ vizet tároló medencét hoztak létre. Az öntözőberendezések alkalmazása lehetővé tette az egyiptomi mezőgazdaság számára, hogy jelentős többletterményt tudjon előállítani, és ennek segítségével fedezni tudja a hatalmas állami építkezéseket. Ezeknek az öntözőberendezéseknek köszönhetően lényegesen nőtt az előállítható élelmiszer mennyisége, azonban az intenzív öntözésnek jelentős környezeti kárai is keletkeztek.

Az öntözés segítette tehát a nagyobb mennyiségű élelmiszer előállítását, fokozódásával azonban a káros mellékhatások is megjelentek. Egyes feltevések szerint az öntözés következtében beálló másodlagos szikesedés vezethetett bizonyos ősi kultúrák pusztulásához. A káros következmények azt eredményezték, hogy a mezőgazdasági termelésre egyre inkább alkalmatlanná váltak a talajok, s ez az élelmiszertermelés csökkenéséhez vezetett. Egyik jellemző példája ennek a sumér civilizáció hanyatlása. Az i.e. 3500-tól 1800-ig terjedő időszak alatt a sumér mezőgazdaság produktivitása fokozatosan romlott az öntözés következményei miatt. Mezopotámia déli részén az állandó öntözés miatt a

víz beszivárgott a talajvízbe és megemelte annak szintjét, de mivel nem rendelkeztek megfelelő csatornával a vízfölösleget nem tudták elvezetni. A talajban lévő víz kioldotta a sókat, majd miután a felső rétegből elpárolgott a víz, a só a talaj felszínén kivált. A sumérok ezt a folyamatot úgy jellemezték, hogy a föld lassan fehérré változott.

Elmondhatjuk tehát, hogy ebben az időszakban megkezdődött a természetes talaj- és vízrendszerek tönkretétele, az erdőirtások és a helytelen mezőgazdasági tevékenységek következtében.

Csatornák

A mezőgazdasági területek öntözésére szolgáló csatornák építésénél összegyűjtött tapasztalatok segítették az ókori városok vízellátási problémáinak megoldását. Ninive volt a Tigris menti új Asszír Birodalom fővárosa, melynek vízellátását egy közel 60 km hosszú épített csatornával sikerült megoldani. Az építkezés során az ivóvíz csatornát egy több száz méter hosszú akvedukton kellett átvezetni egy folyó felett. Legtöbbször az ilyen jellegű építmények megalkotását a rómaiaknak tulajdonítjuk, azonban ez is bizonyítja, hogy egy ilyen bonyolult statikai számításokat feltételező építmény már jóval a római építkezések előtt létrejött.

Érdeemes megemlítenünk, hogy az i.e. VI. században Babilonban már kb. 800 ezren éltek. Az Ókori Kelet fővárosának tekinthető metropoliszban vízellátó és szennyvízelvezető hálózat is volt. A vezetékek kiépítését nagy mértékben segítette az agyagcsövek használata, melyeket ezen a területen magas színvonalon állítottak elő. De az ezt megelőző időszakban, például Úr városában már az i.e. 2500-ban is létezett fürdőszoba és vízöblítéses illemhely. A rómaiaknak ezeket is sikerült felülmúlni, és olyan vízellátó és szennyvízelvezető rendszert alkottak, amelyet a XIX. századig nem sikerült újra létrehozni.¹⁵

Róma vízellátását egyrészt a Tiberisz folyó, másrészt a környék számos forrása és kútja nem tudta kielégíteni, hiszen a népesség fokozatosan növekedett. Ezért az i.e. IV. században hatalmas építkezések kezdődtek. Ez az akveduktok építésének nagy korszaka. A hatalmas, kőből rakott, gyakran több emeletes vízvezetékek vezették nagy távolságokból a Szabin és az Albai hegyekben lévő forrásokból a vizet a városba, ahol vagy víztározókba, vagy fürdőkben, magánházakban, szökőkutaknál került felhasználásra a víz. Ilyen

¹⁵A római városokban gyakran ólomcsövekben vezették a vizet, s ennek súlyos következményei is lehettek (ólommérgezés).

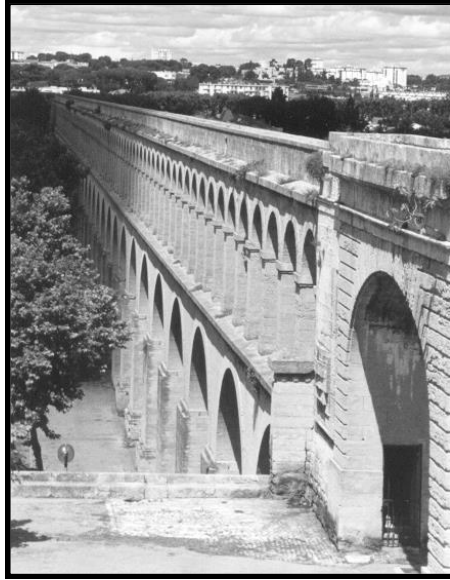
vízvezetékeket, amelyeket bátran nevezhetünk távvezetékeknek, a rómaiak az általuk megszállt területeken is építettek **(8. kép)**.

A témához ajánlott olvasmány: Lewis Mumford: A város a történelemben, Gondolat, 1985. A könyv egy részlete a függelék 207. oldalán olvasható

A városok káros hatása

A fémmezmunkálás szükségessé tette a munkamegosztást, hiszen ez a tevékenység, ez a fajta szerszám- és eszközkészítés nagyobb specializációt kívánt, mint a korábbiak. Ezzel párhuzamosan fokozódott a kereskedelem és növekedett a városlakók létszáma. Elkezdtek növekedni a települések, hiszen erre az időszakra a földművelés és az élelmiszerek gyűjtése és szétosztása kialakult. Az ember már képes volt kisebb területen nagyobb mennyiségű élelmiszert előállítani, amely segítette a népesség növekedését. Először kisebb falvak alakultak ki, majd városok és végül az úgynevezett városállamok. Jerikó fallal körülvett városa i.e. 6500-ban mintegy 4 hektáron terült el. Uruk templomváros lakossága a bronzkorban mintegy 50 ezer lehetett. A tartós fémszerszámok előállítása a nagyobb mennyiségű élelmiszer termelése, ill. a kereskedelem együttesen a városok gyors növekedéséhez vezettek. Ez a környezetszennyezés korszakának kezdetét jelenti, hiszen a nagyobb lélekszámú települések az ember által termelt hulladék koncentrációját idézték elő.

A gyarapodó népesség (és a növekvő városi lakosság) olyan problémát hozott létre, amellyel ma is szembe kell néznünk. A városokban egyre több vízre volt szükség, ugyanakkor a keletkező szennyvizet a betegségek megelőzése miatt el kellett vezetni. Ezek a szükségletek indították el a gravitáció elvén alapuló vízvezeték-rendszer kiépítését Jeruzsálemben és Rómában. A római vízvezeték-rendszer például naponta kb. 1 millió m³ vizet szállított. A világ első zárt csatornarendszerének tartott Cloaca Maximát i.e. a VI. században a Római Birodalomban építették a *Tarbuinius* etruszk dinasztia uralkodása idején. Létrehozásának elsődleges célja az volt, hogy lecsapolják a Pallatinus és a Capitolium dombok között fekvő mocsarat. Ezzel megteremtették a lehetőséget annak, hogy létrejöjjön a Forum Romanum, amely a Római Birodalom központja lett. Ezt követően a Római Birodalomban máshol is csatornahálózatokat és vízvezeték-rendszereket építettek a városok ellátására **(8. kép)**.



8. kép. *Római kori csatorna, Montpellier, Franciaország*
Fotó: Kiss Ferenc

A rómaiak idején kialakuló hatalmas városoknak más káros hatásai is voltak, a már ismerteken kívül. Az építkezéshez szükséges építőanyagokat a természetből szerezték be. A bányászat már nemcsak a fémek előállításához szükséges ércek kitermelését jelentette, hanem a nagy mennyiségben szükséges építőanyagok bányászatát is. Ennek következtében kezdtek megjelenni azok a változások, amelyek már irreverzibilisnek tekinthetők. Az építkezésekhez sok faanyagra is szükség volt, ezért az erdőket már nem csak azért irtották, hogy nagyobb termőterülethez jussanak. A városépítés, a kereskedelem, a közlekedési eszközök építése mellett sok fára volt szükség a fűtéshez, illetve a városi fürdők vizének melegítéséhez. A fürdők melegvizének előállításához főleg faszenet használtak. Ennek több előnye is volt, hiszen ez kevésbé szennyezte a város levegőjét, könnyű volt a szállítása és a fűtés is könnyű volt vele. Abban az időben a mosáshoz hamuzsirt használtak, amely előállításához szintén fára volt szükség ezért egyre több fát vágtak ki, amelynek a következménye a karsztosodás lett. Az elkarsztosodott területekről a csapadékvíz könnyen lefolyt, ezért nagy árvizek keletkeztek, illetve ezt követően mocsaras területek jöttek létre.

Ephesus (valamikor virágzó kikötőváros) hanyatlása jól példázza az ember környezetkárosító tevékenységének következményeit. Pollenvizsgálatokkal tudományosan bizonyították, hogy a város alapításának időszakában környezetét tölgyerdők borították. A hajózás fellendülése azonban egyre

fokozódó erdőpusztítással járt együtt. Ennek következtében fokozódott a talajerózió, és ezzel együtt a kikötő egyre jobban feltöltődött. Az eredmény az volt, hogy a város fellendülését biztosító tenger egyre messzebb és messzebb került Ephesus-tól. Kikötő híján a város pusztulásnak indult.

A káros hatások ellensúlyozása

Az emberi lét alapja az ókorban a föld termékenysége volt. Ezért fokozódó környezetrombolás mellett arra is találunk példát, hogy az ember megtette az első lépéseket annak érdekében, hogy a tevékenységek káros következményeit ellensúlyozza.

Arisztotelész, Athenaion Politeia című írásában arra tesz javaslatot, hogy a trágyát a városfalaktól legalább két kilométerre helyezték el.¹⁶

A rómaiak például arról intézkedtek, hogy a füstös sajt készítő üzemeket úgy telepítsék, hogy a füst a környékbeli házakat ne zavarja. A II. században keletkezett Zsidó Törvénykönyvben arra vonatkozóan találunk tiltást, hogy Jeruzsálemben kohókat ne helyezzenek el, illetve olyan előírás is található benne, hogy a szélirányt figyelembe kell venni a szennyező műhelyek telepítésénél, és azokat a lakóházaktól legalább 50 könyöknyire (30 m-re) kell építeni. Kínában már közel 4 ezer éve létezik hulladékgyűjtési rendszer. A fekáliával történő trágyázás már az ókorban is lényeges része volt a mezőgazdasági termelésnek, hiszen így tartották fenn a Kína keleti részén fekvő síkságok talajának termékenységét. A bizonyos írások tanúsága szerint, egyes városok leggazdagabbjai közé azok a családok tartoztak, amelyeknek a tulajdonában volt a városi csatorna, és az abban összegyűlt ürüléket el tudták adni vidéken.

A római birodalomban folyó káros tevékenységek következtében létrejövő karsztosodás hatásait parkok és üdülőhelyek létesítésével próbálták ellensúlyozni (**9. kép**). Ezeknek a mesterséges parkoknak a létrehozását azonban a termékeny félhold területén létrejövő hatalmas vadászparkok és függőkertek már megelőzték.

¹⁶ *Arisztotelész* jelentőséget tulajdonított az eredeti természet és a technika szembenállásának. Véleménye szerint a kettő között a lényeges különbség az, hogy a természetüktől fogva létező dolgok önmagukban bírják a mozgás és nyugalom elvét, míg a művi termékek nem. Ma ezt úgy mondjuk, hogy a mesterséges dolgok nem illenek a természet körfolyamataiba.



*9. kép. A Tibertinus Park képe, középen vizet szolgáltató csatornával
Forrás: www.dl.ket.org*

KÖZÉPKOR ÉS RENESZÁNSZ

A Nyugat-Római Birodalom bukását követő ezer évet gyakran szokták „sötétnek” nevezni. Ebben az időszakban is születtek azonban olyan művek, amelyek ma is fényesen csillognak, mint például *Dante* (1265-1321) és *Boccaccio* (1313-1375) művei. Ezt az időszakot a feudalizmus virágkorának is nevezik, és gyakran az inkvizíció borzalmaira emlékeztet bennünket a középkor, de ugyancsak ez az az időszak, amikor megszületik és virágzásnak indul a gótika. Érdekesen kapcsolódik ehhez a korhoz a művészet, hiszen tudományosan először egy festőművész, *Piero della Francesca* (1415– 1492) foglalkozott a perspektívával az előző korok geometriai eredményeire támaszkodva. Őt aztán követték a mérnökök, és a matematikusok is. Korának kiemelkedő zsenije volt *Leonardo da Vinci*, akit sokan csak *Mona Lisa* című festménye révén ismernek, melynek a sajátossága, hogy bármerről is nézzük a festményt, az azon lévő személy mindig ránk néz.

A tudomány fejlődése és az információ-megőrzés és -átadás szempontjából a kor nagyon fontos alkotása a könyvnyomtatás.¹⁷

Hit vagy tudomány

Patrisztika és skolasztika

Az egyes történelmi korokat nagyon nehéz pontosan elválasztani egymástól. Az ókornál és a középkornál ez mégis viszonylag egyszerűen megtehető, hiszen a középkor kezdetén, azaz a Római Birodalom bukását követően elődeink látszólag nem folytatták a tudomány addigi útját. Később azonban mégis visszanyúltak az ókor ismereteihez, és folytatták a mezopotámiai, az egyiptomi, a görög, illetve a római kultúra hagyományait.

A keresztény Európában mindinkább tért hódított egy új értékrend, melynek lényege a túlvilági boldogság lett, s a korábbi sokistenhit helyét elfoglalta az egyedülálló és mindenható Isten. Bár *Szent Ágoston* (354-430), vagy *Aquinói Tamás* (1225-1274) tanaiban támaszkodott *Platónra*, vagy *Arisztotelészre*, a kételkedés – amely oly jellemző volt a görögökre – megengedhetetlenné vált. A skolasztikának nevezett irányzat, ellentétben a

¹⁷ *Johannes Gutenberg* (1394–1468) 1440 körül találta fel a mozgatható betűket alkalmazó szedőnyomást. Magyarországon, Budán 1471-ben kezdődött el a könyvkiadás. 1567-ben, Debrecenben az Alföld Nyomda nyitotta meg kapuit. Jellemző a nyomtatott könyvek iránti igény. 1500 táján Európában már mintegy 250 nyomda működött. Az új tudományos eszmék rohamos terjedését a könyvnyomtatás tette lehetővé.

patrisztikával nem tekintette bűnös tevékenységnek a tudományos érdeklődést, de a filozófiát és a teológiát különválasztotta.

Olyan világkép volt a jellemző ebben az időben, amelyben a természeti jelenségek magyarázatának összhangban kellett lenni a teológiai kinyilatkoztatásokkal. A tudás alárendeltté vált a hittel szemben. Ha a kereszténység első századaiban jellemző gondolkodást összehasonlítjuk a görögök gondolkodásával, azt állapíthatjuk meg, hogy addig, amíg a görögök saját világuk törvényszerűségeit próbálták megállapítani, a kereszténységnél a túlvilág a metafizika kérdései felé forduló gondolkodásmódot láthatunk. Ennek a teológiai-metafizikai bölcséletnek a művelői az egyház emberei voltak. A patrisztika jellegzetessége, hogy gondolataikat mindig alárendelték a rendi szellemnek, amely szigorú korlátok között tartotta a gondolkodást. A tudás alárendelt a hittel szemben. Sajnos erre a korra jellemző az, hogy az egyház olyan álláspontra helyezkedett, amely szerint az ember csak egyféleképpen hihet, az attól eltérő vélekedés pedig eretnokség. A tudás és a megismerés azért továbbra is megmaradt, csak alárendelt szerepet játszott. Az iskolákban a teológia oktatása mellett tanították a hét szabad művészetet, amelyek a következők voltak: grammatika, dialektika, retorika, aritmetika, geometria, asztronómia és muzsika. A középkor későbbi évszázadaiban *Platón* és *Arisztotelész* tanait, mint eredeti forrást tekintették.

A IX. századtól kezdve a skolasztika évszázadaiban már nem volt elítélendő a tudományos érdeklődés, bár a természeti jelenségek magyarázatának továbbra is összhangban kellett lenni a teológia kinyilatkoztatásaival. A tudomány fejlődését sokban segítette a kolostorok, egyetemek és könyvtárak létrehozása. Az első kolostort *Szent Benedek* (480 – 547) a Monte Cassino hegyén, Itáliában alapította. Magyarországon az első kolostort *Géza fejedelem* 996-ban alapította, amely 1823-ban a *Pannonhalma* nevet kapta. Egy-egy tanító teológus köré olyan közösségek csoportosultak önkéntesen, akik megteremtették az alapjait az első egyetemek (universitas) létrejöttének. Ezeket az arab iskolák mintájára hozták létre Európában. Az egyetemek a XI. században a már működő egyházi iskolákból fejlődtek ki. Érthető tehát, hogy a keresztény világban szorossá vált a tudományok és a vallás kapcsolata. Elsőként *Bologna* egyetemén, 1119-ben kezdtek el oktatni. A XIII. században alapítottak egyetemet *Párizsban* (1208), *Oxfordban* (1214), *Páduában* (1222) és *Cambridge-ben* (1230).¹⁸

¹⁸ Nem kellett hozzá sok idő, hogy a tudományoknak az egyetemek mellett más önálló tudományos intézményei is legyenek. Az első tudományos akadémiát ugyancsak Itáliában alapították meg: 1600-ban a római *Academia de Linceis* és 1651-ben a firenzei *Academia del Cimentót*. 1662-ben alakult a Royal Society, 1666-ban, Párizsban és 1700-ban, Berlinben nyitotta meg kapuit az Akadémia. 1825-ben alapították a Magyar Tudományos Akadémiát.

Később Európa többi nagyvárosában is sorra nyíltak egyetemek, *Prágában* (1348), *Krakkóban* (1364), *Bécsben* (1365), *Pécsett* (1367), *Budán* (1395), *Pozsonyban* (1467).¹⁹

A skolasztika fénykorának egyik nagy eredménye tehát az egyetemi oktatás létrejötte. Bár az oktatás skolasztikus szellemben folyt, azért nagyon sok tudományos kérdést is megvitattak, és sok ellentétes nézet is megfert egymás mellett ezekben a tanokban. Az egyház vezető szerepe természetesen megmaradt.²⁰

A XIII. századtól kezdve az egyházi filozófia meghatározója *Aquinói Tamás* (1225–1274) volt. Ő ugyan támaszkodott Arisztotelészre, azonban a megismerésre vonatkozó gondolatai a következők voltak: „*A gondolkodás ugyan a megismerésre irányul, azonban az abszolút igazság Istenben van, tehát a megismerés végső céljának is magának az Istennek kell lenni.*” A bizonyítást nem tartotta olyan fontosnak, mint annak idején a görögök. *Aquinói Tamás* tanítómestere *Albertus Magnus* (1193–1280) volt, aki munkájával jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy a görögök eredményeit átültesse a kereszténységbe. *Albertus Magnus* korának legnagyobb német természet-filozófusa, neves alkímistája volt. Elsőnek írta le Európában a puskapor, az iránytű használatát. Tőle származik a salétromsav elnevezése, az arzén első részletes leírása. Nevéhez kapcsolják a kémiai affinitás fogalmának megalkotását. A természettudományok minden ágával

¹⁹ Mint látjuk, Magyarországon először Pécsett alakult egyetem, a felsőoktatás történetének kezdete Pécshez kötődik. A pécsi egyetemet Nagy Lajos, a budait Zsigmond, a pozsonyit pedig Mátyás király alapította. A magyarországi egyetemek második generációja a XVII–XVIII. században alakultak. 1635-ben Pázmány Péter Nagyszombaton alapított egyetemet, amely 1777-ben Budára költözött és 1784-ben Pestre telepítették, ennek a jogutódja az Eötvös Loránd Tudományegyetem. Új egyetemek alapítására is sor került: 1872-ben Kolozsvárott, 1912-ben pedig Debrecenben és Pozsonyban alapítottak egyetemet.

1735-ben alapították Selmecebányán a bányászati és kohászati iskolát. Freiberg, Berlint, Szentpétervárt és még más iskolát megelőzve innen léptek ki az első „akadémiai” oklevéllel rendelkező bányászati-kohászati szakemberek. Ez a selmecebányai iskola 1904-től Bányászati és Erdészeti Főiskolaként működött. 1919-ben – miután Selmecebányát Csehszlovákiához csatolták – a főiskolát Sopronba telepítették át. Sajnos az 1872-ben Kolozsvárott alapított Tudományegyetem is kénytelen volt Szegedre költözni, mivel a Trianoni Békeszerződés alapján Kolozsvárt Romániához csatolták.

²⁰ A XII. század közepe táján még megfigyelhető a platonizmushoz való kötődés, azonban már a szüklátókérségen és a dogmatizmuson lassan sikerült túllépni, és megjelent a megismerési folyamatba vetett hit. „*Olyanok vagyunk, mint óriások vállán álló törpék. Messzebbre láthatunk ugyan és még többet, mint az óriások, de nem azért, mert a szemünk élesebb, vagy mert mi nagyobbak vagyunk, hanem azért, mert magasabbra mászhatunk, hála óriási magasságuknak. Ha én messzebb láttam, mint mások, ez csak annak köszönhető, hogy óriások vállán álltam.*” – *Bernard Silvester*

foglalkozott. Többek között könyvet írt a növényekről és az állatokról is. Ő volt az első skolasztikus tudós, *Arisztotelész* legalaposabb ismerője. Megkísérelte *Arisztotelész* művét kiegészíteni, melyet a növényekről és állatokról írt. Felismerte, hogy a megismerés alapja a tapasztalat.

Albertus Magnus kortársa volt *Roger Bacon* (1214–1292) angol természettudós, ferences szerzetes. Munkáiban vannak asztrológiai, alkímiai és mágikus elemek is. *Bacon* 1268-ban enciklopédiát írt. Ebben a műben foglalkozott az alkímia kérdéseivel. Már jóval *Paracelsus* előtt kifejtette, hogy az alkímia a gyógyászatban tölti be legfontosabb szerepét. Ő a keresztény és az iszlám természettudomány összekapcsolója, a kísérleti tudományok meghirdetője. Számos kísérletet végzett. Arra kereste a választ, hogyan lehetne a tudományt a gyakorlati élet szolgálatába állítani. Egyik kísérlete során felfigyelt arra, hogy zárt edényben az égés hamarosan megszűnik, sajnos azonban nem vonta le a megfelelő következtetést, hogy levegő (oxigén) nélkül nincs égés. Azt hirdette, hogy az ismeretszerzés útja a természet közvetlen megfigyelése, azonban ő is hitt a bölcsek köve hatásában, elfogadta az arisztotelészi elveket.²¹

Meg kell említenünk ebből a korból *Leonardo Fibonacci* (1170-1250) matematikus nevét is, akinek nagy szerepe volt az arab számok bevezetésében. *Fibonacci* nevét ma leginkább a róla elnevezett sorról ismerjük.

A matematikáról korát meghazudtoló álláspontja volt *Rogierus Watson* oxfordi ferences barátjának, ugyanis azt állította, hogy a természettudomány csak akkor válhat igazán egzakttá, ha nyelve a matematika lesz. Rendkívül érdekes egyéniség volt, aki többek között azt feltételezte, ha az ember legyőzi az előítéleteket, akkor a természet legyőzésére is képes lesz, és olyan alkotásokat hozhat létre, mint az evező nélküli hajó, az igavonó állat nélküli kocsi, szárnyakkal fölszállhat a levegőbe, és nagyítójával megláthatja a mikrokozmoszt, és közel hozza a csillagokat is. Zseniális jövőbelátásnak tűnik ez, azonban ő nem gondolhatta, hogy mindez valóban megtörténik. Nem tudhatta azt sem, hogy az ember valóban megpróbálja legyőzni a természetet, s ennek rendkívül súlyos következményei lesznek, amelyet mi már tisztán látunk.

²¹ *Roger Bacon* az európai lőporgyártás úttörője. Sokan őt tartják a puskapor felfedezőjének, de ő is csak recepteket adott a lőpor készítéséhez. Eredményesen kísérletezett gömbtükrökkel és lencsékkel. Elsőként határozta meg helyesen a homorú gömbtükör gyújtótávolságát. Leírta a sötétkamra-jelenséget, a tükrös teleszkóp elvét. 1277-ben rendtársai eretneknek nyilvánították és bebörtönözték.

Alkímia és a jatrokémia

Említést kell tennünk az alkímiáról, mely az egyiptomi kultúrában gyökerezik, azonban művelése nagyon jellemző a középkorra. Végső célja az elem-átalakításokon keresztül aranyat előállítani, illetve a mindenható életelixírt előállítani. Bár a kitűzött cél – az arany előállítása – abban az időben megvalósíthatatlan volt, de nagyon sok kémiai módszer, illetve elem felfedezése köszönhető az alkímistáknak. Érdekes, hogy soha senkinek nem sikerült az áhított fémet vagy az életelixírt előállítani, mégis számos ismert gondolkodó hitt az alkímiában, és művelte is azt, mint például *Aquinói Tamás*, vagy *Paracelsus*, aki korának híres orvosa volt. Még a XVII. század nagy tudósai, mint *Boyle* (1627-1691) és *Newton* is, becsülték az alkímiát.

Hasonló a helyzet az asztrológiával is, melynek gyökerei az ókorba nyúlnak. A XIV-XV. században az egyetemeken külön tanszéke is volt, és számos nagy nevű tudós is készített horoszkópot, mint például *Tycho Brahe*, vagy például *Kepler*. Bár a horoszkópok készítése tudományos szempontból teljes egészében elutasított, azért azt meg kell jegyeznünk, hogy az asztrológiai előrejelzés során számos olyan konkrét csillagászati eredményre jutottak, amelyet az asztrofizika később föl tudott használni.

Az alkímia korszakát körülbelül a II–XVI. századra tehetjük. Kialakulásában az egyiptomi gyakorlati kémia, a természetfilozófia és a keleti vallásos miszticizmus játszott nagy szerepet. A görög-egyiptomi alkímia Alexandriában született. Az alkímisták fő célja az arany előállítása volt. Úgy képzeltek el, hogy az „aranycsináláshoz” egy csodálatos, mágikus erejű anyagra van szükségük: *a bölcsek kövére*. Ez az anyag szerintük biztosítja az ember számára az örök ifjúságot.²²

A középkor tekintélyes alkímistája volt *Gerber* (721–815). Ő úgy vélte, hogy az anyagok higanyból és kénből tevődnek össze. A kísérleti kémia fejlődésére nagy hatást gyakorolt a perzsa *Rhazes* (866–925), aki az „aranycsinálás” fontos anyagát kutatta – az *al-iksír*-t (elixír), amelyet a görögök *xerion*-nak neveztek, azt gondolva, hogy ez a *bölcsek köve*.

²² A kínai és hindu alkímiában tudatosan alkalmazták az ellentét-elvet: a *jin* és a *jang* ellentétét csaknem valamennyi alkímista receptben felfedezhetjük.

A II. század elején a kínaiak papírt készítettek, 500 körül kitűnő porcelánt állítottak elő, a kálium-nitrát és a fekete lőpor keverékét tűzijátékok során használták.

A hinduknál ősidők óta a gyógyítás volt a legfontosabb tudomány. Az ókori hinduk ismerték a fémek előállításának technológiáját. A vegyi anyagok közül ismerték a faszest, a kámfort, a terpentint, különböző növényi mérgeket, számos gyógyszert.

A X.- és XI. században Szamarkand és Buchara városok a termelés, a kereskedelem és a tudomány fellegvárai lettek. Ezen a vidéken munkálkodott a kor kiváló tudósa, *Avicenna* (980–1037). Sok vegyi anyagot ismert, amelyek közül sokat gyógyítás céljára használt. Nagy jelentőséget tulajdonított az ásványvizek gyógyászatban való alkalmazásának. Fő műve, *Az orvostudomány kánonja*, az orvosi ismeretek enciklopédiája volt évszázadokon keresztül.

Az európai alkímia²³ virágzásának kora a XII–XIV. századra tehető. Az európai alkímisták, a természettudományok jeles képviselője volt a már említett *Albertus Magnus*. Ő úgy vélte, hogy minden egyes fém higanyból, kénből és vízből tevődik össze. Ő is hitt a fémek átalakíthatóságában. *Roger Bacon* az alkímiát úgy határozta meg, mint a különböző anyagok előállításának tudományát.

Arnoldus Villanovanus (1235–1311) már az orvosi kémia – a jatrokémia előfutára volt. Ő javasolta először az alkohollal való sebkezelést. *Bonaventura* (1221–1274) alkalmazott először királyvizet az arany oldásához.²⁴



A jatrokémia megalapítója *Paracelsus* (1493–1541) svájci tudós volt. Ő azt tanította, hogy a kémia valódi célja nem az „aranycsinálás”, hanem az ember gyógyítása. Őt tekintjük a kemoterápia és a gyógyszerkémia atyjának. Bevezette a gyógyászatba a higany-, arzén-, antimonvegyületeknek, az ópiumnak és a borszesznek a használatát.

A jatrokémia fejlődése megteremtette azokat a kedvező körülményeket, amelyek lehetővé tették a tudományos kémia kialakulását.

²³ Az európai alkímisták gyakran titkos társaságokat alapítottak. Ilyen, alkímiával foglalkozó társaság volt a *Rózsakeresztesek* csoportja.

²⁴ A középkorban Magyarországon a papság és a szerzetesek között terjedt el leginkább az alkímia. Ismeretes, hogy 1476-ban *Erdélyi János*, karthausi szerzetest felmentették tisztsége alól alkímista tevékenysége miatt. Ebben az időben a kolostorokból kiszorult alkímia a királyi és főúri udvarokba került. Gyakran maguk a fejedelmi személyek is foglalkoztak alkímiával. *Zsigmond* király felesége – *Cillei Borbála* (1392–1451) – állítólag saját kezűleg is végzett „aranycsináló” kísérleteket. *Mátyás király* udvarában is több alkímista megfordult. A híres kuruc tábornok – ifjabb gróf *Bercsényi Miklós* (1664–1726) a harcok szünetében nemegyszer kísérletezett. Valószínű, hogy kémiai tudását főként gyógyításra és puskapor készítésére használta.

Mindezek ellenére az ókor orvosi gyakorlatához képest jelentős a visszaesés a középkorban, hiszen az alapfeltevés az volt, hogy a beteget nem gyógyítani kell, hanem abban segíteni, hogy lelke üdve érdekében képes legyen elviselni a megpróbáltatásokat. Persze ezen a téren sem volt olyan sötét a középkor, mint azt általában gondoljuk. Orvosi iskolák is létesültek, és ezek közül az első a salerno volt Nápolytól délre. Itt az ókorban megszerzett ismeretekre támaszkodtak, illetve a bizánci és az arab orvosok gyakorlatára. A XII. és a XIII. században ebben az iskolában olyan képzés folyt, amelynek keretében élettant, diagnosztikát, anatómiát is tanítottak. Mindezek ellenére az orvosok száma a lakossághoz képest rendkívül alacsony volt, és meg sem közelítette azt az arányt, mely az ókorban jellemző volt. Ennek következtében az orvoslás meglehetősen rossz állapotban volt, és nagyon sokszor az orvosok is tehetetlenül álltak bizonyos betegségekkel szemben. Ennek, valamint a tisztálkodásnak, az egészségtelen étkezésnek, sok hulladéknak, a csatornázás hiányának is köszönhető az, hogy a csecsemőhalandóság több mint 70 % volt, és jellemzőek voltak a járványok.

A középkorra a „sötét” jelzőt talán azért illesztették mégis, mert a gondolkodást erős korlátok közé szorították. Ez azonban nem mindenhol, és nem mindig volt jellemző. Fontos eredményeket értek el a tudósok a középkorban is, melyre az újkor tudománya alapozhatott. Így például a középkori jatrokémia eredményeit felhasználva a sók és ásványvizek gyógyító hatását hirdette, és számos ásványvizet analizált *Libavius* (1540–1616). Ő írta az első kémiai tankönyvet, melynek címe: *Alkímia* (1597). A könyv két részből áll: az első részben a vegyi eljárások vannak leírva, a másodikban a vegyi anyagok előállítása.²⁵

Az arabok szerepe

Az arabokról azt tartják, hogy ők voltak azok, akik az ókori tudományokat átvették, és átmentették Európába. Természetesen nem csak egyszerű átvételről van szó, hanem a természettudományi és filozófiai ismereteket több esetben tovább is fejlesztették. Sőt, a matematika területén a kínai és az indiai tudást is magukévá tették, így sor kerülhetett a görög és a keleti matematika bizonyos ismeretanyagainak egyesítésére. Egyes tudománytörténészek azt vallják, hogy a 0 (nulla) számjegy, melynek nagyon fontos szerepe volt a

²⁵ A jatrokémia fejlődése a XVII. század végére befejeződött. A vegyészek által előállított gyógyszereket széleskörűen kezdték alkalmazni. Az orvosi képzésben nélkülözhetetlen tantárgy lett a kémia.

matematika fejlődésében, Kínából jutott el a II. században Indiába, és az arabok innen vették át, s közvetítették Európába²⁶ a középkorban.

Az arabok Bagdadban létrehozták a Tudomány Házát, és igyekeztek a görögök műveit itt, lefordítva összegyűjteni. Ennek köszönhetően a IX. században már *Euklidész*, *Archimedesz*, *Apollonios* és *Ptolemaiosz* munkáit is lehetett olvasni arab nyelven. A X-XI. században a mai Spanyolország területén arab kalifátus volt, s ennek köszönhetően hatalmas tudományos központok voltak Granadában, Toledóban, Sevilleben. Ez utóbbi város könyvtárában közel 500000 tudományos és szépirodalmi mű volt megtalálható. A latin nyelvnek köszönhetően a keresztényegyház átvett bizonyos dolgokat a római kultúrából, azonban főként azokat emelte ki, amelyek földművelésre vonatkozó ismeretek voltak. Sajnos az ókor csodálatos művészeti és tudományos alkotásainak folytatására nem volt meg az igény, és a gazdasági alap sem. Jól mutatja ezt a középkori matematika, amelyről megjelent ugyan néhány könyv, de azoknak a nívója meg sem közelítette sem a görög, sem az arab matematika szintjét. Köszönhetően annak, hogy az egyház nyelvét, a latint, széles körben ismerték, az európai középkor tudományos nyelve is a latin lett, és egyre több ókori, illetve arab művet fordítottak latinra.

A görög filozófusok munkái a középkorban a VII. századtól kezdve az iszlám kultúra, illetve az arab tudósok segítségével, latinra fordítva jutottak tehát a középkori Nyugat-Európába. Így *Arisztotelész* munkái arab közvetítéssel jutottak el *Aquinói Tamáshoz*. Miközben lefordították a görög természettudomány eredményeit az akkori világ tudományos nyelvére (arabra), a fordítók kiegészítették, illetve kommentárokkal látták el azokat. Azon idők leghíresebb tudósa *Mohammed Ibn Musa Al-Khwarizmi* (780-850), akinek az algebra elnevezését is köszönhetjük, a keresztény világ számára nemcsak a görög ismereteket közvetítette, hanem az indiai csillagászok és matematikusok eredményeit is. Neki köszönhetjük a tízes számrendszer, az arab számok, illetve a nulla bevezetését, amelyek valójában indiai eredetűek. A geometriával szemben a görögök az aritmetikát nem tartották sokra, ezért nagyon fontos volt *Leonardo Fibonacci* munkája, melyben alapforrások segítségével dolgozta át az indiai aritmetikát és algebrát.

Ptolemaiosz rendkívül meghatározó csillagászati ismeretei is elsősorban *Al-Khwarizmi* munkáján keresztül jutottak el az európai természettudományos kutatásba. *Mohammed Ibn Dsabit Al-Battani* (858-

²⁶ Az arab számrendszer átvétele nagy jelentőségű volt, hiszen a bonyolult számításokat nagymértékben megkönnyítette (az algebra szó arab eredetű: al dzsebr = besorolás).

929) is sok korábbi csillagászati megfigyelést pontosított és javított, és neki köszönhető, hogy megállapította az eliptika dőlését és a tropikus napív hosszát. Az általa pontosított adatok szolgáltak a Gergely-féle naptár alapjául 1582-ben. Tehát ennek a naptárnak a megalkotása, amelyet még ma is használunk, egy muzulmán és egy arab csillagász jelentős munkájának köszönhető.

Fontos hangsúlyozni, hogy az arab nyelv, illetve kultúra nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy a természettudományos ismeretek eljuthattak a középkori Európába, és nem csak egyszerűen lefordították a görögök munkáit, hanem kiegészítették azokat, és ahol szükséges volt, pontosították²⁷. Hasonlóan ahhoz, mint ahogy annak idején az ősi Keleten összegyűlt ismereteket dolgozták át a görögök. Az arab fordításokban már jól körülhatárolható szókincs használata jellemző, és a kifejezések egyre pontosabbá és egyértelműbbé váltak. Ezek a tudományos művek már nagyon hasonlítanak a modern tudományos értekezések stílusához.

A reneszánsz mérnökei

A reneszánsz az ókor tudományának újjáéledése. Az 1300-as évek közepétől az 1500-as évek végéig tart.

A középkorban, *Arisztotelész*nek a realitásokhoz jobban ragaszkodó filozófiája, és *Platón* ideáinak világa állandó harcban állt egymással. A reneszánsz egyik tudományos vívmánya az, hogy egyre inkább elkezdtek kételkedni *Arisztotelész* mindenhatóságában. A reneszánsz földjén, Padovában, abban az iskolában, ahol később *Galilei* professzor lett, megszületik egy fontos módszer, amelyet annak idején úgy neveztek, hogy rezolúció és kompozíció. Ennek a lényege az, hogy arra törekedtek, a jelenségeket egy összefogó struktúrában láthassák, és ezt a szerkezetet, ezt a struktúrát vonatkoztassák minden olyan jelenségre, amely ebből levezethető. Ez tudományos módszernek tekinthető. A matematika valódi alkalmazása azonban még hiányzik belőle. *Arisztotelész* az ókorban mellőzte a matematikát, a matematika igazi művelői a platonisták és a püthagoreusok voltak.

A reneszánsz nagy eredménye az, hogy az *Arisztotelész*ben való kételkedés visszahozta a tudományba a matematikát. *Platón* és *Püthagorasz* gondolatainak újra előtérbe kerülése segítette az alkímisták térhódítását is. Ez viszont nem segítette elő az igazi tudomány fejlődését, annak ellenére, hogy

²⁷ Az arabokkal ellentétben a rómaiak többnyire megelégedtek a görögök által elért tudományos eredmények egyszerű összegyűjtésével. Ennek nagyon jó példája a *Naturalis Historia* (Természettörténet), melyet *Plinius* (23-79) állított össze.

sok olyan eredményt értek el, mely később tudományosan is megalapozottnak bizonyult, azonban számukra a bizonyítás helyett az elsődleges a csodavárás volt (10. kép.).



10. kép. A csodavárást nagyon jól ábrázolják azok a képek, amelyek az alkímistákról készültek. Joseph Wright festményén Hennig Brand német alkímista látható abban a pillanatban, amikor éppen egy új „titokzatos” elemet, a foszfort fedezte fel.

Forrás: <http://www.uni-regensburg.de>

Az 1350-es évek közepén a fekete halál szedte áldozatait Európában, majd a százéves háború eredményeképpen szörnyű pusztítást végeztek a fegyverek. Azonban a késői feudalizmus, vagy úgy is mondhatjuk, a korai kapitalizmus korában egyre inkább szükség volt a tudományra, illetve a tudomány alkalmazóira, a mérnökökre. Ezért egyre nagyobb szerephez jutnak a reneszánsz mérnökei, hiszen gépeket, erődöket, ágyukat, kastélyokat alkotnak. Látszólag számukra a tudomány és a tudományos viták érdektelenek, hiszen az ő fő tevékenységük az, hogy mérnek és alkotnak. Ők is támaszkodnak azonban az ókorra, így például *Eukleidész* távolságok mérésével, és *Archimédész* szögekkel kapcsolatos eredményeit ők is felhasználják műveik megalkotásában²⁸.

Leonardo da Vinci (1452-1519), aki mint mérnök is alkotott (a legkülönbözőbb szerkezeteket, mint például fegyvereket), a kísérleti kutatás egyik nagy előfutára volt. Ő már bizonyító kísérletekkel támasztotta alá következtetéseit. Szállóigeként maradt ránk mondása: „*Kerüld az olyan kutatók tanait, akiknek bizonyító tételeit nem a tapasztalat támasztja alá. A természet csodáinak tolmácsa a tapasztalat.*”

A skolasztikus filozófia, az arisztotelészi nézetek megkérdőjelezéséhez is sokban hozzájárultak *Leonardo da Vinci* kutatásai. Mechanikai, aero- és hidrodinamikai, optikai felfedezései vannak. Különösen sokat foglalkozott statikával. Ismerte az egyensúlyi helyzet, az erőnyomaték, a testek lejtőn való mozgásának feltételeit, az örökmozgó lehetetlenségét. Az elsők közt állapította meg, hogy a légnemű közeg ellenállását a benne mozgó test homlokfelületén összesűrűsödő közeg okozza. Hasonló magyarázatát adta annak a felhajtóerőnek, amely a madarakat a levegőben tartja. Másoktól függetlenül megállapította a fénytörés törvényét. Ráérezett, és hangsúlyozta, hogy a fény-, a hang- és a vízhullámok azonos mozgási törvényeknek engedelmeskednek. A kapillaritás jelenségére is elsőnek figyelte fel. A hőmérő gondolata is az ő agyában született meg. Tudta, hogy a levegőnek súlya van.

Gondolatainak fantasztikus szárnyalását jól mutatja, hogy olyan, abban a korban nem megvalósítható szerkezeteket is megálmodott, mint a repülőgép vagy az ejtőernyő, sőt a mai robbanómotor elődjének a terve is megszületett a fejében. A tudomány szempontjából nagyon fontos kijelentést tesz, hogy csak az nevezhető igazi tudománynak, amely használja a matematikai bizonyítás módszerét. Ennek azonban ő maga sem tudott mindig

²⁸ A mérnököknek nagyon fontos szerep jut ebben az időben a természet kínálta energiaforrások felhasználásában, mint például a víz, illetve a szél, de emellett megjelenik a puskapor, azaz a kémiai energia felhasználása is.

megfelelni, tekintettel arra, hogy a matematikai eszközök erre még nem voltak alkalmasak.

A középkorban válik a hajó olyan közlekedési eszközzé, amelyben a megelőző korok tudományos és technikai ismeretei egyesülnek. Vezetéséhez szükség van iránytűre, órára, irányban tartásához kontrollálni kell a szelet, a hullámzást, ismerni kell a csillagokat. A hajó irányításával kapcsolatos problémák megoldása előzménye annak a folyamatnak, melynek eredményeképpen *Copernicus*, *Kepler*, *Galilei*, illetve *Newton* a Földön megismert fizikát összekapcsolják az égi mozgásokkal, és bizonyítják, hogy a földi és az égi törvények nem különböznek.

Fontos öröksége a reneszánsznak az is, hogy felmerül annak a lehetősége, hogy az ember ura lehet a mozgásnak, ha megismerte a mozgás természeti törvényeit. Ez alapot ad majd annak a gondolatnak (amely *Descartes*-nál teljesedik ki a XVII. században), hogy a világ egy olyan gépezet, amely engedelmesen végrehajtja a kívülről kapott parancsokat.

A környezet állapotának romlása tovább folytatódik

A római birodalom felbomlását követően a középkorban a természeti erőforrások kihasználásának hatékonysága, illetve az ipari és a mezőgazdasági termelés visszaesett. Ezt úgy is értékelhetnénk, hogy ennek a hanyatlásnak jótékony hatása volt a környezetre. Az ember és környezet viszonya azonban a középkorban sem volt kiegyensúlyozott. Ha a teljes időszakot vesszük figyelembe, akkor megállapítható, hogy ezek a pozitív változások csak átmenetiek voltak a környezetrombolás egyre erősödő folyamatában.

Általánosságban elmondható, hogy az emberek életmódja az ipari forradalomig szinte alig változott. A tápanyag körforgalmában lényeges változások nem következtek be, ezért a mezőgazdasági rendszerek állandósága hosszú időn keresztül fenntartható volt. Az ókorhoz képest a technikai és higiéniai viszonyok negatív irányban változtak, és ennek (elsősorban a városi életre) komoly káros hatásai voltak.

Erdőirtás és legelőfeltörés

A középkorra jellemző, hogy a Római Birodalomban megkezdődött nagybirtokok kialakulása, a hűbéri Európában tovább folytatódott. A középkori Európában a burgonya, kukorica, cukorrépa még nem volt ismert, ezért a fizikai munkát végző jobbágyok étkezésének alapját a gabonatermelés határozta meg. Étkezésükben az állati fehérje nem volt jellemző, hiszen a halászat és a vadászat feudális privilégium (előjog) volt. Tekintettel arra, hogy a termesztés hatékonysága a rómaiakhoz képest visszaesett, az eltartóképesség növelésének a lehetőségét leginkább a termőterület növelése biztosította. Ezért Európában egyre nagyobb területeket vontak be a mezőgazdasági termelésbe, erdőirtás és legelő feltörés útján.

A középkort megelőzően a Római Birodalomban az úgynevezett könnyűeket használták, amellyel csak lág, könnyen szántható földeket lehetett megművelni. A germánok azonban ilyen eszközzel a kötött talajokat, a kiirtott erdők helyét nem tudták megművelni, és ezért szükség volt az ún. nehézekére, amellyel az addig fel nem tört talajokat is be lehetett vonni a földművelésbe. A szántás hatékonyságát az is elősegítette, hogy közben fölthalálták az ún. szügyhámot, amely a lovak teljesítményét növelte.

A mezőgazdaság fellendülése azt eredményezte, hogy egy adott terület egyre több embert tudott eltartani. Ez viszont lehetővé tette az ipar fellendülését. A fellendülés azonban egyre több energiát igényelt, melyet a vízi- és szélmalomok biztosítottak. Így a XIII-XIV. században egyre több tevékenység kapcsolódott a malmokhoz, és létrejöttek az ún. papírmalmok, fűrészmalomok, selyemcárnázó malmok stb. Sajnos ezekhez egyre több fára volt szükség, és dokumentumok bizonyítják, hogy például Angliában egész erdőterületeket irtottak ki, mert egyre több malmot, szélmalomot építettek fából. Emellett azonban ugyanitt megjelentek például az apálydagálymalomok. (Manapság szintén megpróbálja az ember az árapályjelenségben rejlő energiát újra kihasználni.) Közben megjelent a kőszén felhasználása is. (Kezdetben csak a mészégetéshez és a kovácsműhelyekben használták.)

A korabeli feljegyzések azt mutatják, hogy pl. Angliában a XI. században a természetes füves és erdőterületek az ország csupán 35 %-án maradtak meg. A lakosság számának növekedésével a gyapjú iránti igény megnövekedett, ami további területeket igényelt, így az erdőterületek aránya tovább csökkent.

Európa más területein is hasonló folyamatok játszódtak le, melyek következtében a nyugati és középső területeken szinte minden erdőt kiirtottak. Ezek a területek azonban csak átmenetileg adtak nagy terméseket, hiszen a földek tápanyagtartalékai kimerültek. A lejtős területekről a termőtalaj fokozatosan lemosódott, de a folyó menti termékeny síkságok is

veszélyeztetetté váltak, hiszen a kiirtott erdők nem voltak képesek megtartani a csapadékot, melynek következtében hatalmas árvizek és belvizek jöttek létre.

Az erdőterületek csökkenéséhez több egyéb tényező is hozzájárult. Ott például, ahol nem volt terméskő, az építkezéshez téglát égettek, amihez sok fára volt szükség. Természetesen a legkülönbözőbb épületek (házak, kastélyok stb.) építéséhez is fára volt szükség. A települések növekedésével a lakások fűtéséhez is egyre több fát használtak föl, ezen kívül a ruhamosáshoz a lúgot fából állították elő, és a faszén készítéséhez is fát használtak.²⁹ A közlekedési eszközök alapanyaga továbbra is a fa maradt.

A kőszén felhasználásával a nagyméretű erdőirtás bizonyos területeken csökkent.

(A témához ajánlott olvasmány: Csőke Pál: A Magyar erdőgazdálkodás története, Akadémia Kiadó, Budapest, 1980. A könyv egy részlete a függelék 210. oldalán olvasható)

A levegőszennyezés új fejezete

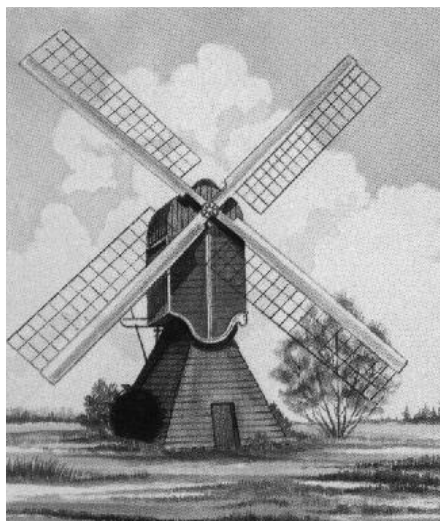
A szén a gazdasági fejlődés szempontjából is fontos új energiahordozónak bizonyult, égetésével azonban a levegőszennyezés új fejezete is elkezdődött a középkorban. A káros következményeket viszonylag korán felismerték, amelynek bizonyítéka *I. Edward* angol király XIV. században született tiltó rendelete, melynek értelmében Londonban a kőszén égetését nem engedélyezték, mert az káros hatással volt a lovagok egészségére. Ehhez hasonló intézkedéseket más európai városokban is hoztak. 1348-ban Ewichkanban megtiltották a kovácsoknak, hogy kőszént használjanak műhelyeikben. 1407-ben Gosslarban az ércpörkölést állították le az egyre fokozódó füstgáz kibocsátás miatt.

A XII-XIV. századi leírások jól érzékeltetik, hogy már abban az időben is tapasztalták a kőszén fölhasználásának káros hatásait. *Elenor királynő* 1257-ben látogatta meg a Nottinghami kastélyt, azonban a széntüzelés miatt oly kellemetlennek találta a levegőt, hogy inkább átköltözött a Tutbury kastélyba. *I. Erzsébet királynő* is szomorú és elégedetlen volt, amikor a Westminster Palotában szénfüstös volt a levegő. Panasza miatt a helyi sörkészítők a széntüzelésről áttértek a fatüzelésre. Egyes leírásokból az is kiténik, hogy a széntüzelés következtében bizonyos

²⁹ A középkorban Magyarországon is törvények és királyi rendeletek szabályozták a termőterületek hasznosítását, illetve az erdők fáinak kivágását. Így pl. *Zsigmond* király 1405. évi és 1435. évi törvényei, és *Ferdinánd* 1568. évi erdőtörvénye a bányák körüli erdők kitermelését szabályozták.

helyeken nagymértékben pusztult a növényzet, illetve jól megfigyelhető volt, hogy a lakóhelyeken a bútorok és különböző dísz tárgyak hamar porossá váltak.

A kőszén fölhasználását a víz- és a szélergia hasznosítása (**11. kép**) megelőzte, hiszen a X-XI. századtól kezdve a kisteljesítményű vízimalmok, majd a XII. századtól a szélmalomok nagyon gyorsan terjedtek.

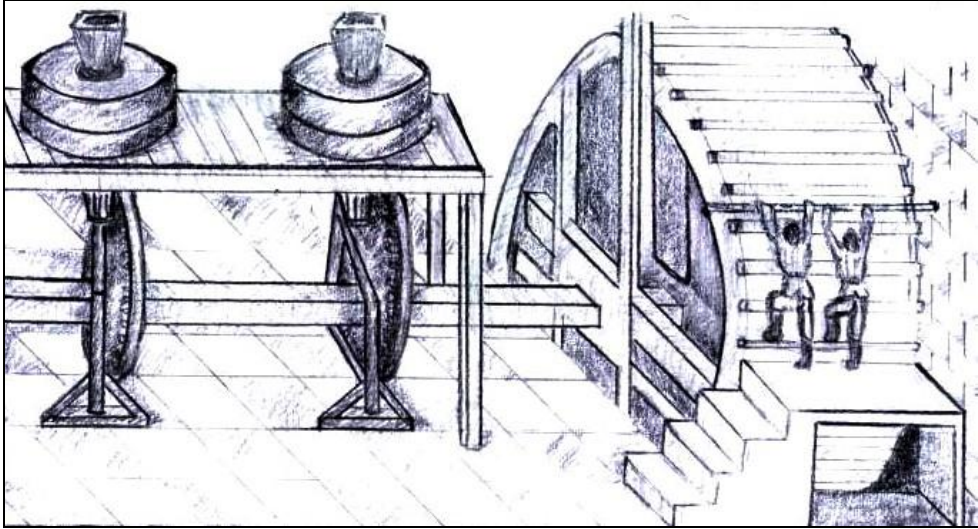


11. kép. Vízemelésre használt szélmalom a középkorból

Megújuló energiák használata

A hajtóerő-szükségletet több, mint 3000 éven át szolgálták az ún. taposómalomok (**12. kép.**). Ez a berendezés, akárcsak az evezős gályák, az ember szégyenletes kizsákmányolásának a szimbóluma is. Talán ennek köszönhető az is, hogy a taposómalom pejoratív értelmű fogalommá is vált.³⁰

³⁰ A középkorban a taposómalom volt az emberi szenvedés egyik szimbóluma, ezért nevezték vérmalomnak. Szuszimalomnak is nevezték, mert a malom taposása közben az emberek erősen szuszogtak, és időnként pihenniük kellett. A napjainkban használt taposómalom, taposókerék kifejezés az egyhangú munkát, foglalkozást vagy munkahelyet jelzi. Forrás: <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/food/muzeum/szarvas/>



12. kép. Egy taposómalom rekonstrukciós rajza. A taposómalmot emberek hajtották. Ez volt a szegények és a rabok malma. Járókerekét lépcsők borították. Ezeken 2–6 ember taposott, azaz látszólag felfelé igyekezett, valójában azonban egyhelyben járt és közben lábaival hátrafelé forgatta a hengert. A henger függőleges síkú mozgását az áttételi szerkezet vette át, és felgyorsítva vízszintes síkú körmozgásként adta át a forgókőnek.

Forrás: <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/food/muzeum/szarvas/>
 Illusztráció: Lengyel Adél

Az egyre növekvő hajtóerő-szükségletet már nem lehetett izomerővel kielégíteni, ezért az ember egyre inkább igyekezett a szél erejét felhasználni. Először vitorlába fogta, amely az evezés nehéz munkáját segítette, majd szélkerekeket készített, melyek segítségével vizet merített és gabonát őrölt. Így a szélmalom már az i.e. 1200-as években létrejött. Egyiptomban még ma is megvannak az első szélmalomok maradványai, melyek a fáraóknak és a piramisok építőinek őröltek gabonát. Európában először a IX. században említik a szélmalomokat, de a szél energiájának az intenzív felhasználása csak a XI. századtól figyelhető meg.³¹ Az ehhez szükséges tudományos és technikai ismeretek a keresztes háborúk idején kerültek be Európába keletről.

A szélmalomok a szélcsennel szemben tehetetlenek voltak, ehhez képest a vízi energia felhasználása megbízhatóbbnak tűnt. Az ókorban a

³¹ Az 1300-as években a szélmalom és a vízszivattyú kombinálásával nemcsak a mezőgazdasági területek öntözését oldották meg, hanem a szélenergiával működő szivattyúk segítségével az Északi-tenger partvidékén csapottak le és szárítottak ki parti sávokat.

vízikerekek tulajdonképpen víz emelésére szolgáltak. Európában kb. abban az időben vált általánossá a vízikerék használata, amikor a szélmalomok építése kezdődött. A XII. századtól kezdve egyre több célra használták a vízimalmokat, így például fűrész- és olvasztóműveket, bányászati szállítóberendezéseket, drótozó és más ipari termelő berendezéseket működtettek segítségükkel.

A vízikerekek teljesítménye csak kis mértékben tudta felülmúlni a szélkerekekét. Még abban az esetben sem tudták jelentős mértékben növelni teljesítményüket, ha nagyobb egységekké kapcsolták őket össze. Bár a vízenergia fölhasználása jelentősen hozzájárult a középkor energiaigényeinek kielégítéséhez, mégis hamar elérték ezek a szerkezetek a teljesítőképességük határait.

A XIV. sz. elejétől kezdve Európában egyre nagyobb mennyiségben kezdték bányászni a szenet, amelyet kezdetben mészégetésre, majd a kohászatban is felhasználtak, a lakások fűtésén kívül. Amikor aztán a gőzgépet feltalálták, majd tökéletesítették, és a fémkohászat is fejlődésnek indult, a szén vált a meghatározó energiahordozóvá.

A vízszennyezés és a hulladék

Az ókorhoz hasonlóan a középkorban is a nagy problémát jelentett a vízszennyezés, és a hulladékok elhelyezése. Ez a két környezeti probléma elsősorban a városokban jelentkezett. A korabeli leírások szerint a középkori városok nem voltak kellemes szagú helyek, hiszen a hulladékok eltávolításával nem foglalkoztak komolyan. Azok a hulladékok, amelyeket a disznók nem ettek meg, többnyire az utcára kerültek és a legjobb esetben az eső mosta el őket. A növekvő gondok megoldására egyre több városban hoztak kezdetleges intézkedéseket a hulladék eltávolítására, és néhol utcaseprőket is alkalmaztak.

A víz kezelésének az ókorban bevezetett módszerei, úgy tűnik, feledésbe merültek.³² Annak ellenére, hogy már az ókori római birodalomban megalkották a csatorna- és vízvezeték-rendszereket, csak a XIX. században kezdtek el foglalkozni az ivóvízellátás megoldásával. Úgy is fogalmazhatnánk, hogy a hulladék eltávolítását és a csatornázást azért kényszerültek megoldani az emberek, mert már elviselhetetlen volt a bűz és

³² A vízöblítéses WC-t már a középkor végén egy angol költő, *Sir John Harington* (újra) feltalálta, azonban az Erzsébet-kori Anglia higiéniai viszonyai között, a csatornarendszer hiányában senki sem foglalkozott vele. Végül később 1778-ban *Joseph Bramach* kezdte el árusítani a vízöblítéses WC-t.

nem volt tiszta ivóvíz, az utcákon pedig mocsokban kellett járni. Igazi lendületet az adott ennek a folyamatnak, hogy az úgynevezett miazma elmélettel szemben sikerült bebizonyítani, hogy a vízszennyezés és a betegséget terjesztő mikroorganizmusok között kapcsolat áll fenn.

Egyes városokban már a középkorban is próbáltak megbirkózni a vízszennyezés okozta problémákkal. Például 1307-ben felmérték a Flaet folyó állapotát, amelynek eredménye az volt, hogy a vizet leginkább a bőrcserzésnél használt vegyszerek maradványai, és a piacon dolgozó hentesektől származó hulladék szennyezi. Ebben az időben kötötték össze az angol király mosdóját egy korábban felépített csatornával, amely lehetővé tette a királyi konyha szennyvizének elvezetését is. Természetesen ez inkább kivételnek, mint jellemzőnek tekinthető, hiszen a fekália nagy része továbbra is a nyitott árkokban és vízmosásokban folyt, amelyekből a patakokba és folyókba került.

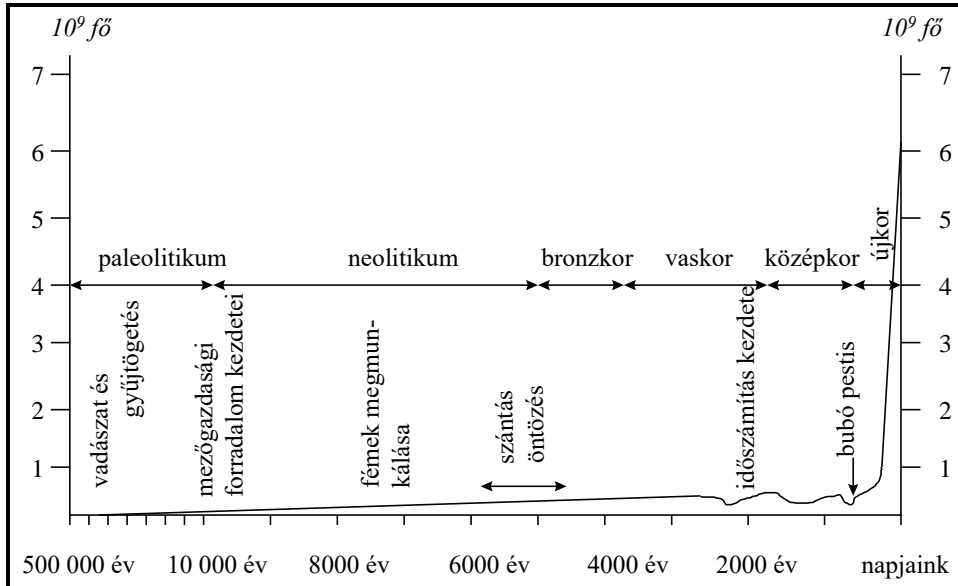
Bár készítettek emésztő gödröket, ezek gyakran telítődtek, és a felszíni vizet szennyezték, ill. a tartalmuk a szomszédos kutak vizébe szivárgott.

Hasonló állapotokat találunk a középkori Európa más területein is. 1366-ban például Párizsban a mészárosokat arra kötelezték, hogy a mészárszékből kikerült hulladékot a városon kívül helyezték el. Madridban például úgy takarították az utcákat, hogy hordókból vizet öntöttek ki, hogy az sodorja el a szemetet. A franciaországi Bordeaux, Lyon és Toulouse városaiban a szemet a nyitott kanálisokban hömpölygött a csatornák felé, és a vágóhidakról a vér kifolyt az utcára. Jellemző volt, hogy Európa városaiban a nagy esőzések idején gusztustalan hordalék áramlott ki a csatornákból. A korabeli leírás a hentesüzletekből kispert trágyáról, belekről, vérről, vízbefojtott kiskutyákról,³³ bűzlő halakról, döglött macskákról és zöldség hulladékról beszél.

Járványok kialakulása

Az egyre növekvő szennyeződés következtében olyan járványok alakultak ki, amelyek az Európai népesség lényeges visszaeséséhez vezettek (**7. ábra**).

³³ Az ember környezetkárosító tevékenysége mellett jellemzőek a középkorban az ún. állatperek, azaz előfordult, hogy a püspökség a bogaraknak védőügyvédet rendelt ki az őket kiirtani igyekvő paraszttal szemben. És természetesen előfordulhatott az is, hogy nem a parasztok nyerték a pert. (Forrás: Luck Ferry: Új rend: Az ökológia, Európa Könyvkiadó, 1992.)



7. ábra. Az emberiség létszámának változása az elmúlt 500 000 évben
Ehrlich et al. (1977) szerint

Így például Európa lakossága az 1300-as éveket követő közel 100 évben mintegy 30 millió fővel csökkent.

A felgyülemlett hulladék kedvezett a házi- és a vándorpatkányok elszaporodásának, s rajtuk keresztül a fertőző betegségek elterjedésének, melyek közül legszörnyűbb talán a pestis volt, de a tífusz és a kolera is sok áldozatot követelt. Philip Ziegler *“Fekete halál”* című klasszikussá vált könyvéből ismerkedhetünk meg az Európán végigvonuló pestisjárvánnyal, amely a XIV. sz. közepére tehető. A fertőzést egy olyan baktérium okozza, amely bolhacsípéssel kerülhet az ember szervezetébe. A baktérium úgynevezett köztulajdonosja a patkány. A patkányok valószínűleg hajókon érkezhettek Közép-Keletről és a középkori városok zsúfolt és szennyezett viszonyai között könnyen elszaporodtak. Abban az időben nagyon sok helyen kimerült a talaj tápanyagtartaléka, és ez a szokatlanul hideg időjárással együtt éhínséghez vezetett. Az éhezéstől legyengült emberek, illetve a szennyezett víz, ideális feltételeket biztosított a *“fekete halál”* elterjedéséhez. Pontos adatok nem állnak rendelkezésre, de becslések szerint kb. 2-3 éves időszak alatt Európa lakosságának 30 %-a elpusztult. Az akkori orvosok úgy vélték, hogy ennek a szörnyű betegségnek az oka a légkör megromlása. Ma már tudjuk, hogy ez hibás elmélet, de ebből kiindulva kezdték tanulmányozni a levegőszennyezés okait.

ÚJKOR (XVI-XVIII. SZ.)

Az ember tudományos tevékenysége egyre szerteágazóbbá, és saját történetére nézve egyre meghatározóbbá vált. Ezért szükséges a történelmi koroktól való elszakadás, és az újkor tárgyalását csak a XVIII. század végéig tesszük meg. A XIX. századtól – a globális környezetszennyezés kezdetétől – új fejezetet nyitunk majd könyvünkben is.

Az Amerika felfedezését követő évszázadokban forradalmi változások következnek be a szellemi életben. Ami addig sérthetetlennek tűnt, az már nem az többé. Erről tanúskodik *John Donne* (1572–1631) 1611-ben írt verse:

*„Az új bölcséletnek nincs mi szent,
A tűz feledésbe ment;
Nincs többé Nap, se Föld, se nincsen ész
Eligazodni, mely elég merész.
És nyíltan hangoztatják: e világ
Idejét múlta, most az új csodát
A bolygókban és az égen keresik;
Ám ez atomjaira szétesik.
Nincs összetartozás, minden széthull bizony;
Nincs ép arány s a dolgokban viszony.”*

A szellemi átalakulás a társadalmi változással párhuzamosan zajlott. A társadalomban megszűntek a biztos tájékozódási pontok, az új rend azonban csak hosszú idő alatt alakult ki.

Luther (1483–1546) 1517-ben tette közzé téziseit, s ezzel a teológiában is megindult az a változás, amit reformációnak hívunk. A XVI. század az újkor nyitánya. Ekkor születtek meg *Tiziano* (1488–1576), *Tintoretto* (1518–1594) és *Michelangelo* (1475-1564) olyan művei, amelyek a művészetekben új irányokat nyitottak. Ebben az időben kezdte írni műveit *Shakespeare* (1564–1616).

Az új természettudományos világkép alapjainak a lerakására is ekkor került sor. *Gutenberg* (1397–1468) találmánya, a könyvnyomtatás, jelentősen segítette az új gondolatok, eszmék, tudományos eredmények elterjedését, hiszen már nemcsak a Bibliát, hanem különböző természettudományos műveket is kinyomtattak, mint például csillagászati, növény- vagy állattani és orvosi könyveket. Ezen könyvek szerzői már nemcsak az ókori műveket kommentálták, hanem új tudományos eredményeket is bemutattak.

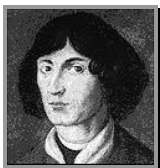
A reneszánsz szimmetrián alapuló rendszerét felváltja a barokk. A szó különlegesen, furcsán, rendellenesen jelent. A barokk korban a fény központi szerepet kapott az építészetben, a képzőművészetekben, de ugyanakkor a tudományban is.

A XVII. században megalapítják az első tudományos akadémiákat. Itáliában, Franciaországban, Angliában ezzel egy időben megnyílnak az első természettudományi múzeumok is, mint például a koppenhágai, hamburgi, párizsi, londoni.

Forradalom a tudományban

A tudományos forradalom kezdetei

Erre az időszakra esik a tudományok újraszületése. Ekkor már zömében ismerték az ókor tudományos hagyatékát, sőt komoly fejlődésről is számot lehetett adni. Például a XVI. század közepén az egész középkori szemléletet átformáló tudományos igazságot mondott ki *Kopernikusz*. A tudományos forradalom elindítói e kor tudós vezéregyéniségei közé tartoztak, mint például *Kopernikusz*, *Tycho de Brahe*, *Kepler* és *Galilei*, de *Giordano Bruno* is.



Nikolausz Kopernikusz (1473–1543) lengyel csillagász, természettudós, az első, aki a geocentrikus világkép revízióját (felülvizsgálatát) elvégezte. Ő a mai világképünk alapjául szolgáló *heliocentrikus vilárendszer* megalkotója. *Kopernikusz*, *Ptolemaiosz* csillagászati számításainak pontosítása közben jött rá arra a felismerésre, hogy nem a Nap kering a Föld körül, hanem a Föld a Nap körül. Már az 1500-as évek elején leírta a következőket: „*A Föld középpontja nem középpontja a világmindenségnek, hanem csak a nehézkedésnek, és a Hold mozgásának. Minden körmozgás a Nap körül történik.*” *Kopernikusz* halálának évében, 1543-ban jelent meg fő műve, a *De revolutionibus orniium coelestium* (Az égi pályák körben forgásáról), melyben a lengyel csillagász patetikus formában ugyan, de pontosan kifejti a heliocentrikus világkép lényegét: „*...Azonban mindennek a közepén a Nap áll. Hiszen ki akarná ezt a lámpást ebben a csodálatos templomban más vagy jobb helyre tenni, mint oda, ahonnan az egészet egyszerre megvilágíthatja? Őt egyesek a fénynek, mások a léleknek, ismét mások a világ kormányzójának nevezik. Triszmegisztosz a látható Istennek nevezi, Szophoklész Elektrája pedig mindent látónak. Valóban, a Nap, királyi trónusán ülve, kormányozza az égitestek körülötte keringő családját. A Földet sem fosztják meg a Hold szolgálatától, hanem mint Arisztotelész *De**

animalibus című művében mondja, a Hold a legszorosabb rokonságban van a Földdel. Közben a Nap megtermékenyíti a Földet, amely terhes lesz, és évenként szül.” Azaz csillagászati megfigyelésekre és matematikai számításokra alapozva kijelentette, hogy a Föld nem a világegyetem középpontja. Ez a kor legjelentősebb és talán legnagyobb hatású felismerése. Ez abban az időben rendkívül veszedelmes volt, hiszen ellentétes volt az egyház tanaival, mert a Földdel együtt az embert is kivette a világmindenség központjából, és azt kétségbe vonta, hogy az ember lenne a teremtés célja és értelme. Talán ennek is köszönhető, hogy megállapításait csak közvetlenül halála előtt engedte kinyomtatni és kiadni.

Életében műve szinte hatástalan volt. Az új nézet *Michelangelo Utolsó ítélet* című festményében mégis tükröződik, hiszen Krisztus a központban (mint ahogy a Nap) helyezkedik el, és körülötte körkörös kompozícióban (mint ahogy a bolygók) bolyonganak az utolsó ítéletre váró lelkek (13. kép).



13. kép. *Michelangelo Utolsó ítélet c. festménye. Michelangelo VII. Kelemtől kapta azt a megbízást, hogy fesse meg a Sixtus-kápolna oltárfalára az utolsó ítéletet.*

Forrás: <http://www.wold.sztaki.hu/~smarton/muveszet/michelangelo/michfr.htm>

Tudományos körökben alig tettek róla említést, és mindössze a század végén *Tycho Brahe* és *Jordano Bruno* hívták föl eredményeire a figyelmet. Az igazi elismeréshez *Kepler* és *Galilei* munkája kellett a XVII. században. *Kopernikusz* fő művében (*Az égi pályák körforgásáról*) az egész középkori szemlélettel szemben álló tudományos igazságot mondott ki. *Kopernikusz* érdeme, hogy megszüntette a Földnek a többi égitesthez viszonyított kitüntetett szerepét. Hibája viszont, hogy elfogadta azt a nézetet, mely szerint az égitestek a maguk tökéletességében csak tökéletes pályákon mozoghatnak. A bolygók pályáját is kör alakúnak, mozgásukat pedig egyenletes sebességűnek tekintette.

A heliocentrikus világrendszer megalkotása hatalmas lépést jelentett a tudomány fejlődésében. A kopernikuszi életművel indult meg a támadás a középkori dogmatikus elveken alapuló természettudományos szemlélet ellen. Az úgynevezett „kopernikuszi fordulatot” megelőző évszázadokban *Arisztotelész* felfogása volt az uralkodó, melynek lényege az volt, hogy a világmindenség két, egymástól elkülönülő szférára oszlik: a földre és az égire. Ezeket nem azonos természeti törvények irányítják. Ennek megfelelően a földi jelenségekkel foglalkozik a fizika tudománya, míg a tökéletes változatlan, örök dolgok tudománya, a matematika, az égi szférában alkalmazható. Ezért jelentős fordulat a fizika megjelenése az asztronómiában, és a matematika megjelenése a fizikában. *Arisztotelész* elképzelése szerint a földi jelenségek szférája a Holdig tartott, és azt követően, azon túl volt az égi jelenségek szférája. Szerinte az Univerzum összesen ötféle elemből épült föl: föld, víz, levegő, tűz és az éter, azaz a mennyei elem, amelyből az égitestek állnak. A földelem a legnehezebb, és ennek megfelelően a világegyetem közepében kell, hogy elhelyezkedjen. Ennek megfelelően az arisztotelészi elképzelésben a Föld a legalantasabb hely a világegyetemben.³⁴

A *Kopernikuszi* asztronómiát *Kepler* és *Galilei* tökéletesítette tovább. *Kepler* munkájának a lényege az, hogy pontosítsa, és számításokra, az égi jelenségek előrejelzésére alkalmasabbá tegye. Ennek érdekében a korábban ismertetett arisztotelészi felosztást elveti, és a földi fizika alapelveit megpróbálja

³⁴ Ezt nagyon jól tükrözi *Dante Isteni színjátékának* azon része, amikor a költő a paradicsomi részben egyre magasabbra jut a mennyei szférák között, és ennek megfelelően egyre üdvözültebb lesz és egyre nemesebb lelkekkel találkozik.

kiterjeszteni az égitestekre is. *Galilei* is elveti az arisztotelészi felosztást, de ő az égi jelenségek törvényszerűségeit próbálja a földi jelenségekben föltárni. Tehát *Kepler* a földi tapasztalatokat viszi az égbe, míg *Galilei* az égit a földre.

*Kepler*nek 1609-ben jelent meg *Astronomia nova* című munkája, melynek „*A mennyei fizika*” az alcíme. *Galileinek* pedig 1632-ben jelenik meg a *Dialogo* című műve, melyben *Kopernikusz* igazát próbálja közérthetően bizonyítani. *Kepler* nem kerül tanaiért összetűzésbe az egyházzal, *Galileit* viszont két ízben is az inkvizíció elé rendelik. A legnagyobb bűne az, hogy szerinte a szentírást a tudományos eredmények fényében újra kell értelmezni. *Galilei* megfogalmazásában így az ember alkalmassá vált arra, hogy nemcsak isteni sugallatra, hanem tudományos módszerrel, megfigyelésekkel és matematikai eredményekkel is új következtetésekre jusson. Ez jól mutatja az újkor szellemi fordulát.³⁵

Giordano Bruno (1548–1600) a kételkedés és a gondolkodás fontosságát hirdette. Nemcsak egyszerűen *Kopernikusz* nézetének hirdetője, hanem gondolatainak továbbfejlesztője is volt. Azt vallotta, hogy a világegyetem végtelen, hogy más bolygókon is van élet. Hirdette az anyag és a mozgás elválaszthatatlanságát, a Föld mozgását:

„*A világegyetem végtelen... Rengeteg csillag van benne, melyek éppoly kevésbé vannak hozzáerősítve, mint a Föld, Hold, Nap és a többi megszámlálhatatlan égitest... Bizonyos távolságokkal keringenek egymás körül, ahogyan a legközelebbi hét égitestnél megfigyelhetjük. Közéjük tartozik a Föld is, amely a nyugatnak nevezett világtájáról körülbelül 24 óra alatt mozog kelet felé, és ez a mozgás okozza azt a látszatot, mintha a világegyetem forogna a Föld körül. De ez a látszat hamis, természetellenes és lehetetlen. A Föld forog saját középpontja körül, váltogatva fényt és sötétséget, nappalt és éjszakát, meleget és hideget; mozog a Nap körül, cserélve tavaszt, nyárt, őszt és telet.*”

Tanaiért 28 éves korában eretnekké nyilvánították, a dominikánus rendből kitiltották, sőt hazáját is kénytelen volt elhagyni és városról városra kellett menekülnie. Az európai egyetemi városokat járta sorra, de tulajdonképpen sehol sem maradhatott meg hosszú ideig, hiszen abban az időben az egyetemek a teológusok irányítása alatt álltak, és leginkább *Arisztotelész* tanait tanították. Először Genfben, majd Párizsban, később Angliában és Németországban élt. 1592-ben a Velenceiek felkérésére jött haza, de rögtön az inkvizíció kezére került, és bebörtönözték. Miután hétévi

³⁵ *Apáczai Csere János* (1625–1659) magyar természettudós, enciklopédista volt az első hazánkban, aki *Kopernikusz* rendszerét nyíltan elfogadta. Előadásaiiban következetesen hirdette *Kopernikusz* és *Descartes* tanait. *Magyar Encyclopaedia* (1653) című könyvében a természettudományos ismereteket kora legjobb színvonalán dolgozta fel.

kínzás után sem volt hajlandó eszméit hamisnak elismerni, máglyahalálra ítélték. Mikor megtudta, hogy máglyán végzi, ezt mondta: „*Őnök jobban félnek ettől az ítélettől, mint én magam. Önök jobban félnek az ítéletet kimondani, mint ahogy én félek azt elszenvedni.*” 1600. február 17-én Rómában a Campo di Fioré-n máglyán elégették.

Giordano Bruno életműve több volt, mint skolasztika ellenes harc: az alatta meggyújtott máglya alkalmas jelzőtűz volt a gyökeres változások, egy új természettudományos világszemlélet elindításához.

Tycho de Brahe (1546–1601) dán csillagász, korának legnagyobb asztronómiai tekintélye volt. Közel 20 éven át még távcső nélkül figyelte az eget, a bolygók mozgását, és jegyezte fel tapasztalatait a bolygók mozgásáról, 1572-ben szupernova kitörést, 1577-ben pedig egy üstökös mozgását figyelte meg. Megállapította az üstökösök pályáját. Felállított egy *geosztatikus rendszert*, mely szerint a Föld van a mindenség középpontjában és mozdulatlan, a Nap és a Hold a Föld körül, míg az összes többi bolygó a Nap körül kering. *Tycho de Brahe* előbb II. Frigyes dán király udvari csillagásza volt, 1599-től II. Rudolf udvari csillagásza Prágában. Itt figyelte fel *Kepler* csillagászati tevékenységére és hívta meg maga mellé dolgozni.



Johannes Kepler (1571–1630) korszakalkotó német csillagász és fizikus, az égi kinematika megalapozója, az „égi mechanika” tudósa, aki három törvényt állapított meg. Erre vonatkozó eredményeit, az első és a második törvényét az *Astronomai nova (Új csillagászat, 1609)* és a harmadikat a *Harmonices mundi (A világ harmóniája, 1619)* című tanulmányaiban közölte. *Kepler* korának kiváló optikusa is volt. Továbbfejlesztette a látás elméletét, új távcsövet talált fel, felfedezte a teljes fényvisszaverődést, elsőnek magyarázta meg a szemüvegek működési elvét, a differenciál- és integrálszámítás előfutára volt. 1598 nyarán járt Magyarországon is.

Kepler túlhaladta *Kopernikuszt* és *Giordano Brunot* is. A misztikum helyett, melyet korábban ő is szolgált, a világ mechanikai értelmezésén dolgozott. „*Az égi gépezet – írta egy levelében – nem valamiféle isteni élőlény, hanem olyasmí, mint egy óramű, amennyiben csaknem valamennyi mozgást egyetlen, egészen egyszerű, mágneses anyagi erő hoz létre, miként az óramű összes mozgásai az egyszerű súlyból származnak. Ezt az elképzelést számtanilag és mértanilag is ábrázolni lehet.*”

Az új tudományos világszemlélet megszilárdulása

Az új tudományos világnézet megalapozásában döntő szerepe volt *Leonardo da Vinci*, *Nikolausz Kopernikusz*, *Giordano Bruno*, *Tycho de Brahe*,

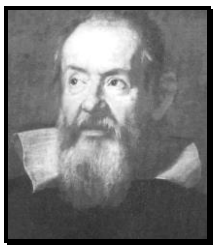
Johannes Kepler munkásságának. Az egymást követő nagy földrajzi felfedezések ugyancsak jelentős hatást gyakoroltak a természetszemléletre. Az új tudományos világszemlélet végleges kialakításában meghatározó volt a tevékenysége *Francis Baconnak* és *René Descartesnak*. Mindezek elfogadtatásáért egyedülállóan nagy áldozatot hozott *Galilei*.

A XVI.–XVII. század természettudományos forradalmának időszakában kialakult az a nézet, amely szerint a természet jelenségeit kétféleképpen is lehet kutatni, hogy a tudomány fejlődésének két útja van. Az egyik az empirikus, melynek hirdetője *Francis Bacon* (1561–1626) angol filozófus, az indukció módszerének a megalkotója volt. A másik utat, *René Descartes* (1596–1650) francia filozófus javasolta, aki a természetkutatáshoz a dedukció módszerét hirdette.

Francis Bacon már 1605-ben A tudomány haladásáról szóló könyvében megfogalmazza a század tudományos tevékenységének a lényegét. „Az új, helyes módszer a tapasztalatokból indul ki, és – az elméleti rendszerezés után – oda is tér vissza. A természetnek csak az parancsolhat, aki engedelmeskedik neki. Emberi tudás és hatalom ugyanaz, a tudás hatalom.” Amellett, hogy bírálta a skolasztikát, ahogyan azt elődei is tették, azt is megfogalmazta, hogy minek kellene a helyébe lépni. Véleménye szerint új gondolkodásmódra, új módszerre van szükség a régiekkel szemben. Szerinte például a szillogizmusok helyett az indukciót kell alkalmazni, és az elképzelések helyébe a tapasztalásnak kell lépni. Az egymásra épülő tényekből kell következtetni, nemcsak sejteni, hanem meg kell tudni magyarázni a dolgokat, és ehhez pedig az egyszerű érzékeléseken kívül kísérletekre és induktív következtetességre van szükség. Annak ellenére, hogy sorozatosan tévedett, kortársai alkalmazták módszerét, és ennek segítségével jelentős eredményeket értek el.

Bacon vallásos volt ugyan, de határozottan megfogalmazta, hogy a természettudományos vizsgálódásokban teológiai megfontolásoknak semmilyen formában sincs helyük. Elsőként fogalmazta meg a tudomány önálló, a vallási ideológiától független jellegét.³⁶

³⁶ *Bacon* tanításai hatással voltak a magyarországi természet-filozófia fejlődésére is. Gondolatainak leghatásosabb magyarországi terjesztője az eperjesi főiskola rektora, *Bayer János* (1630–1674) volt.



Galileo Galilei (1564–1642) világhírű olasz csillagász, fizikus és matematikus, a pisai egyetemen orvosnak készült. 1585-ben, Firenzében *Arkhimédész* tanait sajátította el. 1589-ben, Pisában a matematika professzora lett. 1592-től a padovai egyetemen tanított. 1610-ben, Firenzében a Mediciek szolgálatába állt. Itt és ekkor figyelte meg, hogy a Kígyó csillagképben új csillag jelent meg, s egy év múlva el is tűnt. Ekkor kezdett el kételkedni *Arisztotelész* tanaiban, aki azt hirdette, hogy az égbolt a rajta levő csillagokkal együtt változatlan.

A megismerés legfőbb forrásává a tapasztalatot, a kísérletet tette. Létrehozta a kísérlet és a gyakorlat kapcsolatát. Ha el kellett döntenie egy kérdést, megfigyelt, kísérletezett, következtetett és számolt. Az ő munkásságával vált a fizika kísérleti tudománnyá. Foglalkozott a szabadeséssel, a hajlítással és az ingamozgással. Ez irányú kísérleteivel és eredményeivel megalapozta a kinematikát és az egész modern mechanikát. A szabadesés tanulmányozásával kapcsolatos kísérleteit 1590-ben kezdte el, de csak 1609-ben fogalmazta meg helyesen a szabadesés törvényét³⁷.

1608-ban *Galilei* félbeszakította a mozgásokra vonatkozó vizsgálatait, asztronómiával kezdett el foglalkozni. 1609-ben maga *Galilei* készített távcsövet, amellyel fölfedezte a Hold hegyeit, a Vénusz fázisait, a Jupiter négy holdját és a Szaturnusz gyűrűjét. Tanulmányozta a napfoltokat. Felismerte, hogy a Tejút csillagok csoportosulása. Felfedezései megcáfolták az arisztotelészi fizika állításait és a ptolemaioszi geocentrikus világszemléletet, ezért vált a kopernikuszi világrendszer hívévé. 1612-ben jelent meg első olyan műve, a *Siderius Nuntius* című munkája, amelyben nyíltan szembeszállt *Arisztotelész* egyes állításaival. A kopernikuszi tanok hirdetéséért (a Föld forog tengelye körül és kering a Nap körül) az egyház megkezdte a *Galilei* elleni harcot. A jezsuiták mindent elkövettek, hogy könyvét betiltsák, és szerzőjét bíróság elé állítsák. A „szent inkvizíció” két ízben is (1616, 1633) perbe fogta és nézetének megtagadására kényszerítette. A második per, a híres *Galilei-per* során hiába vonta vissza tanításait, az inkvizíció élete végéig Firenze mellett házi őrizetben tartotta. Súlyos per volt, messze-hangzó ítélettel, de a Föld forgásán nem változtatott.³⁸

³⁷ *Viviani* – *Galilei* tanítványa – szerint *Galilei* a pisai ferdetoronyból végzett ejtési kísérleteivel jutott el a szabadesés törvényéhez. (*Viviani* kijelentését sajnos semmilyen tudománytörténeti tény nem bizonyítja.)

³⁸ *Galilei* mondása – „*Mégis mozog a Föld*” – még napjainkban is jól ismert.



14. kép. Galilei *Dialogo* című könyvének címlapja

Forrás:

<http://www.stanford.edu/~mgorman/kircher/Kircherpics/jpeg/dialogo.jpg>

Galileit az üldöztetés, írásainak index alá helyezése, látásának elvesztése sem akadályozta meg abban, hogy élete végéig folytassa elmélyült tudományos munkásságát. 1632-ben jelent meg a *Dialogo* (14. kép.) és 1638-ban a *Discorsi* című műve. A *Discorsi* a világirodalom első matematikai-fizikai tankönyvének tekinthető.

Galilei elévülhetetlen érdemeiről a tudománytörténészek a következőképpen vélekednek:

- Az asztronómiában elsőként észlelt és értelmezett egy sor jelenséget. Ezzel egyrészt bizonyította a heliocentrikus világrendszer helyességét, másrészt közelebb hozta az égi és a földi fizikát.
- A természettudományok műveléséhez nemcsak axiómákat, törvényeket állított fel, hanem módszert adott és azt konkrét feladatok kapcsán a gyakorlatban is eredményesen bemutatta.
- *Galilei* a nép nyelvén írt, egyszerű és világos stílusban, és ezzel sikerült a művelt nagyközönség tudományos érdeklődését felkelteni. Művelt

emberek – humanisták és természettudósok – kezdtek el vitatkozni az általa közölt tényeken és kísérleteken.³⁹

Az, hogy az inkvizíció *Galileivel* visszavonatta tanait, *René Descartes*-ot is megrémisztette, hiszen amikor hírére vette az inkvizíció ítéletének, tűzbe dobta a saját kéziratát. A félelemre megvolt minden oka, ugyanis filozófiájának lényege volt a kételkedés, ami az inkvizíció haragját méltán vonhatta magára. *Descartes* nevéhez fűződik a század filozófiai jelmondata is: „*Cogito ergo sum.*” (Gondolkodom, tehát vagyok.). *Descartes* tehát a hit helyébe a gondolkodást helyezte, a kinyilatkoztatások helyébe a kételkedést. Az ő nevéhez fűződik az is, hogy a világot egy hatalmas gépezetnek tartotta, melyet a mechanika törvényei irányítanak.



René Descartes (1596–1650) francia természettudós a tudománytörténet kimagasló egyénisége. Mint fizikus főként mechanikával foglalkozott.⁴⁰ 1644-ben ő vezette be a mozgásmennyiség fogalmát, és kimondta a mozgásmennyiség megmaradásának tételét. Felismerte, amit *Galilei* sem tudott, azt például, hogy egy test körpályán való egyenletes mozgásához is erőhatásra van szükség.

Descartes az anyag elsődlegességét, a tudattól függetlenül létező anyagot ismerte el. A molekulák mozgásával magyarázta a halmazállapotok változását. Figyelemre méltó a kozmológiai felfedezése.⁴¹ Legfontosabb természettudományos eredményeit a fénytánban érte el. Tanulmányozta a szivárvány, a színszóródás, a fénytörés törvényeit. A fénytörés helyes törvényének már *Leonardo da Vinci* is a birtokában volt, de elsőnek 1621-ben

³⁹ Galilei számos tudományos eredménye közül még meg kell említenünk a következőket: az ingamozgás tanulmányozása során megállapította, hogy kis kitérések esetében, ha az inga hossza nem változik, akkor a lengés ideje is állandó. Kimutatta, hogy a hangmagasság a hullámhossztól, illetve a rezgésszámtól függ. Ő fedezte fel a hangrezonanciát. Megfogalmazta a tehetetlenségi axiómát, valamint az inercia- és relativitás elvét. 1608-ban a vízszintes, a ferde, a függőleges hajítás törvényeit dolgozta ki. *Galilei* fénytani kísérleteket is végzett. Feltételezte, hogy a fénynek sebessége van. A mikroszkóp feltalálója is nagy valószínűséggel *Galilei* volt. 1612-ben Zsigmond lengyel király számára is ő készített mikroszkópot.

⁴⁰ *Descartes* hibás alapelvekre építette az általa kidolgozott ütközési elméletet. Hibája abból származik, hogy nem tett különbséget a rugalmas és rugalmatlan ütközések között.

⁴¹ Nagyon sok tudóst izgatott abban az időben a világ keletkezése, ami lényegében a Föld keletkezésével volt egyenlő. Érdemes kiemelni *Descartes* örvény-elméletét, amely szerint a Föld (a világ) egy ősköd örvénylő forgása közben egy tűzgömbből keletkezett.

Snellius (1591-1626) publikálta, *Descartes* csak 1629-ben hozta nyilvánosságra eredményeit.⁴²

Nehéz volt az új nézeteket elfogadni, még *Descartes*, aki messze jutott világszemléletével, két peripatetikus vonással rendelkezhetett: erőhatás csak közvetlen kontaktus útján jöhet létre, és vákuum nem létezhet.

A kopernikuszi tanok elterjedését – bár az egyház minden lehetséges eszközzel igyekezett megakadályozni –, *Kopernikusz* művét (*Az égi pályák körforgásáról*) pápai tilalmi listára helyezték, *Giordano Brunot* máglyahalálra ítélték, *Galileo Galileit* perbe fogták és házi fogságban tartották, később *Descartes* könyveit a benne foglaltatott eretnek gondolatok miatt betiltották. A század vége felé azonban már megjelenhetett, és népszerűvé válhatott *Fontenelle* (1657-1757) a világok sokaságáról szóló könyve, melyben közérthetően ecseteli, hogy élet, a földihez hasonló, máshol is lehetséges a világegyetemben.

Az új világszemlélet terjedését, a tudomány fejlődését és a természet egyre szerteágazóbb tanulmányozását ekkor már nem lehetett megakadályozni.⁴³

Folyadékok, gázok és korpuszkulák

A XVII. században a fizikai és a kémiai kísérletezés általános elismerést aratott. A kísérletezés során az anyagra vonatkozó ismeretek bővültek. Ez pedig egyértelműen előremozdította a fizika és kémia fejlődését.

⁴² A fénytörést leíró törvényt *Snellius-Descartes-törvénynek* nevezzük.

⁴³ A természetfilozófia fejlődésén sokat lendített többek között *Francis Bacon*, aki a valóság keresését tette a filozófia tárgyává, valamint *René Descartes*, aki a kételkedést és a gondolkodást ajánlotta módszerül. Néhány nevet még meg kell említenünk a teljesség igénye nélkül.

A természetfilozófia egyik nagy hírű művelője, e kor egyik legsokoldalúbb egyénisége, a német *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646–1716) volt. Párizsban ismerkedett meg a francia tudományos élettel és az akkor ott dolgozó *Huygenssel* (1629-1695). 1673-ban itt készítette el a számológép modelljét. Ő is önállóan kifejlesztette, még hozzá *Newton*nál szerencsésebb, könnyebb jelölésekkel a differenciál- és integrálszámítást.

Nagy a jelentősége *Leonhard Euler* (1707–1783), svájci matematikus és fizikus tudományos tevékenységének, aki a fizika és a matematika akkori valamennyi területén maradandót alkotott. Elsőnek mutatott rá, hogy a hangsebesség kiszámítására *Newton* által 1687-ben közzétett képlet helytelen, a képlet adta eredmények eltérnek a mért eredményektől. Foglalkozott a gerjesztett rezgéssel, nála találkozunk először a rezonancia jelenségének leírásával, elsőnek határozta meg az abszolút rezgésszámot. A fényt *Euler* is longitudinális hullámként értelmezte.

A XVIII. században hangzatos kifejezés volt a „*Merj tudni!*” A század gondolkodói hittek az észben, a természetben, annak örök törvényeiben.

A XVII. század természettudósai felelevenítették az atomelméletet, amely új irányt szabott a fejlődés számára. Az atomelmélet újraélesztésével újra felmerült a kérdés: van-e légtelen tér? Tisztázni kívánták az arisztotelészi (és a descartes-i) nézetet, mely szerint *a természet irtózik a vákuumtól*.

1643-ban *E. Torricelli* (1608–1647) és *V. Viviani* (1622–1703) olasz fizikusok kísérletekkel kimutatták a levegő súlyából származó nyomást, bebizonyították az űr létezését, megdöntötték az ókori „*horror vacui*” elvet. *Blaise Pascal* (1623–1662) francia matematikus és fizikus, a légnyomás és a hidrodinamika jeles kutatója is megerősítette az űr létezését. A légköri nyomás vizsgálatainak eredményeit *Értekezés a légnyomásról* című munkájában foglalta össze. 1648-ban 1500 méter magas hegy tetején vízzel, borral és higanyal végzett kísérletei alapján kimutatta, hogy a légnyomás függ a földfelszín (tengerszint) feletti magasságtól. A nevével fémjelzett *Pascal-törvény* leírását, a hidrosztatikai paradoxont, a közlekedő edények törvényét és a hidraulikus prés elvét is ebben az évben közölte az *Értekezés a cseppfolyós testek egyensúlyáról* című munkájában.

A légnyomás felfedezése és helyes magyarázata *Galilei*, *Torricelli*, *Viviani* és *Pascal* eredménye, azonban népszerűsítése és a vákuum fogalmának elterjesztése, *Otto Guericke* (1602–1686) német fizikus érdeme, aki 1654-ben felfedezte a légszivattyút. 1660-ban barométert készített és kimutatta az időjárás és a légnyomás közötti összefüggést. Igen szemléletesek a *magdeburgi féltekékkel* 1654-ben végzett kísérletei (**15. kép**).

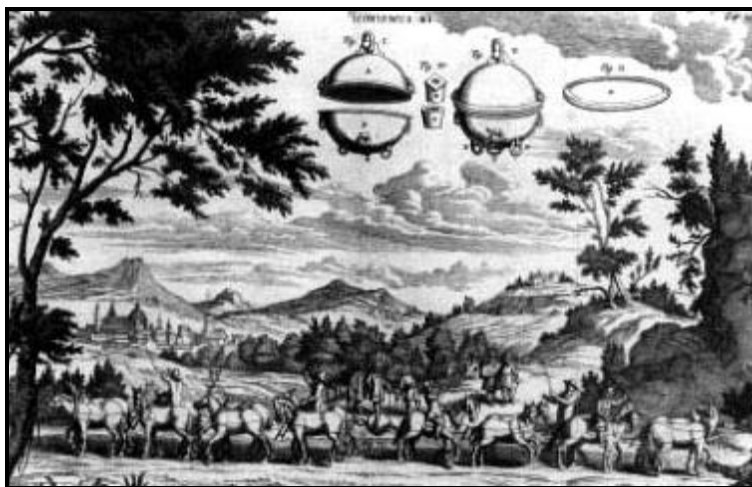
Felismerte az elektromos megosztás jelenségét, a töltések kölcsönhatását. Elkészítette az elektrofor ösét. A barométer segítségével történő magasságmérés lehetőségét 1665-ben *Hooke*, 1667-ben *Mariotte*, 1672-ben *Cassini* vizsgálta. *Amontons* (1663-1705) ismerte fel, hogy a hőmérséklet befolyásolja a barométer állását.

Korának kiemelkedő alakja *Robert Boyle* (1627-1691), aki a kémiával foglalkozó tudósoknak is követendő utat mutatott.⁴⁴ Vele lezárul a középkori kémiai szemlélet, mert rávilágított arra is, hogy a természet nem önálló szubsztancia, hanem egy rendszer, amely nem egyszerűen négy alapelemre épül, mint a föld, víz, levegő, tűz, hanem olyan rendszer, amelyben szabályok érvényesülnek, és ezek föltárhatók. Ő a mechanikai világnézet híve, melyben a

⁴⁴ A XVIII. század elején már sokat tudtak a gázokról. A gázok viselkedését, előállítását, tárolását sokan tanulmányozták, maga *Boyle* is. Mégis a pneumatikus kémia atyjának Henry Cavendish angol tudóst tartják.

1807-ben *J. Gay-Lussac* (1778–1850) francia fizikus és kémikus fedezte fel a róla elnevezett gáztörvényeket, az ugyancsak francia fizikus *J. Charles* (1746–1823) is hasonló eredményhez jutott. Vannak országok, ahol ezeket a törvényeket *Charles-törvénynek* nevezik.

fő elemek az anyag és a mozgás, illetve az okság elve. Feltételezi, hogy a törvények mindenütt egyformán hatnak, és ha kellőképpen ismerjük az okokat, abból egyértelműen következtethetünk az okozatra. Véleménye szerint a tudósok dolga ennek a tökéletes világgépezetnek a feltárása, törvényszerűségeinek megfejtése.



15. kép. Otto Guericke kísérlete (1654)

Két egyenlő nagyságú réz félgömb összeillesztésével keletkező gömbből a levegőt kiszivattyúzták. A külső légnyomás a félgömböket oly erősen préselte egymáshoz, hogy „nincs az a teremtmény, aki erővel képes lenne őket szétválasztani” – mondta Guericke. „Ez Istenkáromlás!” – kiáltott fel a regensburgi püspök. Azonban hiába fogtak először két-két, majd ezt követően négy-négy lovat a gömb mindkét felére, a jó erőben lévő állatok nem voltak képesek elválasztani egymástól a félgömböket.

Forrás: www.oppisworld.de/zeit/erfinder/vakuum.htm



*Robert Boyle a kísérlet módszerének egyik bevezetője. A kémia elismerését és tudományos rangját sokban neki köszönhetette. Sokan a kémia tudomány atyjának tartják, aki megalapította a *Royal Society*-t 1660-ban. Ő a rendszeren alapuló kémiai természetmagyarázat programjának a megalapítója, melyet követői és utódai, – mint például *Dalton* és *Lavoisier* – fejeztek be.*

Boyle 1666-ban megjelent könyvében bevezeti a korpuzzkula fogalmát. Azt írja: „... az anyagok parányi korpuzkulákból állnak össze”. Elfogadta, hogy

a kémiai anyagokat kicsiny részecskék építik fel. Vizsgálatai alapján arra a következtetésre jutott, hogy a levegőt háromféle korpuszkula alkotja, és ezek közül kettő a kémiai, egy pedig a fizikai tulajdonságoknak a hordozója. Minden általa vizsgált jelenséget a korpuszkuláris elmélet segítségével próbált magyarázni. Az égést tűzrészecskékkel magyarázta, a reakciókat az atomok kicserélődéseként fogta fel. Leghíresebb tanulmánya, a *Kétkedő kémikus* 1661-ben jelent meg.

A gázok tulajdonságait is kutatta *Boyle*, és 1669-ben felfedezte a róla elnevezett gáztörvényt. Tőle függetlenül 1679-ben a francia *Edmé Mariotte* is felfedezte a nevét is viselő törvényt. Azt viszont, hogy a törvény feltétele az állandó hőmérséklet, *G. Amontons* (1663–1705) francia fizikus ismerte fel 1702-ben.

Asszintense, *Robert Hooke* (1635–1703) a tudomány alapjainak ugyancsak a kísérletek útján szerzett tapasztalatot tekintette. Együtt készítettek légszivattyút, és kimutatták, hogy a víz szobahőmérsékleten képes felforrni, a vákuumon a fény áthalad, de a hang nem. A vákuumban az égés lehetetlen, a bele helyezett állatok elpusztulnak. Tanulmányozta az égést. Az égés flogiszonelméletének az egyik elindítója.⁴⁵

A XVIII. század közepe változást hozott, amikor széles körben ismertté vált a newtoni mechanikán alapuló új természettudományos világkép. Ekkor az események felgyorsultak, és a tudomány művelése nagyobb szerephez jutott. Az atomelmélet kutatott téma lett. A kinetikus gázelméletet az atomelmélet alapján elsőként *Bernoulli* magyarázta.⁴⁶

⁴⁵ *Boyle* munkásságát is befolyásolta a XVII. század végén megszülető flogiszonelmélet, amelynek magyarázata a XVIII. század kémiájának egyik legfontosabb kérdése lett. Az első elmélet, amely az égést egységesen próbálta értelmezni *Georg Enest Stahl* (1659-1734) felfogása szerint az éghető anyagok közös tulajdonsága, hogy tartalmaznak egy flogiszon nevű alkotóelemet, amely az éghetőség tulajdonságát hordozza magában. Ez az energia egyik fajtája. Minél több flogiszon van egy anyagban, annál inkább éghető. Azok az anyagok, amelyek nem tartalmaznak flogisztont, nem égnek.

Hooke találta fel a csillagászati szögmérőt és a szirénát. Tökéletesítette a mikroszkópot, a barométert, a légszivattyút. Megsejtette a fény hullámtermészetét, kimutatta, hogy a szilárd testek is vezetik a hangot. A rugalmas alakváltozások – nyújtás, hajlítás, csavarás – törvényének a felfedezője. A Hooke-féle törvény 1676-ból való.

⁴⁶ Jelentősek *Daniel Bernoulli* (1700–1782) svájci matematikus és fizikus hidrodinamikai vizsgálatai. A tudománytörténészek a hidrodinamika egyik megalapozójaként tartják számon. A nevét viselő *Bernoulli*-egyenletet 1738-ban közzétett *Hidrodinamika* című könyvében írta le. A könyvben részletesen tárgyalja a víz- és szélkerekek, szivattyúk matematikai elméletét.



Igen sokban hozzájárult a tudomány fejlődéséhez az orosz *Michail Lomonoszov* (1711–1765), aki a korpuszkuláris elmélet híveként 1740 körül már felismerte és később kísérletileg is igazolta: „Amikor egy test súlya gyarapodik, akkor egy másik test ezzel egyenértékű súlyt veszít.” Ez lényegében a tömegmegmaradás elve.

A matematikai kémia elemei (1741) című munkájában tárgyalja az atom, molekula (korpuszkula), kémiai elem, egyszerű anyag és összetett anyag ma is helytálló fogalmát. Az alkímiát és a flogisztonelméletet teljesen elvetette. Oroszország elszigeteltsége miatt *Lomonoszov* munkái nem jutottak el Nyugat-Európába, ahol élt és munkálkodott a francia kémikus *A. L. Lavoisier* (1743–1794). Így *Lavoisier* számos atomelméleti igazságot maga tárt fel anélkül, hogy tudott volna *Lomonoszov* (1711–1765) munkásságáról.

A kémia igazi tudománnyá válása a Nagy Francia Forradalom (1789-1794) idejére tehető. Ebben az időszakban válik alapjaiban is olyan tudománnyá, amely a mai értelemben vett egzakt természettudománynak tekinthető.⁴⁷

Lavoisier (akit a francia forradalom idején lefejeztek) kidolgozta a már korábbi fejezetekben említett új égéselméletet – amely alapjaiban megváltoztatta a kémiát –, lehetővé téve azt, hogy az ember pontosan föltárja a kémiai reakciók világát. Szintén a francia forradalom idejére tehető a laboratóriumi kísérletezéseknek és gyakorlatoknak a felsőoktatásba való bevezetése, melynek magyar vonatkozása is van. Erről így ír a *Gazette Nationale*, francia hivatalos lap: „A fizikát és kémiát eddig csak elméletben tanították Franciaországban. A selmeci bányászati iskola Magyarországon jó példa arra, hogy milyen hasznos, ha a hallgatók a gyakorlatban is elvégzik azokat a műveleteket, melyek e hasznos tudományok alapjait képezik. Ott a laboratóriumok vannak felszerelve a szükséges anyagokkal és eszközökkel, hogy azokban minden hallgató megismételje a kísérleteket, és saját szemével győződjön meg mindama jelenségekről, melyeket a testek egyesülésükkor mutatnak. A felállítandó iskolákban ezt a módszert javasoljuk bevezetni...”

Az ezt követő időszakban néhány évtized alatt a kémia komoly fejlődésnek indult, és a napóleoni időben a tengeri blokádok által akadályoztatott természetes alapanyagok kiváltásában is nagy szerepe volt, hiszen a kényszer hatására a kémiai kísérletek nyomán megszülettek az első szintetikus anyagok. Szintén ebben az időszakban, a kémiai kísérletek

⁴⁷ *Hatvani István* (1718–1786) magyar természettudós 1749-től 37 éven át a Debreceni Református Kollégium professzora volt, aki felismerte a kísérletek jelentőségét. Ő tanított először kémiát Magyarországon. Feltehetően elektrosztatikai kísérletei miatt, „ördöngös” híre kelt, s alakja köré legendák szövődtek.

kapcsán már korábban észlelt elektromos jelenségek is a tudományos érdeklődés központjába kerültek.

Huygens és Newton munkássága



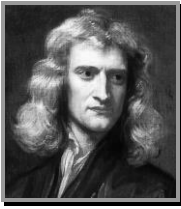
Christián Huygens (1629–1695) holland szaktudós, fizikus és matematikus volt. Első matematikai eredményeit 17 éves korában érte el. 25 évesen a π addigi legjobb megközelítését adta meg. 28 éves korában kúpszeletek területének meghatározásáról írt tanulmányt.

Különösen a fizikában volt sikeres. Szereplését a fizikában testvérével együtt épített távcsővel végzett asztronómiai vizsgálatokkal kezdte. Felfedezte a Szaturnusz legnagyobb holdját (1655), és felismerte a bolygó gyűrűjét (1656), az Orion ködöt (1659). 1657-ben megalkotta az ingaórát. A matematikai- és a fizikai inga teljes elméletének ő a kidolgozója. 1673-ban közölte a matematikai- és a fizikai inga képletét.

Huygens mérte meg először a nehézségi gyorsulást, amelynek a meghatározásához ingát használt. Az ingamozgás tanulmányozása segítette ahhoz a következtetéshez is, hogy a Föld nem tökéletes gömb alakú. Tanulmányozta az ütközéseket, és elsőnek mondta ki az ütközések esetére az energia-megmaradás törvényét. 1669-ben adta meg a rugalmas ütközések törvényeit. Ő az első, aki a *Galilei-féle* tehetetlenségi törvényt kiegészítette. 1673-ban felismerte, hogy nemcsak a sebesség nagyságának, hanem az irányának a megváltoztatásához is erőhatás szükséges. 1653-ban bevezette a centrifugális erőt és megadta a centripetális erőnek a ma is alkalmazott képletét. Nem kizárható az sem, hogy ez első „hasznos” munkát végző gőzgépet *Huygens* ötlete és leírása alapján készítette (1707) *Denis Papin* (1647–1712).

Huygens nevéhez fűződik a fény hullámelméletének megalkotása (1668). A fényt hullámként kezelte, terjedését úgy képzelte el, hogy a világmindenséget egy rugalmas fényéter tölti be, és, hogy a fényt e hipotetikus anyag részecskéinek mozgása közvetíti. A részecskék rezgőmozgása az éterben minden irányban terjed. Szerinte a fény terjedése anyagátvitel nélkül, a közeg állapotának, minőségének megváltoztatásával történik. *Huygens* a fényterjedés magyarázatához bevezette az elemi hullám fogalmát (1690). Hangsúlyozta, hogy minden olyan pontból, ahová a fényhullám elér, elemi hullámok indulnak ki (*Huygens-elv*), ezek később összegződnek, s egy új hullámfrontot alkotnak. A fényhullám szerinte longitudinális (1678) természetű. Ma már tudjuk, hogy a fény transzverzális

hullám. Nem fogadta el *Descartes* azon állítását, hogy a fény sűrűbb közegben gyorsabban terjed. *Fizeau* és *Foucault* kísérletei őt igazolták.⁴⁸



Kora tudományos életének egyik legkiemelkedőbb tudósa az angol *Isaac Newton* (1643–1727). Ő a klasszikus mechanika megalkotója, az általános tömegvonzás⁴⁹ törvényének felfedezője. A „tömeg” szót elsőként *Newton* használta. Felismerte a súlyos tömeg fogalmát is.⁵⁰ *Pope Newtonról* írt versében a következőképpen fogalmaz a tudósról:

„*A természetén és törvényein az éj sötétje ült,
mondá az Úr: legyen Newton,
és mindenre fény derült.*”

Newton az ókori és középkori statikus világnézet helyett a dinamikus szemléletet vezette be, amelyre alapozva a fizikai valóság változását követni lehet térben és időben. Fő műve – *A természetfilozófia matematikai alapjai* (*Principia mathematica philosophiae naturalis*) – 1687-ben jelent meg. Ettől az időtől szokás számítani az elméleti fizika kezdetét. Ebben a műben, a *Kopernikusz* által kidolgozott hipotézis matematikai bizonyítását adja, pontosan abban a formában, ahogyan azt *Kepler* feltételezte. A földi és az égi jelenségek egyesítését lényegében *Newton* fejezte be. Neki sikerült létrehozni olyan fizikai apparátust, és az ezt megalapozó, illetve leírhatóvá tevő matematikát, amely a fizikai valóság változását (dinamikáját) képes követni időben és térben is, és időben, illetve térben leírhatóvá tenni a jelenségeket.

A mű a mechanika alaptörvényeit, a nevével fémjelzett három mozgástörvényt tartalmazza: az inercia, az erő és a gyorsulás viszonyát, valamint a hatás-ellenhatás törvényét. *A Principiában* vezette be az abszolút mozgás, az abszolút tér és az abszolút idő fogalmait, amelyek később érvényüket veszítették.

Newton munkásságának másik nagy területe a fénytan volt. *Newton* az atomelmélet, a korpuszkuláris felépítés híve volt. Ő a fénynek úgynevezett korpuszkuláris elméletét vallotta, amely szerint a fény a fényforrásból minden irányba állandó sebességgel mozgó részecskék árama. Azaz *Newton* a fényt a fényforrásból kiáramló korpuszkuláknak, különálló anyagi részecskéknek

⁴⁸ Állítólag a fénysebesség értékét is *Huygens* határozta meg, *Römer* csak megkísérelte megmérni.

⁴⁹ Felismerte, hogy a dagály és az apály a Hold vonzóerejének következménye.

⁵⁰ A súlyos és a tehetetlen tömeg azonosságát elméleti úton *Albert Einstein*, kísérletileg pedig *Eötvös Loránd* bizonyította.

tekintette. Ezzel az elképzelésével sikerült megmagyarázni a geometriai optika több törvényét.

Prizma segítségével 1666-ban figyelte a diszperzió jelenséget, és adta meg a szivárvány színeinek magyarázatát, fektette le a spektroszkópia alapjait. Kimutatta, hogy a fehér fény a szivárvány színeire bontható. A fényvel összefüggő kutatásait *Optika* című háromkötetes munkájában foglalta össze. Ez a mű 1704-ben jelent meg.

Nevéhez fűződik a binomiális tétel megfogalmazása (ekkor 24 éves volt), a differenciál- és integrálszámítás kidolgozása, a differenciálás és integrálás módszerének a fizikában való bevezetése. *Newtonnak* a térre, az időre, az anyagra és az erőre vonatkozó tanai rendkívül nagy hatást gyakoroltak a fizika fejlődésére. Csak a XX. század – főképp *Planck* és *Einstein* – felfedezései mutatták meg a *Newton-féle* klasszikus mechanika érvényességének korlátait. Ennek ellenére ez a klasszikus mechanika – főképpen a mindennapi gyakorlatban – ma is érvényes és nagy jelentőségű.

Filozófiai szemléletét tekintve *Newton* elismerte a világ objektív realitását és megismerhetőségét, de ezt az állásfoglalását összekapcsolta a vallás védelmével. Ő ugyanis az „első lökést” istennek tulajdonította, s így voltaképpen fizikája közvetlenül a deista világszemlélet támpontjául szolgált.

Megjegyezzük, mindkét fényelmélet, *Newton* és *Huygens* fényelmélete, egészen a XX. század kezdetéig párhuzamosan létezett. A XX. század elején, 1923-ban *Louis de Broglie* (1892-1987) anyaghullám-hipotézise alapján azonban elfogadták a fény korpuszkula-hullám kettősségéről (dualizmusáról) vallott nézetet.

A fénytani nézetek kialakulása és fejlődése

Az ókor tudósainak első elképzelései arról, hogy mi is a fény, igen naivak voltak.⁵¹ Komoly fénytani kísérleteket először *Arkhimédész* végzett. Sikeresen tanulmányozta az árnyék jelenségét. Készített homorú és gömbtükröket. A hagyomány szerint nagyméretű tükrökkel gyűjtötte fel a római hajókat, *Néró* császár pedig csiszolt drágaköveket használt monoklinak.

Eukleidész és mások műveiből megállapítható, hogy már az ókorban ismert volt a fénysugár fogalma. A fény egyenes vonalú terjedése, visszaverődése és törése már akkor a kutatott témák közé tartoztak. *Eukleidész* i.e. 300 körül állapította meg a fényvisszaverődés törvényét.

⁵¹ Az ógörög bölcseleket elsősorban a látás foglalkoztatta. Úgy vélték, köztük *Platon* is, hogy a szem különleges kicsiny csápokat bocsát ki, és a látási érzékek akkor keletkeznek, amikor ezek a csápok a tárgyakat letapogatják. Az atomisták viszont úgy gondolták, hogy a test felületéről minden pillanatban vékony hártya válik le és ezek kis részei a szembe jutva keltik a látás érzetét.

Ptolemaiosz tervszerű mérésekkel tanulmányozta a fénytörés törvényeit. Mérőeszközei között megtalálható volt a mai optikai korong őse.

A fényvel kapcsolatos nézetek állandóan gyarapodtak. A XIII. század legkiválóbb szelleme, *Roger Bacon* (1214 k.–1292) szintén eredményesen foglalkozott tükrökkel és lencsékkel. Nevéhez fűződik a homorú gömbtükrő gyűjtőtávolságának meghatározása, a sötétkamra-jelenségnek és a tükrös teleszkóp elvének a leírása.⁵²

Leonardo da Vinci, a reneszánszkor szellemi óriása fénytannal is foglalkozott. Ő vette észre először a fényelhajlást. Feltárta a fénytörés törvényét, de nem publikálta.

Nagy fejlődést hozott az optikában a XVI. század vége és a XVII. század. A XVII. század elején a mikroszkóp (*Jansen*, 1608) és a távcső (*Galilei*, 1609; *Kepler*, 1611) vált ismertté. *Kepler* felfedezte a teljes fényvisszaverődést, megmagyarázta a szemüveg működési elvét. Később *Snellius* (1621) és *Descartes* (1629) felfedezték a fénytörés törvényét. A lencsék alaptörvénye 1693-ban született meg *Halley* munkája nyomán.

A XVII. század második felében kezdődött el a fénytani ismeretek rendszerezése. Ekkor keletkeztek az első fényelméletek. A fizikai fénytán megszületését *Francesco Grimaldi* (1618–1663) olasz fizikus 1665-ben megjelent tanulmánya jelentette. Munkájában a fényelhajlás jelenségét már kísérleti eredmények alapján magyarázza, *Leonardo* és *Kepler* csak megfigyelték a jelenséget. A fényinterferencia első megfigyelője is *Grimaldi*, aki a fényt hullámjelenségnek tekintette.⁵³



A fényinterferencia elméletének a megalapozója *Thomas Young* (1773–1829), aki már 1801-ben bírálta *Newton* emissziós fényelméletét. Ő használta először az interferencia elnevezést. Az elméletet híres fényinterferencia kísérletével 1815-ben bizonyította *Augustin Fresnel* (1788–1827), akinek nevéhez fűződik továbbá a *Huygens-elv* precíz megfogalmazása és a hullámjelenségek matematikai leírása.

A fény hullámelméletének a gondolata tehát már *Huygens* előtt megszületett, mégis őt tekintjük a hullámelmélet megalapozójának, mert ő formálta és dolgozta ki a hullámelméletet a legpontosabban.

⁵² A szemüveg és a nagyító a középkorban már eléggé ismert eszköz volt.

⁵³ *Hooke* is megsejtette a fény hullámtermészetét, és úgy vélte, hogy a fény valamely „összenyomhatatlan finom közeg”. Ugyanakkor azt is állította, hogy a fény terjedéséhez nem szükséges idő.

Olans Römer (1644–1710) dán csillagász, a Jupiter-hold megfigyelése alapján 1676-ban határozta meg a fény terjedési sebességét. 1838-ban *D. Arago* (1786–1853) francia fizikus forgótükros berendezéssel próbálkozott, de sikertelenül. Ennek a berendezésnek egy tökéletesebb változatával 1850-ben azonban *Jean Foucault* (1768–1830) kimutatta, hogy a fénysebesség a levegőben nagyobb, mint a vízben. *Armand Fizeau* (1819–1896) francia fizikus fogaskerékes módszerrel 1849-ben, a levegőben, 1851-ben pedig a vízben is meghatározta a fény terjedési sebességét.⁵⁴

Az elektromágneses fényelmélet helyes magyarázatát 1855-ben *Maxwell* fogalmazta meg. A fénysebességgel terjedő elektromágneses hullámok létezését 1888-ban *Hertz* mutatta ki.

Az elektromosság és a mágnesesség

Egyes elektromos és mágneses alapjelenségek már az ókorban is ismertek voltak. Az ókori görögök észrevették, hogy némely vasérc vonzza a vasat és a megdörzsölt borostyán az apró tárgyakat. *Thalész*től származik az elektromosság és a mágnesesség fogalma. Feltehetően a dörzsöléssel nyert elektromosság is tőle származik. Az i.e. III. században a kínaiak már használtak iránytűt. A XIII. században az arab orvosok a mágnest a gyógyításban alkalmazták. Ekkor már tudták, hogy kétféle mágneses pólus létezik.

Mindezen ismeretek összességét *Gilbert* rendszerbe foglalta, és kiegészítette saját kutatási eredményeivel. *William Gilbert* (1544–1603) angol fizikus a mágnesesség, az elektromosság első rendszeres, céltudatos kísérleti kutatója, a föld-mágnesesség felfedezője. Kimutatta, hogy a Föld is egy nagy mágnes, amelynek pólusai a földrajzi pólusok közelében helyezkednek el, hogy az inklináció a sarkoknál növekszik. Helyes képet alakított ki a mágneses megoszlásról. Rájött, hogy izzítással a mágnesesség megszűnik, hogy az eltört mágnesből két mágnes keletkezik. Megállapította, hogy dörzsöléssel a borostyánkőven kívül egy sor más anyag is elektromossá

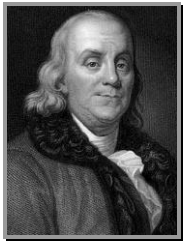
⁵⁴ A fényvel kapcsolatos kutatásnak magyar vonatkozása is van. 1983-ban *Baj Zoltán* javaslatára a fénysebességre alapozott méter új definícióját fogadták el.

Ma is vannak új, és egyre pontosabb módszerek a fény sebességének meghatározására. Néhány évvel ezelőtt lézersugarak alkalmazásával a tudósok nagy pontossággal határozták meg.

A számos fénysebességmérés közül egyik a legpontosabbaknak a Michelson-féle mérés. 1926-ban Albert Abraham Michelson (1852–1931), német származású amerikai fizikus a fénysebesség mérésére forgó tükröket alkalmazott és a fénysebesség értékéül $2,99796 \cdot 10^8$ m/s értéket kapott.

tehető. Felismerte a pólusok közötti erőhatás jellegét, a vonzó- és taszítóerőt.⁵⁵

Mindezek ismeretében sem hódított tért az elektromosság iránti érdeklődés a XVII. században. A XVIII. század elején vett igazi lendületet. Az elektromos kísérletek előtérbe kerülésének azért nagy a jelentősége, mert az érdeklődés középpontjába olyan jelenségcsoport került, amely csak kísérletileg volt megközelíthető. A XVIII. század elején a mennyiségi kísérletek elvégzésére törekedtek, de a század második felében a minőségi igény volt a döntő. Így az elektrosztatikára vonatkozó összes törvényt leírták, még hozzá olyan alakban, ahogyan azt ma is használjuk. Meglepő ugyan, hogy az áram mágnesűre való hatását csak 1820-ban ismerték fel, de ekkor aztán, néhány év leforgása alatt, az elektrodinamika összes törvénye mai alakjában ismertté vált.



A XVIII. század egyik legeredményesebb kutatója *Benjamin Franklin* (1706–1790) autodidakta amerikai természettudós volt. Ő az első amerikai tudós, aki érdemben bele tudott szólni az európai tudomány fejlődésébe. Tudományos hírnevét a légköri elektromosság és a villám természetének felismerése, az elektromos sűrítő és a villámhárító feltalálásával alapozta meg. Kísérletei során, a dörzsölés útján keletkezett villamosság kapcsán arra a meggyőződésre jutott, hogy az „elektromos fluidum” pozitív vagy negatív lehet. *Franklin* tehát már az 1750-es években elsőként vezette be a pozitív és negatív elektromos töltés fogalmát. A villám és az elektromos szikra azonosságát 1752-ben igazolta híres sárkánykísérletével. Az elektromos csúcshatást 1747-ben fedezte fel és 1753-ban készített villámhárítót.

Az elektromos jelenségek mennyiségi jellemzése *Coulomb* kutatásával kezdődött el. Igen széleskörű vizsgálatokat végzett és fundamentális törvényeket fedezett fel. *Charles Coulomb* (1736–1806) francia fizikus egyik legfontosabb találmánya a nagyon kicsi erőhatások mérésére ma is alkalmazott torziós mérleg.⁵⁶ 1784-ben alkotta meg a *Coulomb-törvényt*. Ez a törvény indította el az elektromosság matematikai megalapozását, és indította útjára az elektrosztatika fejlődését. A *Coulomb-törvényt* egymástól

⁵⁵ Híresek az elektromos jelenségekkel kapcsolatos kísérletei *Robert Hooke*-nak. 1660-ban elsők közt figyelte meg az elektromos megosztás jelenségét. *Hooke* és *Guericke*, mindketten felismerték a kétféle elektromosságot, és meg is állapították, hogy az azonos nemű töltések taszítják, és a különeműek vonzzák egymást. Ők készítették az első statikus elektromos töltést létrehozó gépet is.

⁵⁶ A torziós mérleg érzékenységet rendkívüli módon fokozta *Eötvös Loránd* 1888-ban. Az általa továbbfejlesztett műszerrel ki tudta mutatni a Föld mélyén lévő nagyobb tömegű és környezetétől eltérő sűrűségű ásványi anyagokat, érceket.

függetlenül még három tudós felismerte: *Joseph Priestley* (1767-ben), *John Robison* (1769-ben) és *Henry Cavendish* (1772-ben). Hogy miért a *Coulomb* nevet viseli végül is a törvény, még ma sem tisztázott egyértelműen.⁵⁷

Cavendish 1772-ben vezette be a feszültség fogalmát. Ötven évvel megelőzve *Ohm*-ot, elsőnek alkotta meg az ellenállás fogalmát. 1773-ban felismerte a dielektromos állandót, de ezt se publikálta. Ezért nem *Cavendish*t, hanem *Faraday*t tekintik a dielektromos állandó felfedezőjének.



Az elektromosság és a mágnesesség fejlődését segítették *Karl Friedric Gauss* (1777–1855) német matematikus és fizikus felfedezései, aki kísérleteket végzett a föld-mágnesességgel kapcsolatban. Többek közt kimondta, hogy a Föld is egy nagy mágnes.⁵⁸

Bátran állíthatjuk, hogy *Galvani*, *Volta*, *Davy*, *Faraday* munkássága eredményeként született meg az elektrokémia. Munkásságuk legfontosabb eredményei a következők:

Luigi Galvani (1737–1798) itáliai orvos 1786-ban békacomb-kísérleteinek során fémelektromosság keletkezését észlelte. Ő a jelenséget tévesen állati elektromossággal magyarázta. Kísérleteinek helyes magyarázatát 1792-ben *Volta* adta meg. *Volta* állapította meg, hogy két különböző fém között, ha azok közös elektrolittal érintkeznek, feszültség jön létre. Ez a felismerés vezette el a galvánelemek megalkotásához.

Alessandro Volta (1745–1827) itáliai fizikus elsőnek készített tartós elektromos áramforrást (*Volta-oszlop*, 1800). A *Volta*-féle feszültségi sor a későbbiek során a fizikai és a kémiai új elméletek fontos szereplője lett. Ő alapozta meg az elektrolízis tanulmányozását, és ezáltal lerakta az

⁵⁷ *Henry Cavendish* (1731–1810) angol fizikus és kémikus már 1772-ben elvégezte torziós elektrométerével azokat a kísérleteket, amelyeket némi változással *Coulomb* is végrehajtott. *Cavendish* tehát jóval hamarabb állapította meg a törvényt. Ő azonban az elektromossággal kapcsolatos kutatási eredményeit nem publikálta. Kéziratait mintegy száz év múlva fedezte fel a cambridge-i egyetem könyvtárában *Maxwell*.

Pristlei és *Robison*, de *Cavendish* is komoly eredményeket értek el a kémia területén is. *Pristlei* 1774-ben az oxigént, *Cavendish* pedig 1776-ban a hidrogént fedezte fel. *Cavendish*, bár élete végéig a flogiszonelmélet híve maradt, munkásságával a tudományos kémia kialakulását segítette elő.

⁵⁸ *Jean Biot* (1774–1862) és *Gay-Lussac* (1778–1850) francia fizikusok nevéhez fűződik a légkör tanulmányozása. 1804-ben léggömb segítségével a Föld mágneses terének függőleges irányú változását tanulmányozták. *D. Arago* és *Gay-Lussac* elsőnek készítettek elektromágneest.

elektrodinamika alapjait. *Volta* több felfedezést tett az elektrosztatika területén is. 1792-ben szalmaelektroszkópot készített. Tőle származik a stacionárius áram elnevezés. 1801-ben adta meg az áramerősség definícióját. Lényegében őt tekintjük az elektromos áram felfedezőjének. Már 1775-ben elektrofort szerkesztett, 1783-ban találta fel a kondenzátort.⁵⁹

1807-ben *Humphry Davy* (1778–1829) angol kémikus kísérleteivel bebizonyította, hogy az elektrolízisnél a vegyületek felbomlanak. Az elektromos áram kémiai hatásainak vizsgálataival hozzájárult a dualisztikus elmélet kidolgozásához. 1807-ben feltalálta az olvadákelektrolízist, és 1808-ban az elektrolízis módszerével fedezte fel a káliumot, nátriumot, kalciumot, stronciumot, báriumot.



Davy asszisztense, *Michael Faraday* (1791–1867) folytatta az elektrolízis terén végzett kutatásokat, és 1832–1833-ban felfedezte az elektrolízis alaptörvényeit. Faradaytól származnak az elektrolit, anód, katód, anion, kation, elektród elnevezések. Az ion (ionok) elnevezést az 1850-es évek táján vezette be.



A XIX. század közepe táján alakultak ki az elektromágneses térre vonatkozó nézetek. *Faraday* nézeteinek a továbbfejlesztője, az elektromágneses tér elméletének megalkotója *James Clerk Maxwell* (1831–1879) angol fizikus volt.

A *Faraday* által megteremtett elektromágneses térnek matematikai elméletét 1855–1856-ban dolgozta ki. 1861–1862-ben tette közzé azokat a híres *Maxwell*-féle differenciál-egyenleteket, amelyek tartalmazzák az elektrodinamika, az elektromágneses tér alaptörvényeit, axiómáit. *Maxwell* ugyanis felismerte azt aényt, hogy az elektromos tér időbeli változása mágneses teret hoz létre, ugyanúgy, mint az áram. Felismerte, hogy az elektromágneses hatások véges sebességgel, fénysebességgel terjednek. *Maxwell* a fényt és az elektromágneses hullámot azonos természetűnek vélte. Azt is kimutatta, hogy a fény is elektromágneses rezgés, hogy az elektromágneses hullámok transzverzálisak. Elmélete véglegesen elismertté vált, amikor 1888-ban *Hertz* előállította és kimutatta a *Maxwell* által megjósolt elektromágneses hullámokat.

⁵⁹ *Volta* sokat utazott és személyes kapcsolatban állt kora kiváló tudósaival. 1772-ben Magyarországon is járt, ahol felkereste a selmecbányai bányászati főiskolát.



Korszakalkotóak *Heinrich Hertz* (1857–1894) német fizikus felfedezései. Ő az elektrodinamika egyik felfedezője, elsőként mutatta ki a *Maxwell* által megjelölt elektromágneses hullámok létezését, és igazolta a fényhullámokkal azonos természetüket (1888). *Hertz* másik kutatási területe a fényelektromos hatás tanulmányozása (1887)⁶⁰.

Az elektromos áram törvényei és hatásai

Napjainkban nehéz elképzelni, hogy két évszázaddal korábban az elektromosságról alig tudtak valamit, hogy a XVIII. század végén estéknként mécsesek mellett dolgoztak azok, akiknek munkája előkészítette a villanyfényt.

Az elektromos áram tanulmányozását jelentősen segítette *Hans Christian Oersted* (1777–1851) dán fizikus és vegyész munkássága. *Oersted* 1819-ben felismerte az elektromos áram mágneses hatását, hogy a mozgó elektromos töltés a környezetében mágneses erőteret hoz létre. A felfedezést 1820-ban publikálta. Felfedezésének nagy a jelentősége, ugyanis felismerte az elektromosság és a mágnesesség közti összefüggést, előkészítve az utat *Ohm*, *Ampère* és *Faraday* munkásságához.

Georg Simon Ohm (1789–1854) német fizikus az Ohm-törvény felfedezője, kinek megállapítását abban az időben éles kritika fogadta.⁶¹

André Marie Ampère (1775–1836) francia fizikus és matematikus az elektrodinamika egyik megalapozója, az *Ampère*-törvény felfedezője (1820). Már diákkorában érdeklődését a természettudományok kötötték le. Főleg a vegytan, a fizika és a matematika érdekelte. *Ampère*-nek az áramok kölcsönhatására vonatkozó elméletében már megjelent az elektromos és mágneses tér gondolata, amely határozott és végleges formát *Faraday* elképzeléseiben kapott. *Ampère*, az áram mágneses hatásainak tanulmányozása során meghatározta az egyenes vezető mágneses terének

⁶⁰ A jelenség magyarázatát 1889-ben *Lénárd Fülöp* (1862–1947) magyar származású fizikus alkotta meg, és 1902-ben fedezte fel a fényelektromos hatás két törvényét.

Lénárd Fülöp katódsugarakkal végzett kísérleti eredményei sokban hozzásegítették *W.C. Röntgent* a röntgensugárzás, és *J.J. Thomson* az elektron (1897) felfedezéséhez.

⁶¹ Az elektromos áram hatásának tanulmányozása vezette el a kutatókat az izzólámpa tökéletesítéséhez. Az első izzólámpát *William Robert Grove* (1811–1896) angol mérnök készítette el 1840-ben. *Thomas Alve Edison* (1847–1931) amerikai feltaláló 1880-ban készített szénszálas izzólámpát. A wolframszálas izzólámpát *Juszt Sándor* és *Hanaman Ferenc* magyar feltalálók állították elő 1905-ben. *Bródy Imre* (1891–1944) magyar fizikus találta fel a kripton töltésű izzólámpát. *Polányi Mihály* (1891–1976) és *Bródy Imre* közös terve alapján létesült Ajkán a világ első kriptonégő-gyára.

irányát és nagyságát. A vezető körül kialakult mágneses tér irányának a meghatározására szolgáló, úgynevezett jobbkez szabályt is ő fedezte fel. Nevéhez fűződik a testek mágneses tulajdonságainak felismerése, mely szerint bármely test mágneses tulajdonságait a belsejében folyó elektromos köráramok határozzák meg. Ő különböztette meg először a nyugvó és az áramló elektromosságot (elektrosztatika, elektrodinamika).

Michael Faraday (1791–1867) angol fizikus és kémikus a tudomány egyik legnagyobb egyénisége az angol Királyi Intézetben (**16. kép**) dolgozott és kísérletezett 1813-tól egészen élete végéig. 1824-től tagja volt az angol Királyi Társaságnak, ebben az évben lett a Társaság laboratóriumának az igazgatója, majd professzora, *Davy* halála után pedig a Királyi Intézet vezetője. Szegénysorsban élő kovácmester gyermeke volt. Tizenhárom éves korában inasnak adták, egy könyvkötéssel is foglalkozó könyvkereskedőhöz. Először csak újsághordással bízták meg, a könyvkötészetet csak 17 évesen tanulta ki. Így sokat olvasott. Főleg a fizikai és kémiai tárgyú könyvek érdekelték.

Faraday munkássága kezdetén csakis kémiával foglalkozott. 1820 után kezdett el intenzíven foglalkozni az elektromos jelenségek tanulmányozásával és pár év alatt tekintélyt parancsoló, tudományt formáló felfedezéseket tett.



16. kép. Királyi Intézet. Faraday laboratóriuma (1830)
Forrás: <http://users.bigpond.com/chergr/laboratory.htm>

Faraday az erőter fogalmának a bevezetője, megalkotója. Az erővonalak eszméjét legsikeresebben ő használta. Nevéhez fűződik az elektromos és a

mágneses erők erővonalakkal való leírása. Faraday az elektromos és mágneses jelenségek helyes értelmezésének egyik úttörője. Felfedte az elektromosság és a mágnesség egyenértékűségét.

Davy 1803 és 1806 között eredményesen tanulmányozta az elektromosság vegyi hatásait és komoly következtetéseket állapított meg. Utat mutatott az elektrolízis törvényeinek a feltárásához. Már 1807-ben tudta mérni az elektrolízis során kivált anyagmennyiség tömegét. Azonban csak 1833–1834-es években asszisztensének, *Faraday*-nek sikerül az elektrolízis törvényeinek a felfedezése. 1831-ben fedezte fel az elektromágneses indukciót. A szigetelő anyagokat 1837-ben nevezte el „dielektrics”-nek. 1845-ben kísérletileg igazolta, hogy valamennyi anyag rendelkezik mágneses tulajdonsággal. Ő osztályozta először és nevezte el az anyagokat para- és diamágneses anyagoknak. 1830-ban cseppfolyósította az akkor ismert gázokat, de próbálkozásainak makacsul ellenállt az oxigén, a hidrogén és a nitrogén. Nevéhez fűződik a leárnýékolás felismerése a Faraday-kalitka (1823), a Faraday-effektus (1845).

Nevét nemcsak a fizika és kémia története örökítette meg, nemcsak felfedezett törvények és elektromos készülékek őrzik emlékét, hanem két fizikai egység is: a Farad (az elektromos kapacitás egysége), és a Faraday-állandó.

A hőtán története

Már az ókorban is keletkeztek spekulatív jellegű hőelméletek. A hőtán azonban csak a XVII. és a XVIII. század fordulóján alakult ki. A hőtán akkor vált tudománnyá, amikor a hőmérőt feltalálták, amikor már a hőmérsékletet mérni tudták. Az első hőmérőt *Galilei* készítette. Az első, gyakorlatban bevált hőmérő *Gabriel Fahrenheit* (1686–1736) német fizikus munkája. A hőmérsékleti skálák kialakítása *Fahrenheit* (1710), *Réaumur* (1730), *Celsius* (1742) és *W. Thomson* (1848) nevéhez fűződik.

A hó mibenlétéről alkotott felfogás még a XVIII. század elején sem változott, még a század közepe táján is úgy vélték, hogy a hó láthatatlan, súlytalan folyadék, fluidum. *Joseph Black* (1728–1799) skót kémikust és fizikust tartják a hőelmélet megalkotójának. Ő is úgy vélte, hogy a hó valamilyen folyadék, fluidum, amelyet minden test tartalmaz. Bevezette a fajhő (1760), a latens hő (1761), az olvadáshő, a párolgáshő, a hőmennyiség fogalmát. *Black* tett először különbséget a hőmérséklet és a hőmennyiség között. Ő vezette be és határozta meg a hőmennyiség egységet, a kalóriát. A latens hőre vonatkozó megállapításait alkalmazta a gőzgép megépítésénél asszisztense, *James Watt* (1736–1819).

A XIX. század elején már több tudós megkérdőjelezte a fluidum létezését. *Benjamin Thompson* (1753–1814) ágyúfűrási kísérlete és *H. Davy*

jégdarabok dörzsölési kísérlete alapján mindketten megcáfolták a folyadékelméletet. Kijelentették: „*a hő nem folyadék, a súrlódáskor keletkezett hő a mozgás következménye, mechanikai hatással hő termelhető.*”

A XIX. század elején a gőzgépek tanulmányozása megérlelte azt a meggyőződést, hogy a mechanikai munka és a hőmennyiség között kapcsolat van. Így időszerűvé vált az energia-megmaradás törvényének megfogalmazása. Az energia-megmaradás elvének csirái a mechanikában találhatóak, de határozott formáját hőtani keretek közt nyerte. A XIX. század közepén hőtani jelenségek tanulmányozása során egymástól függetlenül néhány tudós eljutott az energia-megmaradás elvének felismeréséhez.

Rendkívül jelentős *Nikolaus Carnot* (1796–1832) francia fizikus munkássága, aki főként a gőzgép működését tanulmányozta, és kimutatta, hogy a gőzgép működése körfolyamat. Kifejtette, hogy mechanikai munkavégzés nélkül a hő hidegebb helyről melegebbre nem jut el. A körfolyamat diagramját először *Clapeyron* (1799–1864) szerkesztette meg. A hő és az energia fogalmának tisztázása a XIX. században – mintegy 25 évig tartó munka eredményeként – több kimagasló tehetségű kutató tevékenysége nyomán bontakozott ki. A XIX. század első negyedében mechanikának olyan alapfogalmait tisztázták, mint a munka és az energia. A későbbiekben felismerték a hő energiajellegét és felfedezték az energia-megmaradás törvényét, melynek felfedezését három névhez – *Robert Mayer*, *James Joule* és *Hermann Helmholtz* – szokták kapcsolni.

Robert Mayer (1814–1878) holland természettudós 1845-ben már részletesen, és mai fizikus számára is meggyőzően magyarázta a gázok terjedésekor végzett munka és a hő viszonyát. Felismerte az energia megmaradásának elvét. Őt tartják a törvény első felfedezőjének.



James Joule (1818–1889) angol fizikus, akinek *Dalton* volt a mestere, az energia-megmaradás tételével kapcsolatos munkáját 1843-ban kezdte el, és 1845-ben jelent meg a hő mechanikai egyenértékét tárgyaló munkája.

Joule ötféle kísérlet eredményeinek összehasonlítása alapján jutott arra a következtetésre, hogy a mechanikai energia hővé alakulhat, hogy a testek súrlódásakor hő keletkezik, és ez a hő arányos a végzett munkával.⁶²

⁶² Leghíresebb az a kísérlete, amelynél a higanyban forgó vas-lapátok súrlódásakor keletkező hőt hasonlította össze a jól mérhető munkával, amit a lapátok forgatására használt fől. Azt is kijelentette, hogy a hő nem valamiféle „hőfluidum”, hanem a testeket alkotó kicsiny részecskék mozgása. A hőképződés tanulmányozása során 1840-ben *Joule* felismerte, hogy a testeket csak egy meghatározott mértékig lehet mágnesezni, és ez a mágnességgel való telítettség állapota, amit nem lehet túllépni.

1847-ben *Joule* baráti kapcsolatba került *William Thomsonnal*, aki ez idő tájt szintén hőtani vizsgálatokkal foglalkozott. Közösen kezdték el tanulmányozni a gázok viselkedését.



William Thomson (1824–1907) ugyancsak elvetette a hőfolyadék elméletét. Az energia-megmaradás elvét a legszabatosabban dolgozta ki. *Thomson* (Lord Kelvin) 1848-ban adta ki első nagyobb munkáját, amelyben *Carnot* hőelméletének alapján bevezette az abszolút hőmérsékleti skálát.

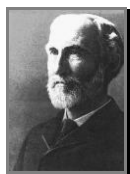


Hermann Helmholtz (1821-1894) német fizikus ismerte fel, hogy a fizikai jelenségek lényegében energiaátalakulási folyamatok. Az energia-megmaradás törvényét ő fogalmazta meg a legáltalánosabb, a mai fizikai felfogáshoz legközelebb álló formában. Ő vezette be a potenciális energia fogalmát.⁶³

A fizika és a kémia fejlődése a XIX. század negyvenes éveiben – köztük az energia-megmaradás törvényének felfedezése – már lehetővé tették a termodinamika törvényeinek megfogalmazását. Az első főtételt német fizikus, *Rudolf Clausius* (1822–1888), a másodikat a legtökéletesebb formában az osztrák fizikus és matematikus *Ludwig Boltzmann* (1844–1906) határozta meg, a harmadikat pedig a német fizikokémikus *Walther Hermann Nernst* (1864–1941) adta meg 1906-ban.



A termodinamika és a termokémia aktív fejlődése lehetővé tették a kémiai folyamatok során végbemenő energetikai változások kiértékelését.



A termodinamika jelenségeinek statisztikus tárgyalása *Josiah Willard Gibbs* (1839–1903) amerikai fizikai kémikus vizsgálataival érte el a tetőpontját. *Gibbs* a fizikai kémia úttörője. Heterogén rendszerek termodinamikájával foglalkozott, felfedezte a fázisszabálynak elnevezett törvényt.⁶⁴

⁶³ Hőtani kérdések tanulmányozásával magyar tudósok is foglalkoztak.

A hőtán fogalomrendszerének nagyszerű összefoglalását adja meg *Jedlik Ányos* „Hőtán” című munkájában. *Jedlik Ányos* a hőt nem tartja anyagnak, hanem az éter rezgésének. Húsz évvel később a pápai Főtanoda Értesítőjében jelent meg *Tarczy Lajos* „A hő elméletéről” című tanulmánya. Az írás a hőtani ismeretek fejlődésének történeti áttekintését adja *Arisztotelész*től *Jouleig*.

⁶⁴ A XIX. század közepe táján jött létre az alacsony hőmérsékletek fizikája. Jeles kutatói voltak *Davy*, *Faraday*, *Debye*, *Kamerlingh-Onnes*. Fontos szerephez azonban csak a XX. század első évtizedében jutott, miután 1908-ban *Kamerlingh-Onnes* cseppfolyósította a héliumot. A hélium cseppfolyósításával már *Faraday* is próbálkozott.

Az élettudományok fejlődése

A természettudományos gondolkodás új korszakának születését jelezve, hogy ugyanabban az évben, amikor *Kopernikusz* fő műve megjelenik, *Andreas Vesalius* (1514-1563) megjelenteti *Az emberi test felépítése* című könyvét. A könyv megjelenésének jelentőségét elsősorban az adja, hogy *Paracelsushoz* hasonlóan a szerző nem hajlandó csak a tekintély kedvéért (mint ahogy a korábbi évszázadokban) kitartani az egyértelmű tévedések mellett. Ehelyett szakít a dogmatizmussal és korrigálja a fölfedezett hibákat, önálló kutatásra és vizsgálódásra serkent. *Vesalius* és kortársai (*Coiter, Colombo, Eustacchi*) munkájának eredményeképpen az anatómia tudománnyá vált.

William Harvey (1578-1657) *A szív és a vér mozgásáról* szóló könyve, mely 1628-ban jelent meg, jól beleillett a kor mechanikus szemléletébe. Könyvében megfejtje a kisvérkör és a nagyvérkör szerepét, továbbá értelmezi a szív pitvarai, kamrai és billentyűi szerepét. Ő is a *Bacon* által hirdetett módszert alkalmazza, azaz megfigyel, következtetéseket von le, majd kísérletileg bizonyít. Ez már az újkori élettan kezdete, amely egyben leszámol az évezredes skolasztikus dogmával.

A természettudományos kutatásnak nagy lökést adott az, amikor egy lencsecsiszoló, *Zacharias Janssen* 1590 körül rájött, hogy ha egy csőbe bikonvex és bikonkáv lencsét helyez, addig nem látott dolgokat láthat meg. Tudományos célra először *Francesco Stelluti* használta a mikroszkópot, amelynek a mikrobiológia és a szövettan is köszönheti megszületését, hiszen *Robert Hooke* (1635-1703) 1665-ben megjelent *Micrographia* című könyve tulajdonképpen a mikrobiológia alapkönyvének tekinthető. Tőle származik a sejt elnevezés is. *Marcello Malpighi* (1628-1694), anatómus és filozófus a mikroszkóp segítségével fedezte föl 1661-ben a hajszálereket, és ő tekinthető a szövettan megalapítójának is.

Nagy problémát jelenthet ebben az időben az, hogy lényegében nem volt jól használható állat- és növényrendszertani könyv. Az Arisztotelész által föllállított kategóriákat már nem lehetett alkalmazni az egyre bővülő állat- és növénytan ismeretek miatt.⁶⁵ Tovább fokozta a problémát, hogy az állatok és növények elnevezése sem volt egységes. Ezt a problémát tulajdonképpen csak a XVIII. században tudta megoldani *Linné* (1707–1778). Rendszerének

A XX. század húszas-harmincas éveiben sorra alakultak alacsony hőmérsékleti laboratóriumok: Leidenben a Kamerlingh-Onnes Intézet, Oxfordban a Clarendon Laboratórium (itt jeleskedett *Kürti Miklós*).

⁶⁵ *Andrea Cesalpino* volt az, aki elsőként tudta átlépni az ókorban lefektetett rendszerezési kategóriákat, és 16 kötetes művében először tett kísérletet arra, hogy a termésük és a viráguk szerint csoportosítsa a növényeket.

alapja, hogy a növények és állatok (és ásványok) világát is osztályokra, rendekre, nemekre és fajokra osztotta föl. Tehát az egyed helyét egyértelműen megszabja a faj-nem-rend-osztályba sorolása. Bár *Linné* a fajok állandóságát hirdette, a rendszerezés alapja a mai napig változatlan maradt, mindazok ellenére, hogy azóta a Lamarck-Darwini természetes rendszerezésre később áttért a biológia.

A genetika alapjainak tekinthető első tudományos megfogalmazások is erre az időre esnek. *Pierre-Louis-Moreau de Maupertuis* (1698–1759) volt az, aki kijelentette, hogy a hím és a női ivarsejtekben egyaránt található olyan részek, amelyek a közös utódjuk tulajdonságainak, testrészeinek létrehozásában közreműködnek. Szintén ebben az időben jelent meg az úgynevezett „grádics-elmélet”, melynek lényege az, hogy a világ állandó fejlődésének alapja, hogy az alacsonyabb rendűektől fokozatosan jutunk el a magasabb rendűekhez.

Az élet titkaival ősidők óta foglalkozott az ember, vizsgálta a növényeket, állatokat, de önmagát is. A különböző betegségek gyógyítása minden kornak nagyon fontos kérdése volt. Azonban az élet komplex tudományos megközelítéséről tulajdonképpen csak a XIX. századtól beszélhetünk. 1802-ben született meg ennek a komplex tudománynak az elnevezése, és ekkortól beszélünk a biológia kialakulásáról. A komplex jelző azt mutatja, hogy egy összetett rendszerről van szó, amelyet különböző aspektusokból tanulmányozhatunk, és ezeknek a tanulmányoknak a pontos határait nem lehet megadni.

A sokoldalú megközelítésnek köszönhetően ma már beszélhetünk mikrobiológiáról, növénytanról, állattanról, embertanról, de az anatómia, szövettan, fiziológia, genetika, vagy napjainkban már a molekuláris biológia is ide tartozik. Ennek, a hatalmas területet átfogó, sokoldalú megközelítéssel rendelkező komplex tudománynak a névadója 1802-ben volt. Ekkor jelent meg a brémai *Treviranus* (1776-1837) hatkötetes műve, melynek címe: *Biológia, avagy az élő természet filozófiája*. Ebben a műben került megfogalmazásra a biológia. A szerző szövettani kutatásokat, és főként a gerinctelen állatok élettanát vizsgálta. A német *Treviranus* mellett a francia *Lamarckot* (1744-1829) is az élettudomány (biológia) névadójának tekintjük. Hiszen *Lamarck* írásaiban a XIX. század elején szintén találkozunk ezzel a kifejezéssel.

Tehát a biológia igazi fejlődése a XVIII-XIX. század fordulójától számítható. Ettől kezdve ez a tudományág rohamos fejlődésnek indult, amely mindmáig

tart. A biológia fejlődésében nagy szerepe volt a német tudósoknak⁶⁶, így például az egyik leghíresebb közülük *Alexander von Humboldt* (1769-1859), akit a növényföldrajz megteremtőjének tekintünk, de jelentőset alkotott az idegélettanban és a klimatológiában is. Szintén német származású volt az északi *Karl Ernst von Baer* (1792-1876), akit a modern embriológia megalapítójának tekintünk. 1827-ben fedezte föl az emlősök és az ember petesejtjét, és ezt követően dolgozta ki a csíralemez-elméletet. Erre az időre tehető a sejtelmélet születésének időpontja. *Schleiden* (1804-1881), jénai botanikus jutott arra a következtetésre, hogy a növény szervezetének alapvető egysége a sejt. Ezt az elképzelést *Teodor Schwann* (1810-1882) részletesen kidolgozta, és kiterjesztette az állatvilágra. Ezt követően jelentős tudományos tevékenységgé vált a sejt szerkezetének és működésének feltárása, illetve a sejtanyag szerepének tisztázása.

Orvostudomány

A történelem folyamán az orvosok lényegében ugyanazokat a betegségeket tapasztalták, azonban az, ahogy az ehhez kapcsolódó jelenségeket észlelték, illetve ezekre reagáltak a beteg gyógyulása érdekében, az lényegesen változott. Akkortól kezdve beszélhetünk az orvostudomány kialakulásáról, amikor az orvosok egyre jobban megismerték az emberi test felépítését. Ehhez jelentősen hozzájárult az újkori anatómia, amely makroszkopikus méretekben adott tájékoztatást. Később egyre inkább elterjedt a mikroszkóp használata is, amely a makroszkopikus ismereteket a mikroszkopikussal egészítette ki. A XIX. század elejétől már egyre inkább jellemző volt, hogy az orvosok, akik gyógyítottak, rendszeresen boncoltak is.

„*Semmelweis* (1818-1884) a bécsi kórbonctani klinikai iskolában dolgozott a múlt század 40-es éveinek végén, és alkalmá volt megállapítani, hogy melyek a gyermekágyi láz jellegzetes elváltozásai. Egy alkalommal egy kórboncnok barátja szerencsétlenül járt, a kezét megsértette boncolás közben, és emiatt meghalt. Amikor Semmelweis elolvasta az erről szóló bonctani jegyzőkönyvet, arra a felfedezésre jutott, hogy a gyermekágyi láz és a barátja szeptikus betegsége lényegében ugyanaz. Ez a felismerés rendkívül mély benyomást tett rá. Évekkel később így írt erről: „*Egész lényemben megrendülve, felhevült indulataim szokatlan intenzitásával töprengtem az*

⁶⁶ A német tudománytörténetben megtaláljuk Goethe nevét is, aki fizikával, növénytanal, állattannal, vagy akár antropológiával is foglalkozott. Azonban sokan úgy vélik, hogy Goethe egy nagyon lelkes természetbúvár volt, aki, ha nem a németek legnagyobb költője lenne, akkor a nevét régen elfeledték volna. Az igazsághoz azonban hozzátartozik, hogy volt olyan felfedezése is, amely jelentős volt, például az állközépcsont megtalálása.

eseten, midőn szellemem előtt hirtelen kibontakozott a gondolat, és egyszerre világosság vált, hogy a gyermekági láz anatómiája azonos produktumból áll, mint Kolletschka professzor betegsége, és pedig érgyulladásból, gennyvérüségből, áttételekből stb. És ha – így következtettem tovább – Kolletschka tanár úr gennyvérüsége hullaméreg beoltásának következtében alakult ki, úgy a gyermekági láz is ugyanazon forrásból keletkezhetett. Azt kellett tehát még eldönteni, honnan és miként került a hullaanyag a szülő nőkbe. E hullaméreg átvivő forrása a tanulók és a gyógykezelő orvosok kezein volt fellelhető.”

„E magával ragadó vallomásból nemcsak a felfedezésnek a drámai magja tárul fel, hanem az a szörnyű felismerés, ami erősen ránehezedett Semmelweis egész későbbi életére: minél szorgalmasabban boncolt akkor egy orvos, annál többet árthatott ezáltal azoknak a betegeknek, akiken segíteni akart.”

(Idézet Benedek István: A tudás útja című könyvéből.)

A boncolással legtöbb esetben sikerült választ adni arra, hogy mi történt a beteg szervezetében a betegség hatására, azonban arra a fontos kérdésre, hogy mi az oka a bekövetkezett változásoknak, nehezebben sikerült választ adni. Az okok felismerésében jelentős lépés volt, amikor felfedezték, hogy mikroszkopikus méretű élőlények is képesek arra, hogy magasabb rendű szervezeteket megbetegítsenek, és bennük kóros elváltozásokat idézzenek elő. Ezt a következtetést nagyon nehezen tudták elfogadni az orvosok, azonban *Luis Pasteur* (1822-1895) és *Robert Koch* (1843-1910) munkássága nyomán végül is el kellett fogadniuk.

Pasteur valójában nem orvos, vagy biológus volt, hanem vegyész, azonban jól ismerte azokat a folyamatokat, amelynek eredményeképpen a tej, vagy a sör megromlik. Nekik köszönhető annak a felfedezése, hogy az ezek mögött álló kémiai folyamatokat olyan élőlények okozzák, melyeket csak mikroszkóppal érzékelhetünk. Tulajdonképpen ezzel a felfedezéssel több diszciplína is összekapcsolódott: a biológia, az orvostudomány és a kémia.

*Robert Koch*nak köszönhetően az addig külön nem tenyészthető kórokozók az általa kidolgozott módszerrel, izoláltan tenyészthetővé váltak, így *Pasteur* és *Koch* munkásságának hatására a mikroorganizmusok szerepének vizsgálata egyre szélesebb körben vált fontossá.

Fontos továbblépés volt a betegségekkel kapcsolatban annak a kérdésnek a föltevése, hogy mi vezérli, mi szabályozza ezeket a folyamatokat? Az erre adandó egyik válasz volt az idegrendszer, illetve később annak felismerése, hogy a hormonoknak jelentős szerepe van a szabályozásban. Mindezekkel

párhuzamosan azt is fölfedezték, hogy bizonyos anyagoknak, és bizonyos vitaminoknak a hiánya is betegséget okoz.⁶⁷

A geológia, az ásványtan és a paleontológia megalapozása

A tudományos ásványtan megszületése *Agricolának* (1494–1555) köszönhető, hiszen ő volt az, aki megpróbálta az ásványokat és a kőzeteket geológiai rokonságuk, és lelőhelyeik szerint áttekinteni. *Agricola* fő műve az 1556-ban a halála után megjelent *De re metallica*, amely betekintést nyújt a XVI. század bányászatába és kohászatába. Munkássága alapján őt tekinthetjük az újkori ásványtan, geológia, bányászattan, kohászattan úttörőjének.⁶⁸ A század kiemelkedő polihisztora aki a tudományos alapú földtan és ásványtan megalapozása mellett foglalkozott meteorológiával, orvoslással, filozófiával is. Tőle származik például a fosszília elnevezés, melyet ma is használunk.⁶⁹

Niels Stensen (Nicolaus Steno) (1638–1686), fontos eredménye, hogy elsőként ismerte fel a geológiai rétegek földtörténeti jelentőségét, illetve a fossziliák, azaz a megkövesedett maradványok tudományos kutatásban betöltött szerepét.

A geológia alapkérdése sokáig az volt, hogy vajon a víz vagy a tűz tette olyanná a világot, amilyenek ma látjuk. A témával foglalkozók lényegében két csoportra szakadtak. Az egyik csoportban az úgynevezett neptunisták voltak, akik szerint az özönvíznek köszönhető a világ mai arculata, míg azok, akik vulkanistának neveztek magukat, úgy gondolták, a tűz munkájának köszönhető a világ mai formája. *Charles Lyell* (1797-1875) könyve mutatott kiutat ebből a vitából. Az 1830-as években megjelent *Geológia alapelvei* című könyvétől számítjuk a modern geológia indulását. *Lyell* elutasította mind a neptunista, mind a vulkanista elméletet és kijelentette, hogy a fölvetett kérdésekre a tapasztalás útján kell választ adni. Az volt a véleménye, hogy a ma látható eredményekből nyugodtan visszakövetkeztethetünk a régmúlt eseményeire, hiszen a természettörvények ugyanúgy érvényesülnek, mint hajdanán. A szervetlen és a szerves világ

⁶⁷ A magyar tudomány szempontjából rendkívül fontos felfedezés volt az, hogy a C-vitaminnak fontos szerepe van. Kiderült, hogy egy régen ismert betegséget, a skorbutot a C-vitamin hiánya okozza, s adagolásával ez a betegség megszüntethető. A C-vitaminnal kapcsolatos eredmények *Szent-Györgyi Albert* (1893-1986) nevéhez kapcsolódnak.

⁶⁸ A kristálytan alapjait *René-Just Haüy abbé* (1743-1822) rakta le a XVIII. században.

⁶⁹ Ebben az időben cáfolják Arisztotelész azon nézeteit, hogy a fossziliák egyszerűen a természet játéka. *Fracastoro* (1483-1553), veronai orvos, illetve *Bernard Alissy* nyilvánítják ki azon nézetüket, hogy a fossziliák ősi állatok kőületei, illetve maradványai.

egymástól nem elválasztható, hanem éppen ellenkezőleg, szorosan összefüggnek egymással. A változások lassúak és a geológia terén évmilliók alatt láthatjuk meg a változások eredményeit: a hegyek emelkedését vagy akár a szigetek süllyedését. A Föld geológiája is folyamatos változásban van. *Lyell*nek köszönhető a földtörténet korszakait bemutató időrendi táblázat elkészítése, amelyen természetesen már sokat módosítottak, de alapjaiban megfelel annak, melyet ma is használunk (**3. táblázat**).

Negyedkor	{	Alluvium Diluvium	{	vaskor bronzkor kőkor
Harmadkor	{	Pliocén Miocén Eocén		
Másodkor	{	Kréta Jura Triász		
Első kor	{	Perm Karbon Devon Szilur Kambrium		

3. táblázat. Földtörténeti korok

Ebben az időben indul rohamos fejlődésnek a geológia mellett a paleontológia és az ősembertan is. Egyre népszerűbbé válik a mindennapi emberek körében a kőületek keresése. Németországban hatalmas területeken kutatnak az ősi megkövesült növényi és állati maradványok után. 1861-ben kerül elő egy máig méltán híres lelet, az ősmadár (*archaeopteryx*) maradványai. Az 1800-as évek közepén *Bronn* (1852-1912) heidenbergi zoológus megpróbálja az első rendszeres összefoglalását a rendelkezésre álló őslénytani anyagnak.

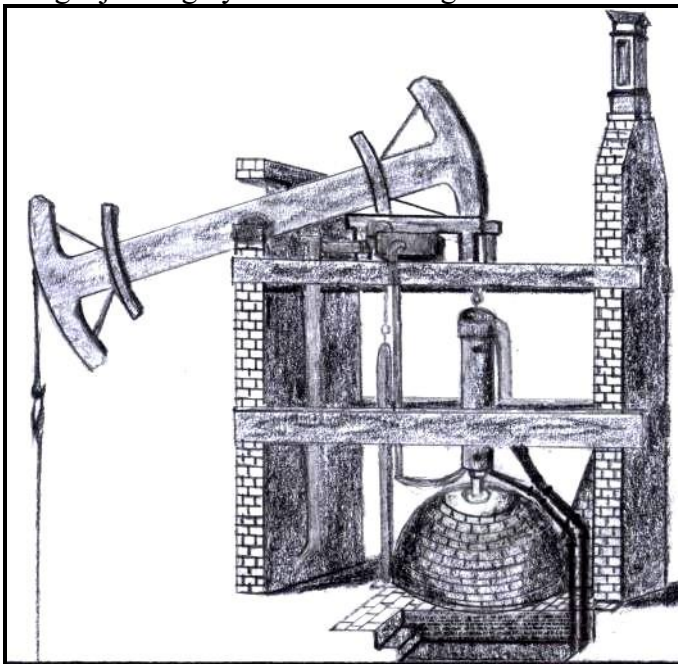
A gőzgép megalkotása

A gőzgép nem egy új tudományos eredmény alkalmazása során született. A termodinamika ekkor még nem jött létre. *Carnot* csak 1824-ben kezdett

foglalkozni azzal, hogyan is működik a gőzgép, és ennek során jutott el a korábban említett *Carnot*-féle körfolyamatok leírásához.

A gőzgép építésének elvi alapjait *Christiaan Huygens* és *Denis Papin* tisztázták légszivattyús kísérletek segítségével, amelyek során olyan fizikai ismeretekhez jutottak, amelyek a gőzgép gyakorlati megvalósításában segítségükre voltak. Bár *Denis Papin* közvetlen hajtású gőzszivattyúja nagyban hozzájárult ahhoz, hogy később a gőzgépek tért hódítottak, mégis szinte teljes elfeledettségben halt meg, és mindössze egyetlen találmánya maradt meg, amit viszont még ma is használnak. Ez a kuktafazék.

Fontos szerepe volt a gőzgépek fejlesztésében *Thomas Newcomennek* (1663–1729), hiszen az ő tervei alapján alkalmazták először a bányászatban gőzgépet, amelyet abban az időben „tűzgépnek” neveztek. *Newcomen* „tűzgépe” hatalmas monstrum volt (17. kép), és széles körű felhasználásának akadálya az volt, hogy a szivattyúk rudazatát képes volt ugyan mozgatni, de a munkagépek meghajtó tengelyét nem tudta forgatni.



17. kép. *Newcomen* gőzgépe 1712-ből.
Illusztráció: *Lengyel Adél*

James Watt (1736–1819) volt az, aki megalkotta az úgynevezett univerzális gőzgépet, amelyet a bányászatban, kohászatban, textiliparban, közlekedésben is föl lehetett használni, s amelyről *Denis Papin* már a XVII. század végén álmodozott. *James Watt*, aki kezdetben műszerek, gépek

karbantartásával foglalkozott, egyszer egy *Newcomen*-féle gép modelljének a javításával volt elfoglalva, amikor rájött, hogy az a gép nem eléggé hatékony, ésszerű takarékoskodással a gőzgép szénfogyasztása csökkenthető, miközben nagyobb lesz a teljesítménye. 1769. január 5-én kapott szabadalmi oklevelet arra a módszerre, amellyel csökkenteni tudta a tűzgépekben a gőz és a tüzelőanyag fogyasztását. Az ezt követő évtizedekben egyre több gőzgépet használtak, és szinte már nem is volt olyan bánya, ahol az úgynevezett „vasangyalok” (gőzgépek) ne kerültek volna felhasználásra, de sístergésüket sörfőzőkben, kohókban, fűrés- és gabonamalmokban egyaránt lehetett hallani.⁷⁰

A tudomány és a technika együttes hatása a környezetre

A XV. században a földrajzi ismeretek meglehetősen hiányosak voltak. Addig a föld felszínének alig több mint 10 %-át sikerült megismerni, és ezen belül a kontinensek felszínének kb. 20 %-áról, az óceánoknak, tengereknek pedig mindössze 7 %-áról rendelkeztek bizonyos ismeretekkel.

Azt sem sikerült bizonyítani, hogy a Föld lapos, de azt sem, hogy gömb alakú, mint ahogy azt néhányan már sejtették.

A további felfedezéseknek jelentős akadálya az volt, hogy még mindig az ókori hajósoktól átvett navigációs berendezéseket, eszközöket használták.

Mindezek mellett a törökök 1453-ban elfoglalták Konstantinápolyt, és ennek következtében lezárultak az Európa és Ázsia között vezető kereskedelmi utak. Ez adta szükségét a nagyobb távolságokat is biztonságosan megtenni tudó tengeri hajók, és a megbízható navigációs eszközök kifejlesztésének. Az új típusú hajókat, amelyekkel jelentős felfedezéseket tettek, először Portugáliában, illetve Spanyolországban építették meg. Bár a tengerészek alapvető feladata az volt, hogy addig ismeretlen világokat fedezzenek föl, és azt birtokba vegyék megbízóik számára, emellett végérvényesen bebizonyították, hogy a Föld gömbölyű.

Kolumbusz rossz térképpel indult Indiába és felfedezte Amerikát, és ezzel egy új kor (az Újkor) kezdődött az emberiség történetében. A környezetrombolás tekintetében azonban a korábban megkezdődött folyamatok folytatásáról

⁷⁰ A gépi munkavégzés, illetve a gyárak kialakulásának jelentős eseménye 1771 nyara, amikor egy vízi erővel hajtott gépi fonoda kezdte meg működését. *Richard Arkwright* (1732-1792) volt az, aki elsőként alkalmazta gyárában a vízenergiát a fonógépek meghajtására, és abban is első volt, hogy nem sokkal ezt követően a gőzgépet bevezette a gyapotfonásba.

beszélhetünk, hiszen az emberek a környezeti problémákat a gyarmatbirodalmakra is magukkal vitték.

Amerika felfedezését követően a kereskedelmi hajózás egyre nagyobb szerephez jutott, és ezekkel egy időben új növények (burgonya, kukorica) jelentek meg Európában, amelyek biztos alapot jelentettek a népesség növekedése számára. A lakosság számának növekedésével viszont jelentősen megnőtt a különböző áruk (elsősorban az élelmiszerek) iránti igény.

Erre az időre tehető olyan fontos tudományos és technikai eredmények megszületése is, amelyek megteremtették az első ipari forradalom alapját. Bár a felvilágosodás kora Franciaországhoz kapcsolható, a tudományos eredmények alkalmazása, és ennek hatására a gazdasági fellendülés Angliából indul.

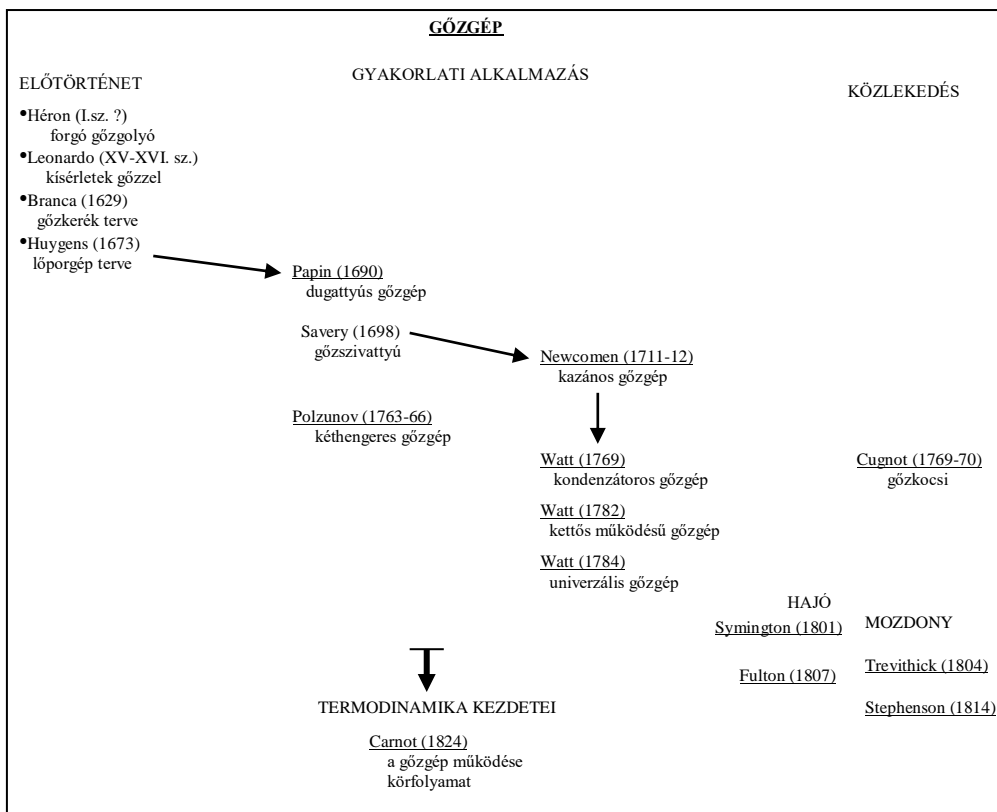
Az ipari forradalom

A jellemzően mezőgazdasági Angliából világbirodalom lett. Felvetődik a kérdés, miért éppen Angliában indult útjára az ipari forradalom? Fontos oka ennek, hogy Angliában korábban már lezajlott a mezőgazdaság gyökeres átalakulása, amelynek eredményeképpen fejlett mezőgazdaság jött létre, mely alkalmazta a vetésforgót, takarmányokat is termelt, így fejlődhetett az állattenyésztés. Több új növény- és állatfajt honosítottak meg, így például Amerikából behozott kukoricát és burgonyát. Angliában is tenyésztani kezdték a merinói juhok, mely az ipari forradalomban a textil előállításának fontos feltétele volt. A mezőgazdaság fejlődésének az eredménye az is, hogy relatíve kevesebb ember meg tudta ugyanazt a mennyiségű élelmiszert termelni, így a lakosság egy része felszabadult az ipar számára. A mezőgazdaság fejlődésének eredményeképpen a lakosság létszáma ugrásszerűen megnövekedett a XVII. század végétől az XVIII. század végéig. A fejlett mezőgazdaság el tudta látni a növekvő létszámú lakosságot élelmiszerekkel, azonban egyre több igény jelentkezett egy másik alapszükséglet, a ruházat területén. Egyre több fonálra volt szükség a ruházathoz, és ez serkentette a szövés gépesítésének megoldását. Sokan azt mondják, tulajdonképpen ez (a divat) indította el az ipari forradalmat **(18. kép)**.



*18. kép. XVIII. századi orvos „divatos” öltözékben.
Forrás: <http://www.multkor.hu>*

A textilipar mellett a hadiipar növekvő igénye egyre inkább arra serkentette a bányászatot, a kohászatot és a fém megmunkálást, hogy minél több fémot, elsősorban vasat állítson elő. Ehhez viszont szükség volt gépre is, ezért szokták azt mondani, hogy az ipari forradalom központi, alapvető jelentőségű találmánya a gőzgép. Alapvető változás bekövetkeztéhez azonban a szén felhasználására is szükség volt, hiszen így az energiatermelés többé már nem volt helyhez kötött, mint a víz- és szélenergia felhasználása esetében.



8. ábra. *A köztudattal ellentétben a gőzgépet nem James Watt találta föl, hiszen a történelem során nagyon sokan próbálták a gőz erejét munkára fogni.*

A szén vált a fő tüzelőanyaggá

Az ipari forradalom fő erőgépe a gőzgép lett, mely felállítható volt bárhol, és viszonylag egyszerűen lehetett szabályozni. A tudományos ismeretek bővülése segítette a technika fejlődését, és ennek következtében egyre több nagy termelékenységű gépet alkottak, így a gőzgép nemcsak az ipart, hanem a közlekedést is, az építkezést is, és a mezőgazdaságot is alapvetően megváltoztatta. Mindezeknek azonban az volt az alapvető feltétele, hogy viszonylag olcsón és nagy mennyiségben rendelkezésre álljon a könnyen szállítható energiahordozó: a kőszén. A kőszén felhasználásának növekedését az is elősegítette, hogy a XVI. század végére a fa egyre növekvő felhasználása következtében hatalmas területeken vágták ki az erdőket, amely fahiányhoz vezetett. Ennek az volt az eredménye, hogy a XVII. század közepére több országban rendelettel korlátozták a kohók létesítését.

Mindezeknek következményeképpen a XIX. században már a szén vált a fő tüzelőanyaggá, és emellett a vegyiparban alapanyagként, illetve a közlekedésben hajtóanyagként használták. Ezzel megkezdődött a kőszénben évmilliók óta raktározott szén egyre fokozódó légkörbe bocsátása, széndioxid (üvegház hatású gáz) formájában.

A gépek térhódítása

A XVII. század közepétől kezdve a gépek egyre elterjednek. Úgy is mondhatnánk, hogy a gép egyre több munkát vesz ki a kézművesek kezéből.

Ezzel egy lényeges változás indul meg. A kézműves által előállított egyedi darabból, a gépek által előállított tömegtermék, azaz az alkotásból tömeggyártás lett. Az elsőrendű követelmény a mennyiség, és nem a minőség. Megszűnik a kézműves és műve közötti egyedi, személyes kapcsolat. Ezzel megindul egyfajta elidegenedés is, azaz az elgépiesedett társadalomban az ember magányossá válása. Mindezek mellett a fokozódó élelmiszer-, nyersanyag- és energiaigény növelte az ember környezetre kifejtett hatását is.

Az ipari forradalom kialakulásáig az ember és környezet közötti viszony középkori jellege fokozatosan megváltozott. Az ipari forradalom időszakáig Európa lakosságának több mint 70 %-a földművelésből és állattartásból élt, és ennek megfelelően a városlakók száma is kevés volt.

A földművelők közül azonban egyre többen vándoroltak át a kialakuló ipari területekre, és ennek következtében a városok is lassan túllépték a középkori városfalak határait. Fokozatosan új iparágak váltak egyre jelentősebbé. A vasipar lényegi változáson ment keresztül, hiszen a kokszt és a gőzgép együttes felhasználása minőségileg jobb termékek előállítását tette lehetővé. A vas megjelenése a szerszám- illetve fegyverkészítésben és a környezet-átalakításban már az ókorban is jelentős változást okozott. A XVII. századtól azonban, amikor a tüzeléstechnika jelentős előrelépése következett, már nemcsak a nagy mennyiségű öntött vas előállítása, hanem az acélgártás is megkezdődhetett. Ennek az igazi hajtóerőt a gőzgép megjelenése adta, a fűjtatók teljesítményének növelése által. Egyre inkább a vas (acél) vált jellemzővé, mint szerkezeti anyag, csatornák, hidak **(19. kép)**, ipartelepek épültek. A Newton által megalapozott mechanikai szemlélet ekkor hozta meg a gyakorlatban az eredményét.

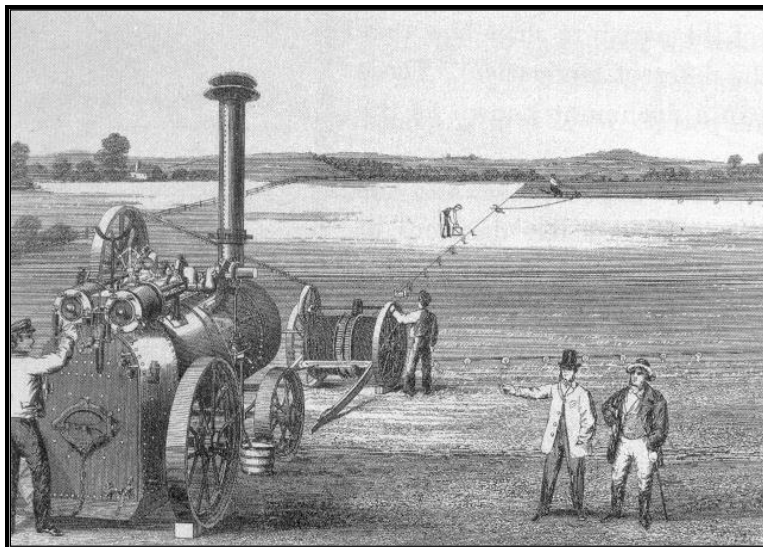


*19. kép. Iron Bridge. A Föld első vasszerkezetű hídja 1779-ben épült.
Fotó: Kiss Ferenc*

Mindezek megalapozták a gépgyártás új iparággá fejlődését, s így a többi kialakuló iparágat új termelőeszközökkel lehetett ellátni. Erre az időre tehető pl. a textilipar jelentős fejlődése is.

A közlekedésben a gőzmozdonyok és a sínek megjelenése lehetővé tette a vasúti hálózatok kialakulását. A hajózásban is megjelent a gőzhajó, és a fa hajótesteket fokozatosan fölváltotta a vasból, illetve acélból épült hajó.

Az ipari forradalom a mezőgazdaságban is jelentős változást hozott, hiszen itt is megjelentek a gépek, mint pl. vetőgép, aratógép, cséplőgép (**20. kép**).



20. kép. A gőzgép felhasználása szántásra
Forrás: The Mansell Collection

A mezőgazdasági termelés változása késve követte az ipari termelés változását, de termelékenysége egyre fokozódott, melynek következtében a gazdaságilag fejlett államokban a lakosság egyre kisebb hányada foglalkozott élelmiszertermeléssel.

A gépek megjelenése, és ezzel együtt a termelési mód változása átalakította a társadalom belső szerkezetét. A korábban élelmiszertermelésből élő és önellátó népesség fokozatosan városlakóvá vált, létrehozva egy új áru fogyasztó réteget. Ebben az időszakban az emberiség lélekszáma is rohamos növekedésnek indult (**7. ábra**). A XV. században a Föld lakossága kb. 500 millióra tehető, 200 évvel később ez megduplázódik, majd a XIX. század végére megháromszorozódik. Ekkorra az ember gyakorlatilag teljesen benépesítette a Földet, hiszen a sarkvidékek és a magas hegyvonulatok kivételével minden kontinensen létrehoztak településeket. Mindezek eredményeképpen egyre fokozódott a környezet szennyezése.

Fokozódó környezetszennyezés

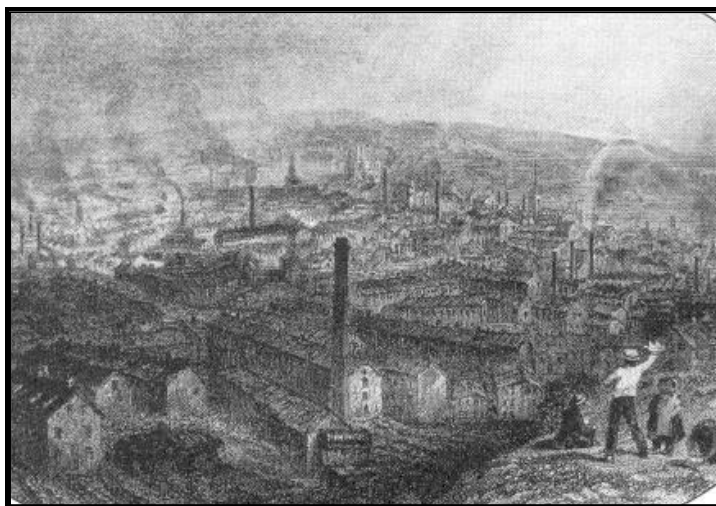
A növekvő levegőszennyezésnek már az ipari forradalmat közvetlenül megelőző időszakban is mutatkoztak a jelei. *John Evelyn* így írta le tapasztalatait:

London 1659: „*Olyan füstfelhő borítja a várost, amely a Földet a pokollal teszi hasonlatossá.*”

London, 1684: *“A hideg levegő megakadályozza, hogy a füst felszálljon, ezért a kormos füst úgy beborítja a várost, hogy alig lehet átlátni az utca túloldalára. A füst az emberek tüdejét durva szénemecskével tölti meg, ez gátolja a tüdő működését, mindenki nehezen lélegzik.”*

A XVIII. század végéről származik Gilbert White természettudós megfigyelése: *“Selborne városát kék színű köd borítja, amelynek olyanféle szaga van, mint a kőszénfüstnek, és akkor észlelhető, amikor észak-keleti szél fúj, tehát feltételezhetően Londonból jön a füst. Erős szaga van és valószínűleg káros az egészségre.”*

A XIX. századtól kezdődően az ipari termelés egyre fokozódó növekedése kezdetben Angliában (az ipari forradalom szülőhazájában), majd később más területeken is jelentős levegőszennyezéssel járt. A széntüzelésű kazánok terjedése következtében magas kén-dioxid- és portartalmú füstgáz került a levegőbe. Ez néhol olyan nagymértékű volt, hogy lényegesen csökkent a napsütéses órák száma **(21. kép)**.



21. kép. *A korabeli állapotokat szemléltető rajz.
(Distant view of Sheffield by Warren after J. B. Allan)
Forrás: The Mansell Collection*

A XIX. század elején a Tawe völgyében létrehozták az akkori világ legnagyobb fémipari központját. A legnagyobb termelés idején kb. 400 kémény bocsátotta ki a füstgázokat a völgybe.

Az ipari termelés növekedése, illetve a városi népesség növekedése következtében egyre fokozódott a vízszennyezés is. A természetes vizeket már nemcsak a fertőzéseket terjesztő szennyvíz veszélyeztette. A folyók gyakran bűzös csatornákká váltak, amelyekből kipusztult az élővilág. A XIX.

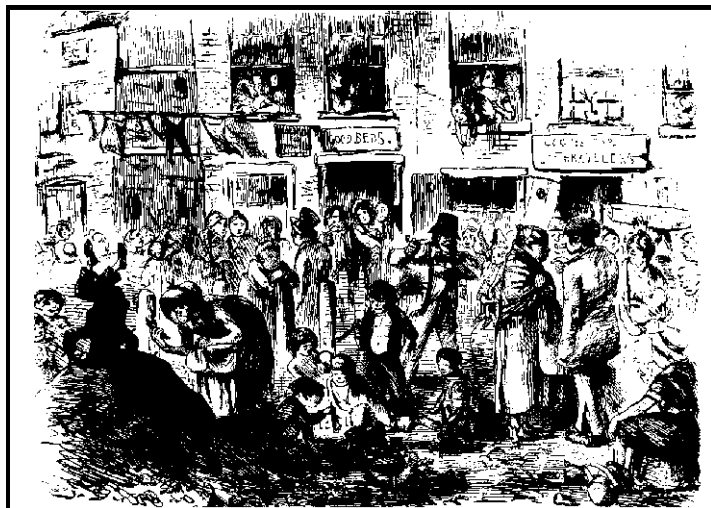
század közepéről származó leírások szerint az angliai Aire és Celber folyókban különböző tevékenységekből származó anyagokat írtak le: „a folyókat a bányákból, a vegyi-, a festék-, a tisztítószer-gyárakból, a vágóhidakból és a városi háztartásokból származó gyapjú, és gyapot feldolgozása során, és az állati bőrök tisztítása, és cserzése során fölhasznált anyagok maradványai szennyezik, mérgezik, és a szabad folyásukat akadályozzák.”

A korábban említett Tawe folyóban a következő szennyeződések találtak: *“lúgokat, kénsavat, vas-szulfátot, hamut, széndarabokat, a rezet és az ónt előállító és feldolgozó gyárakból származó anyagokat, és a városi háztartásokban keletkezett hulladékokat.”*

Romló közegészségügyi viszonyok

Az ipari környezetszennyezésnek és a rossz közegészségügyi viszonyoknak néha súlyos következményei voltak. A rosszul táplált városi népesség körében hamarosan fertőző betegségek jelentek meg, mint pl. tífusz, tüdővész, majd a pusztító kolerajárvány (**22. kép**).

A kolera Észak-Amerikát és Európát először az 1830-as években fertőzte meg, 1848-ban Angliában a járvány 62 ezer ember életét követelte. A járványt követően a *“The Times”* folyóirat egyik cikkében a következőképpen fogalmaz: *“A betegség volt a legjobb közegészségügyi reformer, amely nem nézett el semmiféle hibát, és nem bocsátott meg semmilyen tévedést.”* Valóban a kolerának „köszönhetően” bizonyos reformokat vezettek be a XIX. században. A Brit Parlament például bizottságot hozott létre, amely a városok egészségügyi helyzetét vizsgálta. A vizsgálat eredményeképpen megállapították, hogy *„kapcsolat tételezhető fel a nem megfelelő vízellátás és csatornázás, a rossz szellőzés, a higiéniai körülmények és a fertőző betegségek között.”*



22. kép. A szennyes és zsúfolt londoni utca egy korabeli rajzon
Forrás: Image Select

A víz tisztítása és az egészség megőrzése közötti kapcsolatra XIX. században Európában kitört utolsó nagy kolerajárvány világított rá. A Római Birodalomban már létezett a csatorna- és vízvezetékrendszer, azonban mindezek ellenére a víztisztítást csak 1892-ben vezették be Altónában, Poroszországban. Altóna, ahol a víztisztítást bevezették, egybeépült Hamburggal. A két várost tulajdonképpen csak egy utca választotta el egymástól. A járvány idején az Altónában élő emberek, akik tisztított vizet fogyasztottak, megmenekültek a kolerajárványtól, míg az utca túloldalától, a hamburgi részen lakó családok megbetegedtek. Ez az egyértelmű bizonyíték Hamburg város vezetőit is arra indította, hogy tisztítsák meg az ivóvizet.

A fokozódó környezetszennyezés és az egyre romló közegészségügyi viszonyok következtében Nagy-Britanniában 1875-ben elfogadták az első közegészségügyi törvényt. Ennek eredménye nemcsak az emberek egészségének javulásában, hanem az angliai vizek élővilágának javuló állapotában is megfigyelhető volt. A XIX. század utolsó éveiben a Temze torkolatához visszatértek a különböző halfajok. *Richard Witter* természettudós véleménye szerint ez annak volt köszönhető, hogy a londoni szennyvízből már elkülönítették a szilárd hulladékot, és nem engedték a tisztítatlan szennyvizet közvetlenül a folyóba. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy a problémát csak részben oldották meg, hiszen az elkülönített szilárd szennyeződést a tengerbe borították.⁷¹

⁷¹ Charles Dickens: "A sivar ház" című elbeszélése jól bemutatja a XIX. századi viszonyokat.

(A témához ajánlott olvasmány: Lewis Mumford: A város a történelemben, Gondolat Könyvkiadó; Budapest, 1985. A könyv egy részlete a függelék 213. oldalán olvasható.)

A természet fölötti uralom filozófiája

Bacon azt hirdette, hogy a természettudomány célja a természet erőit az ember szolgálatába állítani, tehát valamennyi tudomány céljának azt tekintette, hogy növeljék az ember uralmát a természet fölött.

Bacon és *Descartes* megjelenésével új korszak kezdődött a tudományban, melynek eredményeképpen felgyorsult a tudomány, és ezzel együtt a technika fejlődése. Ugyanakkor ezzel párhuzamosan egyre inkább eltávolodott az ember a természeti környezettől, s ez lényegében napjainkig fokozódott. *Bacon* és *Descartes* által ajánlott analitikus módszer adta ehhez az alapot, mely szerint a tudományos problémákat úgy kell megközelíteni, hogy azt alproblémákra bontjuk, és ennek köszönhetően egy összetett jelenség minden mozzanata megérthető. Mindezekhez az a téves nézet is hozzákapcsolódott, hogy a természetet mechanikus törvények irányítják, és *Descartes*nál a növények és az állatok is lényegében gépek. Ez összhangban van *Bacon* fenti elgondolásával, miszerint a tudományos megismerésen keresztül, az ember a természet fölötti uralmat megszerezheti.

A természettől való izolálódáshoz az is hozzájárult, hogy az emberi érdekeken kívül más érdekeket lényegében nem ismertek föl, illetve az a hit, hogy az emberi ész képes megoldani a felmerülő problémákat teljes egészében.⁷²

Fontos megjegyeznünk azt, hogy *Hume* (1711-1776) és *Kant* (1724-1804) már képesek voltak ezeken a gondolatokon túllépni, és felismerték, hogy a természetet nem érthetjük meg teljes egészében, ha a géppel analóg módon értelmezzük. *Kant*nál nem az az elsődleges, hogy az ember a természet felett uralkodjon, hanem az, hogy felszabaduljon, és szabad, racionális élőlényként élhessen. Tehát a felvilágosodás nála nem elsősorban a természettől való teljes függetlenedés, és az uralom megszerzése, hanem az

⁷² Bár *Voltaire* (1694-1778) nem tekinthető természettudósnak, ő volt az, aki felhívta a figyelmet a civilizálódás okozta problémákra. Ő elsősorban író volt, akinek a nevéhez a társadalmi szerződés fogalma kapcsolódik, amelyre alapozva a francia forradalom megpróbált egy sajátos új rendet megalkotni, létrehozni.

Feltétlenül meg kell említenünk *Rousseau* (1712-1778) nevét is, akinek a „*Vissza a természethez*” kijelentést tulajdonítják. Írásaiban kifejtette: a civilizáció az emberiséget megrontotta, és ezért vissza kell térni egy olyan természetes állapothoz, melyet ő írásaiban idillinek festett le. Ezen kívül botanikai műveket is írt, melyek tulajdonképpen szép tájleírások is, ezzel nagyban hozzásegítette kortársait ahhoz, hogy a természetet az addigiaktól eltérően fontosnak tartsák.

ősi természettől való függőség alóli felszabadulás. *Kant* felismeri a természet fölötti uralom korlátait és veszélyeit, és véleménye szerint a természet törvényeit kell követnünk, és azoknak engedelmeskednünk, hiszen az ember és természet között egyfajta egymásrautaltság létezik. De ahhoz, hogy ez a gondolat kiteljesedjen, még évszázadokat kell várni.⁷³

A XIX. század közepére a tudományos eredményekre, a gőzgépre illetve a szénre alapozva kialakult a modern gyáripár, és lényeges változások következtek be a társadalomban, a jogrendben, a politikai felépítésben és ezekkel együtt a környezet szennyezésében. Mindezek az ezt követő időszak részletesebb tárgyalását indokolják.

⁷³ A felvilágosodás korában, amikor ezen szellemi áramlat képviselői tulajdonképpen a *Diderot* (1713-1784) által szerkesztett enciklopédia köré csoportosultak, a tudomány területén is lényeges változások következtek be – annak ellenére, hogy ez a sok vitát kiváltó mű lényegében a gazdasági élet, a politika, a technika, az ipar, a termelés és a művészet kérdéseivel foglalkozott oly módon, hogy az olvasónak felvillantotta az ellentétet, illetve a dogmatikus állásponttal szembeni nézeteket is.

Annak ellenére, hogy az enciklopédisták nem voltak egységesek, sőt, rendszeres volt közöttük a nézetkülönbség, és komoly vitákat folytattak egy-egy témában, egy dologban egyetértettek: hogy a mechanikai világról a szemléletet a naturalista világról irányába kell formálni

A GLOBÁLIS VÁLTOZÁSOK KEZDETE

A XIX. század közepére, a tudományos eredményekre, a gőzgépre, illetve a szénre alapozva kialakult a modern gyáripár, és lényeges változások következtek be a társadalomban, a jogrendben, a politikai felépítésben és ezekkel együtt a környezetszennyezésében is. A napjainkig terjedő időszakban a tudás, illetve a tudomány egyre inkább a technika és a gazdaság szolgálatába állt. Annak ellenére, hogy ennek az időszaknak a sokszor hangoztatott jelszava a fejlődés lett, a fejlődés mellett egyre inkább a növekedés került előtérbe, és az egyre erőteljesebb növekedés eléréséhez a természet energia- és nyersanyag-készletét a lehető legnagyobb mértékben kellett kihasználni.

A tudomány egyre több, addig megoldhatatlannak látszó problémára derített fényt, ugyanakkor alapvető filozófiai kérdésekre, mint például: a világunk eredete, a tudat (a lélek) és az anyag viszonya, ma sem tudunk kielégítő választ adni. A tudományra és a technikára támaszkodó gazdasági növekedés olyan új, sürgősen megválaszolható kérdést vetett fel, amelyre a helyes válasz megtalálása – úgy tűnik – nem tűr halasztást: Vannak-e a növekedésnek határai?

Mindezek indokolják a hátralévő időszak (mintegy 150-200 év) részletesebb tárgyalását.

Az evolúcióelmélettől az űrkutatásig

Evolúcióelmélet

Az elmúlt 200 év alatt alakultak ki a modern biológia diszciplínái, mint például az élettan, genetika, az ökológia, vagy a biokémia. Természetesen mindezekkel külön-külön nem tudunk foglalkozni.

Nagyon sok új meglátás és fölfedezés született a XIX. században. Mindezek közül az egyik legmeghatározóbb az evolúcióelmélet. *Darwin* (1809-1882) fő műve 1859-ben jelent meg, melynek címe: *A fajok eredete*. Ebben olyan új megállapításokat fogalmazott meg, amelyek nemcsak a biológiára, de általában a természettudományra nagy hatással voltak. Az egyik megállapítása az volt, hogy az élővilág ma élő fajai közös őstől származnak. A másik pedig az evolúció előrehaladására vonatkozott.

Darwin tézisei:

1. Minden élőlény-féleség exponenciálisan gyarapodik. Ennek ellenére a természetes populációkban minden állat és növény többé-kevésbé azonos létszámban marad, mivel nincs elég hely a felnövekvő generáció számára.
2. Ebből az következik, hogy küzdelem van az egyedek között az életben maradásért.
3. A populációkban az egyedek között örökletes különbségek, variációk vannak, ezért az egyes variánsok túlélési valószínűsége nem azonos.
4. A környezeti viszonyoknak jobban megfelelő fog elszaporodni.
5. Mindezek hosszú távon az adaptációhoz, alkalmazkodáshoz és még hosszabb időskálán, évszázadok, évezredek, évmilliók során pedig az evolúció általunk érzékelhető eredményéhez fognak vezetni.

A XIX. században indult fejlődésnek a származástan tudománya, melynek alapjait *Linné* fixizmusa adja. Ennek lényege az, hogy a fajok a bibliai teremtés időpontjától kezdve készen vannak, és azóta változatlanok. Ez a gondolat a XVIII. század végére tehető, azonban a század utolsó évében, 1800-ban már elkezdte terjeszteni transzformista gondolatait a francia *Jean Lamarck*. Ezméinek lényege, hogy a természetben nincsenek állandó fajok, a faj az egy viszonylagos fogalom. Ennek megfelelően a földi életet lassú, folyamatos átalakulás jellemzi. Minden, nemcsak az élő, hanem az élettelen anyagok is folyamatosan változnak. Ennek a gondolatnak megfelelően *Lamarck* megkísérelte a *Linné*-féle mesterséges rendszer helyett az élővilág természetes rendszerét fölláttani.⁷⁴

Az 1800-as években egyre több olyan lelet került elő, amely arra utalt, hogy elődeink, őseink⁷⁵ valóban léteztek. Ezt be kellett bizonyítani, azaz megtalálni

⁷⁴ Sajnos nagytekintélyű kortársa, *Georges Cuvier* (1769-1832) mereven elutasította *Lamarck* gondolatait, és ezzel a fejlődés gondolatát is. Ő az úgynevezett katasztrófa-elmélet híve volt. 1817-ben leírt teóriájában azt állította, hogy a Föld egyes területein bekövetkező természeti katasztrófák (özönvíz, szárazság, tűz, víz) elpusztították az ott élő fajok egy részét, és azok, amelyek képesek voltak elmenekülni, más vidékre vándoroltak, és ott új fajként jelentek meg. Szerinte ebből az következik, hogy a megtalált őslénymaradványok nem elődei a ma élő fajoknak, hanem olyan katasztrófa által sújtott fajokról van szó, amelyek már a bibliai teremtés idején is velünk együtt léteztek.

⁷⁵ A tekintély túlzott tisztelete az ősemberkutatásra is rányomta a bélyegét. *Cuvier* azon véleményét, hogy az őstörténeti leletek között nincsenek hiteles ősemberi maradványok, túlságosan sokáig is tiszteletben tartották. Hiába sikerült az ősemberi csontmaradványok

a származás kulcsát. Lényegében ezt tette Darwin *A fajok eredete* című 1859-ben megjelent könyvében. A darwinizmus lényege tulajdonképpen a könyv hosszú címében már megtalálható „*A fajok eredete természetes kiválasztás útján, vagy a létért való küzdelemben előnyhöz jutó fajták fennmaradása*”. Ez azt mondja, hogy az egyes fajok természetes kiválasztódás útján jönnek létre azáltal, hogy a létért folytatott küzdelemben az alkalmazkodni jobban tudó faj fennmarad, míg az alkalmatlan elpusztul. Ez lényegében három addigi elméletet kérdőjelez meg. Egyik *Linné* fixizmusa, a másik a bibliai teremtéstörténet, a harmadik pedig a katasztrófaelmélet.⁷⁶

Darwin a változatosságot tekintette kiindulópontnak. Véleménye szerint minden élőlény egy változat, hiszen ha kis mértékben is, de különbözik valamennyi élőlénytől. Mi az oka a változékonyságnak? Egyrészt az élő szervezet természete, másrészt a környezeti, vagy életfeltételek. *Darwin* a szervezet természetét tartja fontosabbnak, míg *Lamarck* a környezeti feltételeket.

Darwin szerint az állatok azért sorolhatók rokonsági rendszerbe, mert egymástól származnak. A hasonlóságuk pedig abból ered, hogy az egy adott csoporthoz tartozó fajoknak közös az eredete, azaz közös őstől származnak. Lényegében a származás feltárása alapján föl lehet állítani az állatok (illetve a növények) úgynevezett természetes rendszerét. A rendszerbesorolás az idő során kialakult különbségeket jelöli: változat, faj, nem, család, rend és osztály formákban.

A darwinizmus nagyon heves vitákat váltott ki, amely tulajdonképpen napjainkig tart. A sokféle ágazó vita talán legjellemzőbb pontja az, hogy tudományosan elfogadható-e az, hogy csak passzív kiválasztódás létezik, vagy pedig létezik valamilyen vitalista fejlesztőerő, amely előidézi a fejlődést? A tudósok egy része elfogadta a fejlődés tényét. Azonban annak ellenére, hogy Darwin nem tételezte föl, továbbra is úgynevezett fejlesztő erővel számolt.

A darwinizmusból az is következik, hogy az emberre is érvényesek a származástan törvényszerűségei. E körül a gondolat körül is komoly viták alakultak ki, melynek következtében az 1860-as évektől könyvek egész

mellett szerszámokat, vagy akár barlangrajzokat is találni, a XVIII. században a leletek hitelességének kétségbevonása a tudomány képviselői részéről szinte kötelező volt.

A leletek azonban egyre szaporodtak, és a neandervölgyi ember ősmaradványaira is rátaláltak, de mégis a XIX. századnak véget kellett érni ahhoz, hogy a tudományos világ elismerje az emberi ősmaradványok létezését.

⁷⁶ A darwinizmusnak természetesen megvoltak az előzményei, hiszen *Spencer* (1820-1903) 1855-ben kimondta a természetes kiválasztódás törvényét, és *Wallace* (1823-1913) lényegében ugyanarra a következtetésre jutott 1858-ban, mint *Darwin*. Tulajdonképpen Darwin az evolúció biológiai vetületét fogalmazta meg művében.

sorozata foglalkozott az emberré válással. Maga *Darwin* is megjelentetett 1871-ben egy könyvet *Az ember származása és a nemi kiválasztás* címmel. Ez a mű egy összefoglaló jellegű munka volt, amely az addigi eredményeket taglalta kiegészítve a nemi kiválasztás gondolatával. Az ivari kiválasztás hipotézise nem talált kedvező fogadtatásra. Az emberré válás kutatása Darwin könyvét követően az őskori maradványok feltárására, illetve embriológiai irányban folytatódtak.

Darwin eredményei túlmutattak a biológián és ahhoz is hozzájárultak, hogy az addig jellemzően statikus világkép dinamikus világképpé alakult át. A másik jelentős hatás pedig az, hogy az ember helye a természetben alapvetően megváltozott. *Az ember származása* című munkája az ember trónfosztását is jelentette, hiszen többé már nem lehetett az a felsőbbrendű lény, melynek az a feladata, hogy a természet fölé helyezkedve azt uralja.

A viszonylag egységes biológiai szemlélet létrejötte is tulajdonképpen az evolúcióelmélet (a Darwinizmus) létrejöttének köszönhető.

Azonban a biológia az elmúlt időszakban az egységes természetlátást mintegy fölalta (hasonlóan más tudományokhoz), és ágakra szakadt. A szintézis helyett az analízis került az előtérbe, a természet minél aprólékosabb megismerése lett a cél, amely sokszor megakadályoz bennünket abban, hogy a részek közötti összefüggést meglássuk, s a természetet egységes egészként értelmezzük.

Örökléstan

Darwinra általában, mint a származástan meghatározó egyéniségére emlékezünk, de egyéb témákkal is foglalkozott, mint például botanika, vagy az állatok és növények nemesítése. Ezzel kapcsolatban bizonyos örökléstan nézeteket is kifejtett. *Darwin* pangenézis elmélete sem a maga idejében, sem később nem vált elfogadottá. Azonban olyan lényeges kérdéseket vetett föl, amellyel korábban nem foglalkoztak, hiszen alapvetően csak az öröklés menete, és az öröklés menetének törvényszerűségei foglalkoztatták a tudósokat. Ő viszont arra is kíváncsi lett volna, hogyan kerül az örökítő anyag az ivarsejtbe.

A tudományos alapú örökléstan a citológusok munkájának köszönhető. Ők voltak azok, akik a kromoszómákat jelölték meg, mint fontos örökítő anyagot. *August Weismann* (1834-1914) zoológus dolgozta ki az úgynevezett „*csíraplazma-elméletet*”, amelynek lényege az volt, hogy minden sejt a kromoszómáiban úgynevezett idioplazmát (gént) tartalmaz.

Magát a génelméletet *Hugo de Fries* alkotta meg, és ő tisztázta azt is, hogy az egyes tulajdonságoknak saját hordozójuk van a kromoszómán belül. Ezek véleménye szerint az úgynevezett pangének. Az egyes fajokra pedig egy

adott speciális génkombináció jellemző. A fejlődést pedig mutációs elméletével magyarázta, melynek lényege, hogy a pangénekből időnként változások lépnek föl, melynek következtében egy új változat jöhet létre. Ha ez életképes, akkor belőle új faj is származhat. Egy 1900-ban írt tanulmányában leírta az öröklés menetének hasadási törvényét, illetve a domináns és recesszív örökletességet. Ebben a műben felhívta a figyelmet Mendel évtizedekkel korábbi kísérleteinek hasonló eredményeire. *Gregor Mendel* (1822-1884) grüni apát volt, aki az örökléstan kérdéseit botanikai oldalról közelítette meg. Mendel tiszta tenyészetet használt keresztezéseikhez. Piros és fehér virágú borsót keresztezett, és azt tapasztalta, hogy kizárólag rózsaszínű hibridek jönnek létre. Ha ezeket keresztezte egymás között, azt tapasztalta, hogy a „nagy szülői” piros és fehér tulajdonság újból megjelenik 25-25 % arányban. A maradék 50 % továbbra is rózsaszín. Lényegében ebből állapította meg első törvényét, azaz azt, hogy a homozigóta szülők utódai egyformák lesznek. Ez az uniformitás törvénye. Ettől bonyolultabb törvényszerűségeket is fölfedezett, azonban az 1860-as években a tudományos világ a darwinizmussal volt elfoglalva, és lényegében nem vett tudomást Mendel eredményeiről.⁷⁷

A biológia alapvető kérdései közül hármát már a XIX. században fölvetettek, melyek a származásra, az emberré válásra és az öröklésre vonatkoznak. *Darwin*, *Mendel* és *de Fries* munkásságának köszönhetően a tudományos világnézet alapvetően megváltozott, amely megváltoztatta a biológia és általában a tudomány fejlődését is.

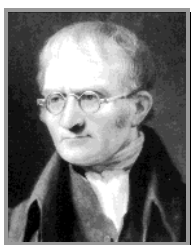
Az atomelmélet fejlődéstörténete

Az atomelmélet kezdeti csírái már az ókori görög gondolkodók – *Leukipposz*, *Démokritosz*, *Epikurosz*, *Lucretius* – műveiben megtalálhatók. Kétezer éven át azonban – kísérleti tapasztalatok híján – az atomelmélet az anyag szerkezetének pusztán egy elképzelhető leírásmódja maradt. Komolyabb vizsgálat tárgyává csak a XVIII. század utolsó évtizedeiben vált. A XVIII. és a XIX. század fordulóján a molekuláris kinetikus elmélet és a kémia járult hozzá az atomelmélet kialakulásához. *Antoine Lavoisier* (1743–1794) francia

⁷⁷ A tudomány szempontjából sem mindegy, hogy egy fölfedezés a megfelelő időben és helyen születik-e meg, vagy nem. A tudomány fejlődésének is megvannak a maga jellegzetességei, amelyhez az is hozzátartozik, hogy azok, akik túl korán jutottak egy adott ismeret birtokába, akik túl korán fedeztek föl valamit, azokat nem mindig érti meg saját kora. Ezeket a korai felismerőket követik azok a megértők, akik felfogták a fölfedezés lényegét, és képesek a többség számára megérthető formába önteni, ezzel nyilvánvalóvá tenni, és meggyőzni azokat is, akik esetleg korábban mereven elutasították az adott fölfedezést.

tudós 1790 táján tisztázta a kémiai elemek fogalmát és ezek súlyarányát a vegyületekben.⁷⁸

1792-ben *Jeramias Benjamin Richter* (1762–1807) kidolgozta a kémiának azt a területét, amely a vegyi folyamatok során tapasztalható súly- és térfogatváltozás állandó súlyviszonytörvényére épült és sztöchiometriának nevezte el. A sokoldalú francia vegyész, *Claude Louis Berthollet* (1748–1822) pedig tüzetesen foglalkozott a kémiai affinitás lényegével, azonban tévesen azt hirdette, hogy a kémiai vegyületek összetétele változó. Ez nagy vitát váltott ki közte és *Proust* között. Végül is 1801-ben *Joseph Proust* (1754–1826) francia fizikai kémikus felállította az *állandó súlyviszonyok törvényét*, illetve kimutatta, hogy a vegyületeknek meghatározott összetételük van.



1803-ban John Dalton (1766–1844) angol vegyész tisztázta a többszörös súlyviszonyok törvényét (*Dalton-törvény*). *Dalton* mondta ki elsőnek, hogy minden elem atomjai azonosak, méretükben és tömegükben megegyeznek, a különböző elemeké viszont, mind mértékükben, mind tömegükben különböznek. A különböző anyagok molekulái atomokból állnak, amelyek tovább nem oszthatók és változatlanok. Ő közölte az első atomsúlytáblázatot.

Dalton munkájának jelentősége elsősorban abban rejlik, hogy feltételezte: az atomoknak jól meghatározott tulajdonságaik vannak. Legnagyobb tévedése viszont abban rejlik, hogy a vegyületek felépítését úgy képzelte el, hogy azok részecskéi két különböző atomból állnak (víz részecskéje például egy hidrogénatomból és egy oxigénatomból tevődik össze).

Kortársa, *Amadeo Avogadro* (1776–1856) olasz fizikus kételkedett az atomok oszthatatlanságában. Sajnos a róla elnevezett térfogati törvényt a kémikusok sokáig nem ismerték. Szerencsére honfitársa, *Stanislao Cannizzaro* (1826–1910) ötven év múlva, az 1860-ban Karlsruhe városában megtartott konferencián sikerre vitte az *Avogadro-törvény* tanítását.

A kor tekintélyes svéd kémikusa, *Jöns Jakob Berzelius* (1779–1848) 1814-ben már pontos molekulaszám-méréseket végzett, ő állította össze azt az atomsúlytáblázatot, amelyben a viszonyítás alapjául az oxigén atomsúlya szerepel. 1852-ben *Eduárd Frankland* (1825–1899) bevezette a vegyérték fogalmát. 1860-ban *Stanislao Cannizzaro* (1826–1910) tisztázta az atomsúly

⁷⁸ Ebben az időben nem volt még egyértelműen tisztázott a súly és a tömeg viszonya.

és a molekulaszúly közötti különbséget. *Berzelius* a kémiai jelölésekre új rendszert vezetett be, amely a napjainkban is használt vegyjelekre épült.

A XIX. században többen kísérleteztek azzal, hogy az elemeket az atomsúlyuk alapján egyszerű rendszerbe foglalják. Ebben az időben vált ismertté az Oroszországban dolgozó *Dmitrij Mengyelejev* (1834–1907) (**23. kép**) kémikus munkássága. *Mengyelejev* 1869-ben dolgozta ki a nevét világhírűvé tevő periódusos rendszert.



23. kép *Mengyelejev szobra szülővárosában, a szibériai Tobolszkban.*

Fotó: Kiss Ferenc

Mengyelejev atomsúlyuk alapján sorolta rendszerbe az akkor ismert 63 elemet, és számos, akkor még ismeretlen elem helyét és tulajdonságait is megjelölte, és ezzel utat nyitott az atomszerkezet kutatása, a XX. század legfőbb kutatási területe felé.

Németországban *Julius Lothar Meyer* (1830–1895) német kémikus 1870-ben ugyancsak összeállította a periódusos rendszerét. Ő inkább a fizikai, *Dmitrij Mengyelejev* pedig a kémiai sajátosságokat vette figyelembe.

Kezdetben mind a *Mengyelejev*, mind a *Meyer* által kidolgozott periódusos rendszert közömbösség kísérte. Amikor viszont felfedezték azokat az elemeket, amelyeket táblázata alapján *Mengyelejev* megjósolt (nevezetesen a galliumot, a szkandiumot és a germániumot), akkor elmúltak a kételyek, és elfogadták azt a nézetet, miszerint az elemek tulajdonságai atomsúlyukkal periodikusan változnak. *Mengyelejev*nek a többször bővített és javított periódusos rendszerét a modern atomszerkezeti kutatások igazolták. *Mengyelejev* periódusos rendszere van – megfelelő kiegészítéssel – ma is használatban.⁷⁹

A katódsugárzás, radioaktivitás

Faraday elektrolízis-törvényei és *Davy* elektrokémiai úttörő munkái alapján a tudósok felismerték, hogy az elektromos jelenségeknek meghatározó szerepük van az anyag felépítésében. Ekkor már többen megkérdőjelezték az atomok oszthatatlanságát. Ennek a felismerésnek hatására a tudósok elkezdték tanulmányozni az anyag szerkezetét.

A XIX. század második felében a fizikusok és kémikusok figyelme a ritkított gázokban végbement elektromos kisülések felé fordult, több laboratóriumban a katódsugarak tanulmányozásával kezdtek foglalkozni, és feltárták a katódsugarak tulajdonságait. Feltételezték, hogy ezek részecskéi elemi töltéssel rendelkeznek, és ezeknek a töltéseknek *Stoney* (1826-1911) 1890-ben az elektron nevet adta. A katódsugarakkal végzett további kísérletek valószínűsítették, hogy az elektron főszerepet játszik az atom felépítésében. Igazolták az elektromosság atomos szerkezetének a gondolatát, amelyet még 1834-ben *Faraday* elektrolízis-törvényei alapoztak meg. A katódsugarak közel fél évszázados rejtélyét 1897-ben *J. J. Thomson* oldotta meg⁸⁰.

A katódsugarak tanulmányozása igen ösztönzően hatott több tudós munkásságára, a tudomány fejlődésére, hiszen vizsgáltuk során több felfedezés is született. A fizika történettudománya a századvég, 1895-től 1898-ig terjedő négy évét a fizika négy aranyévének tartja.

⁷⁹ Később az izotópok felfedezése, *F. Soddy*, *N. Bohr*, *F.W. Aston*, *H.C. Urey* munkássága tették lehetővé a periódusos törvény alaposabb megértését.

A XX. század harmincas és negyvenes éveiben mesterségesen előállított kémiai elemek, például a technécium (*E. Segré*, *K. Perrier*), a francium (*M. Perey*), az asztácium (*D.R. Carson*, *K. R. MacKenzie*, *E. Segré*) stb. jelentősen gazdagították a kémiai elemek sorát. A periódusos rendszert *G.T. Seaborg* (1912-) munkássága jelentősen gazdagította. Közé van a plutónium, amerícium, kúrium, berkélium, kalifornium felfedezéséhez.⁷⁹

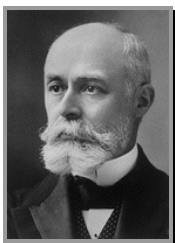
⁸⁰ A katódsugarak vizsgálatában jelentős eredményeket ért el az ugyancsak Nobel-díjas magyar származású *Lénárd Fülöp*.



1895-ben *Wilhelm Conrad Röntgen* (1845–1923) német fizikus felfedezte a – később róla elnevezett, az orvosi diagnosztikában szinte azonnal alkalmazott – röntgensugárzást. A röntgensugárzás felfedezésének a jelentőségét mi sem mutatja jobban, mint az, hogy felfedezője fizikai Nobel-díjat kapott.⁸¹

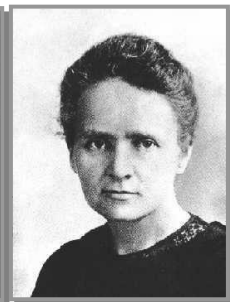


Joseph John Thomson (1856–1940) Nobel-díjas angol fizikus 1897-ben korrelációkat talált az elektronok között. Innen kapta ez a modell a „mazsolás puding” elnevezést.



1896-ban *Antoine Becquerel* (1852–1908) Nobel-díjas francia fizikus az uránsóból származó láthatatlan sugárzást, a spontán radioaktív sugárzást fedezte fel, s ez indította útjára az atomfizikai kutatásokat, melynek során bizonyítottá vált az atomok összetett volta. A természetes radioaktivitás felfedezésével *Becquerel* új korszakot nyitott a tudomány fejlődésében. Kísérletei során kimutatta, hogy az urán előzetes besugárzás nélkül képes kibocsátani olyan sugarakat, amelyek ionizálják a levegőt, hatnak a fényérzékeny lemezre és hatásukra egyes anyagok fénykibocsátást idéznek elő. *Becquerel* azt is megállapította, hogy az urán spontán kisugárzása csak az uránmag szerkezetével függ össze, hogy teljesen független a külső körülményektől (megvilágítástól, hőmérséklettől, nyomástól, az elektromos tér erősségétől, a mágneses tér indukciójától).

Becquerel munkáját *Pierre Curie* (1859–1906) Nobel-díjas francia fizikus és felesége, *Marie Curie-Sklodowska* (1867–1934) Nobel-díjas lengyel származású francia kémikus és fizikus folytatta tovább, és 1898-ban felfedezték a polóniumot és a rádiumot.



A jelenséget radioaktivitásnak, a sugárzást kibocsátó elemet pedig radioaktív elemnek nevezték el. A radioaktivitás felfedezése a tudományos

aktivitását, a tudomány fejlődését a Nobel-díj alapította. Ugyanis a földkerekség nagy részében a 19. század végén a legjelesebb kutatók között elkezdődött egyfajta nemes versengés az elsőbbségért, a nagy elismerést jelentő Nobel-díj megszerzéséért. (A Nobel-díj alapítója, *Nobel Alfréd* (1833–1896), a dinamit és más robbanóanyagok feltalálója.)

világ számára meglepő és hihetetlen volt. Többen hozzáfekttek, köztük *Rutherford* is, az újonnan felfedezett sugárzás tanulmányozásához. A későbbiekben kiderült, hogy körülbelül 40 elem rendelkezik radioaktív tulajdonsággal. *Marie Skłodowska* 1903-ban fizikai és 1911-ben kémiai Nobel-díjat is kapott. A radioaktivitásra vonatkozó tapasztalatok alapján új kép alakult ki az atomokról.

A *Curie* házaspár, *Rutherford* és *Soddy* arra a következtetésre jutottak, hogy a *Becquerel* által felfedezett sugárzás során elemátalakulás játszódik le. A *Curie* házaspár különös figyelmet szentelve a sugárzás természetének, 1900-ban kiderítette, hogy a radioaktív elemek háromfajta sugárzást bocsátanak ki. Később *Rutherford* által a mágneses térben végzett kísérletek ezt igazolták. Ezeket a sugarakat alfa (α -), béta (β -), gamma (γ -) sugaraknak nevezték el.

A katódsugarak és a radioaktivitás felfedezése megváltoztatta az anyagszerkezetről alkotott képünket, meggyőzően bizonyították az atom összetett voltát. A radioaktív anyagok hamarosan jelezték veszélyüket is. *Becquerel*, majd *Pierre Curie* tapasztalta, hogy a rádium sugárzása sebet okoz.

A XIX. század nemcsak a nagy elméleti felfedezések, hanem jelentős gyakorlati találmányok százada is. Amikor a természettudomány legnagyobbjai a természetben uralkodó összefüggéseket kutatták, amikor a hő, a fény, az elektromosság mibenlétéről vitáztak, megszületett a XIX. század technikája: az elektromos generátor, a dinamó és a belsőégésű motor, a távíró.⁸²

Relativitáselmélet

⁸² Az elektromosság tanulmányozásának magyar vonatkozása is van. Felfedezéseivel *Jedlik Ányos*, *Puskás Tivadar*, *Kandó Kálmán*, *Déri Miksa*, *Bláthy Ottó Titusz* és *Zipernowsky Károly* segítette a fejlődést.

Jedlik Ányos István (1800–1895) magyar fizikus. Feltalálta az elektromotort és a dinamót. Híresek az optikai rácsai. Az 1840–1850-es években jelentős eredményeket ért el az elemek és az akkumulátorok tökéletesítése terén.

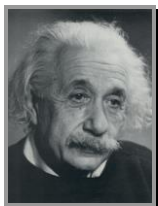
Puskás Tivadar (1844–1893) a telefonhírmondó feltalálója. Néhány évig *Edison* munkatársa volt. 1878-ban, Bostonban, 1879-ben, Párizsban létrehozta az első telefonközpontot, 1893-ban pedig Budapesten üzembe helyezte a Telefonhírmondót.

Kandó Kálmán (1869–1931) magyar gépészmérnök, a vasút-villamosítás úttörője.

A transzformátor megalkotása *Déri Miksa* (1854–1938), *Bláthy Ottó Titusz* (1860–1939) és *Zipernowsky Károly* (1853–1942) magyar mérnökök nevéhez fűződik. A méltatást folytathatnánk *Bánki Donát* (1859–1922) és *Csonka János* (1852–1939) gépészmérnökök alkotásaival. Ők találták fel 1879-ben az első magyarországi gázmotort, 1884-ben gáz- és petróleummotort, 1890-ben a benzinmotort, 1893-ban a karburátort.

Először *Ernst Mach* (1838–1916) osztrák fizikus, filozófus mutatott rá, hogy a newtoni mechanika abszolút tér és abszolút idő fogalma tarthatatlan. A XIX. század végén több tudós is az abszolút tér és az abszolút idő fogalmának tisztázásához kezdett. Többek közt *Michelson* és *Morley*.

Albert Michelson (1852–1931) Nobel-díjas német származású amerikai fizikus és *Edward Morley* (1838–1923) amerikai kémikus, *Hendrik Lorentz* (1853–1928) közreműködésével kimutatta, hogy a fény, akár a Föld mozgásával megegyező, akár ellenkező irányban halad, azonos sebességgel terjed. Így igazolódtott *Mach* feltevése, hogy az abszolút tér és az abszolút idő nem reális fizikai fogalmak.



Ezek feltételezésével, 1905-ben megszületett a térről és időről vallott új nézet, a speciális relativitáselmélet, a XX. század fizikájának döntő szemlélet-átalakító elmélete.⁸³

Albert Einstein (1879–1955) Nobel-díjas német fizikus, a modern elméleti fizika egyik megalapítója, a XX. század fizikai gondolkodásának legnagyobb hatású forradalmasítója. 1905-ben megalkotta a térről és időről vallott új tant, a speciális relativitáselméletet, majd 1916-ban kidolgozta az általános relativitáselméletet, amely a gravitáció új geometriai elmélete is. Bevezette a fénykvantum, a foton fogalmát. 1905-ben megadta a fényelektromos jelenség elméleti magyarázatát. Einstein az emberi haladás, a béke, az atomenergia békés felhasználása érdekében is rendkívül aktív tevékenységet folytatott.

A speciális relativitáselmélet kidolgozásának dicsőségében *Einsteinnek* osztoznia kell a neves elődökkel, így elsősorban *Lorentz*-cel és *Poincaréval*, továbbá *Hermann Minkowski* (1864–1909) lengyel származású német matematikussal.

Henri Poincaré (1854–1912) francia matematikus és fizikus 1904-ben St. Louisban (Egyesült Államok) tartott előadásán hangzott el először a „relativitás elve” megnevezés. A sok zseniális megsejtése mellett azonban az abszolút idő és az abszolút mozgás fogalmától még nem tudott megszabadulni. 1905-ben *H. Lorentz* munkájához csatlakoztatva *Einsteintől* függetlenül kifejlesztette a speciális relativitáselmülethez szükséges matematikai módszereket.

⁸³ Megalkotójának *Albert Einstein* (1879–1955) tartják, azonban egyes tudománytörténészek úgy vélik, köztük *Edmund Whittaker* (1873–1956), angol fizikus, csillagász és tudománytörténész, hogy nem csak *Einstein* a speciális relativitáselmélet megalkotója.



Hendrik Lorentz (1853–1928) Nobel-díjas holland fizikus már 1892-ben különböző hipotézisekkel megpróbálta értelmezni a *Michelson–Morley*-kísérlet eredményét. Elméletét folyton finomítva 1899-ben eljutott a térkoordináták helyes transzformációjához (*Lorentz*-transzformáció). Az időtranszformációt ugyan helytelenül adta meg, de rájött, hogy az időt is transzformálni kell.

A relativitáselmélet kidolgozásának tehát három főszereplője van: *Lorentz*, *Poincaré* és *Einstein*. *Albert Einstein* volt azonban az, aki határozottan és tudatosan szakított az abszolút tér és abszolút idő fogalmával, elvetve ilyen módon az „éter” szükségességét és egyúttal létét is. *Albert Einstein* elmélete zártabb és teljesebb, más alapokra épül, bizonyítottabb, mint riválisaié.

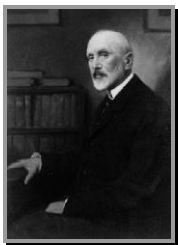
Einstein érdeme, hogy nemcsak elfogadta a *Michelson–Morley*-kísérlet eredményét, amely szerint a fénysebesség⁸⁴ független a fényforrás mozgási állapotától, irányától, hanem azt elméletének megalkotásakor alkalmazta is.

Lorentz maga, hosszú ideig idegenkedett az einsteni értelmezéstől, de már az 1910-es évek elején intenzíven részt vállalt a relativitáselmélet továbbfejlesztésében. *Poincaré* – teljesen érthetetlen módon – a téma aktív művelését abbahagyta és nem vett tudomást a fejlődéséről.

Max von Laue (1879-1960) a speciális relativitáselméletnek kezdettől fogva híve és művelője volt. Ő bizonyította be, hogy az áramló vízben mért fénysebességérték természetes módon adódik a relativitáselméletből. 1910-ben ő írta az első monográfiát a relativitáselmétről, amely az 1921-ben megjelent második kötetel együtt a relativitáselmélet alapvető könyve.

Einstein általános relativitáselméletének⁸⁵ fontos kiindulópontja a tehetetlen tömeg és a súlyos tömeg azonossága. Ezt a tényt legpontosabban báró *Eötvös Loránd* igazolta.

⁸⁴ A fénysebesség állandósága *Einstein* elméletének matematikai következménye, amely ellentmond nemcsak a klasszikus fizikai szemléletnek, hanem a klasszikus fizika törvényeinek is. Azonban arra is gondolhatunk, hogy, ha megváltoztatjuk a matematikai apparátust, akkor eljuthatunk egy olyan eredményhez, ami esetleg úgy tartalmazza az *Einstein*-féle elméletet, ahogyan *Einstein* elmélete a klasszikus fizikát, és persze ezzel *Einstein* eredményeinek jelentősége nem változna, hiszen ahogy *Newton* mechanikai rendszere ugyanaz maradt *Einstein* után az adott határokon belül, mint ahogyan azt kigondolták, *Einstein* elmélete is az adott határokon belül érvényes lehetne abban az esetben, ha találnánk egy átfogóbb elméletet, amely a fénysebesség feletti tartományban – ha van ilyen – az *Einstein* elméletének korlátaira mutatna rá.



Eötvös Loránd (1848–1919), magyar fizikus mind a kísérleti, mind pedig az elméleti fizika terén örök értékű felismerésekkel gazdagította a természetre vonatkozó ismereteinket.

Eötvös Loránd igen korán érdeklődni kezdett a természettudományok iránt. Már mint középiskolás is eljárógatott a pesti egyetem fizikatanárához, *Jedlik Ányos* (1800–1895) professzorhoz, hogy segédkezzon kísérleteinél. Szülei kívánságára mégis a jogra iratkozott be 1865-ben, de amikor egy olaszországi útján *Galilei* kéziratait is megtekintette, végleg búcsút mondott a jognak, és Heidelbergbe ment fizikát és kémiát tanulni.⁸⁵ Ott is avatták doktorrá 1870-ben.

Eötvös Loránd pályája kezdetén a felszíni feszültséget, a kapilláris jelenségek, valamint a gázok kritikus állapotának törvényszerűségeit tanulmányozta. Tapasztalati összefüggést talált a folyadék felületi feszültsége és hőmérséklet változásai között (felismerését ma *Eötvös*-szabálynak hívjuk). Nevéhez fűződik továbbá a folyadékfelszín görbületének mérését szolgáló új módszer kidolgozása, amely *Eötvös*-féle reflexiós módszer néven vált ismertté. Nevét viseli az *Eötvös*-effektus néven ismert megállapítása.

Híres gravitációs vizsgálatait tették világhírűvé. A róla elnevezett *Eötvös*-ingával mutatta ki, kísérletileg bizonyította a tehetetlen és a súlyos tömeg

⁸⁵ Az általános relativitáselméletet ugyancsak *Albert Einstein* dolgozta ki 1916-ban. Kialakulását elsősorban az befolyásolta, hogy a XX. század elején újra felmerült az euklideszi geometria ötödik axiómájának szükségszerűségével szembeni kételkedés. Már *Bolyai Farkas* (1775–1856) neves magyar matematikus felvetette ezt a kérdést. Másodszor, a speciális relativitáselmélet sikerei ellenére sem tudott néhány alapvető kérdésre válaszolni. Nem tudta megmagyarázni például, hogy a nehézségi erő, a testek tehetetlenségétől függetlenül, mindig ugyanakkora gyorsulást okoz, hogy egy test súlyos tömege egyenlő tehetetlen tömegével.

⁸⁶ *Eötvös Loránd* a Galilei-kéziratok megtekintésekor közölte édesapjával régi óhaját.

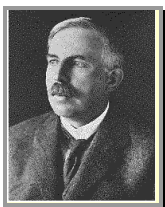
- Apám, szeretnék fizikus lenni, olyan, amilyen *Galilei* volt.
- Meggondoltad, fiam, amit mondasz?
- Miért kellene ezt meggondolni? Miért legyek én jogász, ha ehhez a pályához sem hajlamom, sem kedvem? Szeretnék laboratóriumban dolgozni, tanulni, számításokat végezni, rajzolni. Biztosan jobb eredményeket érnek el a fizikában, mint az ügyvédi pályán.
- Éveken át idegenben tanulnál. Évekig távol lennél hazádtól.
- Hiba talán, ha az ember világot lát?
- Semmi esetre sem hiba, de ismerlek, és tudom, mennyire ragaszkodsz édesanyádhoz. Attól tartok, hogy nagyon gyötörne a honvágy is.
- Igen, azt hiszem, hogy anyám szintén boldog lenne, ha tudná, hogy olyan ismeretekre teszek szert, amelyek meglepéssel töltenek el.
- Egyetértek, fiam, fogjunk kezét. Örülök, hogy magad döntöttél sorsodról. Így helyes.

azonosságát (1890). Köztudomású, hogy *Einstein* általános relativitáselmélete az említett kísérleti eredményeken alapul. Az általános relativitáselmélet ekvivalencia princípiuma az *Eötvös-kísérlet* nélkül értelmetlen lett volna.

A XIX. században két alapvető jelentőségű, a tudomány jövőjét meghatározó felfedezés történt. Az egyik a Darwin-féle elmélet, mely a fajok eredetére vonatkozik, a másik pedig az energia-megmaradás törvénye, amely a természet egységének természettudományos megfogalmazása.

Az atom szerkezetének feltárása

Az atomszerkezet megismerésében döntő szerepet játszott *Rutherford Bohr, Chadwick, Soddy, Millikan* és mások. Közülük is meghatározó volt a szerepe *Ernest Rutherfordnak*.



Ernest Rutherford (1871–1937) Nobel-díjas angol fizikus. Huszonhárom évesen doktorált, ezután *J. J. Thomson* mellett dolgozott. 1898-ban, 27 éves korában professzor, 1919-ben pedig a *Cavendish Laboratórium* igazgatója lett.

Tudományos munkássága kezdetén rádióhullámok detektálásával röntgensugarak ionizálásával, gázkisülésekkel foglalkozott, és ezek után az ionizált gázok tulajdonságait tárta fel, de a radioaktivitás felfedezése után az urán sugárzásának tanulmányozása lett a fő kutatási területe. Tudományos tevékenysége meghatározó jelentőségű az atomszerkezet megismerésében.

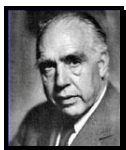
A radioaktivitás jelenségét 1896-ban kezdte el vizsgálni és 1897-ben megállapította, hogy az uránsó sugárzása összetett természetű. 1908-ban *Rutherford* kimutatta, hogy az *alfa*-részecskék tulajdonképpen héliumatommagok.

Ernest Rutherford és *Frederick Soddy* (1877–1956) angol kémikusok 1902-ben arra a következtetésre jutottak, hogy a radioaktív sugárzás atomátalakulási folyamatok következtében keletkezik. *Soddy* és *William Ramsay* (1852–1916) 1903-ban megfigyelte a rádium radonra és héliumra való radioaktív bomlását, *Rutherford* és *Soddy* pedig a radon és a tórium radioaktivitását. Vagyis ebben az időben egymás után fedezték fel az új radioaktív elemeket.

1911-ben *Rutherford* munkatársaival kísérleteket végzett az atom szerkezetének vizsgálatára. Ők radioaktív bomlásból származó *alfa*-részecskék fémfólián való áthaladásának vizsgálata során azt tapasztalták, hogy a pozitív töltésű *alfa*-részecskék jelentős része irányváltoztatás nélkül áthaladt az útjába tett (arany, ezüst, réz) anyagrétegen (fémhártyán). A sugárzás egy része (néhány részecske) viszont irányt változtatott, illetve

visszaverődött. Ez volt a híres szórás kísérlet. Ennek alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az atom nem tömör felépítésű, hanem „szellős” szerkezetű, tömegének nagy része igen kis helyre koncentrálódik. Ezek a kísérletek vezették el *Rutherfordot* az ún. planetáris atommodell megalkotásához. *Rutherford*, *Chadwick* és *Soddy* a következő években egyre több elem atommagját alakították át, és ezen kísérletek eredményei alapján megfogalmazták az *alfa*- és a *béta*-sugárzás következtében végbemenő atommag-átalakulási törvényeket.

1919-ben *Rutherford* létrehozta az első mesterséges magátalakítást. Nitrogénből oxigént állított elő és hidrogénatommagok megjelenését észlelte. Felfedezte a protont. Az első kísérletek során a protonokat szcintilációs módszerrel regisztrálták. Néhány év múlva a *Wilson*-kamrában is sikerült megfigyelni a nitrogén átalakulását. A proton kísérleti bizonyítását 1925-ben *Patrick Blackett* (1897–1974) adta meg. Magfizika szempontjából ez volt a húszas évek legnagyobb eseménye.⁸⁷



1913-ban a *Bohr-féle atommodell* vált ismertté. *Niels Bohr*⁸⁸ (1885–1962), Nobel-díjas dán fizikus 1913-ban megalkotta a *Rutherford-féle atommodell* kvantumfeltételekkel módosított változatát.

⁸⁷ *Rutherford* híres iskolát alapított. Olyan világhírű fizikusok voltak a tanítványai, mint *Bohr*, *Chadwick*, *Millikan*, *Kapica* és mások, de dolgozott intézetében *Hevesy György* magyar fizikus is, hogy csak Nobel-díjat kapott tudósokat említsünk. Mindig hangoztatta a tudomány nemzetköziségét.

⁸⁸ A világ megismerésének egyik lehetséges útja a tudományos, melyben *Niels Bohr* maradandót alkotott. A tudományos megismerésnek harmóniában kell lenni a nem tudományos úttal, s a harmóniára törekvés a világunk egyik sajátsága. Ezt jól mutatja az, hogy amikor a tudományos munkájáért Bohrt lovaggá ütötték, címerének jelképévé a Tai ki (jin jang pár) ősi kínai szimbólumot választotta (**9. ábra**).



9. *ábra.* Niels Bohr címere közepén a Tai ki szimbólummal és a „*Contraria sunt complementa*” (Az ellentétek kiegészítik egymást) címerbeírással
Forrás: <http://malprg.blogs.com>



Max Planck (1858–1947) német fizikus, a kvantumfizika kidolgozója 1900-ban arra a következtetésre jutott, hogy az atomok energiafelvétele és -leadása nem folytonosan történik, és bevezette az energiakvantum fogalmát. *Bohr* elmélete jelentette a második nagy lépést a kvantumelmélet kialakítása felé. Nem dolgozta ki azonban az atom következetes elméletét, csupán posztulátumok formájában fogalmazta meg legfontosabb tételeit.⁸⁹

A XX. század fizikájának egyik jelentős alakja volt Planck, aki fiatal fizikusként a professzorához fordult tanácsért. Azt a tanácsot kapta, hogy nem érdemes már fizikával foglalkozni, hiszen a fizika „*épitménye*” már szinte készen van. Szerencsére Planck ezt nem fogadta meg, és ennek eredményeképpen létrehozta azt az elméletet, amely egy új fizikai gondolkodásmód alapját fektette le. Amit Planck professzora mondott, az a klasszikus fizikára vonatkozott. Azonban a kvantumelmélet megalkotásával a klasszikus fizika nem veszítette érvényét, hanem az új felfedezések

⁸⁹ Első posztulátuma: az atomi rendszer sajátos stacionárius vagy kvantumállapotban létezhet, amelyek mindegyikéhez meghatározott energiaérték tartozik. Stacionárius állapotban az atom nem sugároz.

Második posztulátuma: amikor az atom egyik stacionárius állapotából a másikba megy át, elektromágneses energiakvantumot sugároz ki, vagy nyel el.

behatárolták, megmutatták a klasszikus fizika érvényességének határait. A modern fizika másik fontos alappillére a kvantumelmélet mellett a relativitás-elmélet, amely Einstein nevéhez fűződik. A relativitás-elméletre is az előző kijelentés vonatkozik, ugyanis az Einstein-féle speciális relativitás-elmélet a fénysebességhez közeleső sebességek fizikája, a kvantumelmélet pedig az egészen kis hatások fizikája. Ott, ahol elhanyagolhatóak ezek a hatások, természetesen érvényesek a klasszikus fizika tételei.

Bohr nem vetette el teljesen a klasszikus fizika törvényeit. Az új posztulátumok inkább csak korlátokat szabtak a klasszikus elmélet által megengedett mozgásoknak. Ennek ellenére *Bohr* elméletének átütő sikere volt, és valamennyi tudós tisztában volt azzal, hogy *Bohr* rátalált az elmélet további fejlesztésének helyes útjára. Ez az út vezetett el a későbbiekben a mikrorészecskék mozgásának egységes elméletéhez, a kvantummechanikához. A *Bohr*-elmélet által feltételezett stacionárius, diszkrét energiájú állapotok létezését az atomban, azaz *Planck* kvantumhipotézisét, *James Franck* (1882–1964) és *Gusztáv Hertz* (1887–1975) német fizikusok bizonyították be kísérleti úton.

A *Bohr*-féle elmélet túlságosan leegyszerűsített, a valóságot csak durva közelítéssel leíró modell. Ezt az atommodellel kapcsolatos elméletet 1916-ban *Arnold Sommerfeld* (1868–1951) német fizikus fejlesztette tovább, hozta létre a *Bohr–Sommerfeld* modellt. Ez az elmélet sem tudott viszont minden tapasztalati ténytet megmagyarázni (pl. a színképvonalak intenzitását sem).⁹⁰

A modellek rövidéletűek voltak. A *J. J. Thomson* modellt, a *Rutherford*-féle modellt, a *Bohr*-modellt nem sokkal megjelenésük után módosították. A *Bohr Sommerfeld*-féle atommodellt is mindössze 8 évig használták.

Radioaktív nyomjelzés. Mesterséges radioaktivitás

Az új atomszerkezeti ismeretek nemcsak elméleti téren hoztak sikereket, hanem előmozdították a gyakorlati kutatásokat is. Például a *Bohr–Sommerfeld*-féle atommodell segítette elő a korábban hiába keresett 72-es rendszámú elem felfedezését. Az elem felfedezője a magyar *Hevesy György*, aki az izotópok kutatása területén maradandót alkotott.

⁹⁰ Az izotópok létezésére, mint említettük, *Bohr* hívta fel a figyelmet 1912-ben, a gondolatot azonban *Soddy* publikálta először, és az izotóp kifejezést is *Soddy* vezette be. Ma már tudjuk, hogy valamennyi kémiai elemnek vannak izotópjai. Egyes elemeknek kizárólag radioaktív (instabil) izotópjai vannak. A radioaktív izotópok tulajdonságai a magtömegek eltérő volta miatt különböznek egymástól. Különösen említésre méltóak a hidrogénizotópok, mivel tömegük szerint kétszeresen, illetve háromszorosan különböznek egymástól.



Hevesy György (1885–1966) Nobel-díjas magyar fizikus főként a radioaktivitás és az izotópok kutatásával foglalkozott. A radioaktív nyomjelzés úttörője, a nukleáris medicina megteremtője, a hafnium felfedezője.

Hevesy György 1911-ben *Rutherford* irányítása alatt kezdte el a radioaktív tulajdonságú urán-238 bomlási termékének vizsgálatát. A bécsi Rádium Intézetben *Friedrich Paneth* (1887–1958) osztrák kémikussal 1913-ban dolgozta ki a *radioaktív nyomjelzés módszerét*. Ez tette lehetővé, hogy a fizikai, kémiai és biológiai kutatások során elterjedt a jelzett atomok alkalmazása, „nyomjelző” atomok útjának követése.

A XX. század első évtizedeiben már föltalálták azokat a készülékeket, amelyek lehetővé tették az atommag és az elemi részecskék ütközéseinek és kölcsönös átalakulásainak regisztrálását. Már nem csak észlelni tudták a részecskéket, hanem megszámlálni, megkülönböztetni egymástól, megmérni energiájukat.

Charles Wilson (1869–1859), Nobel-díjas skót fizikus 1911-ben felfedezte és kifejlesztette az ionizáló részecskék kimutatására alkalmas *Wilson-féle ködkamrát*. 1928-ban vált ismertté a *Geiger–Müller-számláló*, amely ionizáló sugárzások és elektromos töltésű részecskék detektálására és megszámlálására szolgáló eszköz. Az 1950-es évektől kezdve a *Wilson-féle ködkamrát* kiszorította a buborékkamra.

Az 1932-es év a magfizika aranyéve. Ebben az évben végezték el a gyorsítóknban felgyorsított protonokkal az első mesterséges magátalakítást, a lítiumot két alfarészecskére hasították. *Rutherford* tanítványa, *James Chadwick* (1891–1974) Nobel-díjas angol fizikus felfedezte a neutront.⁹¹ A neutron létezését *Rutherford* már 1920-ban megjósolta. 1932 volt a pozitron felfedezésének is az éve. A *Yukawa* által elméletileg megjósolt pozitront *Carl David Anderson* (1905–1991), Nobel-díjas amerikai fizikus a kozmikus sugárzás vizsgálata során fedezte föl.

⁹¹ A *Joliot-Curie* házaspár is közel állt a neutron felfedezéséhez. *Joliot-Curie* 1939-ben kimutatta, hogy az uránmag hasadása felhasználható láncreakció keltésére. Munkatársaival pedig elsőként határozta meg az uránmag hasadásánál keletkező neutronok átlagos számát. Irányítása alatt készült el Franciaországban az első atomreaktor (1948) és az első ciklotron.



Frédéric Joliot-Curie (1900–1958) és felesége, *Irène Joliot-Curie* (1897–1956), Nobel-díjas francia tudósok 1934-ben felfedezték a mesterséges radioaktivitást. Megállapították, hogy a már ismert természetes radioaktivitást mutató elemek mellett más elemek is radioaktívvá tehetők. Kísérleteik során

új részecskék kisugárzását figyelték meg, például a pozitronsugárzást. A higany atommagjának átalakításával megvalósították az alkímisták régi álmát, aranyat állítottak elő (az alkímisták módszereivel, azaz kémiai úton, az arany előállítása nem is lett volna soha lehetséges, hiszen ahhoz nagyságrendekkel nagyobb energia szükséges, mivel az atommagot kell hozzá átalakítani).

A tudomány fejlődése szempontjából különösen fontosnak bizonyult, hogy a mesterséges radioaktivitás során a kutatás gyakran hatalmas neutronforráshoz jutott, amely az atommag-átalakítások számára új lehetőségeket biztosított. Neutronokkal való besugárzással hozták létre a transzurán-elemeket is.

A későbbi kutatások azt is kimutatták, hogy mesterségesen előállított radioaktív atommagokat nemcsak az elemek α -részecskékkal való bombázásával lehet létrehozni, hanem neutronokkal, protonokkal és egyéb részecskékkal, például deutériummal, tríciummal, ha azokat nagy sebességre gyorsítják fel különböző gyorsító-berendezésekben. Az idők folyamán több száz mesterséges radioaktív elemet állítottak elő.

A kvantummechanika története

1920-as évek kezdetén időszerűvé vált a klasszikus atommodellek felülvizsgálása. Az atom valóságos szerkezete még a *Sommerfeld* által megalkotott elmélettel sem volt leírható.



A modellek átvizsgálásának első kezdeményezője *Louis de Broglie* (1892–1987), Nobel-díjas francia fizikus volt. Ő alig több mint tíz évvel a *Bohr*-modell megjelenése után egy teljesen újszerű elképzeléssel állt elő, és 1923-1924-ben megalkotta a forradalmian új anyag-hullám-hipotézist, a részecskék – kísérletileg később igazolt – hullám-természetének magyarázatára.

A kísérleti bizonyítás 1927-ben született meg – *Clinton Davisson* (1881–1958) és *Lester Germer* (1896–1971) – amerikai fizikusok kristályrácsos

áthaladó elektronok interferenciájának kimutatásával, és tőlük függetlenül az angol *George Thomson* (1892–1975) 1927-ben ugyancsak bizonyította az elektronok elhajlását. Ekkor vált elfogadottá a hullám-részecske kettősség, hogy a mikrovilág tagjai, például az elektronok és a fotonok egyszerre részecske- és hullámtulajdonságokkal rendelkeznek. Ezután többen felismerték, hogy a mozgás, mint tulajdonság minden részecskére jellemző és terjedésnél általában hullámként, kölcsönhatásokban viszont részecskéként mutatkozik meg. Ezt a tárgyalási módot az „adagosság fizikája” néven emlegetik, innen származik az elnevezés: kvantumfizika.

A kvantummechanika matematikai leírása igen bonyolult. Egymástól függetlenül több fizikus foglalkozott matematikai elméletének leírásával. Az elmélet kidolgozását csupa fiatal név jelzi: *Born, Heisenberg, Schrödinger, Pauli, Dirac, Neumann, Jordan*. Az idősebb generációhoz tartozó tudósok kissé elismerően, kissé gúnyosan a kvantummechanikát a huszonévesek fizikájának is nevezték.

A XX. század húszas éveinek végén a kvantummechanikából kifejlődött a kvantumkémia, amely *L. de Broglie, E. Schrödinger, W. Heisenberg, W. Heitler, L. C. Pauling* által megadta a magyarázatát a kémiai kötés természetének. Különösen eredményes lett a vegyértéksémák módszere, a rezonanciaelmélet, amelyek magyarázatát *W. Heitler, F. London, L. C. Pauling* munkáiban találjuk, valamint a molekulapályák módszere *R. S. Mulliken* tárgyalásában. Ezek alapján alakult ki egy modernebb kristályelmélet *von Vleck* kutatásai alapján, amely igen alkalmasnak bizonyult a komplex vegyületek kötésének magyarázatára.

A tudósok különbözőképpen közelítették meg a kvantummechanika kérdéseit. Az elnevezést először *Born* használta 1924-ben.

Max Born (1882–1970) Nobel-díjas német fizikus és tanítványa, *Pascual Jordan* (1902–1980) német fizikus – a kvantummechanika egységes elméletének egyik kidolgozója – igazolták, hogy a klasszikus mechanika minden mozgási egyenlete kvantummechanikai egyenletté írható át.

1925-ben az elsők közt *Werner Heisenberg* (1901–1976), Nobel-díjas német fizikus, a XX. század elméleti fizikájának egyik vezéregyénisége dolgozta ki a mátrixmechanikát. Kezdetben *N. Bohr* is kételkedett az elméletben, csak akkor fogadta el, amikor *Pauli* mátrixmechanikával kiszámította a hidrogénatom energia-sajátértékeit. *W. Heisenberg* 1927-ben megállapította a határozatlansági relációt. Nevéhez fűződik a ferromágnesesség kvantumelméletének (1927) a megalkotása. 1934-ben az atommag nukleonmodelljét hozta nyilvánosságra, 1940-ben pedig a magreaktorok elméletét írta le.



Ervin Schrödinger (1887-1961) osztrák fizikus 1926-ban a fizikai mennyiségek kvantáltságának egyik lehetséges matematikai leírásával megalkotta a hullámmechanikát (a *Schrödinger*-féle hullámfüggvényt). Manapság a *Schrödinger* által bevezetett egyenletet tekintjük a kvantummechanika alapegyenletének. *Schrödinger* a fizikusok azon irányvonalához tartozott, akik a kvantummechanikát a klasszikus fizikából akarták levezetni, és annak, mint határesetét értelmezték. A két elmélet, a *Schrödinger*-féle hullámmechanika és a *Heisenberg*-féle mátrixmechanika egyenértékű. Ezt a megállapítást elsőként *Neumann János* fogalmazta meg *David Hilbert* (1862–1943) felkérésére. *Neumann János* ugyanis kimutatta, hogy *Heisenberg* számoszlopai és *Schrödinger* hullámfüggvényei ekvivalensek, a *Hilbert*-tér végtelen dimenziós vektorait jellemzik. Később maga *Schrödinger* is rámutatott, hogy a két leírási mód matematikailag azonos.⁹²



Neumann János (1903–1957) világhírű magyar matematikus, fizikus korszakalkotó felfedezéseket tett a matematika, fizika, közgazdaság, a technika területén. Az elektronikus számítógép feltalálója. 1932-ben jelent meg főműve: *A kvantummechanika alapjai*.

*Neumann János*nak jelentős szerepe volt a Manhattan-terv megvalósításában, a hidrogénbomba kifejlesztésében.

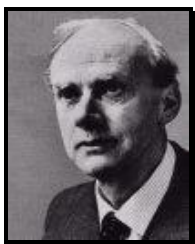


Sokban hozzájárult a kvantumfizika és a kvantumkémia további fejlődéséhez *Wolfgang Pauli* (1900–1958), Nobel-díjas osztrák fizikus. 1925-ben az elemi részek fizikájának egyik kiemelkedő képviselője megalkotta a kizárási (tilalmi) elvet, tökéletesítette a *Bohr-Sommerfeld*-féle atommodellt. A kizárási elv választ adott arra a kérdésre, hogyan töltődnek fel elektronokkal a lehetséges atompályák, milyen a különböző elemek elektronszerkezete. *Pauli* vezette be 1925-ben a negyedik, a spinkvantumszámot.

A *béta-bomlás* pontos leírása sokáig nem sikerült, nemcsak *Bohr* és *Dirac*, hanem többen hajlottak a felé a felfogás felé, hogy a *béta-bomlás* folyamatában nem érvényesül sem az energia-megmaradás, sem az impulzus-megmaradás elve. Ezt a feltételezést határozottan elvetette *Pauli*, aki 1930-ban megjósolta, hogy a *béta-bomlás*nál, az elektronon kívül egy másik

⁹² Megemlítjük, hogy a magyar *Lánczos Kornél* is hozzájárult a kvantummechanika matematikai megalapozásához, mivel *Schrödingert* megelőzve adta meg *Heisenberg* kvantumelméletének integrálegyenletek formájában való értelmezését.

részecske is keletkezik, és ez viszi el a hiányzó energiát. Ezt a hipotetikus részecskét kísérleti kimutatása után *Fermi* 1932-ben neutrínónak nevezte el.



Maradandót alkotott ezen a területen *Paul Dirac* (1902–1984) Nobel-díjas angol tudós. Korának kiváló fizikusa, a kvantum-elektrodinamika és a kvantumtér-elmélet egyik kidolgozója. *Dirac* 1925-ben *Heisenberg*, *Broglie*, *Schrödinger* eredményeit felhasználva a kvantummechanikának egy új, áttekinthetőbb megfogalmazását dolgozta ki. 1927-ben a kvantum-elektrodinamika azon elméletét fogalmazta meg, amely a sugárzási tér kvantáltságát tételezi fel. Nevét őrzi a *Dirac*-egyenlet, amely számot ad az elektron minden fontos tulajdonságáról. Az egyenlet alapján jósolta meg 1929-ben az elektron antirészecskéjét, amit három évvel később kísérletileg is felfedeztek. Ez a részecske a pozitron.

A harmincas évek elejére a kvantummechanika – felszámolva a régi, a klasszikus kvantumelmélet ellentmondásait és pótolva hiányait – a fizika közkincsévé, a fizikusok munkaeszközévé vált. A harmincas évek közepén már a kvantummechanika egyenrangú tantárgyként sorakozott fel a fizika elismert klasszikus diszciplínái közé. Tehát a kvantummechanika értelmezése körül zajló viták elcsendesedtek, és a „nagyok” közül többen az új területen levő problémák megoldásán munkálkodtak. *Einstein* azonban még a harmincas évek második felében is újra és újra talált érveket és támadta a *Heisenberg*-féle értelmezést.⁹³

Az atommag szerkezete. Atommaghasadás

1932-ig (a neutron felfedezéséig) két elemi részecskét ismertek: az elektront és a protont. Olyan elképzelés alakult ki, hogy az atommagok protonokból és elektronokból állnak. Azonban még ugyanabban az évben, 1932-ben, ahogy

⁹³ A kvantummechanika az *Ortvay*-kollokviumok (1929) elindításával Magyarországon is hamar igen elismert tudomány lett. Ezekon a kollokviumokon neves hazai (*Tangl Károly*, *Pogány Béla*, *Novobátzky Károly* és mások), vagy akkor még magyarnak, később már csak magyar származásúnak tartott fizikusok (*Wigner Jenő*, *Neumann János*, *Teller Ede*, *Hevesy György*, *Szilárd Leó*, *Lánczos Kornél*, *Gábor Dénes*, *Tisza László* és még mások) voltak az előadók.

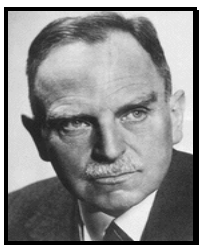
Ezekon a kollokviumokon tartott előadást *A. Sommerfeld*, *P. Debye*, *W. Heisenberg*, *A. Eddington*, *P. Dirac*, *W. Bothe* is.

Ortvay Rudolf kezdeményezésére lett a Magyar Tudományos Akadémia tiszteletbeli tagja *A. Sommerfeld* (1930), *A. Eddington* (1932), *C. Raman* (1937), *N. Bohr* (1938), *P. Debye* (1940), *M. Planck* (1940).

James Chadwick felfedezte a neutront, *Werner Heisenberg* és tőle függetlenül az orosz *Dmitrij Ivanyenko* (1904-) közölték, hogy az atommagok kétféle részecskéből: protonból és neutronból tevődnek össze.

Annak ismeretében, hogy az atommag szerkezettel rendelkezik, az atomhoz hasonlóan az atommagot is megpróbálták modellezni. Hamarosan létrejöttek a magmodellek. *Niels Bohr* és *J. A. Wheeler* 1939-ben dolgozták ki a cseppmodellt. 1948-ban *David Jensen* (1907-1973) és *Goepfert-Mayer* (1906-1972) hozták létre a héjmodellt. *Aage Bohr* (1922-) és *Ben Mottelson* (1926-) munkája nyomán 1952-ben jött létre a kollektív atommagmodell.

A harmincas évek végének legnagyobb jelentőségű felfedezése az atommaghasadás. A neutron felfedezése után a világ különböző laboratóriumaiban az atommagot nem protonnal vagy *alfa*-részecskével bombázták, hanem megindult a neutronokkal létrehozható magreakciók vizsgálata. Ezek közül elsőként nemzetközi tekintélyre tett szert *Enrico Fermi* laboratóriuma Rómában. Ezekben az években a neutronfizikai kutatások másik központja Párizsban volt, ahol a *Joliot-Curie* által vezetett csoport dolgozott.



1935-ben a neutronokkal bombázott uránmagok reakciótermékeinek vizsgálatához új tudományos központ alakult ki Berlinben, *Otto Hahn* (1879–1968) vezetésével. Itt dolgozott *Lise Meitner* (1878–1968), később csatlakozott a csoporthoz *Fritz Strassmann* (1902–1981). Minden kétséget kizáróan az uránmaghasadást *Hahn* és *Strassmann* fedezték fel 1938 decemberében, a Berlieni Kémiai Intézetben. A neutron befogadó uránmag hasadásának helyes értelmezését *Lise Meitner* osztrák fizikus adta meg 1939-ben.

A hasadással kapcsolatos események ekkor drámai gyorsasággal peregtek. Még 1939 márciusában egyszerre három helyen (a párizsi-, columbiai- és a New York-i egyetemen) kísérletileg is kimutatták, hogy a hasadásnál a két közepes rendszámú mag mellett még két-három neutron is keletkezik. A kutatók megértették, hogy a szabad neutronok megjelenése adja a lehetőséget, hogy újabb hasadást okozva a hasadások láncszerűen kövessék egymást, és a folyamat önmagát tartsa fenn. A láncreakciót először 1942-ben *Fermi* csoportjának sikerült a gyakorlatban megvalósítani.

A nukleáris fizika kialakulása és fejlődése szempontjából igen fontos szerepet játszott *Enrico Fermi*, *Szilárd Leó* és *Wigner Jenő*.



Enrico Fermi (1901–1954) Nobel-díjas olasz atomfizikus. A firenzei egyetemen 1926-ban *Dirac*tól függetlenül kidolgozta a feles spinű részecskékre érvényes kvantumstatisztikát, amely *Fermi-Dirac*-statisztika néven vált ismertté. A béta-bomlás elméletét 1927-ben dolgozta ki. Ennek az elméletnek a magyarázatához vezette be a neutrínót. 1934-ben felismerte a transzurán elemek keletkezésének lehetőségét. 1935-ben rájött, hogy a neutrontartalmú vegyületek, például a víz, a neutronokat lassítják.⁹⁴

1939-ben *Szilárd Leó*val az uránmaghasadás reakciójában felismerte az önfenntartó termionukleáris láncreakció lehetőségét. Irányítása alatt számos kiváló fizikus és kémikus együttműködésével, Chicagóban készült el 1942-ben, a világ első atomreaktora, amelyre 1942-ben jelentett be *Szilárd Leó*val közösen szabadalmi igényt. A reaktorban (az első atommáglyában) a neutronok lassítását a *Szilárd Leó* által javasolt bórmentes grafit biztosította.⁹⁵



Szilárd Leó (1898–1964) magyar fizikus számos alapvető felfedezéssel gazdagította a tudományt. Csak *Albert Einsteinnel* nyolc közös szabadalma van (elektromágneses szivattyúval működő hűtőgép, a ciklotron-elv stb.). Legjelentősebb szabadalma a nukleáris láncreakció-elve.

Angliában, 1934-ben eljárást fejlesztett ki mesterséges radioaktív izotópok elkülönítésére (*Szilárd-Chalmers*-effektus). Oxfordban ekkor fogalmazta meg a láncreakció elvét, azt a gondolatát, hogy a neutronok felhasználhatók az atommagok átalakítására. Ezt az elméletet *Rutherford* teljesen lehetetlennek tartotta, *Fermi* pedig „zöldségnek” titulálta. A láncreakció elve azonban helyesnek bizonyult. Később azt is írta, hogy önfenntartó láncreakció csak egy bizonyos kritikus tömeg fölött valósul meg.

1939-ben fogalmazta meg azt a történelmi jelentőségű levelet, amellyel *Einstein* felhívta *Roosevelt* elnök figyelmét az atomfegyver előállítására. Oroszlánrésze volt a *Fermi* által irányított plutóniumtermelő atomreaktor megépítésében. 1945-ben viszont *Szilárd Leó* hívta fel az USA elnökének figyelmét az atombomba bevetésének szükségtelenségére is. A

⁹⁴ A neutronok tulajdonságainak kutatásáért 1938-ban *Ferminek* ítelték a fizikai Nobel-díjat. Miután Stockholmban átvette a Nobel-díjat, nem tért vissza hazájába, hanem kivándorolt Amerikába, és elfogadta a Columbia Egyetemen felajánlott fizikaprofesszori állást.

⁹⁵ Ezzel a felfedezéssel vette kezdetét az atombomba története. 1944-ben Los Alamosban kezdődött el *Oppenheimer* professzor vezetésével az atombomba kifejlesztése. Az első kísérleti atombombát 1945. július 16-án robbantották fel az Alamogordo sivatagban, Új-Mexikóban.

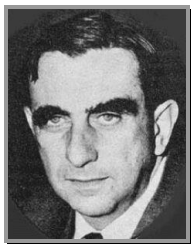
Hirosimára és Nagaszakira ledobott atombombák robbantása után elfordult a magfizikától. Elítélte az atomfegyver bevetését.



Wigner Jenő (1902-1995) Nobel-díjas magyar származású fizikus. 1933-ban meghatározta a magerők hatótávolságát és nagyságát. Rámutatott, hogy az atommagot összetartó erők nagyon rövid hatótávolságúak és függetlenek az elektromos töltéstől. 1939-ben *Szilárd Leóval* és *Teller Edével* együtt meggyőzte *Einsteint* azon levél aláírásáról, ami az atombomba előállításának folyamatát elindította.

Az atombomba és az atomenergia felszabadításának történetéről szóló minden írás kiemeli *Wigner Jenő* szerepét. A háború alatt az első láncreakció megvalósításán dolgozott. A háború befejezése után reaktortervezéssel foglalkozott.⁹⁶

Az 1950-es évek kutatási témájává vált a szabályozható termonukleáris reakció megvalósítása. A termonukleáris láncreakció megvalósítása *Teller Edét* állandóan foglalkoztatta. 1942-ben folyékony nehézhidrogénnel akarta megvalósítani, 1943-ban deutérium és trícium keverékét ajánlotta. Azonban *Robert Oppenheimer* (1904–1967), az első atombomba kifejlesztésének vezetője, a hasadási bombát siettetve, leállította *Teller Ede* munkáját. 1950. január 31-én Truman elnök mégis elrendelte a munka folytatását, amelynek eredményeképpen *Teller Ede* ötlete és irányítása alapján 1952. október 31-én a Marshall-szigeteken fölrobbantották az első kísérleti hidrogénbombát.

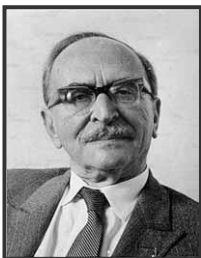


A hidrogénbomba atyjának *Teller Edét* tartják. *Teller Ede* (1908-2003) magyar származású fizikus igen kimagasló képviselője a XX. századi egyetemes tudománynak. Tudományos pályafutását molekula-spektroszkópusként kezdte. Egyik leghíresebb kutatási eredménye is a molekula-spektroszkópiához kapcsolódik, és *Jahn-Teller*-effektus néven ismerjük. Legjelentősebb eredményei a magfizikával kapcsolatosak. *George Gamow* (1904–1968) fizikussal közösen kidolgozták a béta-bomlás elméletét, és felvázolták a termonukleáris reakció megvalósításának a lehetőségét.⁹⁷

⁹⁶ A negyvenes évek elejére már jól ismerték a maghasadás mechanizmusát, a maghasadást kísérő neutron-emissziót, a kritikus tömeget. Már 1946-ban, a Szovjetunióban *Igor Kurcsatov* (1903-1960) vezetése alatt ugyancsak létrehoztak atomreaktort. A világ első reaktormérnökének *Wigner Jenőt* tartják. *Stevin Weinberg* (1933-) amerikai fizikus például így nyilatkozott: „*A nukleáris energia bizonyos szempontból magyar találmány.*”

⁹⁷ *Teller Ede* a biztonságos nukleáris reaktor új generációjának, az inherensen biztonságos TRIGA reaktorok, valamint a számítógéppel vezérelt *rakétaelhárító*

A XX. század negyvenes éveiben egyre nagyobb szerep jutott a kísérletet előnybe részesítő fizikusoknak, a mérnökfizikusoknak. Köztük is igen jelentős a szerepe a Budapesten született *Gábor Dénesnek* (1900–1979). A Nobel-díjas magyar származású mérnökfizikus elektrooptikával és híradástechnikai információelmélettel foglalkozott. 1948-ban felfedezte a holográfiai módszert. A holográfia felfedezésével jóval megelőzte korát. Sok technikai újítás fűződik a nevéhez. Színes, lapos tévéképcsövet és új termionikus generátort szerkesztett.



Az elemi részecskék felfedezése

Ma már senki sem vonja kétségbe az atomok létét. Megdőlt *Démokritosz* elképzelése és *Dalton* hipotézise az atom oszthatatlanságáról, majd kiderült, hogy az elemi részecskék nem korlátozódnak protonokra, neutronokra és elektronokra, sőt az elemi részecskéknek is lehet belső szerkezete.

Az elemi részecskék felfedezésének három szakaszát szokták megjelölni:

Az első szakasz az elektrontól a pozitronig: 1897–1932. Ebben a szakaszban felfedezték az elektront, fotont, protont, neutronot, a pozitront és beszéltek a neutrínóról.⁹⁸ Ez a csodálatosan áttekinthető helyzet nem tartott sokáig. A valóság sokkal bonyolultabbnak bizonyult.

A második szakasz a pozitrontól a kvarkokig: 1932-1970.

Kiderült, hogy minden elemi részecske átalakulásra képes. Ekkor már megértették, hogy a protonok, az elektronok, a neutronok és a pozitronok nincsenek egyedül, hogy az elemi részecskék családja nem szigorúan zártkörű. Új felfedezések sora következett.

rendszerek megtervezője. Együtt dolgozott *Enrico Fermivel*, *Szilárd Leóval* és *Wigner Jenővel* az első láncreakció megvalósításán és az első atombomba kifejlesztésén.

⁹⁸ De mit értünk elemi részecskén?

Démokritosz görög filozófus a legegyszerűbb, tovább már oszthatatlan részecskéket atomoknak nevezte el. Valószínű, hogy akkor minden kevésbé bonyolultnak látszott számára. A természetben minden folyik, minden változik, csak az atomok nem változnak, gondolták ők.

A XIX. század végén a fizika művelői felfedezték, hogy ezeknek az „oszthatatlan” atomoknak struktúrájuk van, felfedezték az atom bonyolult szerkezetét, és elkülönítették egyik alkotórészét, az elektront (1897). Később már a XX. században felfedezték az atommag építőköveit: a protont (1910) és a neutronot (1932). Eleinte mindezeket a részecskéket pontosan annak tekintették, aminek *Démokritosz* az atomot: oszthatatlan és megmáshíthatatlan elsődleges szubsztanciának, a világ alapvető, parányi építő köveinek.

A harmadik szakasz 1964-től – a kvarkok létezésének hipotézisétől – napjainkig tart.

1964-ben *M. Gell-Mann* (1929-) Nobel-díjas amerikai fizikus és *G. Zweig* (1937-) osztrák fizikus egymástól függetlenül olyan hipotézist javasoltak, amely szerint az erős nukleáris kölcsönhatásban részt vevő valamennyi részecske még fundamentálisabb elsődleges részecskékből, kvarkokból épül fel.

A gyorsítók felfedezésével⁹⁹ egyre több és több új részecske „látott napvilágot”. Felfedezték az úgynevezett „ritka” részecskéket, amelyek közül a protonnál könnyebbeket mezonoknak, a protonnál nehezebbeket hiperonoknak nevezték el. A protont, a neutront és a hiperonokat közös néven barionoknak nevezzük. A 70-es években felismerték a még nagyobb tömegű „bájos” részecskék nagy csoportját. Ezen kívül felfedeztek rövid élettartamú részecskéket. Ezek az elemi rezonanciák nevet kapták.

A XX. század fizikájának egyik legnagyobb vívmányát az antirészecskék felfedezése jelentette. Elsőnek az elektron ikerpárját fedezték fel – a pozitív töltésű elektront, a pozitront. A pozitron volt az elsőként megismert antirészecske. Már bizonyított ténynek tekintik, hogy valamennyi elemi részecskének van antirészecskéje és ettől csak bizonyos semleges részecskék esetében van eltérés, mint például a fotonnál, amelynél az antirészecske és a részecske megegyeznek egymással.

Az elektron és a pozitron találkozásának legvalószínűbb következménye kettőjük megsemmisülése. A kutatók számára már az ötvenes

⁹⁹ Ma már senki sem kételkedik a kvarkok reális létezésében, annak ellenére, hogy szabad állapotban nem sikerült őket megfigyelni.

Eleinte háromféle kvark, és megfelelően három antikvark létezése szerepelt a hipotézisben. Később megsejtették a negyedik, aztán még két újabb létezését. Tehát összesen hat kvarkot fedeztek fel. Felismerték a kvark-lepton szimmetriát. Eszerint a leptonok száma is hat.

Az első működő gyorsító 1929-ben a princetoni egyetemen kezdte meg működését. 1932-ben épült a *Cockcroft-Walton*-féle gyorsító. Ezt követően terjedt el a *van de Graaff*-féle generátor is. Megindultak a ciklotron előállítására irányuló kísérletek. *Ernest Lawrence* (1901-1958) Nobel-díjas amerikai fizikus és munkatársai 1932-ben építették meg az első ciklotront. 1957-ben, Dubnában építették meg a szinkrofazotront, majd szinkrotronokat építettek. Az első betatron *Kerst* tervei alapján építették 1940-1941-ben. Ezután egymás után épültek a nagy teljesítményű gyorsítók, 1967-ben Szerpuhovban, 1972-ben Batáviában, gyorsító épült Hamburg mellett és a Genfi-tó közelében az Európai Magkutató Központ (CERN) gyorsítója.

években bizonyított volt, hogy ha egy részecske antirészecskéjével találkozik, annihiláció (megsemmisülés) megy végbe, és helyettük nagy energiájú fotonok keletkeznek.

Az annihilációval ellentétes reakció a párkeltés. Az 1950-es évek elején bizonyítást nyert, hogy bármely részecske keletkezhet párban a saját antirészecskéjével. 1955-ben amerikai kutatócsoport *Segré* (1905-1989) vezetésével felfedezte az antiprotont, 1957-ben pedig felfedezték az antineutronok létezését. A pozitronok, az antiprotonok, az antineutronok vagyis az antirészecskék felfedezése egy új problémát vetett fel – az antianyag problémáját. Ezek a feltételezések kísérleti bizonyítást nyertek. Jelenleg már előállították az antihidrogént, antihéliumot és antiríciumot.

A tudományos gondolkodásra mindig is jellemző volt a térbeli és időbeli viszonyok megértése, a dolgok, jelenségek közötti összefüggések magyarázata. Mindezeknél nagyon fontos volt a szemléletesség, amely a XX. században az egyre bonyolultabb műszeres méréseknek köszönhetően egyre nehezebbé válik. Ha visszagondolunk a kezdet kezdetére, az ember tudatra ébredésére, azt kell látnunk, hogy a mítoszok születése is egy spontán magyarázat keresése egy szemléletes konstrukció elfogadására vezethető vissza. Persze itt tudományos értelemben vett logikáról és következtetésről még nem beszélhetünk. Ennek kidolgozása a görögöknek köszönhető. Az ő érvelő gondolkodásuk vezetett a tudomány kialakulásához. Ez hosszú időn át segítette az embert a mindennapi tapasztalatokat és a szigorú, logikus gondolkodást egységbe foglalni. Azonban a XX. század elejétől kezdve a műszerek segítségével fölfedezett mikrovilág bizonyításától számítva a tudományos eredményeket, az érzékletes benyomásokra alapuló szemlélet már nem képes bemutatni. Sokszor „szemléletellenes”, konstrukciók elfogadása szükséges.

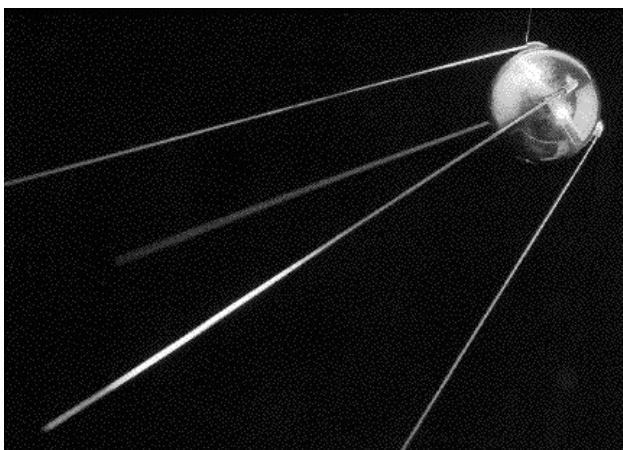
Láthatjuk, hogy *Bacon* és *Descartes* által ajánlott analitikus módszerrel részeire (elemi részeire) szedte a tudomány a világot, miközben egyre kevésbé vagyunk képesek a holisztikus szemléletre, azaz a természetet, vagy akár az otthonunkat, a Földet a maga komplexitásában látni.

Az űrkutatás és az űrhajózás

Az emberiség egyik legrégebbi és legfantasztikusabb álma a világűrben való repülés. Sok tudóst foglalkoztatott ez a kérdés. Többek közt gondoljunk csak *Leonardo da Vincire*, vagy *Isaac Newtonra*, aki ki is számította a Föld felszínétől való elszakadáshoz szükséges sebesség értékét. Azonban meglepő módon a tudósok egészen a XIX. század végéig úgy gondolták, hogy nem lehet a világűrben repülni, mert a repüléshez mindenképpen szükség van

levegőre. Az űrrepülés technikai megvalósítása sokáig, egészen a XX. századig váratott magára.

Az űrhajózás elméleti megalapozójának *Konsztantyin Ciolkovszkij* (1857–1935) orosz tudóst tekintjük. Ő a rakétatechnika és az űrhajózás alapelveinek egyik első kidolgozója. Nevéhez fűződik a rakétamozgás alapegyenlete, a *Ciolkovszkij*-képlet, továbbá a többlépcsős rakéta és az űrállomás gondolata. A későbbiekben, a Szovjetunióban a rakétatechnika fejlesztését *Szergej Koroljov* (1907–1966) irányította. Vezetésével fejlesztették ki a szovjet űrhajózási hordozórakéták és űrhajók alaptípusait. Ő tervezte az első műholdat (**24.kép**) és az első embert szállító űrhajót.



24. kép. Az első ember alkotta műhold, amely *Sputnik-1* néven vált ismertté.

Forrás: Kiss Gergely: Kozmikus hulladék - kozmikus környezetvédelem

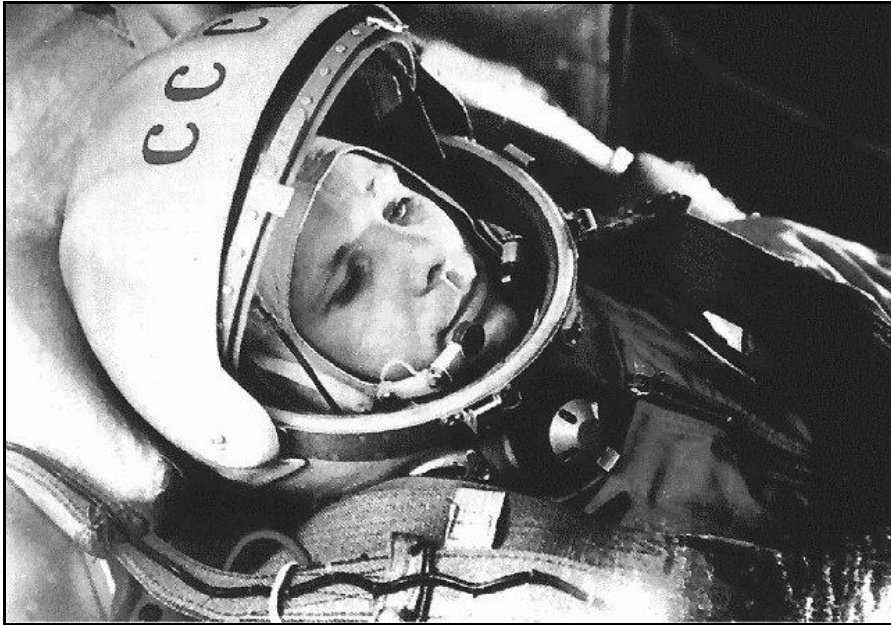
http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/mm/tdk/Kozmikus_kv.htm

Első ízben mesterséges holdat a Szovjetunióból lőttek fel 1957. október 4-én. November 4-én már *Lajka* kutya utazott a világűrben. Ezzel új korszak kezdődött az emberiség történetében. A fejlődés hatalmas ütemben produkálta az újabbnál újabb, szenzációs eredményeket. A XX. század második fele már az űr meghódítása jegyében telt el, amikor az amerikai és a szovjet kutatók szinte versenyt futottak.

Az amerikaiak 1958. februárjában indították az első műholdjukat, majd lőtték fel 1960-ban az első meteorológiai és az első távközlési műholdat. A Föld, a Nap és a csillagok tanulmányozására műholdsorozatokat juttattak a világűrbe. Az erre a célra épített űrszondák közül említést érdemelnek a *Pioneer*-szondák és *Voyager*-szondák.

A világűr meghódításának egyik legfontosabb eseménye az első ember világűrbe való juttatása volt. Az első ember, aki műholdon űrrepülést végzett, a világűrben az egykori Szovjetunó polgára, *Jurij Gagarin* (1934-

1968) volt (**25. kép**). A *Vosztok 1* nevű űrhajón 1961. április 12-én repülte körül először a Földet. Ezt követte 1961. május 5-én az amerikai űrhajós *Alan Shepard* (1923-) űrsétája. 1962-ben került sor arra az amerikai űrrepülésre, amikor *John Glenn* (1921-) űrhajós a *Mercury-6* űrhajóval háromszor kerülte meg a Földet.



25. kép. Jurij Gagarin

Az első többszemélyes űrhajót a Szovjetunió bocsátotta fel 1964-ben. A többszemélyes amerikai űrhajók 1965-ben és 1966-ban 10 alkalommal végeztek űrrepülést. A szovjet rakéták elsőnek érték el és repültek körül a Holdat. Az amerikaiak hódították meg viszont a Holdat. 1968-1972 között 6 amerikai űrhajó hajtott végre sikeres Holdra-szállást. 1969. július 21-én *Neil-Armstrong* (1930-) amerikai űrhajós volt az első ember, aki a Hold felszínére lépett. A XX. század végéig tizenkét űrhajós járt a Holdon.

A Holdra leszállt űrhajósok különféle műszereket telepítettek a Holdra, közet- és talajmintákat gyűjtöttek, melyek gazdagították a Holdról alkotott képünket.

Az 1975-ben végrehajtott Szojuz-Apollo közös űrrepülés során hozták létre az első nemzetközi űrállomást. Az űrhajózás eredményei annyira szerteágazóak, hogy még vázlatosan sem sorolhatók fel. Néhány példa: műholdak segítségével tv-műsorokat nézünk, kontinensek közötti telefonbeszélgetéseket folytatunk, műholdak segítik a tájékozódást a

repülőgépek és a hajók számára stb. 1996-ig 25 ország több mint 360 űrhajósa töltött több-kevesebb időt a világűrben¹⁰⁰.

A tudomány és a technika tehát hozzásegítette az embert ahhoz, hogy megpillantsa a világűr végtelenségében keringő otthonát, a „Kék Bolygót”, a Földet. Ez a látvány rá kellett ébresszen bennünket arra, hogy ez a bolygó mily kicsiny, mily törekeny, a hatalmas, a tudomány által ma még le nem írható Világegyetemhez képest. Továbbá arra is, hogy a tudomány és a technika segítségével oda jutottunk, hogy sorsa már a mi kezünkben van. Ennek a tudata hatalmas felelősséggel jár.

Juhász Ferenc írja: „A Világegyetem az emberben látja először önmagát, az emberben ismeri föl léte anyagát, és elvirágzó állapotait.” Azonban a helyes látásmódhoz nem csak az tartozik hozzá, hogy az ember belátta, nem a Föld a Világmindenség középpontja, hanem azt is tudnunk kell, hogy nem az ember a mindenség középpontja, hanem a természet bonyolult hálójának a része. Annak a természetnek a része, amely nélkül nem létezhet.

A környezeti problémák globálissá válnak

Az újkorban az ipari és a mezőgazdasági termelékenység fokozódásával párhuzamosan az emberiség létszámának növekedése exponenciális szakaszba jutott (**6. ábra**). Az ipari forradalom után a környezetrombolás és szennyezés hatalmas lendületet vett, melyhez az alapot a tudomány és a technika fejlődése adta. A tudományok megadták mindazokat az ismereteket, amelyek a gazdaság növekedéséhez és az új államigazgatáshoz szükségesek voltak, továbbá azokat az alapokat is, amelyek alátámasztották az új típusú kapcsolatrendszert a társadalom és a környezet között. Óriási mértékben fokozódott az ember természetátalakító ereje, a természettudósoknak pedig olyan közössége alakult ki, amely többnyire támogatta az új állapotokat.

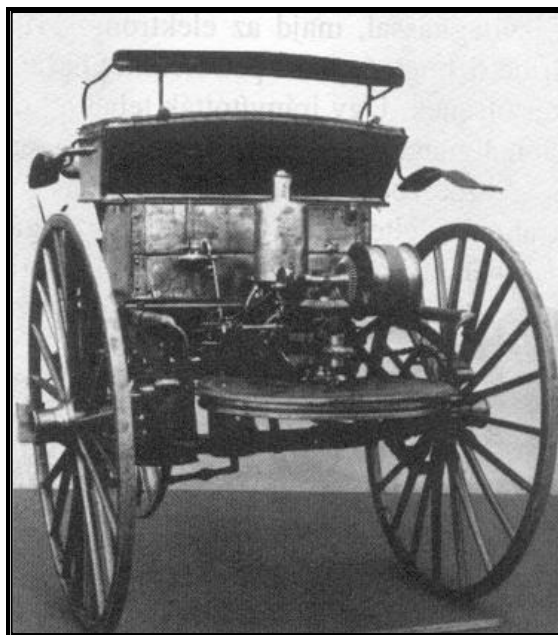
Új anyagok, új gépek, új energiahordozók

A XIX. század második felében olyan új felfedezések, eljárások, találmányok születtek, amelyek mintegy előkészítői voltak egy hatalmas, az egész Földre kiterjedő változásnak, a nyersanyag-felhasználás, a környezetrombolás és a környezetszennyezés területén.

¹⁰⁰ Az Interkozmosz-program keretében az egykori szocialista országok is küldhettek egy-egy űrhajóst a világűrbe. A magyar űrhajós, *Farkas Bertalan* (1949–) 1980. május 26-tól július 3-ig tartózkodott a világűrben.

Olyan kémiai tudományos eredmények születtek, amelyek hozzájárultak a vegyipar kialakulásához. A kis vegyi üzemek korábban főleg a textilipar köré csoportosultak. A kémiai kutatások eredményeit felhasználó iparban, a vegyiparban, miután elkezdett új alapanyagokkal és új módszerekkel dolgozni, a kisüzemeket lassan hatalmas gyártelepek váltották föl. A szerves kémiai kutatások elősegítették az úgynevezett szerves vegyipar létrejöttét, az elektrokémiai ismeretek bővülése pedig a szervetlen vegyipar növekedését alapozta meg. Az elektrolízis segítségével különféle anyagokat állítottak elő (elemek és vegyületek), s ebben az időben állították elő először az újonnan felfedezett alumíniumot is, melynek technikai jelentőségét századunkban is tapasztaljuk. Szabadalmaztatták az első műanyagot, az úgynevezett Chardonne-műselymet. Ez volt a műanyagok előfutára.

Maybach, Daimler, Benz és *Diesel* munkásságának eredményeképpen létrejöttek a robbanómotorok, melyek a közlekedésben hoztak alapvető változásokat. Ekkor került a kőolaj, mint energiahordozó a figyelem középpontjába, majd az autó (**26. kép**) és a kőolajból készült üzemanyag meghódította az egész világot.



26. kép. Benz háromkerekű gépjárműve 1886-ban.
Forrás: <http://www.detnews.com>

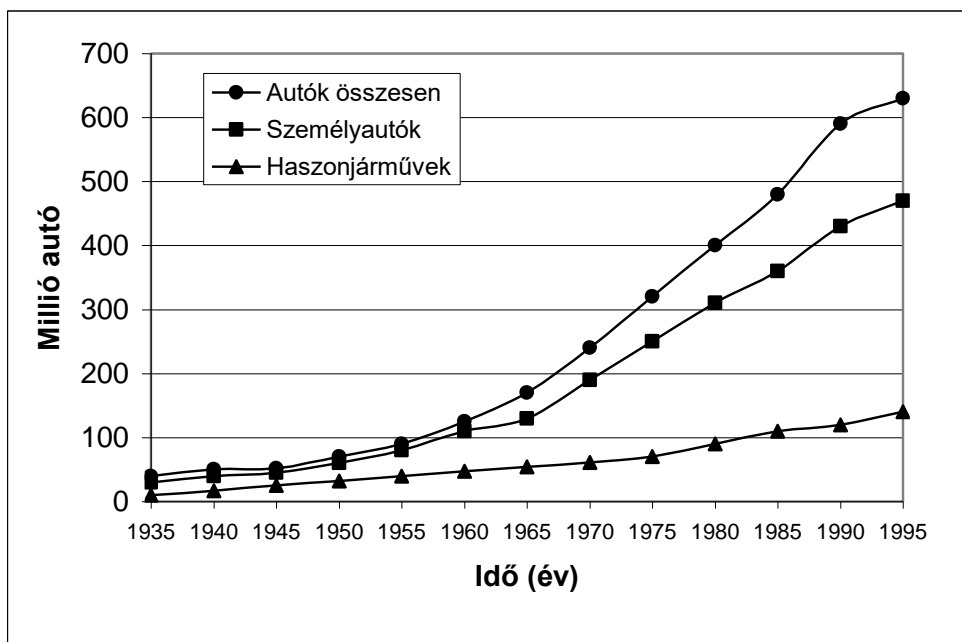
Az elmúlt 100 év alatt a gépjárművek száma közel 1 milliárdra növekedett, aminek következtében a közlekedés a vegyipar mellett a legnagyobb környezetszennyezővé vált.

A fosszilis tüzelőanyagok felhasználása mellett a XX. században az atommagkutató eredményeképpen megjelenik egy új energiaforrás, az atomenergia. Az olcsó energia, a közlekedés motorizációja, a vegyipar növekedése, az új tudományos eredmények és technikai találmányok termelésben való alkalmazása meggyorsította az ipar terjedését, és javította az áruellátást. A mezőgazdasági termelés növekedése, ill. az orvostudomány és a gyógyszeripar fejlődése az emberiség lélekszámának ugrásszerű növekedéséhez vezetett. Mindezek együttes hatására a környezetterhelés rendkívüli mértékben megnövekedett, és a XX. században globálissá vált.

A XX. században bekövetkezett, a globális változással összefüggésbe hozható események vázlatos összefoglalását adjuk meg az alábbiakban.

A globális környezeti problémák

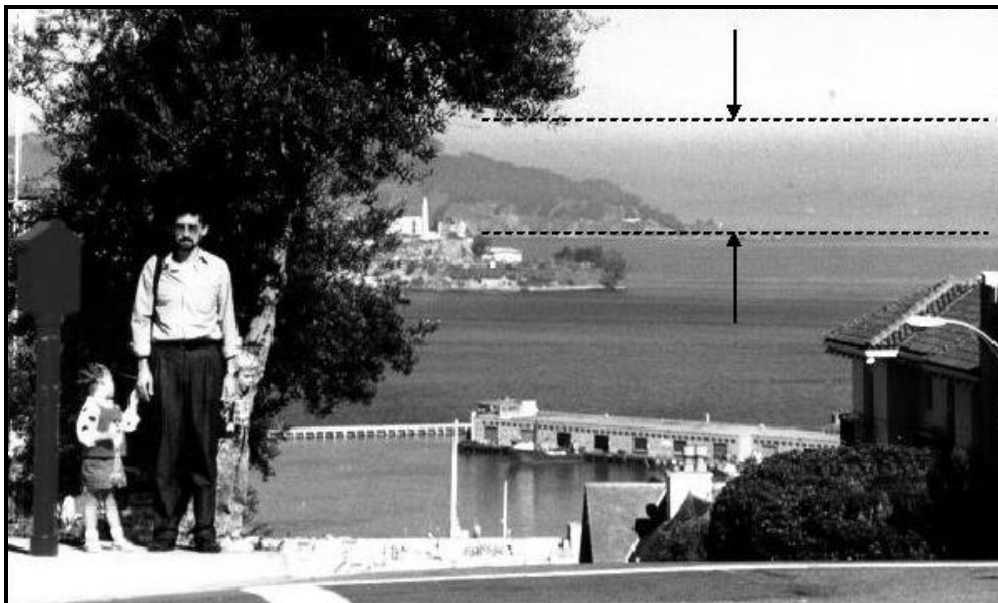
A *Homo Sapiens* első környezetkárosító tevékenysége az erdők irtása volt. Ez a tevékenység végigvonult az emberiség történetén, és a XX. században soha nem látott méreteket öltött. Mivel a trópusi vidékeken maradtak meg jelentős erdőségek, az erdőirtás erre a területre tevődött át. Jelenleg Magyarország területének több mint 3/4-ét kitevő területű trópusi erdőt irtanak ki évente (~70 ezer km²). Ennek globális következményei vannak, hiszen jelentősen csökken az erdők által megkötött szén-dioxid mennyisége, amely hozzájárul az üvegházhatás fokozódásához. Napjainkban az erdőket nemcsak a fák kivágása pusztítja, hanem a levegő globális elszennyeződése is. A levegőszennyeződés szempontjából jelentős két antropogén tevékenység, a nem megújuló energiahordozók felhasználása és a gépjárműhasználat jelentősen növekedett (**10. ábra**).



10. ábra Az autók számának növekedése a XX. században

A két tevékenység során olyan gázok (kén-dioxid, nitrogén-oxidok) keletkeznek, melyek a levegőben savakká alakulnak át, és savas esőket okoznak, s a növények leveleit károsítva, pusztítják az erdőket. A savas esőknek a talaj pH-csökkenése is lehet a következménye, mely elősegíti az oldhatatlan nehézfém-vegyületek oldódását és növényekbe kerülését. A közlekedés okozta levegőszennyeződés közvetlenül is jelenthet nehézfém-(Pb, Cd) terhelést a növények számára.

A levegőszennyező anyagok, ha bizonyos területen, hosszabb időn át, jelentős mértékben felhalmozódnak, ún. füstköd (szmog) alakulhat ki. Ez a jelenség, melynek két típusát ismerjük (London-típusú, Los Angeles-típusú), amellyel, hogy fejfájást, nyálkahártya-irritációt, nehézlégzést okoz, hosszútávon komoly egészségkárosító hatást fejthet ki (27. kép).



*27. kép. Los Angeles-típusú füstköd a San Fransiscoi-öböl fölött.
Fotó: Kiss Ferenc*

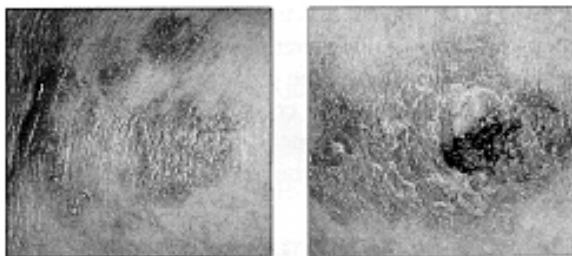
Az ipari forradalmat megelőző korokban a levegő szennyeződése nem volt jelentős, a XX. századra azonban tipikus globális környezeti problémává vált.¹⁰¹

Ez elsősorban a növekvő energiafelhasználásnak, ill. a közlekedésben bekövetkező változásoknak köszönhető. A személy- és áruszállító autók számának növekedése mellett fokozódott a tengeri hajózás, és egy teljesen új közlekedési eszköz, a repülőgép is megjelent. A vasúti személy- és áruszállítás is fokozódott, azonban ebben az esetben a villamosítás miatt nem a közvetlen emisszió okozza a problémát. A felsorolt közlekedési módok mindegyikére jellemző, hogy hatalmas energiát használnak fel globális szinten, s ezt az energiát elsősorban fosszilis tüzelőanyagok felhasználásával nyerik, hasonlóan az ipari termeléshez. A fosszilis energiahordozók elégetése során a légkör oxigéntartalma csökken, miközben szén-dioxid-koncentrációja növekszik. A szén-dioxid-koncentráció növekedését a természetes szén-dioxid elnyelő források (pl. trópusi erdők) csökkenése is elősegíti. Ennek

¹⁰¹ Magyarországon is jelentkezett a magas kén-tartalmú szén elégetéséből származó kén-dioxid-szennyezés, illetve a nagyvárosok levegőjében egyre több volt a szén-dioxid, szénmonoxid és a por. 1874-ben Budapest levegőjében már mérték a szén-dioxid-, az ammónia- és a portartalmat Fodor József vezetésével.

következménye az egyik legtipikusabb globális változás, hogy a légköri széndioxid-koncentráció a XIX. századi 280 ppm-ről a harmadik évezred elejére már több mint 370 ppm-re emelkedett. A széndioxid úgynevezett üvegházhatású gáz, azaz fokozza a légkör felmelegedését. Szintén ilyen hatású gáz a metán, melynek mennyisége a légkörben a rizstermesztés és az állattartás következtében az ipari forradalom időszakától napjainkig kétszeresére emelkedett.

Az 1930-as évektől kezdve egyre több halogénezett szénhidrogént állítottak elő és használtak fel, amely anyagokról szintén kiderült, hogy fokozzák az üvegházhatást. A légkör magasabb rétegeibe kerülve az ultraibolya sugárzás hatására elbomlanak, és a felszabaduló klór elősegíti az ózon katalitikus bomlását. Ennek következtében fokozódik az ultraibolya sugárzás és ezzel együtt a bőrrák (28. kép) előfordulása, ugyanakkor a növények terméshozama csökken.



28. kép. Bőrrák

Forrás: <http://www.canlernet.nci.nih.gov>

A földművelésbe bevont terület nagysága egyre emelkedik az elmúlt 150 évben. A mezőgazdasági területek nagysága mintegy háromszorosára nőtt és jelenleg $1,5 \times 10^{10}$ m². A termelésbe bevont terület nagyságának növekedésével együtt járt a talajkárosító folyamatok nagymértékű növekedése. Egyes becslések szerint a talajdegradáció évente megközelítőleg 6×10^7 m²-t. Szintén nagy problémát jelent napjainkban a túlzott mértékű legeltetésnél bekövetkező elsivatagosodás.

Korábban nem ismert veszélyek is megjelentek a mezőgazdasági termeléssel kapcsolatban. Miközben csökkent a természetes anyagok felhasználása, egyre növekedett a különféle vegyszerek alkalmazása, mint pl. műtrágyák és növényvédő szerek. Ennek következtében a talajok összetétele kémiaiilag lényegesen megváltozott, ezért hosszú távon a talajok termőképessége csökkenhet. A vegyszerek által okozott közvetett, ill.

közvetlen hatások következtében átformálódtak a természetes élőközösségek, mely egyes élőlények teljes kipusztulásával járt.

Láthattuk, hogy a vízszennyezés és az abból fakadó problémák végigkísérték az embert történelme folyamán. Az ipari fejlődés és a tudományos technikai forradalom következtében azonban újszerű terhelések jelentek meg. A műtrágyák és a különböző vegyszerek mezőgazdasági használata során nemcsak a talajok, hanem a vizek is szennyeződnek. Így pl. az ivóvíz nitrátosodásának a műtrágyázás a legfőbb okozója. Az ENSZ adatai szerint sok folyóban a nitrát-szennyeződés a megengedett érték két-, vagy háromszorosát is eléri. Nemcsak a műtrágyázás, hanem kommunális szennyvizekből a felszíni vizekbe jutó foszfor is az okozója az úgynevezett eutrofizációnak.

Egyes országokban komoly egészségügyi problémát jelent a szennyvíztisztítás hiánya. Ez a fejlődő országokban azt jelenti, hogy a lakosság több mint 75 %-a nem jut egészséges ivóvízhez. Szintén az ENSZ adatai szerint naponta kb. 25 ezer ember hal meg a tisztítatlan ivóvízből szerzett fertőző betegségek következtében.

A kőolaj fokozódó felhasználásával, és a tankhajókkal történő szállításával a II. világháborút követően a nagy tankhajó-katasztrófák egy új típusú vízszennyeződés előidézőivé váltak (29. kép).



29. kép. Az olajszennyeződés áldozata, egy főka Wales partjainál
Forrás: [http:// www.viewimages.com](http://www.viewimages.com)

Az ipar egyre több mesterséges kémiai anyagot használ, melyek a felszíni vizekben is megjelennek.¹⁰²

A népesség ill. a városok számának és átlagos méretének növekedésével drasztikusan megnőtt a hulladék mennyisége is. Már nemcsak a fogyasztási javak megtermelése, hanem elfogyasztása is hulladéktermeléssel jár. Miközben a XX. század végén az emberiség lélekszáma elérte a 6 milliárdot, a világ éves hulladéktermelése $\sim 1 \cdot 10^9$ t-ra növekedett. A műanyagok megjelenésével olyan új típusú hulladék képződött és került a talajba és a vizekbe, melynek a legtöbb fajtája nem képes a biogeokémiai körfolyamatban lebomlani.

Egy új energiaforrás, a nukleáris energia megjelenésével az ipar és a hadászat a környezet számára olyan veszélyes radioaktív hulladékot állít elő és juttat a környezetbe, amelyek elhelyezése és ártalmatlanítása rendkívül nagy gondot okoz világszerte.

Láthattuk, hogy a mezőgazdasági termelés növekedésével, ill. tökéletesedésével az ember egyre inkább arra törekedett, hogy valamely diverz (sok összetevőből álló) ökoszisztémát monokultúrával helyettesítsen. Az egymás után következő korok találmányai, felfedezései, tudományos eredményei egyre jobban szolgálták azt a célt, hogy a károsnak titulált fajokat kiirtsuk és helyükre a számunkra hasznos fajt telepítsünk, azaz egy sokszínű ökoszisztémát monokultúrával helyettesítsünk. A cél megvalósításához az utóbbi évtizedekben egyre több vegyszer és nagyhatékonyságú technikai eszköz áll rendelkezésünkre. Ennek napjainkra súlyos következményei lettek, hiszen jelentősen csökkent a fajdiverzitás és a genetikai diverzitás is, mert az egyszerű agrárrendszerek egyre nagyobb mértékben csökkentik a vadon élő fajok életterét és egyedszámát. Az ilyen emberi tevékenység következtében kipusztuló fajok, ill. génformák számát csak becsülni tudjuk. Például az erdőpusztítás következtében évente kihaló 4-6 ezer faj az emberiség megjelenése előtti átlagos kipusztulási arányának kb. tízszerese.

Mai ismereteink szerint, minél nagyobb egy ökoszisztéma diverzitása, annál nagyobb a fennmaradási esélye. Ebből az következik, hogy mindazon regionális és globális változások, amelyek a diverzitás csökkenését idézik elő, csökkentik a fennmaradási esélyeinket.

¹⁰² A vizeink védelméről szóló első magyarországi törvény az 1840-ben született X. tc. 14. §. kimondja, hogy „Az, aki a vizek ágyába földet vagy trágyát hord, abban kendert áztat, 100 forinttal, vagy egy hónap áristrommal büntethető.”

Kozmikus környezetszennyezés

A rakétatechnikának köszönhetjük, hogy emberek jártak a Holdon. Rakétákkal jutottunk a Holdra, a Naprendszer bolygóra és azok holdjaira űrszondákat küldtünk, és műholdakat juttattunk földköri pályára, melyek a mai információs technológia meghatározó részévé váltak. Az űrhajózás létrejöttével azonban az űr szennyezése is megkezdődött.

Az űrbéli hulladékokról az első adatokat az Amerikai Egyesült Államok világűrmegfigyelő-rendszere, a NORAD szolgáltatta. Eszerint 1957 óta, amikor az első mesterséges holdat pályára állították, mintegy 20 ezer – 5 cm-nél nagyobb – objektum került Föld körüli pályára. Azóta ezek több mint kétharmada megsemmisült, a többi kikerült a földi irányítás alól, és számos hulladék keletkezett. A Föld körül keringő űrszemét főképp a 800-1200 km közötti magasságban veszélyes az űrhajókra és a repülőgépekre, az űrállomásokra, továbbá a különféle műholdakra. Különösen veszélyesek az apró, 5-10 cm-es darabok, mert azokat a radar sem jelzi, és ezért nem kerülhetők el.

Nagy kérdés az, hogy vajon a tudomány és a technika haladásával kiterjed-e az ember pusztító tevékenysége a többi bolygóra is.

A KORLÁTOK FELISMERÉSE

A tudomány specializálódása és változása

A jelenkorra vonatkozóan nehéz következtetéseket levonni, hiszen benne élünk, ezért az események jelentőségét érintettségünkönél fogva nehéz objektíven megítélni. Azt azonban egyértelműen meg tudjuk állapítani, hogy a XX. században a tudomány rendkívül jelentőssé, és a jövőnkét alapvetően meghatározóvá vált. Láthattuk, hogy a fizika, vagy akár a biológia hatalmas változáson ment keresztül, s a tudományban egyre inkább specializálódott kutatók hatalmas ismeretanyagot halmoztak föl. Ez csak úgy volt lehetséges, hogy a tudósok egyre inkább eltávolodtak a természet átfogó vizsgálatától. Ahogyan azt *Ortega y Gasset* (1883-1955) írja: „... a tudós nemzedékről nemzedékre egyre szűkebb szellemi térbe kényszerül visszavonulni.” „... egyre lazább kapcsolatba kerül a tudomány többi részével, a világegyetem átfogó értelmezésével.”

A *Bacon* és *Descartes* által ajánlott analitikus módszer egyre tökéletesebbé vált, s ennek az eredménye az lett, hogy a részekre szedő analitikus kutatás mellett az általánosítás és a szintézis a rendszer egészére vonatkoztató következtetések levonása egyre kevésbé vált jellemzővé. Ennek a hiánya azonban nemcsak a tudomány embereire, hanem magára az egész emberiségre, sőt a Földre, mint élő rendszerre is súlyosan hatott, ezért változásra van szükség.¹⁰³

A tudomány, a gazdaság és a hatalom

Az előző fejezetben láthattuk, hogy a specializálódással párhuzamosan a tudomány, a gazdaság és a hatalom kiszolgálójává vált. Ezek azonban mindig saját érdeküket helyezték előtérbe, és a tudomány eredményeinek alkalmazásakor a szűklátókörűség következtében figyelmen kívül hagyták a rendszer egészére gyakorolt hatást.

Addig, amíg az Újkor kezdetén a kiemelkedő tudósok a világ egészének értelmezésére igyekeztek az akkori tudomány összes eredményét fölhasználni, ma ez már teljességgel lehetetlen, hiszen egy adott szűk

¹⁰³ A tudományos ismeretanyag rohamos bővülése mellett az átfogó megismerést az is akadályozza, hogy a specializálódás következtében az egyes kutatási szakterületek nyelvezete annyira sajátos lett, hogy azt kell mondanunk, már nemcsak laikusok nem értik a tudósokat, hanem a tudósok sem értik egymást.

területen dolgozó specialista erre képtelen, és a specialisták tömege sem helyettesítheti ezt.

Tehát a tudomány specializálódása, összefonódása a gazdasággal és a hatalommal globális, az egész Földre kiterjedő problémát hozott létre. Olyat, melyet a jelenlegi szemlélettel képtelenek vagyunk megoldani, hiszen ilyen probléma megoldása nem a specialistáknak, a rövidtávon gondolkodóknak, a saját érdekeket előtérbe helyezőknek való.¹⁰⁴ Mi lehet a megoldás? A megoldás a tudat átalakulása a szemlélet megváltozása, hiszen láthatjuk, hogy a létünkről van szó. Másfajta tudományra, politikára, gazdaságra, azaz alapvetően új kultúrára van szükségünk. Mára a kultúránk meghatározó részévé vált a tudomány. Ma, amikor arról beszélünk, hogy a tudomány fordulóponthoz érkezett, új világnézetet alapoz meg, világossá válik, hogy ez a kultúránkra is hatással kell, hogy legyen. Azonban az adott kultúrában elfogadott értékrendszer is jelentős hatással van a tudomány fejlődésére, arra, hogy milyen irányban változik. Tehát az értékrendszerünket is meg kell változtatni. Fontos, hogy a haladás lényege ne az legyen, hogy egyre többet és többet termelünk, hanem az egyre jobb és jobb váljon az értékrendszerben meghatározóvá.

A Galilei-perben mind Ő, mind vádlói, az igazságot akarták bizonyítani. A maguk igazságát. Lényeges különbség volt azonban közöttük az igazság, vagy a hamisság megítélésében. Addig, amíg *Galilei* olyan igazságot szeretett volna bebizonyítani, amely független attól, hogy ki mondta, inkvizítorai a kinyilatkoztatás igazságában hittek. Tudományos eredményei mellett *Galileinek* az is nagy érdeme, hogy segítségével a tudomány lassan függetlenné vált az egyháztól, és az erkölcsöt és az Istent illető kérdésekben az egyházra maradt a döntés, azonban a Világegyetemre vonatkozó kérdésekben a tapasztalat és a bizonyítás vált a tudomány eszközévé. Így tudományos alapokra, tapasztalatokra épülő világnézet alakult ki, amely folyamatos ellenőrzésnek és bírálatnak van kitéve sajátságaiából fakadóan.

Ma már nem befolyásolja az egyház a tudósok munkáját. Azonban annak köszönhetően, hogy *Newton*, *Einstein*, vagy a korábbi fejezetben felsorolt

¹⁰⁴ „A frontvonal fő mozgatója az emberi kapzsiság, mohóság és önzés, ügyesen álcázva az „emberiség ügyét szolgáló” ígéretekkel, melyeket ráadásul a beszűkült középszerű kutató maga is elhisz. Elhiszik, hogy genetikai manipulációval létrehozott csodanövényekkel és – állatokkal az éhező emberiséget mentjük meg, miközben jelenleg több ember éhezik, mint valaha, s ugyanakkor eladatlan gabona- és húskészleteink vannak. Valójában nagy biotechnológiai vállalkozások húzzák a hasznot a tudományból.” „A nagyravágó emberiség öntelt tudósai tudományos teljesítményeik impaktjában gyönyörködve nem veszik észre, hogy süllyedő hajón vagyunk.” (Idézet Vida Gábor cikkéből. Ezredforduló 1998/6)

nagy tudósok eredményeinek alkalmazása jelentős hatással vannak mind a természeti, mind az ember által alkotott környezetre, ma a politika és a gazdaság próbál befolyást gyakorolni a tudósokra.

A XX. században voltak olyan politikai erők, amelyek úgy gondolták, a tudományos közösség autonómiáját erősen korlátozni kell, és meg kell határozni azt, hogy a tudósok milyen problémákkal, milyen témákat kutassanak. Politika által volt meghatározott, hogy mely témákat kell visszatartani, s melyeket kell bőkezűen támogatni. A tudományos eredmények helytelen alkalmazása jelentősen hozzájárult környezetünk állapotának romlásához. Ezért sokan fölvetik a tudomány felelősségét. Bizonyos gondolkodók azonban úgy vélik, a tudománynak, mint olyannak, nincs társadalmi felelőssége, a társadalomnak van azért, hogy biztosítsa az apolitikus, független tudományos tevékenységet. A tudósnak, mint egyénnek, azonban nagy a felelőssége. Felelősséget kell, érezzen azért, hogy a tudományt helyes gazdasági, politikai, vagy társadalmi célra alkalmazzák. Ne a környezet rombolásának elősegítésére, vagy a modern szolgáltatás, a fogyasztás fokozására, ezzel a természeti erőforrások kimerítésének felgyorsítására.

Új tudományos fölismerések

Rövid tudománytörténeti áttekintésünkben megállapítható, hogy történelmünk folyamán a tudósok sok különféle magyarázatot próbáltak adni a világ jelenségeire. Mely hol közel, hol nagyon távol volt a valóságos világtól. Ennek egy lehetséges magyarázata az, hogy a logikailag valószínű világok sokasága hatalmas, ezen belül a matematikailag lehetséges világok egy kisebb, a fizikailag lehetséges világok egy még kisebb halmazt adnak, s végezetül találjuk a valóságos világot.

Be kell látnunk, hogy az ember képtelen a világot teljes egészében a mikrovilágtól az Univerzumig átlátni. Azonban a tudomány segítségével próbát tehet a megoldatlan problémák megértésére. A megoldatlan kérdésekre logikailag lehetséges válaszokat adhat, a logikailag lehetséges válaszokon belül pedig matematikailag bizonyíthat.

László Ervin Izzalmas idők című könyvéből származó gondolatai szerint.

„Az érdeklődés teljesen új területeit kötik össze a korábban egymástól független tudományterületeket. A kvantumbiológia egyesíti a kvantumfizika és az élettudományok eredményeit; a fizika és a megismerő (kognitív) tudományágak között az agy kvantumelmélete ver hidat, sőt ebbe kapcsolódik újabban a tudat kvantumkutatása is; miközben a rendszerszemlélet és a fejlődéstudomány, a kibernetika és a káoszelmélet ugyanúgy megpróbál segítséget nyújtani a fizikai és biológiai folyamatok magyarázatában, mint a

társadalmi, a szociokulturális, sőt a pszichológiai jelenségek megértésében. A tudomány tehát egy átfogó, holisztikus világszemlélet megszületésénél bábáskodik.”

A tudomány új eredményei segíthetnek bennünket az úgynevezett holisztikus világnézet kialakításában. Rádöbbszörhetnek bennünket arra, hogy bármit is tegyünk a természettel, a természetben vagy a természetért, az visszahat önmagunkra. Azt is láthatjuk, hogy embertársaink lakjanak bármilyen távol is a Föld túlfelén északon vagy délen, vagy legyenek egy eljövendő generáció gyermekei, nem függetlenek tőlünk. Ezért nem lehetünk a sorsuk iránt közömbösek.

Láthattuk, hogy a különböző korokban különböző magyarázatokat, válaszokat adtak arra a kérdésre, hogy mi a világ legkisebb alapvető építőegysége, vagy hogyan írható le a tér, amely körülvesz bennünket. Ma az ezekre a kérdésekre adott válaszok az új tudományos eredmények ismeretében lényegesen eltérnek a korábbi válaszoktól. Úgy látjuk, a fizikai valóság végső egységének nincs egyetlen meghatározott alakja és helye, hanem több egymásra épülő lehetséges állapotban létezhetnek egy időben.

Az új eredmények azt mutatják, hogy a mikrovilág tulajdonságainak feltárása közben maga a kísérletben résztvevő közvetlenül befolyásolhatja az eredményt azáltal, hogy kölcsönhatásba kerül a vizsgálat tárgyával. A részecskefizika eredményei arra engednek következtetni, hogy a kvantumvilágban úgynevezett kölcsönkapcsolatok léteznek, olyan összefonódás, amelynek lényege az, hogy az alkotórészek pillanatnyilag és lényegileg kölcsönösen összefüggnek egymással, mintegy „tudnak” egymás állapotáról. Ezek alapján feltételezik, hogy ezt a kvantumkapcsolatot egy fizikai közeg (tér) közvetíti. Tehát a tér a részecskéket nem elválasztja, hanem összeköti. A kölcsönhatások közvetítéséért felelős közeget, ahogy azt korábban láttuk, éternek nevezték. Napjainkban egyre erősödik az a nézet, hogy az, amit éternek tekintettek, az egy hatalmas energiamezőnek tekinthető. Ezt *Paul Dirac*, angol fizikus tiszteletére, aki először írta le elméletileg e tér tulajdonságait, Dirac-tengernek nevezik. Ennek a mezőnek az energiasűrűsége elképzelhetetlenül nagy. *John Wheeler*, fizikus becslése szerint 10^{27} joule/cm³. Ebből az Einstein-féle $E = m \cdot c^2$ összefüggés segítségével 10^{94} g/cm³ adódik.

Ha visszagondolunk a Newton-féle elképzelésre, mely szerint a sűrű anyag az önálló üres térben mozog, akkor azt láthatjuk, hogy a modern fizika újabb eredményei ennek éppen az ellenkezőjét bizonyítják. Mert az általunk megfigyelt világegyetem a rendkívül nagy energiasűrűségű térben egy nagyon kis sűrűségű buborékként képzelhető el.

Darwin *A fajok eredete* című fő művében olyan új megállapításokat fogalmazott meg, amelyek nagy hatással voltak a biológiára, illetve a természettudomány fejlődésére általában. Bár ma sem tagadjuk teljes mértékben, hogy a véletlen mutáció és a természetes kiválasztódás elve szerepet játszik a törzsfajlásban, azonban ezek önmagukban nem képesek magyarázni mindent. Úgy tűnik, egy-egy véletlenszerű mutáció által létrehozott „újítás” nem elegendő ahhoz, hogy életképesek legyenek az új egyedek. Valószínűbb, hogy egyszerre több egymással harmonizáló változásnak kell végbemenni a génkészletben. A megfigyelések azt mutatják, hogy a gének nem elszigetelten, hanem egymással „együttműködve”, összhangban fejtik ki hatásukat. Ez a genetikai hálózat ki van téve a szervezet működése során létrejövő hatásoknak, illetve a szervezetet a külső környezet felől érő változásoknak (hatásoknak). Ezt elfogadva, *Lamarck* azon nézete, mely szerint az élő szervezet „tapasztalatai” örökölhetők, összekapcsolódik azon darwini elképzeléssel, amelynek lényege, hogy az öröklődés a szervezet genetikai felépítésének közvetítésével megy végbe. Ilyen módon tehát a szülők szervezetét ért egyes hatások nyomot hagyva a genetikai készletükben (hálózatukban), átkerülhetnek az utódokba.

Többek között a genetika és a molekuláris biológia eredményeinek köszönhetően lassan az utolsó molekuláig feltárjuk az élő szervezeteket. Azonban megismerve azokat a tényeket, hogy például az emberi test nagyságrendileg 1000 billió sejtből áll, melyből naponta 600 milliárd pusztul el, s ugyanakkor jön létre, tudva azt, hogy nagyságrendileg 10^{30} kémiai reakció mehet végbe ugyanebben a szervezetben minden másodpercben, felvetődik egy, a tudomány által megválaszolhatatlannak tűnő kérdés. Hogyan működhet és fejlődhet ennyire sok összetevőből álló rendszer egyetlen egésként? Ilyen nagy számú építőelem és folyamat összehangolható-e fizikai-kémiai „üzenetekkel”? Egy élő szervezet egyetlen egésként való összehangolt működéséért a makroszkopikus biokémiai szint mellett kvantumszinten is történhet összehangolódás.

Holosz

Láthattuk, hogy a tudomány milyen jelentősen hozzájárult az ipari civilizáció kialakulásához és térhódításához. Mindezek közben szemléletünk a világról megváltozott, hisz azzal, hogy a tudomány egyre nagyobb mértékben analizálta a természetet, elvesztettük annak az igényét, hogy az egész lássuk, és megértsük, fontosnak tartjuk az egész harmonikus működését. Egyszerűen úgy is kifejezhetjük ezt a változást, hogy a logosz elnyomta a holoszt. A napjainkban bekövetkező váltás a tudományos kutatásokban egyre inkább azt célozza meg, hogy holisztikus képet tudjunk alkotni a világról.

Ne csak arra törekedjünk, hogy részeire szedjük a világot (analizáljuk), hanem arra is, hogy a részeket összekötő erők jelentőségét is belássuk. Megértjük azt, hogyan kapcsolódik egységbe mindaz, amely az analízáló tudomány segítségével világosan látható: az atomok, a molekulák, a test, a tudat, a társadalom, a gazdaság és a természet. Mindez leginkább egy hálózathoz hasonlítható, amelyekre nem azok a lineáris folyamatok jellemzőek, melyek Newton kora óta uralták gondolkodásunkat.

A komplex hálózatok kutatásának tudománya van kibontakozóban. Ez a tudomány azoknak az eddig meg nem értett kapcsolatoknak az összefüggéseivel foglalkozik, amely egyre inkább fölfedezhető a természetben, a társadalomban és a gazdaságban. Azokat a rendezőelveket igyekszik földeríteni, amelyek a bennünket körülvevő környezet hálózatait szabályozzák (irányítják). Ez segíteni fog a darabokra, részekre szedett világunkról alkotott új elképzelés kialakításában. A hálózatokban való gondolkodás ahhoz is hozzá segíthet bennünket, hogy a sejt az élővilág, a gazdaság, a társadalom egymáshoz sok szálon kapcsolódó elemeit egyetlen egységes, egymástól kölcsönösen függő valóság megnyilvánulásaiként legyünk képesek felfogni.

Láthattuk, hogy *Bacon* és *Descartes* analitikus módszere nagy sikerre vitte a természeti környezet részleteinek föltárását. Mi lehet az új tudományos módszer, a hálózatokban való gondolkodás lényege? Az, hogy a részletek helyett a kapcsolatokra koncentrálunk, és az összetettséget próbáljuk megfigyelni, az összetettség architektúráját. Igyekszünk eltávolodni a részletektől, és kiemelni az összetett rendszerek mögötti egyetemes törvényeket rendező elveket. Ez feltárhatja azokat az elveket, törvényeket, amelyek a körülöttünk lévő összetett, hálószerű természet változásait, fejlődését irányítják.¹⁰⁵

Az ipari forradalomnak a mechanikus, analitikus tudomány adott alapot, a „motorja” pedig a fosszilis, a nem megújuló energiahordozókkal hajtott gőzgép, majd a robbanómotor volt. Az új világunknak a dinamikus hálózatokat föltáró tudomány lehet az alapja, „motorja” a számítógép és a hajtóereje a megújuló energiák.

¹⁰⁵ Jól szemlélteti az újfajta gondolkodásmód lényegét az, hogy ma már nem elegendő a parlagfüvet okolni az egyre több allergiás megbetegedésért. Fel kell derítenünk azt a bonyolult hálózatot, amelyben a korábban ártalmatlan parlagfű a gazdasági tevékenység és a környezet kapcsolata révén allergénné vált. Mivel még ebben a bonyolult rendszerben nem tudjuk a részleteket összeilleszteni, ezért helytelenül a parlagfüvet okoljuk és irtjuk, pedig az ok az ember szerteágazó tevékenységében (környezetszennyező tevékenységében) rejlik. A részleteket kapcsolatról kapcsolatra föl kell derítenünk ahhoz, hogy dinamikus összjátékukat megérthessük.

Rendszertudomány

A tudomány specializálódásának következtében azonban tudásunk növekedése egyre inkább egy olyan halmazhoz hasonlít, amely izolált részekből áll, nem pedig összefüggéseket mutató kép. Ezért az újfajta, az új szemléleten alapuló tudománynak a legfőbb feladata, hogy a részeket összerendezze, így a valóságról koherens képet kaphatunk. A komplex rendszerek sajátosságai nem redukálhatók teljes egészében a részek tulajdonságaira. Tehát meg kell ismernünk a nagy számú, különböző részből álló rendszereket, tudnunk kell, hogy ha különféle hatásoknak vannak kitéve, hogyan viselkednek, mint egység.

Az elmúlt időszakban a tudomány számos ága egyre inkább az ún. szervezett komplexumok, azaz a különböző rendszerek vizsgálata felé fordult. Ezzel kezdetét vette az ún. rendszertudományok kialakulása.¹⁰⁶

Az analízáló tudomány (tudós) a részletekre figyel, és elhanyagolja a rendszer egészének struktúráját, igyekszik a részleteknek jelentést adni. A rendszertudományra viszont az a jellemző, hogy a rendszer minden szintjén a struktúrára és az összefüggésekre koncentrálnak, és ezeknek megfelelően rakja össze a részleteket. A valóság megismeréséhez fontos, hogy a kutatás szempontjából a kutatás tárgyát saját struktúrával és tulajdonsággal rendelkező rendszerként fogjuk föl, nem pedig izolált oksági kapcsolatban álló elemek halmazaként.

A rendszertudomány nem *Demokritosz* gondolatai mentén halad, azaz nem a mindenben megtalálható és mindent felépíthető legkisebb közös alkotórészt keresi, hanem a szerveződésre figyel. Vizsgálja az egymással összefüggésben lévő jelenségek struktúráját, és azt, hogy környezetükhöz hogyan viszonyulnak, és a környezetükhöz kapcsolódva, környezetükkel kölcsönhatásban hogyan funkcionálnak. Nem csak az alkotóelemek összetételében van a különbség, hanem az azok között meglévő kapcsolatokban, illetve az alkotóelemek szerveződésében.

Az egyedi mindig egy általános háttérben létrejövő specializációnak tekinthető, de az egyedi nem kezelhető és nem érthető meg anélkül a környezet vagy rendszer nélkül, amelyben létrejött. A fentiek értelmében az

¹⁰⁶ Jellemző példa erre a Föld úgynevezett Gaia-elmélete, melyet *J. E. Lovelock* dolgozott ki. A lényege az, hogy a bioszféra egy komplex önszabályozó rendszer, amely úgy változtatja meg a körülményeket, hogy számára a feltételek a lehető legkedvezőbbek legyenek. Nagy kérdés számunkra, hogy a bioszféra hatástalanítani tudja-e az emberi faj okozta kedvezőtlen hatásokat? A másik nagy kérdés az, hogy, ha ez a rendszer valóban képes hatástalanítani az ember okozta kedvezőtlen változásokat, ez az ember „hatástalanításával” jár-e együtt?

ember természetes rendszernek¹⁰⁷ tekinthető, kevésbé általánosítva élőlény, ezen belül speciálisan egy ember, amely egy adott társadalmi és kulturális közösség speciális tagja, és végső sorban egy önálló személyiség, individuum.

A természetes rendszerek sajátosságai:

1. A természetes rendszerek tovább nem redukálható tulajdonsággal rendelkező teljességek. Tehát megállapítható, hogy az olyan különböző dolgok, mint az atomok, élőlények, vagy az élőlények különböző szerveződése, megfelelnek ennek a kritériumnak, azaz mindegyikük tovább nem redukálható tulajdonsággal rendelkező rendszer, egység.
2. A természetes rendszerek másik sajátossága az, hogy a változó környezeti feltételek között is képesek önfenntartóak lenni, azaz egy egyensúlyi állapotban lévő nyílt rendszernek tekinthetők.¹⁰⁸
3. A természetes rendszerekben új struktúrák és funkciók jönnek létre, melyek más rendszerekkel kölcsönhatásban alakulnak ki.
4. A természetes rendszerek rendelkeznek azzal a tulajdonsággal, hogy összhangba hozzák az alacsonyabb szintű alkotóelemeiket – azokat, amelyekből létrejöttek – azzal a magasabb szintű rendszerrel, amelyek vezérlése, ellenőrzése alatt állnak. Tehát képesek saját részeik viselkedését koordinálni, és ennek eredményeképpen a rendszer más összetevőinek viselkedésével összehangolni.¹⁰⁹

(László Ervin (2001): A rendszerelmélet távlati című műve alapján)

Tehát a rendszertudomány szempontjából a természeti környezetünk egy komplex szervezet, melynek részei kölcsönhatásban állnak egymással, és együttesen létrehozhatnak egy magasabb rendű rendszert.

A világ egysége

Azon túlmenően, hogy a mindennapi tapasztalat szerint a Föld körül fordul el minden, tehát a Föld a világmindenség középpontja, a középkorban egy részleteiben kidolgozott világképnek is része volt ez a szemlélet. Ezért,

¹⁰⁷ Minden olyan rendszert természetesnek tekintünk, amely nem tudatos emberi tevékenység eredményeként jön létre.

¹⁰⁸ Ilyen módon a természet egy hatalmas önszabályozó rendszernek tekinthető, amely a Naptól nyeri az energiát és gyakorlatilag hulladék nélkül tartja fenn az egyensúlyi állapotát.

¹⁰⁹ Az összehangolt együttműködésre nem képes részek valamilyen módon a saját vesztüket okozzák, hiszen, ha együttműködésre nem képesek, akkor vagy a rendszer löki ki magából őket, vagy ők teszik működésképtelenné a rendszert (ennek tipikus példája a rákos burjánzás).

amikor a XVI. században *Kopernikusz* rájött, hogy nem a Föld az a középpont, mely körül a bolygók elfordulnak, nem egyszerűen csak egy fizikai tényre mutatott rá, egy hibás gondolatot javított ki, hanem egy alapvető világnézeti tételen változtatott.

A kopernikuszi nézetek elfogadtatásában *Galileinek* rendkívül nagy szerepe volt a XVI-XVII. században. Ezt követően pedig *Newton* már meg is alkotta azokat a törvényeket, amelyek egységbe foglalták az égitestek és a földi testek mozgását. Az ő törvényei lényegében megszüntették a Föld és a földi világ kitüntetett helyzetét, és a Földet mintegy egységbe foglalták a világmindenséggel.

Ha a Newton-törvények tekintetében egységes a világmindenség, akkor a Földön tapasztalt keletkezés és elmúlás feltehetően ugyanúgy érvényes a csillagok és a bolygók világára, mint ahogy azt naponta tapasztaljuk a Földön. Ennek köszönhetően a XVI. században megszülettek az első égitest keletkezési elméletek. Az első tudományos igénnyel megalkotott elmélet *Kant* (1724-1804) nevéhez fűződik. Ő úgy képzelte, hogy a naprendszer egy nagyon finom porból álló felhőből sűrűsödött össze. Erre alapozva *Laplace* (1749-1827) fejlesztette, dolgozta ki az úgynevezett köd (nebula) hipotézist, mely szerint egy lassan örvénylő, a környezetéhez képest magas hőmérsékletű csillagközi ködből jött létre a naprendszer. A folyamat lényege az, hogy a forgó felhőből gyűrűk váltak le, amelyekből sűrűsödéssel létrejöttek a bolygók, a központi felhőrészből pedig létrejött a Nap. Annak ellenére, hogy ennek az elméletnek számos hiányossága van, a lényegét tekintve megegyezik a ma elfogadott elméletekkel.

A világ egységének, illetve az egységes szemlélet kialakulásához jelentősen hozzájárult az, hogy a XIX. században felismerték az izzásban lévő kémiai elemek fénye (spektruma) jellemző az egyes elemekre, továbbá az is kiderült, hogy, ha a csillagok fényét egy színeképelemző berendezés segítségével elemezzük, akkor ugyanazokat az elemeket figyelhetjük meg, amelyekkel a Földön találkozunk. Ez azt jelenti, hogy világunk nemcsak a mechanikájában, azaz mozgástörvényeiben, a keletkezésében és elmúlásában, hanem építőelemeiben is egységes. Tehát ugyanazokból a kémiai elemekből épül föl egy csillag, egy bolygó, vagy egy élőlény.

A XX. század elején újabb felfedezés segítette a világgép egységülését. *Hubble*, amerikai csillagász az 1920-as évek közepén bizonyította a tejútrendszer létét. Ezzel tovább bővült a világegyetem egységéről és szerkezetéről alkotott képünk, mely a következő: A világegyetemben föllelhető kémiai elemek építik föl a bolygókat és a csillagokat. A Föld egy a világegyetemben található bolygók közül. Ez a bolygó úgy, mint ahogy az univerzum távoli pontjain az jellemző, egy csillag körül kering. Ezt a csillagot mi Napnak nevezzük. A mi Napunk azonban csak egyetlen a szinte

megszámlálhatatlanul sok csillag közül, amely a világegyetemben található. Azonban ezek a csillagok sem véletlenszerűen találhatók a világegyetemben, hanem csillagrendszereket, úgynevezett galaxisokat hoznak létre. Ezen galaxisok közül egy a mi galaxisunk, amelyet Tejútrendszernek nevezünk. Ebben a rendszerben nagyságrendileg 100 milliárd csillag található. A XX. században később az is kiderült, hogy a galaxisok is egy sajátos szerkezetet, úgynevezett galaxis halmazokat hoznak létre, és a galaxis halmazokból is nagyon sok található a világegyetemben.

A XX. század későbbi évtizedeinek kutatási eredményei alapján elmondhatjuk, hogy ezek a galaxisok, illetve a galaxis halmazok nem egyszerűen lebegnek a világmindenségben, hanem hatalmas sebességgel (200 000 km/s, a fénysebesség 2/3-ával) távolodnak egymástól. Ha azonban jelenleg távolodnak egymástól, akkor ha az időben visszafelé gondolkodunk, arra a következtetésre kell jutnunk, hogy valamikor közelebb voltak egymáshoz, és a távolodás sebességéből ki tudjuk számolni, hogy mikor lehettek a lehető legközelebb egymáshoz, azaz mikor volt az a pillanat, amikor a távolodás (a nagy sebesség miatt mondhatjuk, a robbanás), az általunk ismert világegyetem keletkezése megindult.

A ma leginkább elfogadott elmélet szerint, melyet Big Bang elméletnek nevezünk, a világunk valamikor egyetlen pontban sűrűsödött össze, és az úgynevezett ősrobbanás révén fokozatos tágulással, és a tágulásban kialakuló sűrűsödésekkel a csillagok, bolygók, galaxisok folyamatos létrejöttével alakult ki, illetve napjainkban is folyamatosan alakul. Az elmélet egyik bizonyítéka, hogy az ősrobbanás nyomán keletkezett háttérsugárzás 1965-ben *Eliziasnak* és *Wilsonnak* sikerült kimutatni.

A világnézet változása

Látható, hogy a kozmikus környezetünkről alkotott képünk folyamatosan változott. Tehát a megújuláshoz új világgépre volt, és van ma is szükség. Mint ahogy az emberiség történelme során néhányszor megtörtént, az igazi változást a világszemlélet, a világgép változása előzte meg. Néhány mondatban tekintsük át a világnézet változásának történetét.

Az első hosszú időn keresztül jellemző világnézetet a mítoszok uralma jellemezte. Az ember és természet kapcsolata rendkívül szoros volt. Az egyén erősen kötődött a törzséhez, amely része volt a közvetlen környezetének, melyet hite szerint mitikus erők irányítottak. Az ember nem kételkedett abban, hogy léte a közvetlen környezetéhez való viszonyától függ, és a tágabb környezete a természet végtelennek, kimeríthetetlennek és olyan örök rendszernek tűnt, melyet tőle független erők irányítanak.

Az ókori ember a természeti jelenségek magyarázatára természetfilozófiát dolgozott ki, azaz a mitológiai elképzeléseket olyan elméletekkel váltották föl, amelyek a megfigyelésekre és a logikus gondolkodásra támaszkodtak. A korai görög természetfilozófusok szerint a természet vezérlőelve, a logosz (az elvont világtörvény). A logosz később összekapcsolódott a mértékkal (metron), s ez teremtette meg a mai (nyugati) kultúránk alapját.

A kereszténység idején a logosz világgép módosult, hiszen isteni forrásra vezették vissza az eredetét, mely Isten az elsőnek és utolsónak, és mindenk alkotójának volt tekinthető. Ez a világgép jellemezte a középkori Európát. Az újkori tudomány kibontakozásával mind a görögök logoszon, mind a középkor isteni alkotón alapuló világgépe lényegesen megváltozott.

Kopernikusz, Kepler, Galilei és Newton munkásságának köszönhetően olyan világnézet alakult ki, ahol a törvények egyformán érvényesültek a Földön és az Égben. Ezzel olyan mechanisztikus világgép alakult ki, amely napjainkig hat. A *Descartes*-nál kiteljesedő világnézet lényege az, hogy az Isten alkotta és általa elindított szerkezet minden egyes mozgása a racionális elme segítségével megismerhető. Erre alapozva napjainkra egy olyan ipari társadalom jött létre, amely a tudományos ismeretekre támaszkodva egyre bonyolultabb technikát és technológiát hoz létre, melyek a hatalom és a gazdaság irányítóinak eddig nem látott előnyökkel járnak. Ugyanakkor a történelem során soha nem látott mérvű szegénységet, a természetre pedig soha nem látott terhet rótt a technikai „fejlődés”.

Miközben az Újkor mechanisztikus világnézete egyesítette a földi és égi fizikát és matematikát, az embert és természetet elválasztotta egymástól, és az ember egyik fő céljává tette a természet fölötti uralom elérését a tudomány segítségével. Az új tudományos fölismerések azonban azt mutatják, hogy a világegyetem nem egyszerűen csak élettelen mechanisztikus részek összessége, sokkal inkább az élő szervezetekben már általunk megismert, egymással összefüggő, egymással kölcsönhatásban lévő részek összessége, melyekben a részek tulajdonságaihoz képest új tulajdonságok is megjelennek. Tehát az alkotórészekből minőségileg több, magasabb rendű, fejlettebb rendszer alakul ki.

A bioszféra például a világegyetemben, mint rendszerben megjelenő új tulajdonság; az értelem, a tudat pedig a bioszférában, mint rendszerben megjelenő sajátosság, de sem a bioszféra, sem a tudat nem független attól a rendszertől, attól a környezettől, amelyben létrejött. Tudatunk összefügg a létünkkel, létünk a bioszféra nélkül elképzelhetetlen. A bioszféra viszont érzékenyen reagál az őt körülvevő kozmikus környezetre, és ugyanakkor az emberi tevékenységre és az emberi tudatra. Tudatunk pedig nemcsak testünkkel, hanem más tudatokkal is kapcsolatban áll.

Növekvő függetlenedési törekvésünk a természettől, s ezzel növekvő individualitás-tudatunk fontos része volt kultúránk fejlődésének, azonban

látva a fejlődés negatívumait, arra kell törekednünk, hogy az „egocentrikus” világméretet kiegészítsük azzal a tudással, hogy tudatunk egy nagyobb egység része, azaz a „belső” és a „külső” nem elválasztani, hanem egyesíteni kell. Azaz az egyént a természet, a világegyetem részeként kell kezelni. Meg kell próbálnunk megválaszolni a kérdést: Vajon individuális tudatunk is része-e egy nagyobb, egy átfogóbb tudatosságnak?

László Ervin, korunk egyik legnagyobb gondolkodója írja egyik művében, hogy *„Izgalmas időket élünk: az alkotás és az új világméret kialakulásának korszaka ez.”* Valóban korunk új tudományos eredményei egy új világméret kialakulását segíthetik elő hasonlóan ahhoz, ahogyan ez történelmünkben már többször megtörtént.

Korábban láttuk, hogy a rendszertudomány egységes szemléletmódja lényegesen eltér a klasszikus természettudomány atomista, mechanisztikus felfogásától, ezzel segítheti a régi szemlélet átalakulását. Ez az alábbiakból is kiderül:

- *„A klasszikus természettudományos felfogás a természetet egy gigantikus gépként látta, mely sok bonyolult, de egymással felcserélhető mechanikus elemből áll. A rendszertudomány ellenben a természetet fel nem cserélhető elemekből álló szervezatként vizsgálja, eredendő, de mégsem determinált, célszerűen egymáshoz igazodó összességként. Önfejlődő rendszerként, mely rendelkezik a spontaneitás képességével.*
- *A klasszikus világnézet atomisztikus volt. Az objektumokat a természettől, az emberektől, egymástól és környezetüktől elszigetelve vizsgálta. A rendszerelmélet szemlélete ezzel ellentétben az ember és ember, az ember és a természet közötti viszonyt, illetve kommunikációt vizsgálja. Fontosnak tartja, hogy a természet és emberi világban integrált közösségek és folyton változó érdekek hatnak egymásra.*
- *A klasszikus világnézet materialista volt. Számára minden izolálható, egzaktul mérhető tárgy. A rendszerelmélet új jelentést ad az anyag fogalmának a változó, kölcsönható energiák konfigurációjával s azzal, hogy engedélyezi a valószínűségi folyamatokat, az önmegvalósító aktusokat és a megjósolhatatlanságot.*
- *Elméleteinek köznapi alkalmazásaiban a klasszikus világnézet túlértékelte az anyagi javak jelentőségét, és elősegítette a hatalomra éhes konkurenciaharcot. Az új felfogás szerint az információ, s ezért a képzettség, a kommunikáció és az emberi teljesítmény fontosabb, mint az anyagi javak halmozása és a hatalomra való törekvés.*
- *A materiális tartományban a klasszikus világnézet a növekedést jelölte meg a társadalmi-gazdasági haladás legfőbb céljaként. Ez a*

- növekedés egyre több energiát, nyersanyagot és egyéb forrásokat kíván. A rendszertudományos szemlélet a szociális és társadalmi elemekből alkotott összességet tartja a legfontosabbnak, s a fenntartható fejlődést támogatja a rugalmasság s a kooperatív, egymásra kölcsönösen ható kisebb egységek érdekeinek összehangolása révén.
- A klasszikus világnézet antropocentrikus volt. Képviselője szemében az ember olyan lény, aki céljai érdekében uralja és irányítja a természetet. A rendszerszemlélet viszont egy olyan önfenntartó és önfejlődő egység szerves részeként tanulmányozza, mely e bolygón minden élet keretét és előfeltételét megszabja.
 - A klasszikus világnézetet az orvostudományra alkalmazva az emberi test egy gépnek látszott, melyet a személyiséget figyelmen kívül hagyó fizikális behatásokkal és cselekedetekkel újra és újra rendbe kell hozni. Úgy gondolták, hogy a lelki bajokat el lehet választani a testiektől, s izoláltan gyógyítani lehet. Amennyiben azonban a rendszerszemlélet az orvosi diagnózis alapja, a test máris egy kölcsönható részekből álló rendszer, test és lélek nem választható el egymástól. A rendszer egészének állapota kerül előtérbe, s hogy azon javítani tudjunk, pszichikai és interperszonális viszonyaira éppúgy tekintettel kell lennünk, mint a fizikai és fiziológiai tényezőkre.
 - A klasszikusról a rendszerelméleti világnézetre való súlypontát helyezés sürgető szükségesség. A világnézet egy közösségben érvényes fogalmak, elképzelések, értékek és szokások együttese, mely a közösség tagjainak cselekedeteit irányítja. Valamely világnézet néha csak kisebb közösségekre – például egy kutatócsoportra – hat, máskor meg jóval nagyobbakra, például egész kultúrákra. Hozzájárulhat ahhoz, hogy az ember megértse annak a világnak a lényegét, amelyben él, felismerje benne saját szerepét és identitását. Ezen kívül ha a világnézet egy koherens, átfogó rendszer, végigkísérhet, elkalauzolhat bennünket az élet egymást követő szakaszain, a gyermekkortól a fiatalkoron át a felnőttkorig, sőt a késő öregkorig. S ha világnézetünk tudatos, akkor eszményképeket jelöl ki számunkra, melyeket követve megfelelő emberi kapcsolatokat és társadalmi szerepet leszünk képesek kiépíteni, illetve betölteni, s megtaláljuk hivatásunkat.”

(Idézet, László Ervin (2001): A rendszerelmélet távlatai című művéből)

Végezetül vessünk fel egy, a mai világnézetünkkel, tudományos gondolkodásunkkal, mindennapi gyakorlatunkkal ellentétesnek látszó

gondolatot, amely ugyan a tudományos gondolkodás számára jelenleg megválaszolhatatlan, azonban az emberi kultúrától nem idegen.

A világegyetem megismerésének lehetséges-e egy alapvetően eltérő, más útja? Eddig úgy gondoltuk, hogy a vizsgálatunk tárgyának különböző tulajdonságait, részleteit érzékszerveinkkel, műszereinkkel analizáljuk, majd szintetizáljuk, és így szerzünk információkat. Talán úgy is lehet tudást, információt szerezni, hogy azokká a tárgyakká „válnak”, amelyeket meg akarunk ismerni. Ez a nézőpont vagy feltételezés az eddigi gyakorlattal nem valósítható meg, az eddigi gondolkodásmóddal nem érthető meg. Csak akkor érhetjük meg, ha nézőpontot váltunk, máshogyan gondolkodunk, azaz nem kívülálló szemlélőként vizsgáljuk a természetet, az univerzumot, hanem annak részévé válunk. Annak az egésznek a részévé, amely összeköt, nem pedig elválaszt bennünket.

A Föld nevű úrhajó

Már a korábbi korok gondolkodói, tudósai figyelmeztettek, hogy az ember és természet viszonyának alakulása rossz irányba megy. A Földi környezetünk nem az anyag és energia végtelen tárháza, ill. hulladékok és szennyező anyagok végtelen befogadóképességű közege. *Madách Imre* „*Az ember tragédiája*” tizenkettedik színében komoly figyelmeztetést fogalmaz meg a javak korlátolt voltára vonatkozóan:

“Midőn az ember földén megjelent,
Jól bérházott éléskamra volt az:
Csak a kezét kellett kinyújtani,
Hogy készen szedje mindazt, ami kell.
Költött tehát meggondolatlanul,
Mint a sajtféreg, s édes mámorában
Ráért regényes hipotézisekben
Keresni ingert és költészetet.
De már nekünk, a legvégső falatnál,
Fukarkodnunk kell, általlátva rég,
Hogy elfogy a sajt, és éhen veszünk.”

Egy „Nobel-díjas tévedés”

Az ember környezetpusztító tevékenységének súlyos következményeire komoly válaszlépések nem történtek a XX. század közepéig, addig, amíg a problémák globálissá és minden embert személyesen is érintővé nem váltak. Már látjuk hogy, minden korábbi figyelmeztetés és intő példa eredménytelen

volt (pl. a Húsvét-szigetek esete). (A témához ajánlott olvasmány: *László Ervin: Izgalmas idők*. Magyar Könyvklub, 1999. A könyv egy részlete a függelék 217. oldalán olvasható.)

A környezetszennyezés elleni első fellépések elindítója a DDT (diklór-difenil-triklór-etán) volt. A vegyületet 1874-ben *Othmaar Zeidler* állította elő. *Paul Hermann Müller* (1899-1965) svájci kémikus 1930-as években végzett vizsgálatai alapján olyan növényvédő szerként került gyártásra, amely sem a növényekre, sem a melegvérű állatokra nincs hatással, ugyanakkor hatása az ízeltlábúakra rendkívül nagy és tartós. Ennek megfelelően a II. világháború folyamán nemcsak mint növényvédő szert, hanem a járványos betegségeket okozó rovarok irtására is használták, és olyan csodaszernek tartották, amely emberek százezreit mentette meg a járványos betegségektől. *Müller*, felfedezéséért 1948-ban Nobel-díjat kapott.

Rövid időn belül kiderült azonban, hogy a DDT korántsem olyan veszélytelen, mint ahogy azt kezdetben gondolták. Különböző kísérletek és vizsgálatok kimutatták, hogy feldúsul a vízben, a talajban és az emberi zsírszövetben (**4. táblázat**), károsítja a madarakat és az emlősöket, és az emberre is veszélyes. Mindezek következtében a DDT-t be is tiltották a Föld számos országában. A DDT és más növényvédő szerek káros hatásait *Rachel Carson* (1907-1964) „*Néma tavasz*” (**30. kép**) című 1962-ben megjelent könyvében tette közzé. A könyv az értelmiség bizonyos rétegére szinte sokkoló hatású volt, és ma ezt a könyvet tekintjük a környezetvédelmi mozgalmak elindítójának. (A témához ajánlott olvasmány: *Rachel Carson: Néma tavasz*, Katalizátor Iroda, Bp. 1994. A könyv egy részlete a függelék 219. oldalán olvasható.)

<i>Ország</i>	<i>Év</i>	<i>DDT (ppm)</i>
USA	1942	0
USA	1950	5,3
USA	1955	19,9
USA	1962/63	10,3
Németország (NSZK)	1958/59	2,2
Franciaország	1961	5,2
Magyarország	1960	12,4
Izrael	1963/64	19,2
India	1964	26,0

4. táblázat *Az emberi zsírszövetben felhalmozódó DDT*

(*Forrás: Bozsoki Annamária: A környezetgazdálkodás, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1998.*)

A környezetszennyezés tudományos és politikai kérdéssé válik

A II. világháborút követően több olyan esemény történt (mint pl. 1952-ben Londonban a füstköd katasztrófa, vagy Japánban a higanyszennyezés okozta minamata-betegség megfigyelése 1953-ban), amelyek egyre többször váltottak ki az érintettek körében tiltakozásokat. Ezekkel párhuzamosan megjelentek a környezetvédelmi mozgalmak, és tömegbázisuk is egyre növekedett. A károk növekedése következtében a környezetszennyezés ügye lassan politikai kérdéssé vált.



30. kép. Rachel Carson ökológus

(Forrás: <http://library.thinkquest.org/J001621/carson.jpg>)

A globális szennyeződés kialakulásával világossá vált, hogy a környezetszennyezés nem ismer politikai-, vagy országhatárokat. Az USA északi részének iparvidéke a légszennyezés következtében Kanadának okozott károkat, míg az angol kén-dioxid-kibocsátás a skandináv államokban okozta a környezet savanyodását. Ezek és más hasonló esetek egyre világosabbá tették, hogy a megoldás csak nemzetközi összefogással lehetséges. A nemzetközi összefogás megvalósítására 1960-as években már több lépés történt.

Az ENSZ-ben 1965-ben hangzott el az első erre vonatkozó felszólalás, mely utalt a környezetszennyezés globális veszélyére. Felhívta az emberiség figyelmét arra, hogy a Föld, egy olyan úrban száguldó úrhajó, melynek legénysége maga az emberiség, és ez az úrhajó értékes, de ugyanakkor korlátozott erőforrással rendelkezik. Ezt figyelembe kell vennünk, és ezért egyensúlyban kell tartanunk a rendszert, és semmit sem szabad elpazarolnunk.

1968-ban *Aurelio Peccei* (1908–1984), olasz közgazdászt az a felismerés, hogy a társadalmunk fejlődése és a természeti környezet között olyan ellentmondás alakult ki, amely tovább nem tartható fenn, arra ösztönözte, hogy Földünk közismert tudósaiból egy társaságot hozzon létre Római Klub néven, azzal a céllal, hogy kielégítő megoldást találjanak a globális problémákra.

Az első lépések nemzetközi szinten

1969-ben az UNESCO és az ENSZ együttműködésével megrendezésre került a Bioszféra Konferencia. A konferencián megtárgyalásra kerültek a bioszféra kutatás addigi eredményei, ill. a talajhasználat és a hulladékhasznosítás kérdései.

Szintén ebben az évben U Thant (ENSZ főtitkár) az alábbi felhívással fordult a tagállamokhoz: *"Az emberiség történelme során most első ízben vagyunk tanúi egy olyan világviszonylatú válság kibontakozásának, amely mind a fejlett, mind a fejlődő országokat érinti; az emberi környezet válságáról van szó. Ha a jelenlegi irányzatok továbbra is érvényesülnek, biztosra vehető, hogy veszélybe kerül az élet a Földön. Ezért sürgősen fel kell hívni a világ figyelmét azokra a problémákra, amelyek megakadályozhatják az emberiséget abban, hogy legmagasabb rendű törekvéseink megvalósulását lehetővé tevő környezetben éljen."*

Ezzel a kijelentéssel az Egyesült Nemzetek Szervezete deklarálta, hogy foglalkozni kíván a Föld globális problémáinak megoldásával. Ezt követően határozat született arról, hogy 1972-ben világkonferenciát rendeznek "Az Emberi Környezet ENSZ Konferenciája" címmel. A svédországi konferencián 113 állam delegációja vett részt.

A következő dokumentumokat fogadták el:

- Nyilatkozat az emberi környezetről
- Nyilatkozat az irányelvekről
- Akcióprogram-javaslatok
- Szervezeti kérdések.

Az 1970-es években a környezetvédelem hivatalos elismerést nyert és megkezdődött intézményrendszerének kiépülése. 1972 – a stockholmi konferencia éve – a környezetvédelem történetében nagyon fontos dátum, mert az itt megszületett határozatok szolgálták alapul az aláíró tagországok környezetvédelmi tevékenységének és szervezeti rendszerének felépítéséhez, ill. további szervezetek, programok, megállapodások létrehozásához. (A konferenciához kapcsolódik egy – mára már közismertté vált – tudományos munka megjelenése „*Csak egyetlen Föld van*” címmel.)

A konferencia eredményének tekinthető az egyesült nemzetek környezetvédelmi programjának (UNEP) létrehozása. Az UNEP fő feladata az ENSZ szervezetein belül, a környezetvédelmi programok koordinálása, és a tagállamok szükséges információkkal való ellátása. Szintén a konferencia egyik eredménye, hogy június 5-ét Környezetvédelmi Világnappá nyilvánították. (További környezetvédelmi jeles napok a függelék 226. oldalán találhatóak.)

A stockholmi konferenciát követően számos nemzetközi megállapodás született, mint pl. a Londoni Egyezmény I., II. (1972-1973) (a tengerek szennyezésének korlátozásáról szóló tengervédelmi egyezmény), a Washingtoni Egyezmény (1973) (a veszélyeztetett vadon élő növény- és állatfajok kereskedelméről szóló egyezmény) stb. Az 1970-es években a környezetvédelem már a világpolitika részévé vált. Ezt bizonyítja, hogy 1975-ben Helsinkiben tartott Európai Együttműködési és Biztonsági Értekezleten külön foglalkoztak a határokon áterjedő levegő- és vízszennyezés kérdésével. A környezetvédelem politikai jelentőségét mutatja, hogy 1979-ben parlamenti képviselőkhöz jutott az első úgynevezett „zöld politikai párt” Svájcban. Mindezek ellenére a 70-es években már kezdett világossá válni, hogy a globális problémákra vonatkozó előrejelzések, mint pl. az ózonpajzs sérülése, kezdtek valóra válni. Tragikus balesetek figyelmeztettek, mint pl. a sevesói (Olaszország, 1976), vagy pl. a Sandoz Bazel melletti üzemének kigyulladás (Svájc, 1976) hogy az egyezmények és az intézményesedés ellenére a problémák nincsenek megoldva (lásd függelék 227. o., 228. o.).

Ezek után a 80-as évek egyezményei az azokat aláíróktól legtöbbször már olyan konkrét tettek megvalósítását követelték meg, melyeket a kitűzött határidőkre meg kell valósítani. Sajnos az ilyen “kemény jognak” nevezett megállapodási formát nem mindig lehetett minden szerződéssel aláírni. Legtöbbször csak úgynevezett „lány jogi” formát, azaz csak ajánlásokat és irányelveket lehetett a szerződésekben rögzíteni. Ezek ellenére igen jelentős egyezmények és megállapodások születtek, mint pl. 1985-ben Helsinkiben a kén-dioxid egyezmény, amely a kén-dioxid kibocsátás 30 %-os mérséklését irányozta elő a 90-es évek elejére. Rendkívül nagy jelentőségű volt a Bécsi Egyezmény 1985-ben, amely az ózonréteg védelméről szólt, és az ezt követő 1987-es Montreali Egyezmény, amelyek értelmében (a Londoni Egyezmény szigorítását figyelembe véve) 2000-re a klórozott-fluorozott szénvegyületek (CFC-k) termelését és felhasználását teljesen be kellett szüntetni. 1988-ban Szófiában született az úgynevezett NO_x-egyezmény, amely a nitrogén-oxidok kibocsátásának csökkentését irányozza elő. A 80-as évek végére megszületett a hulladékok nemzetközi szállítását szabályozó úgynevezett Bázeli Egyezmény is (1989). Abban az évtizedben jött létre a Környezet és

Fejlődés Világbizottság, *Gro Harlem Brundtland* asszony (31. kép) vezetésével, melynek “*Közös jövőnk*” címmel kiadott jelentésében esik először szó az úgynevezett fenntartható fejlődésről, mely fogalom napjaink környezeti politikájának az alapjává vált.



31. kép. *Brundtland asszony*

(Forrás: <http://www.who.int/inf-pr-1998/images/serment.JPG>)

A Környezet és Fejlődés Világbizottság tevékenységének rendkívül nagy eredménye, hogy előkészítették az 1992-es Rio de Janeiróban megrendezett ENSZ Környezetvédelmi és Fejlesztési Konferenciát, melynek a fenntartható fejlődés volt a központi gondolata.

1993-ban *László Ervin* megalapította a Budapest Klubot, amely a globális gondolkodás fejlődésének egy következő jelentős állomása. (A témához ajánlott olvasmány: *László Ervin: Harmadik évezred, Veszélyek és esélyek*, A Budapest Klub első jelentése, Bp., 1998. A könyv egy részlete a függelék 224. oldalán olvasható.)

2002-ben Johannesburgban, a világ addigi legnagyobb konferenciáján vitatták meg a Riói Konferencia óta eltelt tíz év eredményeit, illetve sajnos helyesebb úgy fogalmaznunk, hogy eredménytelenségeit. Hiszen a konferencia bebizonyította, hogy az emberiség még nem képes rövid távú érdekeit hosszú távú érdekek mögé helyezni. A környezetünk helyzete ugyanis tovább romlott, bár a fenntartható fejlődés gondolata széles körben ismertté vált, a lényegét (11. ábra) – azaz, hogy a fejlődés fontosabb, mint a növekedés és a környezetnek, gazdaságnak és a szociális igényeknek harmóniában kell lenniük – még nem sikerült megértenünk.

„A valóságról alkotott képzeleteink mély és szerteágazó változását éljük meg. A régi anyagelvű modellek lassan erejüket veszítik, és mi pedig fokozatosan összeállítjuk az új valóság mozaikképét. A haladás iránya azt sejteti, hogy az új modellnek része lesz az elme és a tudat, mint a valóság alapvető megjelenési formája.”

(Idézet, László Ervin (2001): A tudat forradalma című művéből)

Bár a tudomány és a technika új eredményei új távlatokat nyitnak, tudati, lelki átalakulás nélkül valódi fejlődés nem következhet be.



A fenntartható fejlődés olyan hosszú távú politikát és tevékenységet igényel, melynek alapja a jelenlegitől elétérő ember-ember és ember-természet közötti viszony.

Ennek eredményeképpen létrejöhetnek:

Fenntartható közösségek, államok és nemzetek.

Amelyek igénylik:

Szociális, gazdasági és környezeti igények hosszú távú harmonizálását a hosszú távú fennmaradás érdekében.

Ez magában foglalja:

Környezeti igények

- Hulladékok mennyiségének csökkentése, újrahasználat és újrahasznosítás.
- Megújuló források használata.
- Tiszta levegő, víz, talaj.
- Biodiverzitás stb.

Szociális és gazdasági igények

- Mindenki számára elfogadható életkörülmények.
- Mindenféle megkülönböztetéstől és elnyomástól mentes élet.
- Demokratikus döntéshozatal.
- Együttműködés.
- A generációkon belüli és generációk közötti egyenlőség lehetőségnek megteremtése.
- Ökológiailag is elfogadható gazdaság.
- A források hatékony felhasználása.
- Emberléptékű települések.
- A helyi igények helyi forrásokból történő kielégítése stb.

11. ábra A fenntartható fejlődés lényegének összefoglalása

FELHASZNÁLT ÉS AJÁNLOTT IRODALOM

- Arisztotelész. Metafizika, Budapest 1992.
- Dr. Balázs Lóránt: A kémia története. Nemzeti Tankönyv Kiadó, 1996.
- Bozsoki Annamária: A környezetgazdálkodás, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1998
- Rachel Carson: Néma tavasz. Katalizátor Iroda, Budapest, 1994.
- Csőke Pál: A magyar erdőgazdálkodás története. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1980.
- Barbara Ward-René Dubos: Csak egyetlen Föld van. Közgazdasági és Jogi Kiadó, 1975.
- Élelem hatmilliárd ember számára, A Római Klub Budapesti Konferenciája. Szerkesztette: Vándor Péter, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1985.
- Az ember és környezete a történelemben. Nemzeti Szakképzési Intézet, Budapest, 1991.
- Az emberiség krónikája. Szerk.: B. Harenberg. Officina Nova, 1991.
- Endrefi István: Erdő a történelemben. Természet Világa, 1990. 1. sz. 25-27. o.
- Erdősi-Lehmann: A környezetváltozás és hatásai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1984.
- Luck Ferry: Új rend: Az ökológia. Európa Könyvkiadó, 1992.
- Fontenelle: Beszélgetések a világok sokaságáról. Magyar Helikon, 1979.
- From the abridged Johnson's Dictionary, 7th Edition, printed and published by W Strachan in 1783, and the Times Books facsimile folio edition *A Dictionary of the English Language* of 1979.
- Walter R. Fuchs: Mielőtt a Föld „mozgásba jött” (A természetismeret történetéből). Minerva Kiadó, Budapest, 1978.
- Granasztói György: Középkori magyar város. Gondolat Kiadó, Budapest, 1980.
- Horváth Kinga: A környezetvédelem és a történelem tantárgy összefüggései. Új Pedagógiai Szemle, 1993./10., 21-26. o.
- Horváth Kinga: Történelem és ökológia (Kézirat)
- Janssens, Paul: Palaeopathology: Diseases and Injuries of Prehistoric Man. John Baker, London, 1970.
- Evelyn, John: The Diary of John Evelyn. Oxford University Press, London, 1959.

- Josef Klima: Mezopotámia. Gondolat Kiadó, 1983.
- Környezetvédelmi lexikon, Akadémiai Kiadó, 2002.
- Kulin Katalin: Utazás a régi Angliában. Gondolat Kiadó, Budapest, 1964.
- László Ervin: Harmadik évezred, Veszélyek és esélyek, A Budapest Klub első jelentése, Budapest, 1998.
- László Ervin: Izgalmas idők. Magyar Könyvklub, Budapest, 1999.
- J. E. Lavelock: Gaia, Göncöl Kiadó, 1987.
- Richard Leakey: Az emberiség eredete. Kultúrtrade, 1995.
- Maculay, D.: Hogy is működik? Park Könyvkiadó, Bp. 1991.
- Mannion, A. M.: Global Environmental Change. A Natural and Cultural Environmental History. J. Wiley and Sons Inc., New York, 1991.
- Mark W. McElroy: Letűnt paradigmák és mítoszok, amiket a gyermekeinknek tanítunk. Cédrus, 1999. II. évf. 9 sz.
- A mezőgazdaság története. Szerk.: Gunst Péter-Lőkös L., Mezőgazdasági K., 1982.
- Mellanby, Kenneth: The Biology of Pollution. Edward Arnold, London, 1982.
- Lewis Mumford: A város a történelemben. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1985.
- David Oates-Joan Oates: A civilizáció hajnala. Helikon Kiadó, Budapest, 1983.
- Plinius: A természet históriája. Natura Kiadó, Budapest, 1987.
- Daniel Quinn: Izmael. Múzsák Kiadó, 1993.
- Randé J.: A gépek forradalma. Budapest, 1973.
- Sir David Ross: Arisztotelész. Budapest, 1996.
- Szabó Árpád - Szabó Tímea: A fizika története. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2003.
- Szőnyi György Endre: Új Föld, új ég. Budapest, 1984.
- T. Horváth Ágnes: Technikatörténeti összehasonlító kronológia. JGYTF Kiadó, Szeged, 1992.
- Ürögdi György: A régi Róma. Gondolat Kiadó, Budapest, 1967.
- Vekerdi László: Egy tudomány születése. In: Kalandozások a tudomány történetében, Magvető, Budapest, 1971
- White, Gilbert: The Natural History and Antiquities of Selborne. Nathaniel Cooke, London, 1853.
- Hermann Heinz Wille: A szakócától a dinamóig. Kossuth Könyvkiadó, Budapest, 1988.

Internetes források

- Óskori iparvidék a Bakonyban:
<http://www.ace.hu/szentgal/kepek.html>
- History of the Ancient World:
<http://web.uccs.edu/~history/index/ancient.html#general>
- Vekerdi László — Herczeg János, A fémek titkai:
<http://www.iif.hu/~visontay/ponticulus/hidveres/vekerdi.html>
- Színek az ókori Egyiptomban:
<http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/teazo/uj/szin.html>
- The ancient city of Athens:
<http://www.indiana.edu/~kglowack/athens/>
- Alkímiai írások:
<http://www.kfki.hu/chemonet/hun/olvaso/histchem/index.html#alk>
- SCETI:
<http://dewey.library.upenn.edu/sceti/smith/>
- Gondolatok a pestisről:
<http://vega.medinfo.hu/weblap/tudomanyt/dudith.html>
- The Industrial Revolution:
<http://historyteacher.net/APEuroCourse/Topics/TOPIC-IndustrialRevolution.htm>
- A magyar vegyészet arcképcsarnoka:
<http://www.mek.iif.hu/porta/szint/tarsad/tudtan/vegyesz/html/index.htm>
- Francis Bacon, Novum Organum:
<http://www.kfki.hu/chemonet/hun/olvaso/histchem/alkem/bacon.html>
- The Galileo Project:
<http://es.rice.edu/ES/humsoc/Galileo/index.html>
- Kozmikus hulladék - kozmikus környezetvédelem:
<http://www.nyf.hu/karok/ttfk/kornyezet/mm/tdk/Inditas/Nyitolap.htm>
- Kovász: <http://korny10.bke.hu/kovasz/>
- Fenntartható fejlődés:
<http://www.nyf.hu/karok/ttfk/kornyezet/cd-rom/>
<http://www.nyf.hu/karok/ttfk/kornyezet/book2/nyitolap.htm>
A fenntartható fejlődés honlapja:
<http://www.ff3.hu/>
- Globális irányzatok a környezetvédelemben és a fejlődésben:
<http://www.nyf.hu/karok/ttfk/kornyezet/global/001.htm>
- Networks:
<http://www.nd.edu/~networks/>

- Rachel Carson:
<http://www.rachelcarson.org/index.cfm?fuseaction=homepage>