

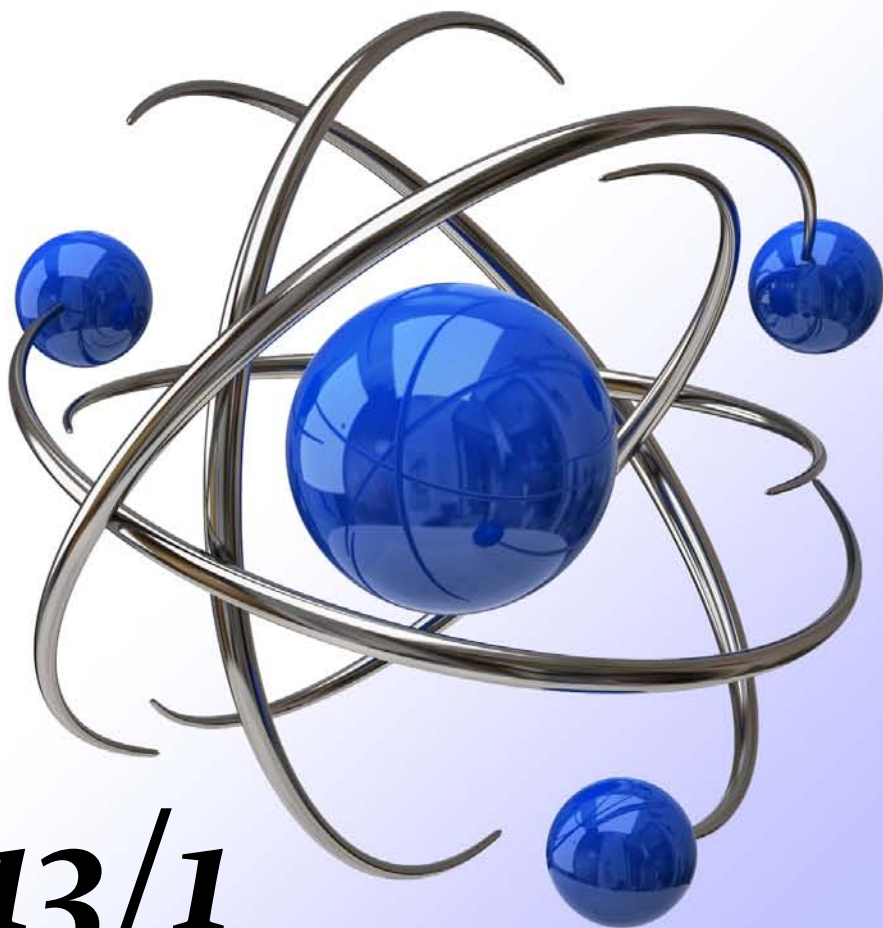
A FIZIKA

tanítása



MÓDSZERTANI FOLYÓIRAT

2013/1



A FIZIKA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Bonifert Domonkosné dr.
főiskolai docens

A szerkesztőbizottság:

Dr. Kövesdi Katalin
főiskolai docens

Dr. Molnár Miklós
egyetemi docens

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B
Tel.: (62) 470-101,
FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felölös kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Szőke András

A Fizika Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

TARTALOM

Beégetik-e napsütésben a leveleket a rájuk tapadt vízcseppek?

Egri Ádám, Dr. habil Horváth Gábor
ELTE Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék,
Környezetoptika Laboratórium, Budapest;
Dr. Radnóti Katalin, ELTE, Fizikai Intézet,
Anyagfizika Tanszék, Budapest

Fizika mindenütt

Schwartz Katalin ált. isk. tanár, Budapest

Felavatták a dinamó atyjának szobrát Szegeden

Bonifert Ferenc művelődésszervező, Szeged

Szalay Sándor Fizika Emlékverseny eseményei és értékelése

Leitner Lászlóné tanár, Nyíregyházi Evangélikus
Korneth Lajos Gimnázium, Nyíregyháza

Kincsek a Bethlen Gábor Református Gimnázium fizikaszertárában 20. rész

Nagy Tibor fizikatanár, Bethlen Gábor Református
Gimnázium, Hódmezővásárhely

Lánczos Kornél 1893–1974

Dr. Sikolya László, főiskolai tanár, tanszékvezető,
dékán, Nyíregyházi Főiskola;

Dr. Szabó Árpád, ny. egyetemi tanár, professor
emeritus, Nyíregyházi Főiskola;

Dr. Szabó Tímea, kandidátus, Ungvári Nemzeti
Egyetem, Elméleti Fizika Tanszék

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.



FÓKUSZ

Egri Ádám – Dr. habil Horváth Gábor – Dr. Radnóti Katalin

Beégetik-e napsütésben a leveleket a rájuk tapadt vízcseppek?

Egy közismert biooptikai probléma fizikus szemmel

Tikkünk elején egy újszerű oktatási módszert vázolunk fel, majd rögtön az alkalmazási lehetőségeket is szemléltetjük a címben szereplő példa segítségével.

Kutatás alapú tanulás/tanítás

Több országban elterjedt gyakorlat a természettudományos nevelés, mint kutatás, illetve a kutatás alapú természettudomány-tanítás koncepciója, amelynek lényege, hogy a kutatás képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a tanulói tevékenységek megszervezésének és kiválasztásának alapelveit (Molnár 2006, Nagy 2010). A kutatás alapú tanulás/tanítás, rövidítve KAT (angolul *Inquiry-Based Learning*, IBL) olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók átéljék a tudásalkotás folyamatait. A módszer fő jellegzetessége, hogy a diákok végezzenek kutatással kapcsolatos, illetve kutatás jellegű tevékenységeket a természettudomány tanulása során, mint:

- problémák keresése, kutatásra érdemes kérdések megfogalmazása,
- hipotézisek megfogalmazása,
- különböző alternatív magyarázatok megalkotása és elemzése,
- kutatások tervezése, vezetése,

- megfelelő eszközök és technikák használata az adatok gyűjtéséhez,
- az adatok elemzése,
- a természettudományos érvek/indokok közlése.

Azonban le kell szögeznünk, hogy a kutatáson alapuló oktatási módszer sem csodaszer a természettudományos oktatás valamennyi problémájának megoldására, noha nagyon hatékony, fejleszti a tanulók tartalmi tudását és készségeit, képességeit egyaránt. A tanuló aktívan vesz részt a tanulási folyamatban, saját tudása megkonstruálásában, miközben használja a problémamegoldó képességeit is a kutatás során. A vizsgálandó probléma sokféle lehet:

- Egy **aktuális esemény**, például valamilyen környezeti katasztrófa, környezetszennyezés vagy ipari baleset: tornádó, földrengés, olajömlés, nukleáris erőmű balesete, vörösiszapömlés, a Tisza vizének cián-szennyezése stb. E problémák fölvetése történhet úgy, hogy a témáról megjelent cikket, riportot, ismeretterjesztő filmet elemezzük a tanulókkal.
- Egy **olyan jelenség, ami mellett sokszor elmentünk anélkül, hogy fölfigyeltünk volna rá** és kerestük volna a magyarázatát. A problémát fölvetetik a tanulók, de a tanár is felhívhatja a figyelmet egy olyan hétközna-

pi jelenségre, aminek magyarázata érdekes tudományos tanulságokkal szolgálhat.

- Egy **új kutatási eredmény**: ha végigkövetik azt az utat, mely a fölfedezéshez vezetett, a tanulók a megismerési folyamat fontos lépéseit ismerhetik meg, a probléma megfogalmazásától a tudományos publikáció elkészítéséig.
- Egy **olyan létesítmény** – például egy szeméttégető vagy egy erőmű – építése, üzemeltetése, **amelynek környezeti hatásai is lehetnek**.
- Egy **olyan jelenség, melyről azt hisszük, hogy ismerjük a magyarázatát is**, valójában mégis érdemes utánajárni a kérdésnek. Cikkünkben erre mutatunk egy biooptikai példát.

A tanár fontos szerepe, hogy keltse föl és/vagy tartsa fenn a tanulók kíváncsiságát:

- Gyűjtsék össze a tanulókkal együtt, hogy miért érdekes vagy fontos a kiválasztott probléma!
- Fogalmazzák meg a tanulókkal együtt a kérdéseket, melyekre választ keresnek! Gyűjtsék össze, hogy milyen előzetes ismeretük van a tanulóknak a témával kapcsolatban!
- Bővítsék ismereteiket a szükséges mértékben!
- Beszéljék meg a probléma tudományos hátterét!
- Beszéljék meg az esemény/jelenség helyi és globális környezeti hatásait.
- Fogalmazzák meg előzetes elképzeléseiket, hipotéziseiket a jelenség okára, következményére és a megoldásra vonatkozóan.!
- Készítsenek részletes kutatási tervet!
- Határozzák meg, hogy milyen helyszíneken kell az egyes munkafázisokat végrehajtani:
 - o külső helyszín, ahol a jelenség közvetlenül megfigyelhető, anyagminták vehetők, mérések végezhető, kutatókkal lehet találkozni, akikkel riportok, fölmérések készíthetők;
 - o iskola, ahol kísérletek, mérések végezhető, illetve a további lépések tehetőek meg.

A tanulók határozzák meg, hogy milyen eszközök, anyagok szükségesek a feladat elvégzéséhez! Végezzék el a megfigyeléseket, kísérlete-

ket, írásban rögzítsék a tapasztalataikat! Ha lehetséges, akkor külső helyszínen is végezzenek megfigyeléseket, méréseket, beszéljenek az ott élő, ott dolgozó emberekkel! Ha méréseket végeznek, azokat legalább kétszer ismételjék meg, de ha egymásnak ellentmondó adatokat kapnak, akkor még további mérések szükségesek. Igen fontos a fegyelmezett munkavégzés és a balesetvédelmi szabályok betartása – ezek ismertetése és a szükséges védőfelszerelések biztosítása tanári feladat. A tanulók további feladatai lehetnek:

- A megfigyelésekről készítsenek fényképeket, rajzokat!
- Alkossanak modelleket!
- Rendszerezék a frissen szerzett ismereteket! Döntsék el, hogy melyek azon megfigyelések és adatok, melyek a fölvetett probléma szempontjából fontosak és melyek azok, amelyek elhanyagolhatók!
- Ábrázolják grafikonon a mérési eredményeket! Állapítsák meg az egyes mennyiségek közötti matematikai összefüggést, amennyiben az lehetséges!
- Vonják le a következtetéseket! Találják meg az ok-okozati összefüggést! Mérlegeteljék a következményeket! Vessék össze az eredményeiket az előzetes elképzeléseikkel!

Ha nem meggyőzőek az eredmények, akkor gondolják végig, hogy vajon az előzetes elképzelések voltak-e helytelenek, a mérés során követtek-e el hibát, vagy hol hagytak figyelmen kívül valamilyen fontos tényezőt. Előbbi esetben módosítani kell az előzetesen felállított elméletet, utóbbi esetben pedig meg kell ismételni, vagy módosítani kell a kísérleteket, méréseket. A tanár hívja fel a tanulók figyelmét arra, hogy a kutatók is ezt az utat járják végig. Hasonlítsák össze az eredményeiket másokéval! Ha ugyanazt a jelenséget vizsgálták, ugyanolyan eredményeket kell kapniuk. Fontos a tanulókkal megértetni, hogy a természettudományok jellemzője a térbeli és időbeli megismételhetőség, tehát ha két kutató ugyanazt ugyanolyan körülmények

között méri meg, akkor ugyanazt az eredményt kell kapniuk, hiába történtek a mérések különböző helyen és időben.

A feladat befejezéseként a tanulók készítsenek posztert vagy kiselőadást! Ha helyi problémával foglalkoztak, akkor érdemes a helyi újságban, rádióban, TV-ben is közzétenni az eredményeiket, ez is inspiráló tényező lehet a tanulók számára.

Szabad-e déli napsütésben a növényeket locsolni?

Széles körben elterjedt vélekedés a kertészetben és növényvédelemben, hogy a növényeket délben, tűző napon nem szabad locsolni, mert a rájuk tapadt vízcseppek megégethetik a leveleket azáltal, hogy a levélfelületre fókuszálják a napfényt. A növények felületén ülő vízcseppek fényfókuszálását részleteiben csak nemrégiben tanulmányozták magyar kutatók és oktatók (Egri és társai 2010a,b, Horváth és társai 2010, Stonawski és társai 2011), ezért valószínűleg érdekes kutatási probléma lehet tanulók számára is.

Első feladatként érdemes a diákokkal utánanézni, hogy a szóban forgó kérdésről milyen vélemények találhatóak a Világhálón a kertészeti, erdészeti és növényvédelmi honlapokon.

Azt fogják tapasztalni, hogy e honlapok közel 80%-a tartja úgy, hogy a napsütötte vízcseppek megégethetik az alattuk lévő leveleket. E biooptikai probléma az (alap-, közép- és felsőfokú) oktatásban is gyakran előfordul. Példaként idézzük a 2006. május 15-i gimnáziumi fizika érettségi feladatsor egyik feladatát, amit az Oktatási Minisztérium adott ki:

Nyáron, déli napsütésben nem ajánlatos a kertben locsolni, mert „megégnék” a növények levelei. Az alábbi magyarázatok közül csak egy fogadható el, melyik?

- A gyorsan párolgó víz hirtelen lehűti a növényt. A fagyás tünetei megegyeznek az égésével.
- A vízcseppek gyűjtőlencseként viselkednek, és a levelekre fókuszálják a napfényt.

c) Az elpárolgó víz forró gőze okoz „égési tüneteket”.

A válaszok közül a b-t fogadták el helyesnek. Mindebből jól látszik, hogy sok laikus és szakember is úgy gondolja: öntözés vagy eső után a vízcseppek mindig képesek megégetni a leveleket napsütésben. Kérdésünk annak kiderítése, hogy ez ténylegesen így van-e? Valójában ez egy régi környezetoptikai probléma, aminek megoldása nem egyszerű. Cikkünkben az ezzel kapcsolatos fizikai/optikai jelenség egy lehetséges tanulói feldolgozását mutatjuk be. E problémának fizikai és biológiai vonatkozásai is vannak, ezért *A Biológia Tanítása* 2013. márciusi számában a téma biológiai vetületeit mutatjuk be.

A kutatási kérdés megfogalmazása és modellezése

Elő lépésként pontosítsuk a kérdést, fogalmazzuk meg úgy a problémát, hogy azt ténylegesen vizsgálni lehessen az általános és középiskolában! A következő kérdések merülhetnek föl: (1) Milyen lehet egy vízcsepp alakja egy levélen? (2) Miért növekedhet meg a fényintenzitás a levél felületén annyira, hogy égési sérülést tudjon okozni? (3) Milyen fizikai jelenséggel állunk szemben?

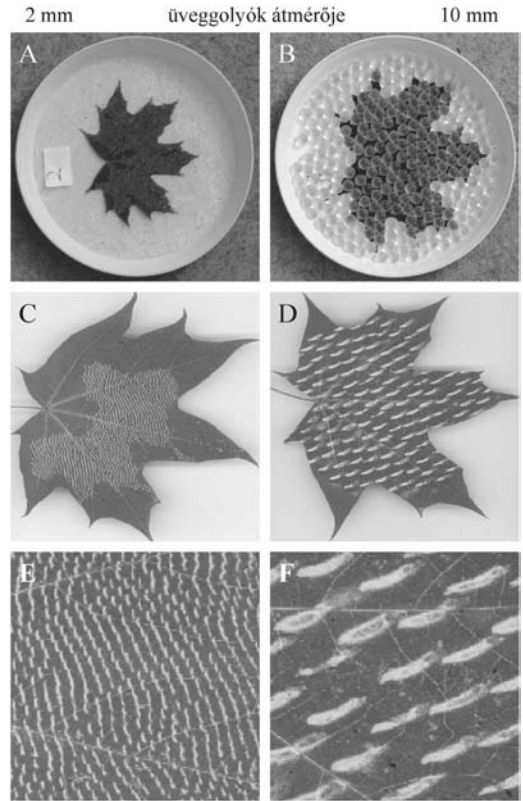
Első közelítésként egy víztaszító levélen ülő gömbölyded vízcsepp alakját modellezzük gömbbel. E vízgömbnek nincs pontos fókuszpontja, vagyis nem egyetlen pontba gyűjti a rá eső napfényt, optikai nyelven szólva gömbi hibával rendelkezik. Ugyanakkor a mindennapi tapasztalatunk szerint létezik egy fókusztartománya, ahol a legnagyobb a fényintenzitás a lencsehatás, azaz a fénytörés okozta fénygyűjés miatt. A tanulókkal végeztessük el a következő kísérletet:

1. kísérlet: Felhőtlen, napos időben tegyünk két műanyag tálcába egy-egy frissen vágott, sima felszínű levelet (például juhar, Acer platanoides levelét). A tálcákbeli leveleket fedjük le például 2 mm, illetve 10 mm átmérőjű

üveggolyókkal¹ (1A, B ábra). A tálcákbeli, üveggolyókkal fedett leveleket tegyük ki közvetlen napsütésnek bizonyos ideig. A besugárzási idő lehet egy változó paraméter, de negyedóránál ne legyen kevesebb. Ugyancsak változó paraméter lehet a Nap horizont fölötti θ szögmagassága. Ügyeljünk arra, hogy a napbesugárzás alatt ne essen árnyék a levelekre! A kísérlet után a leveleket vegyük ki az üveggolyók alól, s nézzük meg szabad szemmel vagy üvegnagyítóval a felszínüket!

Azt fogjuk tapasztalni, hogy a levelek nagymértékben beégtek az üveggolyók által összegyűjtött napfény nagy intenzitása miatt. E napégés következtében a zöld leveleken sárgás-barna foltok jelentek meg rácsszerű elrendezésben, az üveggolyók eredeti elhelyezkedésének megfelelően (1C-F ábra). Végeztessük el e kísérletet a tanulókkal a Nap alacsony, közepes és nagy θ szögmagasságai mellett felhőtlen időben! Határozzák meg a diákok a levelek napégéséhez szükséges legrövidebb időt a θ napállás függvényében! Magyarországon 67° -nál nem nagyobb a napmagasság még nyáron sem. E kísérletekből az a következtetés vonható le, hogy vízszintes leveleken elhelyezkedő, $n_{\text{üveg}} = 1,5$ törésmutatójú üveggolyók reggeltől késő délutánig képesek napégési sérüléseket okozni a levél-szövetben. Az üveggolyók és a gömb alakú vízcseppek fénygyűjtését a következő egyszerű kísérletben (2. ábra) modellezhetjük:

2. kísérlet: Egy vékony falú, R sugarú, vízzel töltött, színtelen, átlátszó, műanyag gömböt² függesztünk föl dróttal vagy spárgával. E vízgömböt fehér párhuzamos fénynyalábbal világítsuk meg, amit egy R -nél nem kisebb átmérőjű gyűjtőlencsével és annak fókuszpontjában elhelyezkedő pontszerű fényforrással állíthatunk elő. A fényforrás-lencse-vízgömb rendszer optikai tengelyébe helyezzünk egy keretben kifestített pauszpapír ernyőt. Az ernyő és a víz-



1. ábra

(A, B) Az 1. kísérletben használt tálcák, melyekben 2 mm (A), illetve 10 mm (B) átmérőjű üveggolyók fedték a juharlevelet (*Acer platanoides*). (C, D) Napégést szenvedett juharlevelek, melyeket 2, illetve 10 mm átmérőjű üveggolyók borítottak a közvetlen napfényvel történt besugárzás alatt. Az üveggolyók által fókuszált napfény nagy intenzitása miatt kialakult világos perzselési foltok jól kivehetőek a sötétebb leveleken. (E, F) A C és D ábrák 4-szeres nagyításban.

gömb középpontja közti H távolság, valamint az optikai tengely és az ernyő síkjának szöge legyen változtatható. A vízgömb által az ernyőre fókuszált fény intenzitásmintázatát besötétített szobában fényképezzük le (3. ábra).

¹ Üveggolyók például barkács és dekorációs boltokban szerezhetők be. Üveggöngyök nem jók, mert bennük egy furat van a felfűzhetőség érdekében, vagyis optikailag nem homogének, így nem lehetnek a vízcseppek jó modelljei.

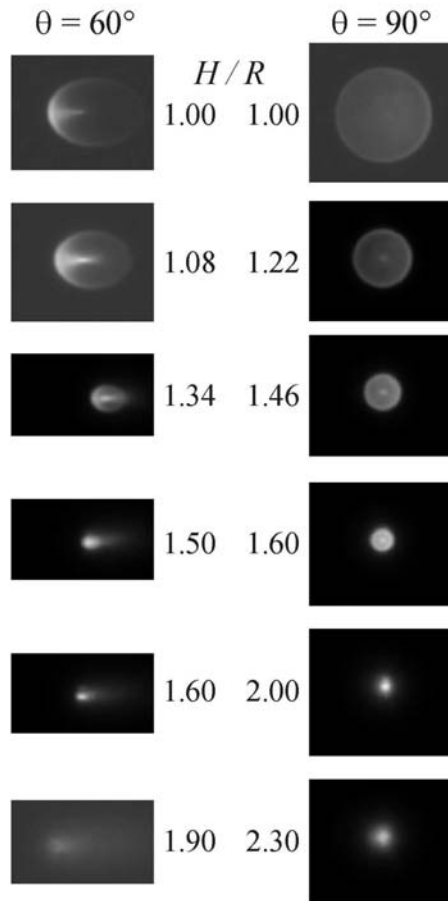
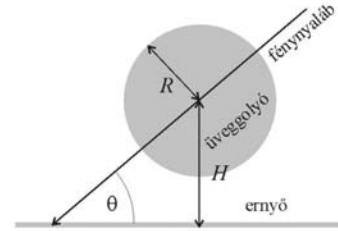
² Vékony falú, színtelen, átlátszó, műanyag gömböt például dekorációs boltokban vehetünk.

Habár a tanulók még nem képesek bonyolultabb számítógépes modellezést végezni, de el tudják fogadni, hogy ez megtehető, miáltal pontosan kiszámítható az 1. kísérletben a levélfelszínen a fényintenzitás kétdimenziós eloszlása. Ezt magyar fizikusok (Egri és társai, 2010a,b, Horváth és társai 2010) el is végezték a fénysugarak számítógépes sugárkövetésével. Ennek során a Snellius-Descartes-féle fénytörési törvényt alkalmazták, amikor az üveggolyó bármely adott pontján belépett a napfény, majd egy megfelelő másik pontján kilépett az üvegből, s végül elérte a levél vízszintes felületét (4. ábra). Az eredményt az 5A ábra mutatja, melyen az üveggolyó Q fénygyűjtőképességének a levélfelszíni eloszlása látható a beeső napfény vízszintestől mért θ szögének függvényében. Q értéke megadja, hogy a levél adott pontjában mennyivel nagyobb vagy kisebb a fényintenzitás az üveggolyó fénytörése hatására a golyómentes helyzethez képest.

Ez után a tanulók mondják el, hogy mik olvashatók le az 5A ábráról: a vízszintes levél síkjában a legnagyobb Q -értékekkel jellemzett fókusztartomány a leginkább veszélyeztetett a napégés szempontjából. E fókusztartomány megközelítőleg egy ellipszis. Az 1C-F ábra napégésnyomait ilyen magas fényintenzitású, ellipszisszerű fókusztartomány okozta, amint vé-

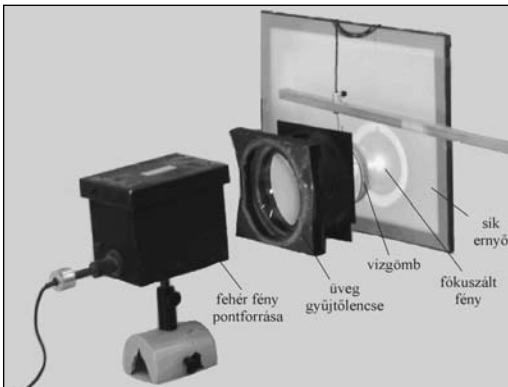
gighaladt a levél egy szakaszán a Nap mozgása következtében.

Vegyük figyelembe a napsugárzásnak a Nap θ szögmagasságától függő spektrumát, azaz a



3. ábra

Egy R sugarú vízgömb által, a gömb középpontjától H távolságra lévő és az optikai tengellyel θ szöget bezáró sík ernyőre fókuszált fény intenzitásmintázatának fényképei $\theta = 60^\circ$ és 90° esetén H/R függvényében

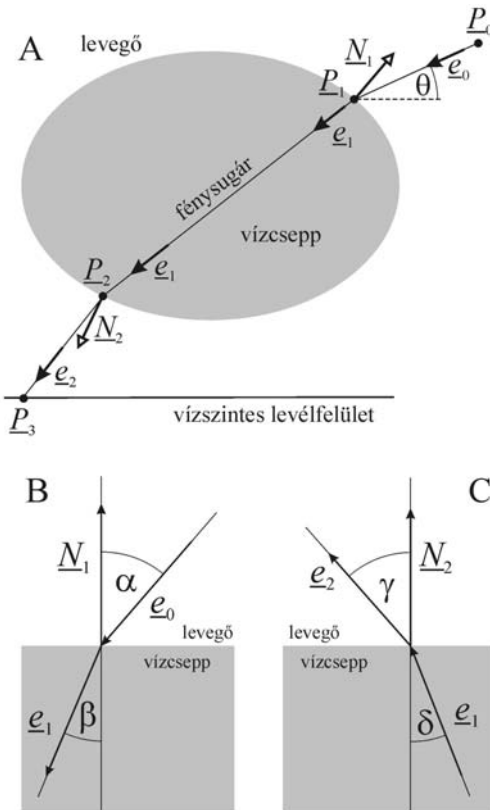


2. ábra

A 2. kísérlet elrendezése, melyben egy vízgömbnek egy sík pauszpapír ernyőre történő fényfókuszálása vizsgálható és fényképezhető

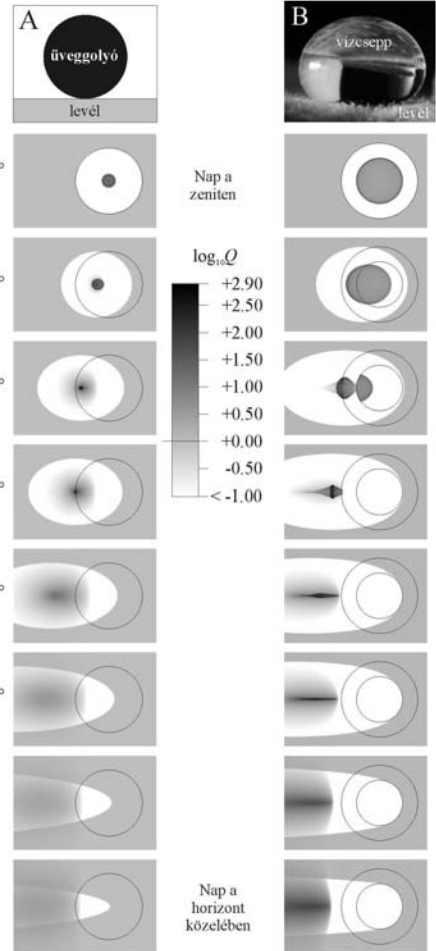
napfény $I_{\text{Nap}}(\lambda, \theta)$ intenzitását a λ hullámhossz függvényében (6A ábra), valamint, hogy ebből mennyit nyel el a levelek zöld növényi szövege a rájuk jellemző elnyelési spektrum (hullámhossztól függő elnyelési együttható, ami 1, ha mindent elnyel a levél, és 0, ha semmit sem nyel el) miatt (6B ábra)! Ekkor szintén kiszámíthatók egy üveggolyó által fókuszált s a levélszövet által elnyelt $I(\theta)$ napfényintenzitás levélsíkbeli ma-

ximumértékei a beeső napfény horizonttól mért θ szögmagasságának függvényében (7. ábra). A 6A ábráról a diákok például olvashatják, hogy amint csökken a Nap θ szögmagassága,



4. ábra

(A) A P_0 kiindulási pontból a P_3 végpontba haladó fénysugár útja a P_1 és P_2 törési pontokon keresztül. e_0, e_1, e_2 : a fénysugár irányának egységvektorai, N_1, N_2 : a vízcsepp felületéhez húzható érintősíkok felületére merőleges vektorok, a beesési merőlegesek. (B, C) Egy vízcsepp felületére beeső, illetve ott megtört fénysugarak α, δ beesési szögei, β, γ törési szögei, és a fénysugarak irányának e_0, e_1, e_2 egységvektorai, továbbá a csepp felszínének N_1, N_2 normálvektorai, mikor a fény a levegőből a vízbe lép (B), illetve a vízből a levegőbe (C).



5. ábra

(A) Egy $n_{\text{üveg}} = 1,5$ törésmutatójú homogén üveggolyóra a vízszinteshez képest különböző θ szögekben beeső fénnyalábok esetén a golyó Q fénygyűjtő képessége 10-es alapú logaritmusának levélsíkbeli eloszlása. Felülről nézve az üveggolyó kontúrvonalát egy fekete kör jelzi. (B) Mint az (A), de most egy vízszintes, víz-taszító berkenyelevélen (*Sorbus aucuparia*) ülő gömbölyded vízcseppre, ahol a vízcsepp és a levél érintkezési felületének kerületét a belső kör jelzi, míg a csepp peremét felülről nézve a külső kör mutatja.

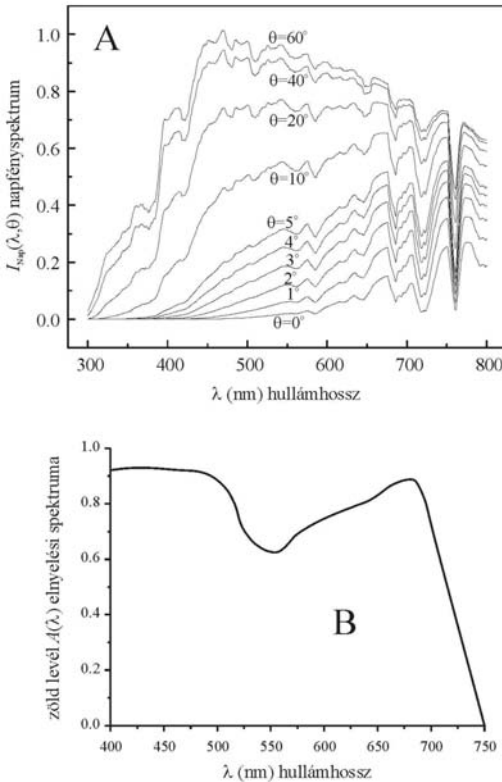
úgy csökken a napfény intenzitása is, aminek maximuma a vörös hullámhosszak felé tolódik el. E közismert jelenség a lemenő Nap narancssárgává, majd vörössé történő elszíneződésében nyilvánul meg. A 6B ábráról a tanulók leolvashatják, hogy a napfény látható spektrumából ($400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$) a zöld levelek a zöld fényt ($520 \text{ nm} < \lambda < 580 \text{ nm}$) nyelik el legkevésbé, vagyis azt szórják vissza, illetve azt eresztik át leginkább, s éppen ezért látszanak zöldnek az emberi szem számára.

A 7. ábra a következőkről tájékoztatja a tanulókat: a vízszintes levélen nyugvó üveggolyó által fókuszált s a levélszövet által elnyelt $I(\theta)$ fényintenzitás $\theta = 45^\circ$ -os napmagasságnál ma-

ximális, ezért a napégés e napállásnál a legvalószínűbb. Ekkor az üveggolyó fókuszirtományának levéllemeze eső részén a levélre 708-szor nagyobb intenzitású napfény jut, mint mikor nincs üveggolyó a levélen. Az 1. kísérletben a fényintenzitás fókuszirtománybeli több, mint meghétszázszorozódása okozta tehát a juharlevelek napégését (1. ábra).

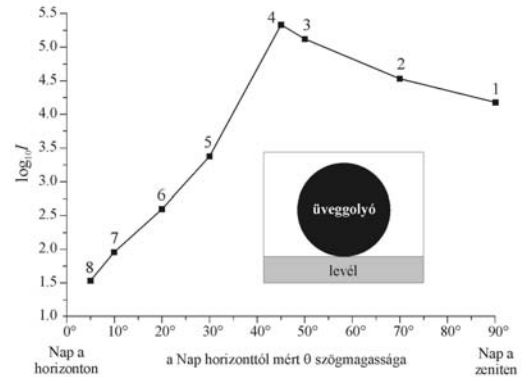
Vízcseppek fénygyűjtése és az ebből levonható következtetések

A főnti modellkísérlet alkalmas arra, hogy megértesse a diákokkal a levelekre kerülő üveggolyók fénygyűjtését és az ezzel kapcsolatos fizikai fogalmakat. A kísérlet és a számítógépes modellezés alapján elmondható, hogy az üveggolyók képesek annyi napfényt összegyűjteni a vízszintes levélfelületre eső fókuszirtományukban, ami már beégeti a levelet. De az üveggolyók a tökéletes gömb alakjuk és a vízénél nagyobb, $n_{\text{üveg}} = 1,5$ törésmutatójuk miatt mégsem pontos modelljei a leveleken ülő vízcseppeknek. Az utóbbiak a gömbnél laposabban, törésmutatójuk pedig $n_{\text{víz}} = 1,33$ körüli.



6. ábra

(A) A napfény $I_{\text{Nap}}(\lambda, \theta)$ spektruma a Nap horizonttól mért $\theta = 60^\circ, 40^\circ, 20^\circ, 10^\circ, 5^\circ, 4^\circ, 3^\circ, 2^\circ, 1^\circ$ és 0° szögmagasságai mellett az 1976-USA normál légkörmodell alapján számítva.
(B) Zöld növényi levél $A(\lambda)$ elnyelési spektruma.



7. ábra

Egy üveggolyó által fókuszált, a levélszövet által elnyelt $I(\theta)$ napfényintenzitás 10-es alapú logaritmusának levélsíkbeli maximumértékei a beeső napfény horizonttól mért θ szögmagasságának függvényében. Az 5B ábra 1., 2., ... 7., 8. soraihoz tartozó adatokat fekete négyzetek jelölik.

E két különbség azt eredményezi, hogy a vízcseppeknek jóval kisebb a $k = (n - 1)/R$ fénytörőereje, ahol n a csepp törésmutatója, R pedig a csepp adott pontján a helyi görbületi sugár. E kisebb törőerő okán egy vízcseppnek a hozzá méretben hasonló üveggolyóéhoz képest jóval nagyobb a fókusz távolsága, miáltal a vízcsepp alatti vízszintes levélfelszínen (ami általában nem a fókuszban van) kisebb a fényintenzitás maximuma. Ebből kifolyólag már nem biztos, hogy a vízcseppek által összegyűjtött napfény képes égési sérülést okozni a levélszövetben.

Második feladatként kideríthetjük a tanulókkal, hogy milyen alakú vízcseppek formálódhatnak vízszintes leveleken a levélfelszín víztaszító, illetve víznedvesítő képességétől függően. A diákokkal különböző leveleket gyűjtünk az iskola udvarán vagy környékén. Az összegyűjtött leveleket vízszintes kartonlapra ragasztják ragasztószalaggal a levelek szélénél, majd szemcseppentővel vízcseppeket csöppentenek rájuk. Ennek során beláttatjuk a tanulókkal, hogy amint nő a levélfelszín víztaszító képessége (vagyis nő a nedvesítési/kontakt szög), úgy egyre gömbölydedebb lesz a rajta ülő vízcsepp. Továbbá, a vízcsepp térfogatának növekedésével egyre laposabb lesz a cseppalak.

Harmadik feladatként megbecsülhetjük a tanulókkal a különböző alakú vízcseppek $k = (n - 1)/R$ fénytörőerejét: laposabb vízcseppnek nagyobb az R görbületi sugara, vagyis kisebb a k törőereje, míg gömbölydedebb cseppnek kisebb a görbületi sugara, azaz nagyobb a törőereje. Ezáltal a laposabb cseppnek nagyobb a fókusz távolsága, mint a gömbölydedebbek. Így más napmagasságoknál eshet az eltérő alakú vízcseppek fókusz tartománya az alattuk lévő vízszintes levélre. Ennek az a végkövetkezménye, hogy a különböző alakú vízcseppek más napszakban, azaz más napmagasságnál lehetnek képesek napégést okozni a napsütötte leveleken.

A fentieknél több nem következtethető ki a fizikai/optikai megfontolásokból. A szóban forgó biooptikai probléma további vizsgálata kí-

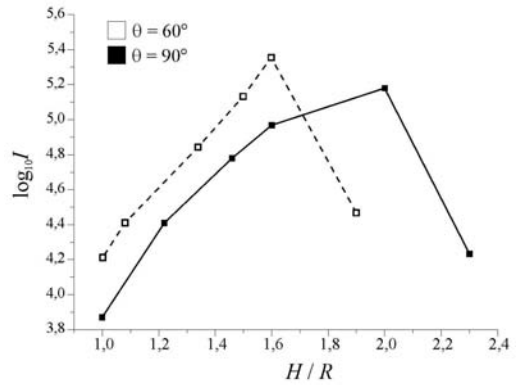
sérletileg történhet vagy pedig számítógépes modellezéssel. A kísérleti megközelítést részletesen ismertetjük *A Biológia Tanítása* 2013. márciusi számában megjelenő párhuzamos cikkünkben (Horváth és társai, 2013). Itt a továbbiakban a számítógépes modellezésből levonható fizikai következtetésekkel foglalkozunk.

Az *5B* ábra egy vízszintes, víztaszító berkenyelevélen (*Sorbus aucuparia*) ülő gömbölyded vízcsepre különböző szögekben beeső fénynyalábok esetén a vízcsepp Q fénygyűjtő képességének levélsíkbeli eloszlását mutatja. E csepp gömbölyded a nagy nedvesítési szög ($\alpha \approx 145^\circ$) miatt, miáltal erősen megtöri és összegyűjti a napfényt. Az *5B* ábra elemzése után a diákok a következőket láthatják: a levélen a gyűrűszerű árnyékos terület $\theta > 50^\circ$ napmagasság esetén jelenik meg, míg ha $\theta < 40^\circ$, akkor az anti-Nap felé elnyúlik. Mikor $\theta > 50^\circ$, az árnyék jelentős része a csepp és a levél érintkezési körén belülre esik, míg ha $\theta < 40^\circ$, akkor az árnyék fokozatosan kikerül e körből. $\theta < 23^\circ$ mellett az érintkezési kör teljesen árnyékban van, és a rajta kívüli árnyékos rész jelentősen megnyúlik az anti-Nap irányában. A levélen a fókusz tartomány ovális, ha $\theta > 50^\circ$. A fókusz tartomány $\theta \approx 30^\circ$ -nál nyolcas alakot vesz föl, melynek maximális fényintenzitású része sarló alakú. $\theta \approx 23^\circ$ esetén a sarló alakú fókusz tartomány merőleges az antiszoláris meridiánra, míg ha $\theta < 16^\circ$, akkor a fókusz tartomány egy elnyújtott ellipszis, melynek nagytengelye párhuzamos az antiszoláris meridiánnal. Ha $\theta > 50^\circ$, akkor a fókusz tartomány nagy része a levéllemez és a vízcsepp érintkezési körén belül van, azaz a vízcsepp hűti a levelet. Viszont $\theta < 40^\circ$ mellett a fókusz tartomány kiesik e körből, és ezért a csepp nem hűti a levél legintenzívebb fényt kapó tartományát. Mindemellett a napmagasság e szög tartományában éri a levelet a legnagyobb fényintenzitás, ezért nagyban megnő a beégés esélye.

A számítógépes modellezéssel kapott *8. ábra* a levélszövet által elnyelt I intenzitást mutatja

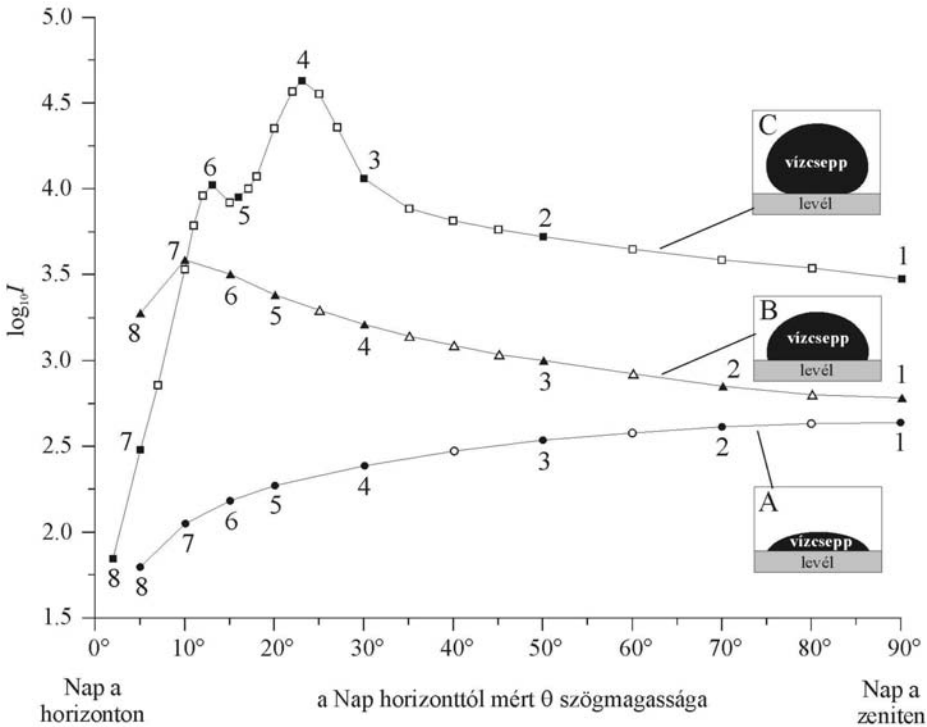
a 2. kísérlet (2. ábra) H/R értékeinek függvényében $\theta = 60^\circ$ és 90° mellett. I akkor maximális, ha a levél síkja a vízgömb fókuszterületét metszi ($H/R = 1.6$ és 2.0 , mikor $\theta = 60^\circ$ és 90°). Ekkor $\log_{10} I$ elérheti az 5-nél is nagyobb értékeket a bejövő fénynyaláb irányától függően. Ilyen erős fókuszálás akkor fordulhat elő, ha a vízcseppek egy szőrös levélen ülnek. Ekkor a szőrök megfelelő távolságban tarthatják a gömbölyded vízcseppeket a levél felszíne fölött ahhoz, hogy súlyos égési sérüléseket okozzanak, ahogyan azt *A Biológia Tanítása* 2013. márciusi számában megjelenő párhuzamos cikkünkben megmutatjuk (Horváth és társai, 2013).

Az ugyancsak számítógépes modellezéssel kapott 9. ábra egy zöld levél által elnyelt $I(\theta)$ napfényintenzitás levélsíkbeli maximumértékét



8. ábra

A 3. ábrabeli R sugarú vízgömbre számított $\log_{10} I$ értékek H/R függvényében $\theta = 60^\circ$ és 90° -ban beeső párhuzamos fénynyaláb esetén, ahol H az ernyő és a gömb középpontjának távolsága



9. ábra

Egy zöld levél által elnyelt $I(\theta)$ napfényintenzitás 10-es alapú logaritmusának levélsíkbeli maximumértéke a vízcsepp fókuszterületében egy vízszintes jubar- (A), platán- (B) és berkenyelevélen (C) ülő lapos (A), ellipszoid (B) és gömbölyded (C) vízcseppre számítva a beeső napfény vízszintestől mért szögének függvényében. Az 5B ábra 1., 2., ..., 7., 8. soraihoz tartozó adatokat itt fehérek jelölik a C cseppalak esetén

mutatja a vízcsepp fókusztartományában egy vízszintes juhar- (9A ábra), platán- (9B ábra) és berkenyelevélen (9C ábra) ülő lapos, ellipszoid és gömbölyded vízcseppekre számítva a beeső napfény horizonttól mért θ szögmagasságának függvényében. A 9. ábra elemzésével a diákok a következőkre juthatnak: a juharlevélen laposan elterülő vízcsepp esetében, amint a θ napmagasság nő, $I(\theta)$ monoton nő (9A ábra). Eszerint egy vízszintes juharlevelet a legnagyobb fényintenzitás délben éri, mikor a Nap magasan jár. E trend ellenkezője érvényes egy vízszintes platánlevélen ülő, félgömb alakú vízcseppekre (9B ábra). Naplementekor a félgömb alakú vízcseppet tartó platánlevélre (9B ábra) nagyjából 4,4-szer nagyobb intenzitású fény jut a vízcsepp fókusztartományában, mint a lapos vízcsepp esetén délben (9A ábra). Másrészt viszont a vízszintes berkenyelevélen levő gömbölyded vízcsepp esetében az $I(\theta)$ függvénynek két helyi maximuma van: az egyik $\theta = 13^\circ$ -nál, a másik pedig $\theta = 23^\circ$ -ál (9C ábra). $\theta = 13^\circ$ és 23° mellett e gömbölyded vízcseppeknek köszönhetően a levelet 63-szor és 200-szor nagyobb fényintenzitás éri, mint a lapos vízcsepp esetén (9A ábra).

E két intenzitásmaximum optikai oka a vízcsepp asztigmatizmusa, ami azt jelenti, hogy a nem pontosan gömb alakú vízcsepp két különálló fókusztartománnyal bír: Az első ($\theta_1 = 13^\circ$ -nál, a csepptől távolabbi) és a második ($\theta_2 = 23^\circ$ -nál, a csepphez közelebbi) fókusztartomány rendre a vízcsepp vízszintes és függőleges főtengelymetszetében haladó fénysugaraknak köszönhetően alakul ki. Ennek eredményeképpen az első és a második fókusztartomány az antiszoláris meridiánnal párhuzamosan, illetve arra merőlegesen elnyújtott. Mindez tisztán látszik az 5B/6 ($\theta_1 = 13^\circ$) és 5B/4 ($\theta_2 = 23^\circ$) ábrákon.

A 9. ábrán látszik, hogy egy adott θ -nál minél víztaszítóbb a vízszintes levél (minél nagyobb a nedvesítési szög), annál nagyobb

a rajta ülő vízcsepp felületének görbülete, és egyben a csepp fénygyűjtő képessége is (ha $\theta > 10^\circ$). Vagyis: minél vízlepergetőbb a levél, annál nagyobb annak a veszélye, hogy a levélen megtapadó vízcseppek a napfényt fókuszálva beégetik a növényt. Ugyanakkor minél víztaszítóbb egy levél, annál könnyebben lepereg róla a víz, tehát csökken a napégés veszélye. Az eddigiek alapján a tanulókkal a következőket láttathatjuk be:

(i) A napsütötte növényi leveleken jól megtapadó vízcseppeknek kicsi a görbületük, a fókusztartományuk mélyen a levéllemez alá esik, így vélhetőleg nem okoznak égési sérüléseket a leveleken.

(ii) Habár napsütésben a nagy fénytörő képességű gömbölyded vízcseppek fókusztartománya a napmagasság széles tartományában közel esik a levélfelülethez, s így talán még égési sérüléseket is okozhatnának a levélen, e vízcseppek könnyen leperegnek a levélről. Ezért várhatóan e gömbölyded vízcseppek sem okozhatnak napégést a leveleken.

(iii) A föntiek miatt a vízcseppek által fókuszált napfény többnyire nem képes beégetni a sima felületű leveleket, függetlenül a cseppek alakjától, méretétől és a napállástól.

(iv) Az egyetlen kivétel, mikor a vízcseppet víztaszító növényi szőrök tartják a levél felszíne fölött úgy, hogy a csepp fókusztartománya a levélre eshet. A *Biológia Tanítása* 2013. márciusi számában megjelenő párhuzamos cikkünkben (Horváth és társai, 2013) erre látható egy konkrét példa.

(v) Az a közkeletű vélekedés, hogy déli napsütésben nem szabad a növényeket öntözni, mert a leveleikre tapadt vízcseppek által fókuszált napfény megégeti a leveleket, részben egy tévhit, mítosz. A 9C ábra szerint a beégés veszélye $\theta \approx 23^\circ$ -os napmagasságnál, nyáron kora délelőtt vagy késő délután a legnagyobb, nem pedig délben, mikor maximális (Magyarországon nyár közepén délben $\theta_{\max} \approx 67^\circ$).

Más ellenérvek a déli öntözésre

Miután a tanulók számára nyilvánvalóvá vált a szóban forgó közhiedelem tarthatatlansága a fenti fizikai/optikai vizsgálatok alapján, alternatív érveket kereshetnek a déli locsolás nem ajánlatos voltára. Ezek például a következők:

- Megfontolandó, hogy a kertet azért nem érdemes délben locsolni, mert az akkor általában nyitott szirmú virágok tönkremehetnek, ha nagy vízcseppek ütődnek a szirmaikhoz.
- Ha délben, meleg, napsütéses időben öntözünk, akkor a növények nem képesek az összes kilocsolt vizet hasznosítani, mert a víz nagy része gyorsan elpárolog, s nem jut el a gyökerekhez.
- Délben és kora délután nem érdemes locsolni a növényeket, mert a helyi szelek ekkor a leg-erősebbek, s a víz párolgása is ekkor a leggyorsabb a nagy hőségben.
- Mivel a növénykárosító gombák (pl. liszthar- mat, monília) melegben jobban szaporodnak, mint alacsonyabb hőmérsékleten, a déli öntözés segítheti e gombák növekedését, azaz növelheti az öntözött növények gombás fertőző- dését.

Összegzés

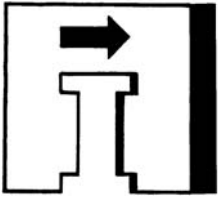
Vizsgálataink alapján az mondható el, hogy a téma fölvezetésében említett népi hitet úgy látszik, hogy jórészt cáfoltuk. Írásunkban a kutatás alapú természettudományos oktatásra mutattunk egy biooptikai példát. Jelen írásunkban a téma fizika tantárgy körébe tartozó vetületeit jártuk körül, fölhasználva és elmélyítve a tanulók optikai ismereteit. *A Biológia Tanítása* 2013. márciusi számában megjelenő párhuzamos cikkünkben (Horváth és társai, 2013) a biológiai vonatkozások olvashatók.

Köszönetnyilvánítás: Köszönjük az angol és magyar cikkeink másik két társszerzőjének, Dr. Horváth Ákosnak (Leibniz Troposzférakuta- tató Intézet, Lipcse, Németország) és Dr. Kriska

Györgynek (ELTE Biológiai Intézet, Biológiai Szakmódszertani Csoport) a kutatási eredmé- nyeink elérésében nyújtott segítségüket. Hálá- sak vagyunk Dr. Gnädig Péternek (ELTE Atom- fizika Tanszék), aki fölhívta figyelmünket az itt tárgyalt biooptikai problémára.

Irodalom

- [1] Egri Ádám, Horváth Gábor, Horváth Ákos, Kriska György (2010a): Beégethetik-e napsü- tésben a leveleket a rájuk tapadt vízcseppek? Egy tévhitekkel terhes biooptikai probléma tisztázása. I. rész: Napfény forgásszimmetrikus vízcseppek általi fókuszálásának számítógépes vizsgálata. *Fizikai Szemle* 60: 1–10 + címlap
- [2] Egri, Á.; Horváth, Á.; Kriska, G.; Horváth, G. (2010b): Optics of sunlit water drops on leaves: Conditions under which sunburn is possible. *New Phytologist* 185: 979–987. + cover picture + electronic supplement
- [3] Horváth Gábor, Egri Ádám, Horváth Ákos, Kriska György (2010): Beégethetik-e napsü- tésben a leveleket a rájuk tapadt vízcseppek? Egy tévhitekkel terhes biooptikai probléma tisztázása. II. rész: Napfényes besugárzási kí- sérletek sima és szőrös leveleken ülő vízcsep- pekkel. *Fizikai Szemle* 60: 41–49. + színes borító 3. oldal
- [4] Horváth Gábor, Radnóti Katalin, Egri Ádám (2013): Szabad-e déli napsütésben a növé- nyek leveleit öntözni? Egy közismert bioop- tikai probléma biológus szemmel. *A Biológia Tanítása* 2013/március
- [5] Molnár Gyöngyvér (2006): *Tudástranszfer és komplex problémamegoldás*. Műszaki Kiadó, Budapest
- [6] Nagy Lászlóné (2010): A kutatás alapú tanu- lás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Is- kolakultúra* 2010 (1): 31–51.
- [7] Stonawski Tamás, Murguly Alexandra, Pátzay Richárd, Cérna László (2011): Folya- dékcsappes levelek napégése – Egy bioop- tikai diákkísérlet. *Fizikai Szemle* 61: 259–263.



IMPULZUS

Schwartz Katalin

Fizika mindenütt

Fizikatanításom során gyakran szembesülök azzal a problémával, hogy az ismeretek megsokszorozódása miatt az egyes fizikai témaköröknél átadandó fizikai ismeretek mennyiségét tovább már nem tudom növelni. Ezért kíváncsian keresem a lehetőségeket, módszereket, témaköröket, melyek segíthetnek abban, hogy tanítványaimnak érdekes, gondolkodtató formában mélyítsem, szélesítsem ismereteit.

A szűkre szabott tanítási időn belül igyekszem megkeresni és tantárgyam anyagával integrálni a más tárgyak keretében elsajátítottak fizikai vonatkozásait, hogy a fizikai tartalom mélyebben rögzülhessen. Tudom: ez nem új keletű törekvés, hiszen sokan, sokszor alkalmazták és alkalmazzák ezt a tanítási metodikát, de azt tapasztalom, hogy az internet használata még soha nem tapasztalt lehetőségekkel kecsegtet ezen a téren is.

Mivel módomban állt a németországi fizika-tankönyveket, valamint módszertani szakirodalmat ez irányban is elemezni, igyekszem választ találni a fent vázoltakra is. Megállapítottam, hogy a németországi fizikaoktatásban a hagyományos tananyag-feldolgozási forma (ami alatt a kizárólagos szaktudományos elemekre épülő tananyag feldolgozását értem) helyett annak mennyiségéről a természettudományok összehangolásával a minőségre irányítják figyelmet. Igyekeznek elérni, hogy a tanítvány ne csak a tanítási órákban gondolkodjék, hogy a fizika órán elsajátítottakat ne csak fizikai probléma-

megoldás közben tudja alkalmazni, hanem ismereteit transzformálja például biológia-, kémiaórákon, vagy hétköznapi szituációkban is. Ezt igazolja az a tény, hogy fizikakönyveikben gyakran utalnak biológiai, kémiai, technikai problémákra, illetve ösztönzik a tanulókat az interneten történő böngészésre.

Az alábbiakban szeretnék néhány példát bemutatni a – J. Leupold, E. Müller, U. Pietrzyk, E. Spehr: Physik 8. Baden-Württemberg – német tankönyvből a fentiek szemléltetésére.

Néhány, az élővilágban megfigyelhető érdekes, emelő típusú egyszerű gép működése:

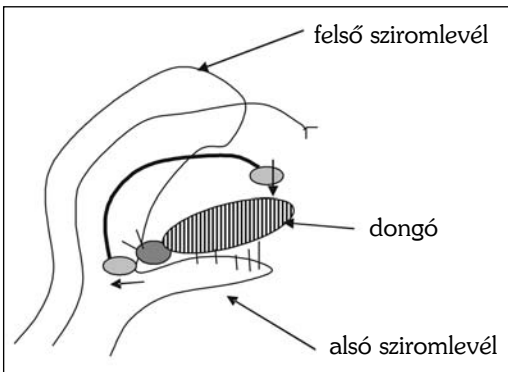
1. A mezei vagy réti zsálya porzási mechanizmusa

A mezei zsálya a mezők, rétek útszéli virága, melynek színe lilás-kék, és májustól kezdve virágzik. Ennek a növénynek egy rafinált porzási





mechanizmusa van, melyet egy érdekes „szerkezet” segítségével főleg dongók végeznek el. A dongók a színtől és a nektár illatától csalogatva rászállnak a virág alsó ajkára, és kissé bebújnak a virágok torkába. Ekkor akaratlanul is megbillentenek a fejükkel egy alátámasztó porzót, amittől a felső porzó lecsapódik és így a virágpor a rovar potrohára hullik. Ezek azután tovább viszik a virágport egy másik virág termőjébe, elvezve azt, amit a természet megkövetel.



A mechanizmus hasonlít ahhoz a történéshez, mint amikor a falnak támasztott gereblye fejére rálépőt a gereblye nyele fejbe kólintja, ami szintén az emelők elve alapján következik be.

A virág belsejében lévő porzósár egyik végén egy kissé kiszélesedő rész található, mely elzárja az utat a rovarok elől. Erre kell a dongónak a fejével erőt kifejteni, hogy bejuthasson a virág belsejébe a nektárhoz. Ekkor azonban a porzósár másik fele, mely egy ponton, egy kis szárral kapcsolódik a virághoz, melyen a virágpor található, ellentétes irányba mozdul ki, mégpedig a rovar potroha felé.

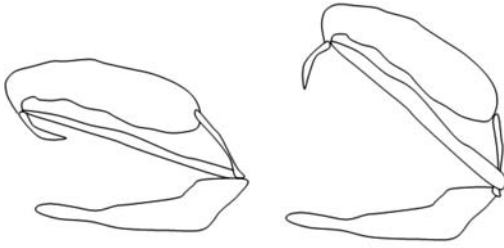
2. A keresztes vipera méregfoga

A keresztes vipera viszonylag rövid, vaskos kígyófajta, testhossza átlagosan 60–90 centiméteres. Pikkelyes bőrének színezete változatos: lehet szürkés, barnás, vörösés alapú, vagy éppen egyszínű fekete is. Hátán barna, cikcakkos sáv fut végig a tarkótól a farok végéig, amit az oldalakon hasonló színű foltos kísér. A tarkón jellegzetes X vagy Y alakú mintázat látható, de ez egyes tájegységek populációjában hiányozhat is.

A természetben régebben sokkal gyakrabban előforduló állat volt.

Szájából kitért állapotban a két méregfog harapásra készen kiáll. A zsákmány bekapása közben, illetve szájának csukott állapotában a tűhegyes fogak hátra, visszahajlanak, befelé a szájpaddás redőihez. A felső állkapocs egyrészt egy hosszú, bot formájú csont a szárnycsonttal, másrészt az állkapocsközi csonttal van mozgathatóan összekötődve. A felső állkapocshoz a fo-



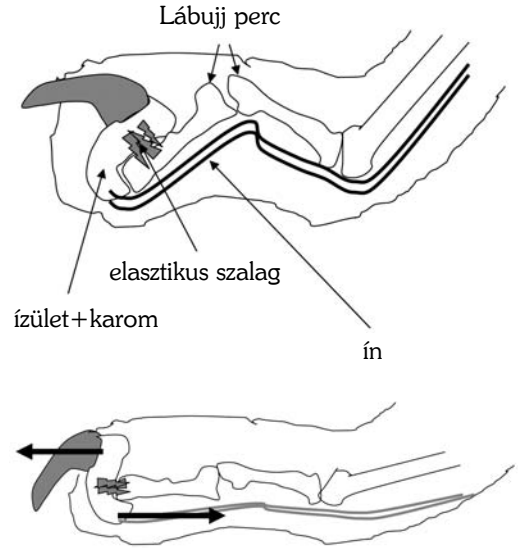


gák oly módon rögzülnek, hogy a fog alapját forgópontnak tekintve a fog hegye hátulról előre egy negyed kört ír le.

Amikor a kígyó harapni készül, akkor közvetlenül a harapás előtt tágra kinyitja a száját, gyakran olyan tágra, hogy a felső és az alsó állkapocs egymással 150°-os, vagy még nagyobb szöveget alkot. Ekkor a méregfog előrcsapódik. Amikor becsukja a száját, vagyis az alsó állkapcsát leereszti, ekkor az előre is tolódik, emiatt a méregfog hátrafelé visszahajlik.

3. A macska mancsa

Minden cicatulajdonos és macskát szerető ember tudja, hogy kedvencének bársonyos talpa adott szituációban pillanatok alatt veszélyes manccsá, fegyverré tud átalakulni. A karmok az



állat nyugodt állapotában, illetve járás közben vissza vannak húzva a talp bőrredőibe. Járás közben nem érnek a talajhoz, ezáltal nesztelenül képes közlekedni.

Támadáskor a cica lábfejen lévő lábujjait kinyújtja, szétárja, aminek következtében a karmok „automatikusan” előrefelé kibújnak.

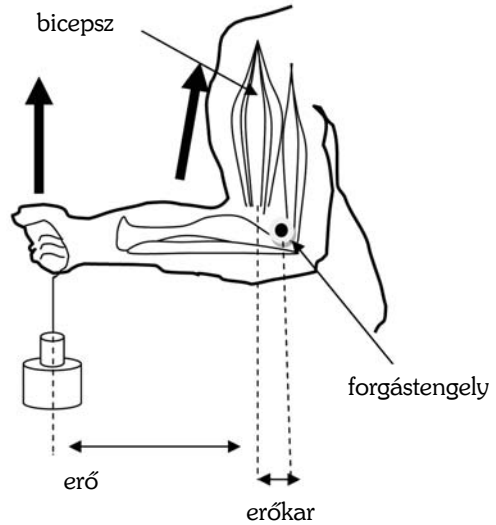
A lábujjak végén lévő karmok egy ízületnek köszönhetően mozgathatóak, hasonlóképpen az emberi alkarhoz. Egy elasztikus szalag tartja ezt az ízületet és a hozzá kapcsolódó karmot visszahúzott állapotban. Amikor az állat a tapancsain lévő ujjakat ki akarja nyújtani, vagyis széjjelebb akarja tární, akkor az ízület egyik végéhez tapadó ínszalag húz egyet az ízületen, ekkor az ízület másik végéhez rögzült karmok elmentéses irányba mozdulnak ki. Hasonlóképpen, mint amikor egy kétoldalú emelő egyik oldalára

erőhatást fejtünk ki, s a másik oldala ellentétes irányba mozdul el. Ha az állat ellazítja a lábujjainál lévő izmokat, akkor ez az elasztikus szalag visszahúzza a karmokat.

4. Az emberi alkar

Karunk és lábunk mozgásakor nagyon sokszor találkozhatunk emelők működési elvével. Térdünkben, könyökünkben csuklózületek találhatóak, de ez nem tévesztendő össze a kézcsuklóval. Az emelők működési elve az alkarunk használatánál, emeléskor talán a legszembetűnőbb. Amikor alkarunkat megemeljük – a felkar függőleges helyzetben van –, akkor a hajlítózimunk, ismertebb nevén a bicepszünk megrövidül, összehúzódik. A forgástengely ennél az egyoldalú emelőnél a könyökünkénél található, az egyik erő erőkarja az alkarunk hossza, a másik a bicepsz tapadási helye és a forgáspont közötti távolság.

Úgy tapasztalom, hogy ha tanítványaimat arra ösztönzöm, hogy egy-egy adott fizikai témakör-



höz keressenek analóg példákat az interneten, más tantárgyak, tudományok területéről, vagy a gyakorlati életből számos szöveget információra tesznek szert, kialakul közöttük egy tartalmas verseny, ami széleslátásukat, érdeklődésüket, informatikai kompetenciájukat is kedvezően befolyásolja.

Bonifert Ferenc

Felavatták a dinamó atyjának szobrát Szegeden

Az elektrotechnika múltja és jövője találkozik annál a Kossuth Lajos sugárúti épületnél, ahol Jedlik Ányos köztéri szobrát avatták fel. Szeged energiaellátásának legendás helyszíne jelenleg az EDF DÉMÁSZ Képzési Központjának ad otthont, míg korábban a város villanytelepének irodája volt.

Tavaly döntött úgy a Magyar Elektrotechnikai Egyesület, hogy szegedi szervezetük fennállásának hatvanadik jubileuma alkalmából méltó emléket állítsanak az elektrotechnika egy em-

blematikus alakjának. Szeged legújabb köztéri szobra a tudós és feltaláló bencés szerzetesnek, *Jedlik Ányosnak* állít emléket. *Bánvölgyi László* szobrászművész alkotása munka közben, szerzetesi ruhában ábrázolja a tudóst, bal kezét a dinamóra, híres találmányára helyezi, míg jobb kezével jegyzetel.

Az önkormányzat nevében *Juhász Gyula* fideszes képviselő méltatta *Jedlik Ányos* munkásságát. Köszöntőjében kiemelte: az első magyar elektrotechnikusként említik őt, ami a szó

műszaki értelmében igaz, de munkássága messze túlmutat azon. Hozzátette: nevéhez több találmány is fűződik, így az első, teljes mértékben elektromos árammal hajtott elektromotor, amit ő villanydelejes forgonynak nevezett, továbbá a dinamóelv, amellyel évekkal megelőzte kortársait. „Jedlik Ányos azon tudósok közé tartozik, akinek hite nemhogy akadálya, sokkal inkább inspirálója és ihletője volt tudományos munkásságának. Méltán lehet büszke rá a magyar tudományos élet és az egész nemzet, és Szeged is, hogy a munkásságához méltó köztéri szobor őrzi emlékét” – fogalmazott Juhász Gyula.

Olyan helyen állították fel a szobrot, ahol összetalálkozik az elektrotechnika múltja és jövője – közölte Tóth József. A Magyar Elektrotechnikai Egyesület szegedi szervezetének elnöke elmondta, Szeged város egykori villanytelepének irodaépülete előtt helyezték el a szobrot, ott, ahol jelenleg a jövő villanyszerelőinek és elektrotech-

nikusainak képzése zajlik. „Szegeden 1895-ben kezdődött a villamosenergia szolgáltatás, s egészen 2010-ig szolgálta az erőmű a város villamosenergia- és hőtermelését” – emlékeztetett Tóth József. Megjegyezte, 1895-ben már Jedlik felfedezéseit is alkalmazták a villanytelepen. Mára az erőmű üzemeltetése gazdaságtalanná vált, ezért zárták be két évvel ezelőtt. Az erőmű egykori irodaépületében létesült az EDF DÉMÁSZ Jedlik Ányosról elnevezett képzési központja, itt képzik a jövő villanyszerelőit, elektrotechnikusait egy korszerű képzési modell alkalmazásával. A szoborállítását támogató EDF DÉMÁSZ vezérigazgató-helyettese, Hiezl József portálunknak elmondta: idén szeptemberben indított a cég ösztöndíjas, sajátos szakmai képzést villanyszerelőknek, s a képzőközpont is Jedlik Ányos nevét viseli, ezért volt kézenfekvő, hogy itt álljon szobra.

„A bencés szerzetes, Jedlik Ányos személye, élete és munkássága egy csodálatos szintézise



az olyan értékeknek, mint a keresztény hit, a tudomány, a kutatás és a felsőoktatás ügyének előmozdítása” – fogalmazott Kiss-Rigó László megyés püspök a szoboravatón. Kifejezte reményét: Jedlik Ányos emlékének megőrzésével a ma embere is erőt meríthet, hogy a felsorolt értékek mentén összefogjon, így orvosolva társadalmi és gazdasági gondjainkat.

Jedlik Ányos életéről, munkásságáról

1800. január 11-én született a mai Szlovákiában lévő Szímőn. Szülei, Jedlik Ferenc és Szabó Rozália földművesek voltak. Édesapja, Jedlik Ferenc anyagi áldozatra is kész volt, amikor tehetséges gyermekének neveltetéséről intézkedett. Hároméves otthoni tanulás után Jedliket tízéves korában Nagyszombatba küldte a bencések gimnáziumába. A gimnázium negyedik osztályát a tehetséges tanuló azonban már Pozsonyban végezte a bencéseknél, mert apja ide vitte át, hogy németül is megtanuljon.

A hatosztályú gimnázium elvégzése után Jedlik Pannonhalmára ment, hogy a bencés rendbe való felvételét kérje. A fiút szívesen fogadták itt, és 1817. október 25-én belépett a Szent Benedek-rendbe.

1818–20-ban bölcsészeti tanulmányokat végzett a rend győri líceumában, majd Pesten szerzett 1822-ben doktori címet matematikából, fizikából, filozófiából és történelemből szigorlatozott. 1825-ben szentelték pappá. A rend döntése értelmében 1825-től a győri gimnáziumban tanított, ezt követően pedig a győri líceum fizika tanszékén. Folyamatosan bővítette szertárát, igen gyakran maga készített ehhez eszközöket, első találmányait is ekkor alkotta.

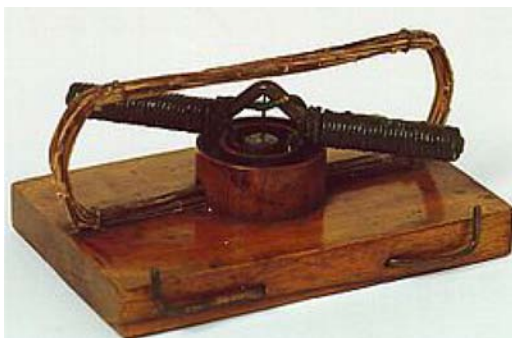
1831-től a Pozsonyi Királyi Akadémián tanított, miközben nyaranta tanulmányi utakat tett Ausztriába. Később megpályázta az egyetemi tanári állást, és 1840-től már a pesti királyi tudományegyetem bölcsészeti karának fizikai tanszék-vezetője. Lakása az egyetemen, a szertár mellett volt, amelynek bővítését itt is a szívéen viselte.

Fiatal korára az általános érdeklődés volt jellemző, foglalkozott kémiával, elektrokémiával (elemekkel), később elektromosságtannal és optikai kísérletekkel is. Sok időt töltött találmányaival és tankönyvek írásával, például a Természettan elemei cíművel, később Hőtan és Fénytan címmel is láttak napvilágot könyvei. Ezekkel a szakemberek körében nagy elismerést váltottak ki.

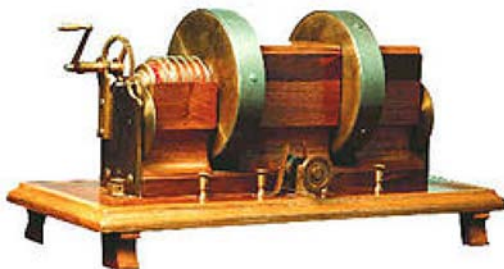
Jedlik Ányos 1878-ban egyetemi professzori helyét Eötvös Lórándnak adta át. Visszavonult a győri rendházba, ahol szellemi frissességét megőrizve folytatta kutatói tevékenységét egészen 1895-ben bekövetkezett haláláig.

Munkásságából, korszakalkotó felfedezései közül a mai életünk szempontjából a két legjelentősebbet emeljük ki, ezek: az **elektromotor** és az **öngerjesztésű dinamó**.





„Villámdelejes forgony”, az elektromotor őse



Jedlik által kigondolt dinamó

A „villámdelejes forgony” lényegében egyenáramú motor. A fenti ábrán látható külső tekercs egyenárammal van táplálva. A tekercsben folyó áram a jobbkéz-szabállyal megállapítható irányú erővonalakat hoz létre. Mivel a tekercs unifikális kivitelű, és a tekercs meneteiben folyó áram iránya megegyező, ezek az erővonalak azonos irányú, a tekercs síkjára merőleges mágneses teret hoznak létre. A létrejövő mágneses tér nagysága függ a tekercs menetszámától és a rajta átfolyó áram nagyságától (ezt hívják fajlagos gerjesztésnek). A belső tekercs tekercselési iránya végig megegyező. A benne folyó áram szintén a jobbkéz-szabállyal megállapítható irányú erővonalakat hoz létre. A létrehozott

mágneses tér a tekercsben tengelyirányú. A belső tekercsben elhelyezett vas miatt elektromágnesként viselkedik. A külső mágneses tér hat a belső mágnesre, és a fellépő Lorentz-erő a belső tekercset elfordítja, egészen addig, míg a belső tekercs hossz tengelye a külső tekercs síkjába nem kerül. Ebben a helyzetben a tengelyen lévő kommutátor a belső tekercsbe folyó áram irányát megfordítja, és a forgás folytatódik. Itt a kommutátor szerepe a belső tekercsvégek higanyba merülő polaritás-váltásával van megoldva. A külső tekercs áramirányának változatlanul hagyása mellett, és a belső tekercs elmentéses irányú táplálásakor a forgás iránya elmentéses lesz.

Másik kiemelkedő felfedezése a **dinamó-elv felismerése** volt. Jedlik elektrotechnikai munkásságából a köztudatban pontatlanul, ezért helytelenül a dinamó, mint villamos gép feltalálása él, pedig az ő szeniális felismerése az öngerjesztést ismerte fel és ennek alapján a világon először írta le a dinamó működési elvét.

Irodalom

- [1] Holenda Barnabás (1967): *Jedlik élete*. Műszaki nagyjaink. 3. köt. GTE. Budapest
- [2] Krómer István (2011): *Az első magyar elektrotechnikus: Jedlik Ányos*. MTE SZ
- [3] Éder Zoltán: Tallózás Jedlik Ányos műszavai között – előadás 200. emlékülés, 2000. 01. 15.
- [4] „Szegedma.hu” Varga Anna 2012. október 24., szerda, Fotó: Gémes Sándor

J E L E N T É S

AZ 1845–50-IG MEGJELENT TERMÉSZETTUDOMÁNYI MUNKÁK LEGJOBBEJAINAK MEGJUTALMAZÁSÁRÓL.

Ezen időköz természetudományi munkái közt a nagy jutalomra a következők iteltet méltónak:

Súlyos testek Természettana. Irta Jedlik Ányos István, szöveg közö nyomatott 384 fűzetekkel. Pest, 1850.

Ugyanis e munkában a dús tartalom kellő bővítéssel és választékosággal, nem egyszerűen elsajátítva, hanem a természettani tényemények s ezektől elvonat törvények saját észleletek és kísérletek által újul megvilágítva; sőt önálló vizsgálatokkal is bővítve; a részletek egymáshoz mintegy szervesleg kifejlesztve adódnak; a tudományos tárgyulása kellő tekintettel a matematikai megvilágításra, a tapasztalattal folyvást összefüggve, s az elhívt volt példák-
kal felderítve halad, mi által az olvasó egyes tényemények megfejlesztése is képesítettik; előadása végre a meglévő művelés szerencsés felhasználása mellett világos és szabatos.

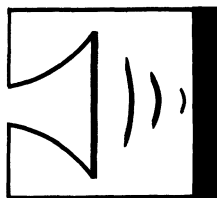
Másod helyre, tehát a *Marczibányi-jutalomra* iteltetett méltónak:

Légtűnemenytan, s a két Magyarhon egyfolyó viszonyai, s ezek befolyása a növényekre és állatokra. Irta Berde Áron. Kötetűz, 1847.

Ezen, nemében s ily kiterjedésben első magyar munka, a légtűn általános igazságok tudományos tárgyulása után a két magyar hazza egyfolyó viszonyait önészlelet s nagy gondtal gyűjtött, számos egy helyesbontó táblákba összeállított adatok alapján ismerteti, az égeli viszonyok befolyását a növényi és állati életre kifejti, s ezekből gaudára és orvosa nevező használatos eredményeket von le; előadása világos és vonzó.

Költ Pesten, a Magyar Tudományok Akademiája XX. nagy gyűlésében, dec. 15. 1858.

Toldy Ferencz m. l.
titokos.



HANGSZÓRÓ

Leitner Lászlóné

II. Szalay Sándor Fizika Emlékverseny eseményei és értékelése

Szalay Sándor 1909. 10. 04-én Nyíregyházán született. Első természettudományos tanítója édesapja, aki a jelenlegi nyíregyházi gimnáziumban a fizikatanára is volt. Emlékére 2010 októberében, Szalay professzor egykori iskolájának, a Nyíregyházi Evangélikus Kossuth Lajos Gimnáziumnak a falai közül elindult egy országos fizikaverseny.

Az első verseny tapasztalatai alapján, a hibákból tanulva s az eredményeket erősítve a 2012/13. tanévre tervezett, II. Emlékversenyhez már 2012 tavaszán megkezdjük az előkészületeket.

A versenykiírás, mely az ország evangélikus, és egyéb felekezete által fenntartott intézményeihez szólt, és elektronikus formában juttattuk el a legtöbb intézményhez, tartalmazta a két napos rendezvény legfontosabb eseményeit, a nevezés módját, valamint az előzetes feladatokat.

A verseny feladattípusai és értékelési szempontjai

- Előzetes feladat: **Szabadon választott kísérleti** összeállítás, kísérleti jegyzőkönyv elkészítése, mely tartalmazza a kísérlet pontos leírását, annak fizikai elemzését. A feltételek között szerepelt, hogy a felhasznált kísérleti eszköz a mindennapi életben használt tárgyak köréből származzon, a kísérlet céljának megfe-

lelő átalakítással, melyet a jegyzőkönyv tartalmazzon, olyan formában, hogy azt bárki újra megismételhesse.

E feladatrész értékelésének főbb szempontjai a következők voltak: a kísérleti eszköz elkészítésének folyamata követhető, a munkát kreativitás jellemzi, a kísérleti jegyzőkönyv logikusan felépített, a szakmai ismertetés pontos, a kifejezések használata megfelelő. A megvalósítás során figyelembe vett szempontok: a kísérleti eszköz és munkafolyamat bemutatása meghatározott időn belül történik, a lényeges elemek helyet kapnak, az eszköz használata biztos.

- **Prezentációk** elkészítése és bemutatása: Az elkészítendő bemutatók témái, melyek közül minden korosztálynak egyet kellett elkészítenie és a versenyre magával hoznia, a következők voltak:

7-8. évfolyam:	9-10. évfolyam:	11-12. évfolyam:
Ingókövek egyensúlya	Világítás LED-del	Sötét anyag
Szivárvány	Űrszemét a Földön	UFO az Ural felett
A Hold színei	Aszteroidák a Föld közelében	HAARP
Fata morgana	A Föld atomreaktorai	Terresztrikus bolygók

• Itt az értékelés során az elkészített bemutatót és az előadásmódot is értékeltük. A szempontok között szerepelt, hogy a PPT logikusan legyen felépítve, a fizikai szempontból lényeges elemek egyértelműen ki legyenek emelve. Fontos szempont volt még, hogy az alkalmazott képek és hozzáfűzések összhangban vannak-e egymással és a tartalommal, a diák áttekinthető-e, a beszúrt szövegrész megfelelően olvasható, s nem utolsó sorban: van-e diák végén szakirodalmi hivatkozás.

Az előadás szakmai módja tekintetében a következő szempontokat helyeztük előtérbe: a fizikai szakkifejezéseket a versenyzők tudatosan használják, az előadás teljes szinkronban van a képanyaggal. Az előadó segédeszköz használata nélkül dolgozik és az előadás terjedelme megfelel a megadott feltételeknek.

• Fizikai jelenségekkel kapcsolatos, **zárt végű feladatsor** megírása. A feladatsorok témái a következők voltak:

7–8. *évfolyam: munka, energia,*

9–10. *évfolyam: munka, energia, hő,*

11–12. *évfolyam: munka, energia, hő, tömeg-energia, kötési energia...*

Mivel mindegyik kérdéshez, feladathoz a felkínált négy válasz közül pontosan egy felelt meg, részpontszámot nem adtunk, s mert a helyes válasz „véletlen” megtalálásának a valószínűsége mindegyik feladat esetén 25% volt, így az egyes feladatok helyes válasz esetén ugyanannyi pontot értek.

• A véletlen választással megkapott **kísérletek** elvégzése, bemutatása. A verseny kiírásakor a jelentkezőknek a <http://www.komal.hu/verseny/korabbi.h.shtml> helyről gyűjtött listát juttatunk el, melyen egyszerű, kevés segédeszköz, inkább ötletességet igénylő kísérletek szerepeltek. A verseny napján, a regisztrációval egy időben minden csapat véletlen választással kapta meg az elvégzendő kísérletét, illetve annak számát. A megmérettetés napján a versenyzőknek az előkészített eszközök segítségével kellett elvégezni a kísérletet, mérést,

rögzíteni az adatokat jegyzőkönyvben, valamint a jelen lévő zsűrinek beszámolni a munka szakmai oldaláról.

Az értékelés főbb szempontjai ezen a területen hasonlítottak az előzetes feladat kísérletének értékeléséhez: a szempontok között szerepelt, hogy a kiadott eszközökkel biztonságosan bánd-e a versenyzők, s az utasításnak megfelelően végzik-e a kísérletet, a vizsgálandó fizikai jelenséget a csapattagok több oldalról is megközelítik-e, és a rendelkezésre bocsátott eszközöket a versenyzők a kísérlet sikerének érdekében általánosan elfogadott funkciójától eltérően is felhasználják-e. A kísérleti jegyzőkönyvben fontos elem volt az elvégzett munka részletes, vagy főbb vázlatokra bontott leírása, valamint a tapasztalatok és következtetések áttekinthető rögzítése. A kísérlet szakmai bemutatása a következőket tartalmazta: a referálás során egyértelműen ki kellett derülni, hogy a csapat mindkét tagja a kiadott feladaton dolgozik, és a fizikai kifejezéseket a csapat tagjai megfelelően használják a beszámoló alatt.

• Természettudományos **cikk értelmezése**. A feladatrész nyílt végű, rövid választ igénylő kérdéseket tartalmazott. A cikkeket a versenyre nevezők PDF formátumban elektronikusan kapták meg 2012 őszén. Minden csapat cikkenként egy kézzel írt rövid vázlatot készíthetett, melyet a verseny során a válaszok meghozatalában használhatott. A feladatrész 40 kérdést tartalmazott, melyek közül a csapatoknak pontosan húszra kellett helyes választ adniuk.

Az értékelési szempontok listája ebben az esetben igen rövid: az összeállított nyílt végű kérdéssor közül 20 kiválasztott kérdésre adott válasz értékelhető, helyes válaszonként egyenlő mértékű ponttal. A pontok a válaszoknak megfelelően bonthatók voltak, de csak egész számú pontot kaphattak a versenyzők.

Fontos eleme volt a feladatrésznek, hogy amennyiben a versenyzők húsz kérdésnél többre válaszoltak, csak az első húsz választ értékeltük. Erről természetesen a versenyzőket e teszt megírását megelőzően tájékoztattuk, s mivel mind-

egyik csapat betartotta ezt a „játékszabályt”, így nem kellett e korláttal élni az értékelés során.

• Fizikai **szimulációk elemzése**. E feladatrész újszerűsége miatt az esélyegyenlőség fenntartása érdekében a versenyre jelentkezőknek a felkészüléshez egy mintafeladatot juttatunk el a <http://demonstrations.wolfram.com...//> oldalakról. Terveink szerint a rendezvény során is erről az oldalról lehetett volna a diákoknak letölteni az előzetesen kijelölt három link közül azt, amelyiket a csapat szívesen elemez. Sajnos, a hálózat hirtelen olyan terheléssel, amekkorát a csapatok jelentettek, nem tudott megbirkózni, így a teljes verziót mellőzve, az egyes kísérleti szimulációk demó-változatát elemezve végezheték el a munka ezen részét. Mindezek ellenére a kiadott utasításnak megfelelően az alapvető feladatok elvégezhetőek voltak.

Az értékelés szempontjai között a kreativitás, a választott kísérletnek az értékelést végző zsűri előtt való szakmai bemutatása, valamint az elektronikus módon, meghatározott paramétereknek megfelelő jegyzőkönyv készítése szerepelt.

A két napos programsorozat a következő módon épült fel:

2012. október 05. (péntek)

11.00 – 12.30 **Érkezés** a verseny helyszínére, regisztráció, ebéd

12.30 – 14.30 *Prezentációk bemutatása*

15.00 – 15.30 *A verseny megnyitása, emléktábla koszorúzás*

15.30 – 18.00 *Kísérletek, kísérleti eszközök bemutatása*

18.00 – 18.30 Fizikai szemle gyűjtemény jelképes, ünnepélyes átadása

18.30 – 19.00 *Vacsora, szállás elfoglalása*

19.00 – 21.00 *Nyíregyházi barangolás*

2012. október 06. (szombat)

07.30 – 08.00 **Reggeli**

A verseny **folytatása** a gimnáziumban

08.30 – 09.15 *A fizikai jelenségekkel kapcsolatos teszt megírása*

09.30 – 10.15 *A véletlen választással megkapott kísérletek elvégzése és bemutatása*

10.30 – 11.15 *Természettudományos tartalmú szövegrész értelmezése.*

11.30 – 12.15 *Fizikai szimulációk elemzése*

12.30 – 13.30 **Ebéd**

13.30 – 14.30 Kísérleti bemutató (Tóth Pál; Fizibusz)

14.30 – 15.00 **Eredményhirdetés**, áhítat, zárás

15.20 – **Hazautazás**

Kísérőtanárok programja:

08.30 – 09.15 CERN hozadéka – sugárterápia (Újvári Balázs)

09.30 – 10.15 CERN-ben jártam (Tóth Diána)

10.30 – 11.15 Wigner-Intézet (Veszprémi Viktor)

11.30 – 12.15 MTA Nyári Tábor szakmai beszámoló (Nádasi Gábor)

Eredmények:

7–8. évfolyam: 1. korcsoport

	Intézmény	Felkészítő
I.	Deák Téri Evangélikus Gimnázium, Budapest	Szőkéné Mezősi Tímea
II.	Bethlen Gábor Református Gimnázium, Hódmezővásárhely	Berecz János
III.	Jókai Mór Református Általános Iskola, Nyíregyháza	Borai Ágnes

9–10. évfolyam: 2. korcsoport

	Intézmény	Felkészítő
I.	Debreceni Református Kollégium Dóczy Gimnázium	Tófalusi Péter
II.	Sztehlo Gábor Evangélikus Óvoda, általános Iskola és Gimnázium, Budapest	Csatlós Mária
III.	Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium és Kollégium	Wiandt Péter

	Intézmény	Felkészítő
I.	Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium és Kollégium	Wiandt Péter
II.	Aszódi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium	Osgyáni Zoltán
III.	Sztechlo Gábor Evangélikus Óvoda, Általános Iskola és Gimnázium, Budapest	Csatlós Mária

Az MTA Atommagkutató Intézete – az intézet igazgatójának döntése alapján – az alábbi különdíjat ajánlotta fel a verseny résztvevőinek: egynapos látogatás az ATOMKI-ban. A díjat az Aszódi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium csapata kapta; felkészítő tanár: Osgyáni Zoltán.

A zárt végű feladatok mindegyikét **Cseh Imre** fizikus, középiskolai matematika, fizika,

informatika, filozófia szakos tanár állította össze (Kölcsey Ferenc Gimnázium, Nyíregyháza).

A verseny fő segítője volt, és a zsűri elnöki feladatait ellátta: **Dr. Kovách Ádám** (ATOMKI).

A zsűri tagjai: **Dr. Hadházy Tibor** (NYF); **Veszprémi Viktor** (Wigner Intézet); **Újvári Balázs** (DE); Tarján Péter (NYF); Lőrinczi Zoltán (ELTE Bsc); **Kerekes Attila**, és **Tamás Melinda** (NYEKLK).

A verseny lebonyolításában nagy segítséget nyújtott a Nyíregyházi Evangélikus Kossuth Lajos Gimnázium igazgatója: **Tar Jánosné**, fizikatanárai: *Szigetiné Szemerszki Éva* és *Tóth Diána* tanárnők, és minden dolgozója.

Köszönet illeti a verseny minden résztvevőjét, felkészítő tanárait, segítőit az áldozatos, fáradságot nem kímélő munkáért, és ezen emlékezetes program megvalósításában való részvételért.



KONTINUITÁS

Nagy Tibor

Kincsek a Bethlen Gábor Református Gimnázium fizikaszertárában 20. rész

A hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium majdnem másfél évszázados fizikaszertárának patinás eszközeit, oktatástörténeti kuriózumait bemutató cikksorozatban mindig olyan eszközöket mutatunk be, amelyek a fizikatanárok számára is különös csemegeként szolgálhatnak.

A sorozat befejező részében a szertár néhány olyan eszközét mutatjuk be, amellyel

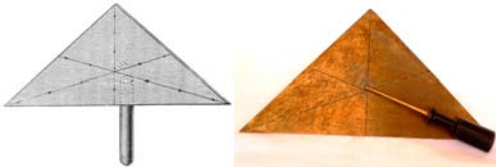
a merev testek kinematikáját és statikáját lehet szemléltetni.

1. A bemutatni kívánt eszköz neve: **Abt-féle súlypontkészülék** (beszerzési év: 1897).

Az Abt-féle súlypontkészülék a nevét Abt Antal (1828–1902) magyar fizikatanárról, a kolozsvári egyetem egykori rektoráról kapta, aki ezzel az ötletes eszközzel mutatta be a súlyponttal kapcsolatos kísérleteit.

I. 46. | *Súlypontkészülék* | *Abt. készült* | 350.

Ez az eszköz valójában egy olyan sárgaréz-ből készített háromszög, amely a súlypontban, illetve a súlyponton kívül még 16 helyen át van fúrva. Ezekbe a lyukakba egy fogantyúra rögzített tűhegyet illeszthetünk, s így a rézháromszöget a különböző pontokon, mint felfüggesztési pontokon keresztül fellógathatjuk. Ekkor a felfüggesztési pontból húzott függőleges vonal megadja a test súlyvonalát. Ezt az eljárást többször, különböző pontokon keresztül egymás után elvégezve megkaphatjuk a test több súlyvonalát is, amelyek egy pontban metszik egymást. Ez a pont a test súlypontja. Ha a testet a súlypontba fúrt lyukon keresztül lógatjuk fel, akkor a test minden helyzetében egyensúlyban marad.



Abt-féle súlypontkészülék

2. A bemutatni kívánt eszköz neve: **Hajólámpa** (beszerzési év: 1888).

I. 46. | *Hajólámpa, gyúrtató Cardano-féle felleg* | 4 -

A szertár egyik igen régi szemléltető eszköze az a hajólámpa, amellyel a stabil egyensúlyi helyzetet lehet bemutatni a tanuló ifjúságnak. Az eszköz két vékony, kör alakúra hajlított vasabroncsból áll, amelyek átkötő lemezekkel össze vannak kötve. Az ily módon kapott gurítható szerkezethez egy kicsiny petróleumlámpát, egy ún. Cardano-féle felfüggesztéssel (kardán- vagy keresztcsuklóval) rögzítünk. Ezzel a felfüggesztéssel elérhetjük, hogy a lámpa két, egymásra merőleges tengely körül tud forogni aránylag kicsi súrlódás mellett.



Hajólámpa

Mivel a forgástengelyek metszéspontja a lámpa és a forgó abroncs súlypontjával egybeesik, a szerkezet tetszőleges mozgása (pl. egy hajó ringatózása) közben a lámpa mindig ugyanabban az egyensúlyi helyzetben marad, azaz a lámpából nem folyik ki a petróleum, s így folyamatosan éghet a lámpa.

3. A bemutatni kívánt eszköz neve: **Egyensúlyozó báb** (beszerzési év: 1887, illetve 1902).

I. 70. | *Egyensúlyozó báb* | | | | 3 -



Egyensúlyozó báb

Ez a birtokunkban lévő két egyensúlyozó készülék igazi mestermunka. A régebbi eszköz egy fatalp tetején elhelyezett sárgaréz vápára, sárgaréz tűhegygel támaszkodó fatestből áll, amelyen egy félkörívben meghajlított fém pálcá van át-szúrva. A meghajlított pálcá végein egy-egy sár-

garéz golyó található. Az egész alátámasztott test geometriai elrendezése olyan, hogy a rendszer súlypontja az alátámasztási pont alá esik, így biztos egyensúlyi helyzetnek minősül. Így akárhogy is térítjük ki a testet ebből a helyzetéből, az mindig visszatér az egyensúlyi helyzetébe, azaz soha nem tud leesni onnan.

Ha a félkörívben meghajlított fémpálcát felfelé fordítjuk, akkor ez a helyzet olyan geometriai elrendezést eredményez, amelynél a test súlypontja az alátámasztási pont fölé esik, s így a test bizonytalan egyensúlyi helyzetbe kerül, azaz mindig leesik az állványról. Ezt az eszközt az alaki hasonlóság miatt hívják kötél-táncos modellnek is.

A másik, újabb egyensúlyozó készülék már a modernebb idők jellegzetességét mutatja: már teljes egészében fémből, rézből és vasból készült. Ennél az eszköznél a fémtalpon elhelyezett vápára egy tűheggyel támaszkodó fémrúd képviseli az alátámasztott testet, amelynek két szélére egy-egy csavarral rögzített fémrúdon helyezkednek el a fémgolyók. Bár ennek az eszköznek a külalakja nem olyan tetszetős, mint az előző egyensúlyozó készüléké, az egyensúlyi helyzeteket könnyebben lehet vele demonstrálni. Az eszköz praktikumát éppen a csavaros rögzítés adja, amelynek segítségével könnyedén változtathatjuk az alátámasztott test súlypontjának a helyzetét, így mutatva be a különböző egyensúlyi helyzeteket.

1902.
I/57. Készülék az alátámasztott testek stabil és labilis egyensúlyjának megmutatására 1150.

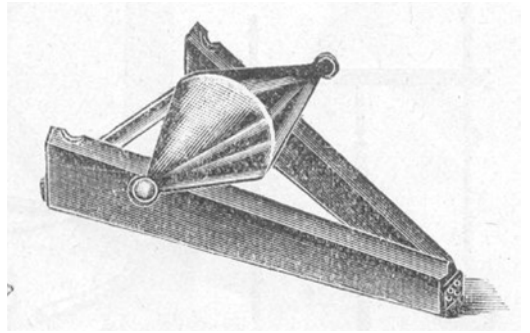


Egyensúlyozó készülék

4. A bemutatni kívánt eszköz neve: **Hegynek futó kettős kúp** (beszerzési év: 1897).

I/40. Hegynek futó kúp 3 -

Ez a diákok körében igen nagy népszerűségnek örvendő kísérleti eszköz a látszólagos működésére utaló – s nagyon találó – hegynek futó kettős kúp elnevezést kapta.



Hegynek futó kettős kúp

A két, felfelé szélesedő fadeszkából készített ék alakú lejtőn a ráhelyezett kettős kúp a deszkák szélesebb vége felé gördül. A lejtő alakjából következően a kettős kúp tehát – általános megdöbbenést okozva – látszólag a lejtőn nem lefelé, hanem felfelé mozog. A valóságban természetesen a kúp súlypontja süllyed, mivel a szélesedő, ék alakú lejtőn gördülve a kúp alátámasztási pontjai egyre közelebb kerülnek a kettős kúp csúcsaihoz. Így a kettős kúp akkor kerül legmélyebb energiájú helyzetébe, ha a súlypontja a lehető legmélyebben fog elhelyezkedni, s ez a helyzet pedig a lejtő „tetején” található.

A jelenség bekövetkezésének feltétele, hogy a kúp nyílásszögének fele nagyobb legyen a lejtő

tő hajlásszögénél. Ellenkező esetben a kettős kúp, mint egy közönséges test, lefelé indul el a lejtőn.

Ez az igen ötletes eszköz még ma is kiválóan alkalmazható a súlypont és a helyzeti energia témaköreinek tanításakor.

5. A bemutatni kívánt eszköz neve: Weinhold-féle készülék az állásszilárdság bemutatására (beszerzési év: 1902).

365 ^I 58. (Készülék a testek stabilitásának meg-
határozására) 36 -

Vízszintes alapon nyugvó, valamely felület mentén vagy legalább három pontban alátámasztott test (pl. téglatest, háromlábú szék) akkor van biztos egyensúlyban, ha a súlypontján átmenő függőleges egyenes átmegy az alátámasztási felületen, illetve az alátámasztási pontok által meghatározott felületen (pl. háromszögön). Minél jobban teljesül ez a feltétel, annál „biztosabban áll” a test, más szóval nagyobb az állásszilárdsága.

Az állásszilárdság egyik, ún. geometriai mértéke a test forgási élére vonatkozólag az az α szög, amellyel a testet el kell döntenünk, hogy a legközelebbi labilis egyensúlyi helyzetébe jusson. Az állásszilárdság energetikai mértéke az előző folyamat során végzendő munkát jelenti, míg az állásszilárdság dinamikai mértéke az a súlypontban támadó, vízszintes és a forgási élre merőleges erő, amely a test eldöntéséhez szükséges. Mindhárom mérték szerint az állásszilárdság annál nagyobb, minél nagyobb az alátámasztási felület, és minél mélyebben van a súlypont.

A testek állásszilárdságát szemlélteti a szerzőtárban az a Weinhold-féle készülék, amelynek részei:

– egy olyan fahasáb, amelynek a belsejébe aszimmetrikusan egy ólomhengert helyeztek, így a súlypontját megváltoztatták (súlypont helyét jelzi a test oldalain elhelyezett fém forgástengely). A hasáb ellentétes oldalain há-

rom-három rögzítési pont található, ahová kötelet köthetünk, s így a hasáb felborításához szükséges kötélerő támadáspontját szabadon meg tudjuk változtatni;

- egy fából készült tartóállvány és egy függőleges rúdra rögzített fém állócsiga, amelyek egy fényezett fatalpon vannak elhelyezve;
- egy fém tányér, amelyekbe súlyokat helyezhetünk.

Az állásszilárdság vizsgálatakor – mivel a súlypont vonalakkal van összekötve a különböző forgási éllel – saját szemünkkel is láthatjuk, hogy milyen helyzetben fog felbillenni az inhomogén tömegeloszlású fahasáb. A felborításhoz szükséges erő nagyságát a fém tányérba helyezett, különböző nagyságú súlyokkal tudjuk beállítani, bár a tányér súlya miatti pontatlanság leküzdése és a könnyebb bemutathatóság miatt érdemes rugós erőmérőt alkalmazni. Az erő támadáspontját úgy tudjuk változtatni, hogy a kötelet más-más helyre kötjük a fahasáb oldalán, miközben az állócsiga függőleges elmozdításával biztosíthatjuk, hogy a felborításhoz szükséges erő hatásvonala végig vízszintes legyen. A felborítás során a hasáb vízszintes megcsúszását a tartóállványon elhelyezett, keskeny, vízszintes lécs akadályozza meg.

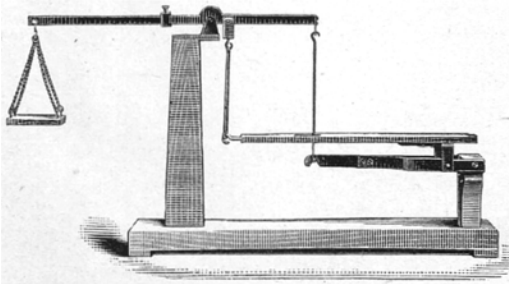


Weinhold-féle készülék az állásszilárdság bemutatására

6. A bemutatni kívánt eszköz neve: Hídmérleg (tizedes mérleg) minta (beszerzési év: 1890).

1890. 34. Gy. decimális mérleg minta
85/52 2074 37
12

A hídmérleg működési elve is kihasználja az Arkhimédész által a Kr. e. 3. században megfo-

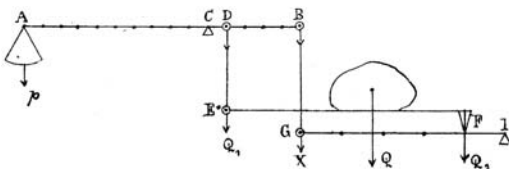


Hídmérleg (tizedes mérleg) minta

galmazott emelő-törvényt, amely szerint egy tengely körül forgatható merev test akkor van egyensúlyban, ha a rá ható erők forgatónyomatékainak összege a két karon egyenlő. Két erő esetében:

$$F_1 \cdot k_1 = F_2 \cdot k_2.$$

A gyorsmérleghez hasonlóan ez a készülék is nagyobb súlyok mérésére szolgál, oly módon, hogy a mérendő súlyt (Q) egy kisebb, a mérendőnek adott valahányad részét kitevő súllyal (P) egyensúlyozzuk ki. Az ilyen mérlegeket tizedes vagy százados mérlegnek nevezzük aszerint, hogy a kisebb súly a mérendő súlynak tizedes vagy századrésze.



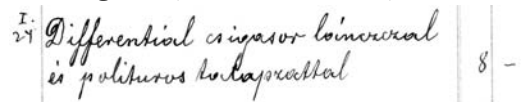
A hídmérleg működésének magyarázata

A szertárban egy olyan tizedes mérleg (hét-köznapin néven mázsa) modell található, amelynél két nagyszerű megoldást is tanulmányozhatunk. Az egyik ötletes megoldás az, hogy a teher alatt levő ún. híd csak önmagával párhuzamosan mozdulhat el, míg a másik, hogy a teher bármely helyzetében ugyanakkora súllyal lehet a mérleget egyensúlyban tartani. Ezt úgy lehet elérni, hogy a mérlegkar teher felőli oldalán levő felfüggesztési pontok forgástengelytől mért távolságának aránya ugyanakkora, mint a híd alatti rúdon levő felfüggesztési, illetve alátámasztási pontok alsó forgástengelytől mért távolságának aránya. Ez az arány:

$$\frac{CB}{CD} = \frac{LG}{LF} = 10.$$

Így a mérendő terhet tized akkora súllyal lehet egyensúlyban tartani. Emiatt az egyensúlyban tartáshoz szükséges tömeget tízzel megszorozva megkapjuk a keresett tömeget.

7. A bemutatni kívánt eszköz neve: Differenciális csigasor (beszerzési év: 1887).



A differenciális csigasor egy közös tengelyre szerelt, két darab egymáshoz erősített, különböző sugarú facsigából, továbbá egy szintén fából készült mozgócsigából áll. A két egymáshoz rögzített csiga közös tengelyét rögzítő fémvillát egy fényezett faállványra akasztjuk, míg a terhet a mozgócsiga fémvillájára lógatjuk.

A csigákat egy vég nélküli fémlánccal veszünk körül az ábra szerint, amely a csúszás megakadályozása érdekében a csigák peremén elhelyezett kis szögekbe illeszkedik. Mivel a mozgócsigát tartó két kötélrész mindegyikét a teher húzza lefelé, így a **R** és **r** sugarú kettős csigára a jobbra forgató **F** kötélerőn kívül a teher **G** súlyának a fele hat **R**, illetve **r** távolságra a közös tengelytől. Ezekon túl a kettős csigára a közös tengelytől **R** távolságra hat az a balra forgató erő is, amelynek a nagysága szintén a teher **G** súlyának a felével egyezik meg. Ha ezek alapján felírjuk a kettős csigára ható forgató-

nyomatékok egyensúlyát, akkor adódik a differenciális csigagor egyensúlyának a feltétele:

$$F = G \cdot \frac{R-r}{2 \cdot R}.$$



Differenciális csigagor

Pl. $\frac{r}{R} = 0,8$ esetén az egyensúly fenntartásához szükséges **F** erő tizedrésze lesz a teher **G** súlyának.

8. A bemutatni kívánt eszköz neve: **Hartl-féle csavarkészülék** (beszerzési év: 1894).

255. 7/35 Csavarkészülék | 22 -

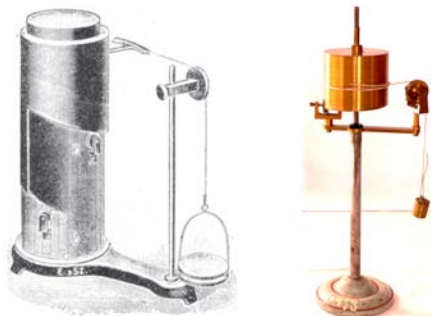
A csavar a lejtő rendszerű egyszerű gépek csoportjába tartozik, mivel a csavar nem más, mint egy tömör hengerre tekert lejtő. Ha egy R sugarú hengerre egy $2 \cdot \pi \cdot R$ alapú és H magasságú derékszögű háromszöget úgy tekerünk fel, hogy a háromszög alapja éppen körbeérje a hengert, akkor a háromszög H magasságát a csavar menetemelkedésének nevezzük. Ekkor a háromszög átfogója által kirajzolt vonalat csavarmenetnek nevezzük, míg több csavarmenet esetén csavarvonalról beszélünk.

A csavarnál ható **F** erő a csavar kerülete mentén hat, s így a csavarorsót igyekszik körülhajtani, miközben a **G** terhet az összenyomandó tárgy visszaható hatása miatt fellépő – a csavar tengelyével párhuzamos irányban ható – erő jelenti. Tehát az **F** erő a tömör hengerre tekert lejtő alapjával párhuzamos, míg a **G** erő a lejtő alapjára merőleges irányú. A csavar egyensúlyi viszonyát a lejtőre felírt összefüggések segítségével vezethetjük le: egyensúlyi esetén a csavarorsó kerülete mentén ható **F** erő

úgy aránylik a **G** teherhez, mint ahogy a csavar menetemelkedése aránylik a csavarorsó kerületéhez. Vagyis

$$F = G \cdot \frac{H}{2 \cdot \pi \cdot R}.$$

A csavar működésének a bemutatására szolgál az a lefejthető csavarmenettel ellátott Hartl-féle csavarkészülék, amelynek függőleges tengelyű tartórúdjára ráhúzható egy sárgarézből készült csavarorsó. Az orsó addig csúszik a tengelyen lefelé, míg egy vízszintes tengely körül forgatható kis rézgörgőnek nem ütközik. Ha az orsó kerületére egy állócsigán átvett fonalat csévélünk, akkor a fonál végére kifejtett erő hatására a csavarorsó a görgő mentén kezd emelkedni. Egyensúly esetén a fonál végét húzó erőre a fenti összefüggés áll fenn, amelyet ezzel az eszközzel mérésrel is igazolhatunk.



Hartl-féle csavarkészülék

A csavarkészülékhez két különböző (1,2 cm és 2,4 cm) menetemelkedésű, de azonos tömegű (500 g) és sugarú (4,15 cm) csavarorsó tartozik. A sugár meghatározása nélkül megmérhetjük az orsó 360 -os elfordulása során az állócsigán átvett fonál végén levő test süllyedését, s így közvetlenül az orsó kerületét is. Így az egyensúlyban tartáshoz szükséges erő mérésével a fenti összefüggést igazolhatjuk, de összehasonlító mérést végezve könnyedén beláthatjuk azt is, hogy a kisebb menetemelkedésű csavarorsót feleakkora erővel lehet egyensúlyban tartani, mint nagyobbikat.

A mérés sikerességének érdekében célszerű a mérés előtt az orsó tengelyét beolajozni.

Dr. Sikolya László – Dr. Szabó Árpád – Dr. Szabó Tímea

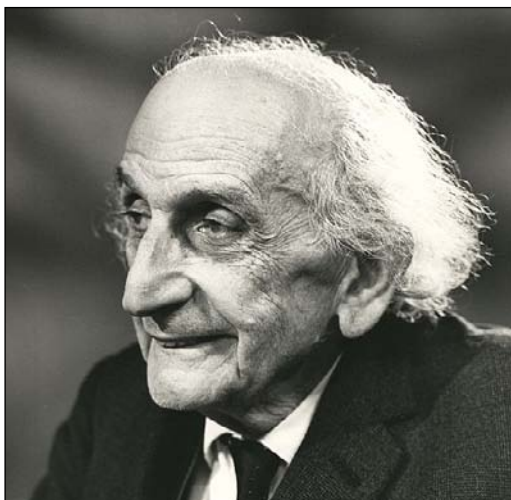
Lánczos Kornél 1893–1974

Lánczos Kornél magyar elméleti fizikus, matematikus, egyetemi tanár, a kvantummechanika matematikai elméletének egyik kidolgozója. Foglalkozott a mechanika variációs elveivel, numerikus analízissel, variációszámítással, lineáris differenciáloperátorokkal és Fourier-analízissel. Mind a speciális, mind az általános relativitáselmélet szempontjából lényeges meglátásai és megállapításai vannak, mindkét területen jelentőset alkotott.

Lówy Kornél 1893. február 2-án, 120 éve, jó módú zsidó családban született Székesfehérváron. Édesapja, Lówy Károly nagy műveltségű, köztisztviselőben álló ügyvéd volt, akit 1915-ben a székesfehérvári Ügyvédi Kamara az elnökévé választott. Ezt a megtisztelő tisztséget élete végéig betöltötte. Édesanyja, Hahn Adél kiváló zongorista volt, gyakran adott jótékony-sági koncerteket. Öten voltak testvérek: két öcsce és két húga volt. A gyermekek, az édesapjuk tanácsára a nevüket 1906-ban Lówyról Lánczosra magyarosították.

Lánczos Kornél életútja négy periódusra osztható: a magyarországra, ahol az iskolai, egyetemi és a pályakezdet éveit töltötte (1921-ig), ezt követték a németországi kutatási évek (1921–1931), majd az alkalmazott matematikával foglalkozó amerikai évek (1931–1952) és végül a legnyugodtabb, az őt leginkább kiegyensúlyozott alkotó munka évei teltek Dublinban (1952–1974).

Iskolai tanulmányait a székesfehérvári elemi iskolában kezdte, ahol különösen az idegen nyelvek területén kapott kiváló képzést. Középiskolai tanulmányait szintén szülővárosában, a székesfehérvári Cisztercita Főgimnáziumban végezte. Ott is érettségizett 1910-ben jeles eredménnyel.



Egyetemi tanulmányait 1911-ben a Budapesti Tudományegyetemen kezdte el, ahol fizikát, matematikát és filozófiát tanult. Tanára volt Eötvös Loránd és Fejér Lipót is. 1916-ban kapott matematika-fizika szakos tanári diplomát, és aztán négy éven át, 1920-ig volt a budapesti József Műegyetem Fizika Tanszékén Tangl Károly tanszékvezető professzor tanársegédje. Oktatott és kutató, laboratóriumi gyakorlatokat vezetett. 1921-ben Ortvay professzornál Szegeden doktorált. Doktori disszertációjában az elektrodinamika térelméletével foglalkozott. Lánczos Kornél doktori dolgozatát megküldte Albert Einsteinnek is, aki arról elismerően nyilatkozott.

Lánczos Kornél 1920-ban önként feladta állását a József Műegyetemen, Németországba szerződött el, és kutatómunkáját 11 éven át, 1931-ig német egyetemeken: Freiburgban, Frankfurtban és Berlinben folytatta. Karrierje a Freiburgi Egyetemen kezdődött, ahol 1921-ben Franz Himstedt tanársegédje lett. 1924-ben a Frankfurti Egyetem

Elméleti Fizika Tanszékén Erwin Madelungnak a tanársegédje, és 1927-ben egyetemi magántanár. 1928-ban Szilárd Leó javaslatára lett Berlinben Einstein munkatársa. Einstein mellett leginkább az általános relativitáselmélet matematikai kérdéseivel foglalkozott. Nagyon nagy megtisztetésnek érezte Albert Einstein meghívását, de 1929-ben az együttműködésük megszakadt. 1930-ban Angliában vállalt munkát, azonban egészen Einstein haláláig személyes barátság fűzte őket össze. Lánzos Kornél azt írta, hogy a relativitáselmélet döntő hatással volt életére, és azok a napok, amelyeket ő az elmélet szerzőjével tölthetett, nagyon értékesek, örökre a maradandó emlékei közé tartoznak. A relativitás elméletének tanulmányozása folytán Lánzos Kornél bebizonyította, hogy Newton axiómái nem független alaptörvények, hanem a gravitációs mező önvisszahatásának következményei.

Lánzos Kornél 1926-ban a kvantummechanika kidolgozása idején, mint az elmélet egyik úttörője, E. Schrödinger (differenciálegyenletének a közzétételét) négy héttel megelőzve publikálta a kvantummechanika egyik nagyon fontos egyenletét. A kvantumelmélet alapösszefüggéseit ő olyan integrálegyenlettel fejezte ki, amely a Heisenberg-féle mátrixmechanikával, a mátrixleírással egyenrangú. Ezt a nagyon híres dolgozatát Lánzos Kornél 1925. december 22-én küldte el a Zeitschrift für Physik című folyóirat számára. A cikk 1926-ban jelent meg. Lánzos Kornél dolgozata nagy hatást gyakorolt több jeles tudósra, köztük Paul Diracra. Voltak azonban, akik abban az időben nem ismerték fel ennek a dolgozatnak az értékét. Például a dolgozatról negatívan nyilatkozott Wolfgang Pauli az 1926-ban Pascual Jordánhoz írt levelében. Ha megkésve is, de 1973-ban Paul Dirac 70. születésnapja tiszteletére rendezett trieszti konferencián, a kvantumelmélet történetének neves kutatója, a jeles matematikus, van der Werden elemezte a Pauli-féle levelet, és matematikailag bizonyította, hogy Lánzos Kornél írásának megítélésében Pauli tévedett, hogy Lánzos állítása helytálló.

Külföldi éveit is több magyar tudóssal volt állandó kapcsolatban. Többször részt vett az Ortvay-kollokviumokon. 1930. április 10-én a „Stark effektus erős mágneses térben” című előadása hangzott el.

1931-től 1952-ig az USA-ban élt. Lark-Horovitz tanszékvezető meghívására érkezett Amerikába. Egy évig vendégprofesszor volt az Indiana állambeli Purdue Egyetem Fizikai Tanszékén, aztán véglegesítették, a matematika és fizika oktatója lett. Ezután az 1943–1944-es években az amerikai Nemzeti Szabványügyi Hivatal matematikusa. Ez új korszakot nyitott életében, az alkalmazott matematika professzora lett. A harmincas évek közepéig Lánzos Kornél csak féléves állást vállalt Amerikában, hogy tudja látogatni Magyarországon maradt feleségét és kisfiát. Felesége ugyanis tüdő-tuberkulózisa miatt nem kapott engedélyt az Amerikába való beutazáshoz, így Lánzos Kornél szüleinél maradt Székesfehérváron. Ott is halt meg, hátrahagyva fiát, akit apja 1939-ben, 6 évesen vitt ki Amerikába.

Lánzos Kornél 1938-ban tárta fel az első jelentős eredményét a numerikus analízis területén, amikor a hatványsorok és a Fourier-sorok előnyeit egyesítve hatékony módszert dolgozott ki empirikus és analitikus függvények közelítésére. Módszere széles körű alkalmazást nyert a matematikai fizikában, a mérnöki gyakorlatban és a kémiában.

1942-ben Lánzos Kornélnek három professzori címe volt: a matematikai fizika professzora, a repülőmérnöki tudományok professzora és az alkalmazott matematika professzora. A matematikai kutatások mellett sohasem szűnt meg érdeklődése a relativitáselmélet iránt. A purdue-i egyetemen írta azt a tanulmányát, amelyben megkísérelte az elektromosság magyarázatát a klasszikus 4-dimenziós relativitáselmélet határain belül, és ha jóval később is, de ez a tanulmánya keltette fel Erwin Schrödinger Nobel-díjas fizikus érdeklődését, és hívta meg Lánzos Kornélt intézetébe, Dublinba professzornak.

1946-ban Lánzos Kornél elhagyta a purdue-i egyetemet, és a Boeing Társaság kutatómérnöke lett, ahol alkalmazott matematikával foglalkozott. Ebből az időből két jelentős numerikus matematikával foglalkozó cikke származik. 1949-től Los Angelesben a Kaliforniai Egyetem professzora.

Örült Schrödinger meghívásának, de mivel már több mint egy évtizede csakis numerikus matematikával foglalkozott, és tudva azt, hogy a Schrödinger Intézetben milyen kiváló tudósok vannak, milyen jeles fizikusok lesznek a munkatársai, aggasztotta jövőbeli sorsa. Aggodalmát közölte A. Einsteinnel is, aki bátorította. Végül is 1952-ben visszatért Európába, elfogadta Schrödinger meghívását, és a Dublini Egyetem vendégprofesszora lett. 1954-ben pedig, amikor az ősz tudósok az ír miniszterelnök személyesen egyetemi katedrát ajánlott fel, Írországba költözött és az egyetem professzora lett, elméleti fizikát tanított. Itt Dublinban újból a relativitáselmélet kutatásával kezdett el foglalkozni. Talán életének legszebb időszaka következett. 1954-től 1968-ig, a nyugdíjba vonulásáig volt a Dublini Nemzeti Egyetem professzora.

A Dublini Egyetem és maga a város, különösen a régi világot idéző atmoszférájával nagyon megfelelt Lánzos Kornél életvitelének. Ez idő tájt nősült másodszer. Lánzos és felesége nagy segítséget nyújtottak az intézetbe érkező külföldi kutatóknak. A dublini tudományos atmoszféra alkalmas volt, sokban segítette Lánzos Kornél alkotó tevékenységét. Dublini évei alatt hét könyvet írt, ekkor írta egyik igen jelentős mátrixelméleti tanulmányát az általános mátrixok háromtényezős felbontásáról.

Lánzos Kornél termékeny szerző volt: 98 tudományos dolgozata jelent meg, és számos könyvet írt. A mechanika elveiről szóló, négy kiadásban is sikert aratott könyvében a mozgások törvényeinek olyan különféle matematikai megfogalmazásait tárgyalja, írja le, amelyekkel Lagrange, Hamilton is foglalkoztak, és amelyek sokban segítették az atomok mechanikájának,

a kvantummechanikának a kidolgozását. A matematikával foglalkozó írásai a Fourier-sorokról, a lineáris differenciáloperátorokról, az alkalmazott analízisről szólnak. A. Einsteinről és a kozmikus világrendről írt könyve Einsteint és a relativitáselméletet mutatja be. Einsteinről két könyvet is írt. Néhány könyve magyar fordításban is megjelent. Például: Számok mindenütt (Budapest, 1972); A geometriai térfogalom fejlődése (Budapest, 1976). Könyvei nagyon ismertek lettek, amelyekről a kritikusok és az olvasók egyaránt nagy elismeréssel nyilatkoznak.

Lánzos Kornél, a világhírű matematikus a Trinity College, a Dublini Nemzeti Egyetem, a Frankfurti Egyetem tiszteletbeli doktora, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tiszteletbeli tagja, de az Ír Királyi Akadémia is tagjai sorába választotta. 1960-ban elnyerte az amerikai Matematikai Társulat Chauvenet-díját. A matematikai és fizikai tudományok történetével is behatóan foglalkozott.

Közben erősödött a szülőföld vonzása. Találkozott magyar fizikusokkal. Meglátogatta hűgát Budapesten. 1973-ban, hivatalos meghívásnak téve eleget egy hónapot töltött Magyarországon. „Einstein és az idő” címmel előadást tartott a fizikusok szegedi vándorgyűlésén. Tévéinterjúk készítettek vele. A hallgatóságot igen lenyűgözte jövőbe tekintő lendülete, de maga is úgy érezte, hogy alkotóereje csúcspontján van. 1974. június 16-án, egy éven belül már másodszer érkezett Magyarországra, hogy eleget tegyen az Eötvös Loránd Tudományegyetem és a Szegedi Egyetem meghívásának. Ez volt az utolsó hazalátogatása. Szívinfarktus következtében 1974. június 25-én, Budapesten élete véget ért. Magyar állampolgárságát sohasem adta fel. Magyar állampolgárként temették el. Nem tartják azt sem véletlennek, hogy Magyarországon halt meg, hiszen a hozzá közel állók magyarázzák, hogy élete alkonyán már csak Magyarországon érezte igazán otthon magát.

Hamvai a Farkasréti temetőben nyugsznak. Sírkövén ez áll: „Nagy tudós volt és nagy ember”.

Dr. Sikolya László – Dr. Szabó Árpád – Dr. Szabó Tímea

A fizika története I. rész

Az antik örökség

Az egyetemes gondolkodás fejlődése hosszú felvilágosodási folyamat. Kezdeté visszanyúlik az emberi gondolkodás eredetéig. Azt sem túlzás állítani, hogy a tudományos gondolkodás kialakulása egyidős az emberiséggel. Az emberré válással együtt kezdtek kialakulni a képességek, a tevékenységek. A természetre vonatkozó első ismereteket i. e. 6000–5000 között gyakorlati tevékenységük alapján szerezték az emberek. Apáról fiúra szállt a begyűjtött ismeret. A nomád életmód, a pásztorkodás, a földművelés megkövetelte az ismeretek megőrzését, a szükség szerinti átadását. A régészeti leletek szerint az állattartás első nyomaira Törökország, Irak és Irán határvidékén lévő hegyekben bukkantak a kutatók. Az állattartás úgy 6000 éve kezdődött el. A földművelés az i. e. VI. évezred végén alakult ki, amikor az ember már tudta, hogyan lehet a természetet esetenként rábírni, hogy azt nyújtsa, amit maga az ember vár tőle. Az i. e. VI. évezred előtt az ember még nem termelt, csak vándorlása közben gyűjtötte össze azt a szükséges táplálékot, amelyet a természet még az ő hozzájárulása nélkül hozott létre. A földek megművelése, az állattartás viszont a helyhez kötődést és a civilizáció kialakulását eredményezte. A *civitas* szó helyet jelent.

A kutatások arról tanúskodnak, hogy az i. e. V. évezred táján kezdődtek el a folyó menti kultúrák kialakulásai. Babilóniában, Mezopotámiában, a Tigris, az Eufrátesz és az Indus völgyében, a Sárga-folyó mentén körülbelül azonos időben hatalmas települések alakultak ki.

A termelési viszonyok fejlődése következtében az i. e. V–IV. évezredben alakult ki a keres-

kedelem, városok jöttek létre, templomokat építettek. Királyi udvarok alakultak ki, megjelent a hozzátartozó arisztokrácia. Létrejött a közigazgatás, a társadalmi rétegződés. A templomok, a papok a legkorábbi időkől kezdve központi szerepet tölthettek be a társadalom életében. Az i. e. IV–III. évezredben már virágzó állam volt Mezopotámia, Babilónia, India, Kína, Egyiptom. Már fejlett kultúrája volt ebben az időben Babilóniának, Egyiptomnak, Föníciának, Izraelnek. Az i. e. II. évezredben tudtak gyógyítani és építeni, de ezer év múlva is csak ugyanúgy, se jobban, se rosszabbul. A babilóniai, az egyiptomi csillagászok az i. e. III. évezredben már csillagászati ismeretekkel rendelkeztek és azokat a gyakorlati életben tudták alkalmazni.

A kereskedelem kialakította a számok fogalmát, a matematika fejlődését. Az ókori népek (elsősorban a görögök) fizikai eredményeit az arab tudósok tartották fenn és fejlesztették tovább. A matematika eredménye, elsősorban a tízes számrendszer elterjesztése nagy hatással volt a fizika tudományának kialakulására, fejlődésére. A tízes számrendszer Indiában alakult ki, az egyiptomiak és a babilóniaiak vezették be, Európába pedig arab közvetítéssel került.

Az írástörténet leszögezi, hogy az írásnak már az i. e. X. században fellelhető nyomai voltak. A föníciai írás – i. e. X. században, a cirill (orosz írás) – i. e. IX. században, a korai görög – i. e. VIII. században jött létre, és mintegy háromszáz év múlva, az i. e. V. században honosodott meg a bizánci.

Azt is megállapíthatjuk, hogy az „ősi technika” nagy része háromezer évvel i. e. „jött létre” Egyiptomban, Mezopotámiában, Kínában, Indiában. Egyiptomban és Mezopotámiában

i. e. 2050 körül a gémeskúthoz hasonló emelőszerkezetet alkalmaztak a víz kiemeléséhez. Ezeket az ismereteket minden bizonnyal i. e. 2000 táján vették át Európa délkeleti részén és a Földközi-tenger szigetein élő görög törzsek. A görögök nemcsak átvették az egyiptomi és a mezopotámiai „kultúra” és „tudomány” vívmányait, hanem azt tovább is fejlesztették. Ebben az időben a görög tudósok már bizonyítani próbálták állításukat. Nehéz a fizika tudományának eredetét kinyomozni, de azok a tények és források, amelyek a fizika tudományának kialakulásáról tanúskodnak, mindenütt ott vannak, ahol a *homo sapiens*, azaz a „bölcs ember” már jelen volt.

Bármely tudomány eredete után nyomoz a kutató, szinte törvényszerű, hogy előbb-utóbb visszajut az ókor (általában a görögök) szellemóriásaihoz, és azt tapasztalja a tudós, hogy az antik kultúra maradandó, kitörölhetetlen nyomokat hagyott hátra az emberiség történelmében.

Gyakran ma is elhangzik, hogy a fizikatudomány alapjait a görögök rakták le, hogy a legújabb kori civilizáció mindent a régi görögöknek köszönhet, hogy a matematika, a fizika és kémia tudománya egyaránt néhány tehetséges természetfilozófus erőfeszítésében gyökeredzik. Bizonyított az is, hogy a görögök vezették be a *tömeg*, az *atom*, az *elektron*, a *mechanika* stb. fogalmakat, de leggyakrabban a képleteken, az ábrákon is görög betűk (α , β , γ) szerepelnek. Az ókori tudományos irodalomban is leginkább a görög tudósok nevei honosodtak meg és maradtak mindmáig fenn.

Ebben az időben a legnagyobb görög gondolkodók – *Arisztotelész*, *Eukleidész* és még néhányan – arra is képesek voltak, hogy a szerteágazó ismereteket egységes filozófiai rendszerbe foglalják, azaz szintetizálják. Munkájuk folytán, mindennapi tevékenységük alapján a tudományos gondolkodás világivá vált: azaz laikus te-

vékenységgé, amelyet bárki végezhetett, művelhetett, aki szabad embernek, nem rabszolgának született.

A görög kultúra kialakulásához földrajzi helyzete is számos előnyt biztosított. A görög városállamok viszonylag szabadabb szelleme segítette a filozófusokat abban, hogy világképüket – eltérően a babilóniaitól, a mezopotámiaitól – misztikától, mágiától mentesen alakítsák.

Az i. e. VII. évszázadban új korszak kezdődött a tudomány fejlődésében. Megjelentek a természet törvényeit kutatók, a természetfilozófusok.

Az ógörög természetfilozófia kialakulása és fejlődése

Az ókori görög filozófia kezdeti szakaszában, i. e. 670 körül a kisázsiai tengerparton és a közeli szigeteken alakult ki az antik *természetfilozófia*, amely a természeti jelenségeket empirikus, tapasztalatokat alkalmazó módszerekkel igyekezett megmagyarázni, szemben a korábbi vallásos természetszemlélettel. Az őskorban a természetről szóló teljes tudást a természetfilozófia tárta fel. A természetfilozófia kialakulását és a fejlődését érdemes nyomon követni a suméroknál, az Indus folyó partjainál, az Andok hegységben, valamint Kínában, Egyiptomban, Babilóniában és Mezopotámiában. A klasszikus görög természetfilozófia időszámításunk III. századáig tartott.

Az emberi gondolkodás története azt mutatja, hogy a kezdetek kezdetén a misztikus-mágikus – titokzatos és varázslatos – gondolkodás uralkodott. A természettudományos szemlélet csak a tárgyi ismeretek bővülésével, a természeti jelenségek empirikus, közvetlen tapasztalatokra támaszkodó magyarázatával kezdett teret hódítani. Az embereket mindig érdekelte a természet, az őket körülvevő világ: a Föld, a csillagok, a bolygók mozgása, és nem kevésbé az anyag mibenléte, az anyag felépítése, a szerkezete.

A természetfilozófia korszakában alakultak ki a környező világra vonatkozó általános nézőpontok. Ebben a korszakban vetették fel az anyag fejlődési törvényeinek, a világmindenség keletkezésének, szerkezetének kérdéseit. A görög természetfilozófia egyik fontos kérdése volt, hogy *miből és hogyan épül fel az anyag?* És az, hogy *az anyag folytonos felépítésű-e vagy sem?* A természetfilozófusokat is megosztották ezek a kérdések.

Elgondolásaik alapvető vonása az volt, hogy pusztán logikai úton, a tiszta ész segítségével kell megoldani a problémákat. Az elvont gondolkodásmód az olyan tudományok fejlődésének kedvezett, mint az aritmetika, geometria, a csillagászat, de a fizika fejlődését sokban gátolta.

Előljáróban leszögezzük, hogy a görög természetfilozófusok munkái közül csak azokat a munkákat mutatjuk be, amelyek a fizika kialakulásának és fejlődésének szempontjából jelentősek, azaz tudományt formálóak.

Az első természetfilozófusok a Miléteoszban alapított *ioni iskola* tagjai közül kerültek ki, és olyan közismert nevek fémjelzik, mint *Thalész*, *Anaximandrosz*, *Anaximenész*. Ők megkísérelték a természet sokféleségét a naiv természetmegfigyelés alapján egyetlenegy *őselvben* megragadni, amit valamilyen *szubsztanciában* (víz, levegő, tűz, föld) véltek megtalálni.

Az i. e. VII. században kialakult klasszikus ógörög természetfilozófia *Thalésszel*, valamint az atomelmélet kidolgozóival, *Leukipposzal* és *Démokritosszal* vette a kezdetét. Ide tartozott a görög filozófia legnagyobb alakja, a természettudományok első összegzője és rendszerezője: *Arisztotelész*, de ekkor élt az orvostudomány „atyja”, maga *Hippokratész*. Ennek a kornak a jelentősége felbecsülhetetlen a tudomány fejlődésének a történetében. Az emberek úgyszólván ebben a korban tanultak meg gon-

dolkodni, és csak ekkor tájt kezdték el tanulni a természet megértését.

Az ógörög természetfilozófiai iskola (*ioni iskola*) alapítója, ősatya, mint említettük: *Thalész* (i. e. 624–548), aki nagy tudású milétozi gondolkodó (matematikus, kereskedő, csillagász) volt. Őt tekintik az antik filozófia alapítójának, az ókor hét bölcse közé sorolják. Gazdag kereskedő, sokat utazott, megfordult Egyiptomban és Babilóniában. Minden bizonnyal innen származnak matematikai és csillagászati ismeretei. Ő az első ismert ógörög tudós, a természet első tudományos kutatója, az ősi görög mitológiával, kozmológiával szemben természettudományos világmagyarázatra törekedett. *Thalész* előre jelezte az i. e. 585. évi napfogyatkozást, ami arra mutat, hogy ismernie kellett a babilóniai csillagászatot. Az elektromosságra és mágnességre vonatkozó ismereteink eredete ugyancsak *Thalész*ig nyúlik vissza. Elsőként említi meg a dörzsölt gyanta ama tulajdonságát, hogy könnyű testeket magához vonz, de felismerte a vas, az acél mágneses hatását, a mágneses tulajdonságukat.

Thalész a dolgok őselvét, okát a *vízben* jelölte meg. Természetfilozófiája szerint mindennek lényege és éltetője a víz. Szerinte minden vízből keletkezett, és minden vízzé válik. A víz az az őselem, amely mozgása során átalakul, és leggyakrabban párát képez. *Thalész* és a követői szerint is az őanyag elpusztíthatatlan, csupán tulajdonságai változnak, ha az átalakul.

Számos geometriai és csillagászati felfedezést is tett. A piramisok különböző napszakokban mért árnyékából kiszámította a magasságukat. Kidolgozott egy sor matematikai alaptételt, köztük a *Thalész-tételt* (az átmérőn nyugvó kerületi szög derékszög), az egyenlőszárú háromszög alapján fekvő szögek egyenlőek. *Thalészék* a Földet gömb alakúnak vélték.

Thalész tanítványa, *Anaximandrosz* (i. e. 610–546) milétozi görög természetfilozófus

megfoghatatlannak vélte az őselemet. Minden létező dolog ősananyagának a végtelen, a határtalan, az örök *apeiron* tartotta. Nála az *apeiron* a meghatározhatatlan anyag, és ebből keletkeztek az ősi ellentétek: a hideg és a meleg, a száraz és a nedves, majd aztán hatásukra alakult ki a négy elem: a víz, a föld, a levegő és a tűz. *Anaximenész* (i. e. 585–526) milétoeszi görög természetfilozófus szerint a „lélekkel bíró levegő” az őselem, a mindenség ősanysága, amelynek ritkulásából a tűz, sűrűsödéséből pedig a víz és a föld keletkezett. *Anaximenész* kozmológiai elméletének évszázadokon át hatása volt a világmindenség értelmezésére, a tudomány fejlődésére. *Anaximandrosz* úgy tanította, hogy a világegyetem egy üreges gömb, és ennek a közepén a Föld egy szabadon lebegő korong. Neki tulajdonítják a napóra feltalálását.

Az i. e. VI. század végén egy másik neves iskola jött létre Epheszoszban. Alapítója *Hérakleitosz* (i. e. 535–475) természetfilozófus volt, aki a világot a szakadatlan változások, az ellentétek körforgásaként lévőnek, mindig is létezőnek és végtelennek vallotta. Híres mondása: *minden folyik, minden változik*. A világ lényegének, a mindenség ősananyagának, a *szubsztanciának* a tüzet tartotta. A tüzet minden átalakulásnál megmaradónak tekintette és mindent belőle keletkezőnek vélt. Felismerte a világban az örök változást és az ellentétek harcából születő fejlődést. Elsőnek mondta ki: *Mindenünk megvan és egyúttal semmink sincs, mert minden állandó változásban, állandó keletkezésben és elmúlásban van*. De voltak tudósok, akik másképpen gondolkodtak. *Parmanidész* például a változást tagadta. Az eleai iskola tanítása is ellentétben állt az ioni iskola (*Thalészék*) felfogásával. Az eleaiak is tanították a világ egységét, de ők szilárdan ragaszkodtak nézetükhöz: *csak a létező létezik, amely nem keletkezett és soha nem is pusztul el*. Innen a feltevésük: *a világ örök és változatlan*.

Az atomista gondolkodás csíráit *Anaxagorász* (i.e. 500–428) athéni görög természetfilozófus fejtette ki, előbb Kis-Ázsiában, majd Athénban élt. Elsőként foglalkozott Athénban filozófiával. Tanítása szerint a világ két princípiuma a „csírák” (szpermata) és az Ész (Núsz). Azt tanította, hogy a jelenségek anyagi természetűek, parányi részecskékből – „magokból” – épülnek fel. Tanítása szerint a világmindenség a kezdetek kezdetén káosz állapotban volt, valamennyi mag össze volt keveredve. Később ez a bizonyos erő (*a Núsz – a világész*) szétválasztotta a magokat. *Anaxagorász* a Núsz-t annak a gondolkodó, mindenható, személytelen szellemnek képzelte el, amely az első lökést adta ahhoz, hogy a káoszból kialakuljon a szép kozmosz. *Anaxagorász* a Núsz-t azonban csak az első mozgatónak tette le, a továbbiakban viszont egy öntörvényű fejlődést képzelt el.

Anaxagorász is gömbnek tekintette a világot. Az égitesteket pedig izzó köveknek, a Napot is tüzes kőnek vélte. Éppen ezért a nézetéért vádolták meg istentelenséggel, így aztán menekülnie is kellett Athénból. *Anaxagorász* követője, az ugyancsak itáliai *Empedoklész* (i. e. 490–430) is azt tanította, hogy a világmindenség elemi részecskékből (négyféle alkotóelemből) áll. Az arisztotelészi négy őselemet először nála találjuk. Elsőnek hozta létre az őselemek rendszerét, az őselemek tanát, miszerint a víz, a levegő, a tűz és a föld egyenrangú őselemek. Azt tanította, hogy a világ sokfélesége ezen elemek különböző arányú keverékéből és azok szétbomlásából jön létre. Lényeges a következő megállapítása: *Semmiből nem lesz semmi, és ami megvan, az nem is semmisülhet meg*. Nála már világosan megfogalmazódott az anyag megmaradásának elve.

Leukipposz és *Démokritosz* görög tudósok voltak az elsők, akik az atom gondolatát felvetették. *Démokritosz* (i. e. 461–370) abderai természetfilozófus. Ő az atomista filozófiai rendszer

megalkotója és a kidolgozója. *Leukipposz* (i. e. 500–444) követője. *Anaxagorász* és *Leukipposz* voltak a tanítómesterei. *Démokritosz* vezette be a tudományba az *atomhipotézist* (i. e. 427-ben), azt a feltevését, hogy az anyag nem folytonos, hanem nagyon kisméretű, tovább nem osztható elemekből, atomokból áll. Tanítása szerint csak az űr és az űrben egyenes vonalban zuhanó atomok léteznek. Az egyenes vonalban mozgó atomok összeütközése vezetett a különböző halmazállapotú anyagok keletkezéséhez. Nála jelent meg először az űr fogalma. Mesteréhez, *Leukipposzhoz* hasonlóan *Démokritosz* is úgy vélte, hogy az atomok örökkévalók, elpusztíthatatlanok, minőségileg egyformák, csak alakjuk, helyzetük és az elrendezésük különböző. *Leukipposz* az első természetfilozófus, aki megsejtette, hogy a különféle atomok súlya különböző.

Démokritosz azt hitte, hogy négyféle atom létezik. A *kő-atomok* – szárazak és nehezek, a *víz-atomok* – nedvesek és nehezek, a *levegő-atomok* – hidegek és könnyűek, a *tűz-atomok* – mozgékonyak és forrók. Feltételezte, hogy minden ismert anyag csakis e négyféle atomnak a kombinációjából áll.

Démokritoszt foglalkoztatta a világegyetem keletkezésének gondolata. Állította, hogy több

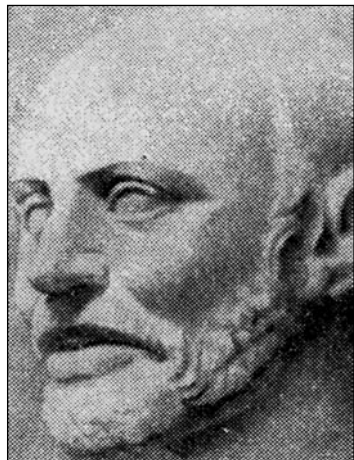
világrendszer létezik, hogy a Tejút csillagcsoportosulás, a világ végtelen. A világegyetem keletkezésének hipotézisét a *Megas Diakosmos* (A világ nagy szerkezete) című könyvében fejtette ki, írta le. Ezt a kozmogóniai megsejtését fejlesztette tovább a XVII. században *René Descartes* és később a XVIII. században *Immanuel Kant* és *Simon Laplace*.

A *Leukipposz*, *Anaxagorász* és *Démokritosz* által elképzelt részecskéknél kevés közülük van az elemek mai atomjaihoz. Az atomok gondolata mégis nagyon jelentős volt, mert ebből indult ki, ebből fejlődött ki a XVII. században a korpuszkuláris atomelmélet. A természetfilozófia fejlettsége a görögöknél, az ógörög természetfilozófusoknál érte el a legfejlettebb fokát.

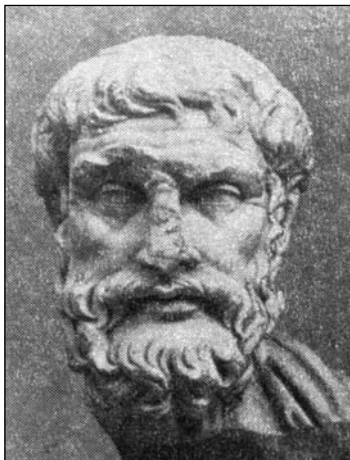
Démokritosz determinista, a determinizmus híve volt, ő a meghatározottság, a szükségszerűség elvét vallotta. Az emberi akarat, a cselekvés korlátozott, vagyis meghatározott, a véletlennek nincs helye, ismételve.

Jelentősek a geometriai felismerései, a térfogatszámítással kapcsolatos munkássága. Ő állapította meg az egyenlő alapú és magasságú henger és kúp, hasáb és gúla térfogataira vonatkozó összefüggéseket és a képleteket.

Démokritosz járt Egyiptomban, Babilóniában, Perzsiában. Több tanulmányt írt. Voltak



Démokritosz



Epikurosz



Arisztotelész

matematikai, fizikai és filozófiai írásai. Munkái nem jutottak el hozzánk. Írásait más természetfilozófusok munkáiból ismerjük. Nem véletlen, hogy írásai erre a sorsra jutottak. Az egyház ugyanis tiltott listára vette műveit. Mesélik, Platón is megparancsolta tanítványainak: *ahol csak rátalálnak Démokritosz könyveire, írásaira, azokat azonnal égessék el, azokat azonnal semmisítsék meg.* Az egyház minden tiltása, fáradozása ellenére filozófiája és tanításai szilárd gyökereket eresztettek, az általa kidolgozott atomelmélet a későbbiekben kialakuló természettudomány alapelvei, az irányelvei lettek. A materializmus előfutárának tekinthető.

Epikurosz (i. e. 342–270) görög természetfilozófus. A leukipposzi-démokritoszi atom-elmélet folytatója, de szembeszállt *Démokritosz* determinista nézetével. Felismerte az érzékiséget, szenzualista. Az élvezetek jogosultságát vallotta, de ezt az értelemnek vetette alá. Továbbjutott a *démokritoszi* atomelméletnél, mivel ő a különböző anyagok atomjainak – *Leukipposz*hoz hasonlóan – nemcsak különböző alakot, hanem különböző súlyt is tulajdonított. Ez a későbbiek szempontjából fontos megállapítás volt, hiszen közel járt az atomsúly elgondolásához. Több világegyetemről beszélt, az atomok oszthatatlanságát, az atomok örökkévalóságát hirdette.

Ma már tudjuk, hogy az atomok nem oszthatatlanok. A klasszikus görög atomelmélet mindamelllett jelentős előrelépés volt, olyan felvetéseket, zseniális megsejtéseket tartalmazott, melyeket kísérletekkel csak kétezer év múlva sikerült bizonyítani, sikerült az atom oszthatóságát elfogadtatni.

Arisztotelész (i. e. 384–322) athéni görög filozófus, természetbúvár. Gazdag családból származott. Apja híres orvos volt. Tizenhét évesen, i. e. 367-ben az athéni Akadémia tanulója és *Platón* leghíresebb tanítványa lett. Több kutató úgy véli, hogy az ókor legtehetségesebb gondolkodója, minden idők egyik legnevesebb termé-

szetfilozófusa. Két okból lett igen nevezetes: először, mert zseni volt, másodsor, mert a macedóniai *Nagy Sándor* nevelője és később a pártfogoltja lett. Teljesítménye óriási. Fizikája évszázadokon keresztül a tudomány, a tudományos gondolkodás középpontjában állt. *Arisztotelész* sokoldalúan művelte a mechanikát, és ezt elsőként kapcsolta össze a matematikai bizonyítások alkalmazásával.

Arisztotelész felismerte, hogy az addig felhalmozódott különféle ismereteket rendező elvek szerinti csoportosításban célszerű vizsgálni, tanulmányozni. Munkáiban szintetizálta a természettudományos és a társadalomtudományi ismereteket. Fizikáját, amely a természetre utaló akkori ismeretek összességét magába foglalta, a XVII. század elejéig tanították.

Arisztotelész i. e. 367-től i. e. 347-ig *Platón* tanítványa volt. A lángelméjű tanítvány nem osztotta tanítómestere szélsőségesen idealista felfogását és nem szegődött utódjává sem. Mestere halála után elhagyta Athént. Asszozsba ment, ahol hozzáfogott *Az égbolt* című munkája megírásához, de i. e. 343-ban felkérésre visszatért Athénba és elvállalta a 14 éves *Nagy Sándor*, a későbbi világhódító nevelését. Bizonyára nagyon nehéz dolga lehetett tanítványával, ugyanis szállóigeként maradt ránk tanítványához intézett intelme: *Fenség, a matematikához nem vezet királyi út, azt neked kell leraknod.* (A Perzsa Birodalom főútvonalát nevezték királyi útnak). Később, i. e. 335-ben, *Nagy Sándor* királyi trónra lépése után Lúkeionban iskolát alapított, ahol sétálgatva tanított. Innen ered a *peripatetikus* (sétát kedvelő) elnevezés, és az arisztotelészi filozófia követőinek összefoglaló neve. A lúkeion szóból származott a líceum szó. Iskolájában botanikát, biológiát, geológiát, csillagászatot tanítottak. Úttörő munkát végeztek. A hallgatóknak ásványokat kellett vizsgálni, állatokat boncolni, rovarokat, növényeket gyűjteni és azokat katalogizálni. *Arisztotelész* talán ek-

kor mondta tanítványainak: *A tudomány gyökerei keserűek, de gyümölcsei nagyon édesek.* Iskoláját, a Liceumot akár kutatóintézetnek is nevezhetjük. A líceum jól működött, 600 éven át fennmaradt. Állíthatjuk, hogy a természettudomány kialakulása az arisztotelési iskolához vezethető vissza, *Arisztotelész* és tanítványai kutatásaival indult meg, kezdődött el.

Arisztotelész kiváló megfigyelőképességgel rendelkezett, de soha nem végzett egyetlen kísérletet sem. Nem csoda tehát, hogy az intuitív, az intuíción alapuló gondolkodás során, a tisztán spekulatív, elméleti úton megfigyelt jelenségekről megalkotott ismeretelméletei között vannak hibás következtetések. Ő úgy vélte: *a kísérlet „beleszól” a természet harmóniájába.* *Arisztotelész* törvényeinek megfogalmazásához kérdéseket tett fel, és ezekre válaszokat gondolt ki. Majd ezek ütköztetése és összevetése alapján választotta ki az általa helyesnek vélt következtetéseket, állította fel törvényeit. Minden tévedése ellenére nagy csodálattal tekintett *Arisztotelész* tanaira maga *Galileo Galilei*. *Arisztotelész*t kortársai, de még a XVI. század tudósai is az egyik legtehetségesebb és a legeredményesebb természetfilozófusnak tartották.

Hibás következtetéseiinek egy részét a tudománytörténések kora hiányos tudományos szemléletének tulajdonítják. Ezzel kapcsolatban talán érdemes felidézni *Goethe* szavait: *Az igazság az emberé, a tévedés koráé.* Középkori követői a dominikánusok voltak, köztük is a legállhatatosabb *Aquinói Szent Tamás* domonkos rendi szerzetes, természetbölcse volt.

Arisztotelész az első, aki a filozófiát – vagy ahogy később nevezték, a *metafizikát* – elválasztotta a szaktudománytól. Szerinte a dolgoknak nem egy szubsztanciája van, hanem kettő: az anyag és a forma. Az ilyen felfogást hívjuk *dualizmusnak*, szemben az egy szubsztanciát feltételező *monizmussal*. *Ibn Színá-Avicenna* (980–1037) perzsa származású arab természet-

tudós, orvos és filozófus volt a legelső, aki elvetette az anyag és a forma dualista felfogását, aki az anyag és a mozgás egységét hirdette.

Arisztotelész elfogadta és megtartotta az empedoklészi négy elemet. Ő is azt a téves alapeszmét tanította, hogy a világ négy őselemből áll: vízből, tűzből, földből és levegőből. Ezek azonban lényegében nem anyagok, hanem tulajdonságok, vezérelvek, négy minőségi „princípium”, a hideg, a meleg, a száraz és a nedves keverékei (a víz: hideg és nedves; a föld: hideg és száraz; a tűz: meleg és száraz; s a levegő: meleg és nedves).

Ötödik lehetőségként említi a *quinta essentia*-t, amit sokáig világéternek képzeltek a természettudósok. Összességében a görögöknél négy, a kínaiaknál és az indiaiaknál öt őselem alakult ki. Az alkimisták ebből az ötödik elemből alakították ki a bölcsek kövét. *Arisztotelész* őselemtana az alkímia elméletének alapjául szolgált. Az alkímia a kezdeti szakaszában magát a kémiát jelentette. *Arisztotelész*nek az őselemtanról, az őselemekről vallott nézetei, tanításai és tanai tévútra vitték a reáltudományok fejlődését. Hibás anyagelképzelését legtovább a kémia tudománya tanította és őrizte meg.

Arisztotelész mind a fizikai, mind a kémiai változásokat az alaptulajdonságok megváltozásával magyarázta. Szerinte a hideg és a száraz egyesítésekor a szilárdság új tulajdonsága jelenik meg. *Arisztotelész* filozófiájának kiindulópontja: *A világmindenség anyagból áll. Az anyag öröktől fogva létezik és mozog. Az anyag azonban Arisztotelész nézete szerint nem önmagától mozog, mozgatója valamiféle istenség. Hogy az anyag milyen, azt a formája határozza meg. Szerinte az anyag folytonos felépítésű, nem atomos.*

Arisztotelész Démokritosszal ellentétben tagadta az űr létezését. *A természet irtózik az űrtől, a vákuumtól. A kezdetektől fogva létező anyag nem elkülönült részecskékből áll, hanem az anyag egymásba hatolva tölti ki az egész vi-*

lágmindenséget, olvashatjuk *Metafizika* című jegyzetében.

Fizika című könyvében nem találunk képleteket. A szabadesésről így vélekedett: *A súlyosabb test gyorsabban esik a Föld felé, mint a könnyű. Adott súly adott idő alatt adott távolságot tesz meg. Egy nehezebb súly az ugyanakkora távolságot kevesebb idő alatt teszi meg. A test magától nem tud mozgásba jönni. A mozgás folyamat és nem állapot. A mozgásokat osztályozta, megkülönböztetett: természetes (egyenletes) és kényszerítő (erőszakos) mozgásokat. Könyvében többek között olvashatunk a hangsebesség és a látás vizsgálatáról. Ő a szem és a tárgyak közé közvetítő közeget képzelt el. Ő mutatta ki a levegő súlyát is.*

Számos jelentős művet írt fizikáról, biológiáról, orvostudományról, anyagszerkezetről, etikáról, politikáról és filozófiáról. Könyveit 1209-ben betiltották, nem sokkal később azonban már az egyház is tanította. Végül tanításai, tanai vitathatatlanokká, támadhatatlanokká lettek. *Arisztotelész* írásait egészen a reneszánsz korszakig teljes mértékben perdöntőnek tekintették, mértékadó forrásul fogadták el vitás kérdésekben. Saját kezűleg írt munkái szinte mind elvesztek, de anyaggyűjteményei és az előadásain készült hallgatói jegyzetek alapján munkáit „újraírták”. Újra kiadták *Az égbolt* című művét, amelyben egy földközéppontú világképet alakított ki és alkotott meg. A geocentrikus világmegrendezés terjesztője volt.

Nagy Sándor halála után megindultak a támadások *Arisztotelész* ellen. El kellett menekülnie Athénból, nehogy istentelenség vádjával bíróság elé állítsák. Nagyon nehéz sorsra jutott. Euböe szigetén anyja házában élt. Kegyeszvetten és elszegényedve, mindenkitől elhagyatva halt meg.

Arisztotelész hatása az utókorra kétértelmű. Egyrészt ő keltette fel az érdeklődést a megfigyelésen alapuló tudásszerzés iránt, másrészt a gondolkodásmódja visszavetette a helyes természettudományos megismerést.

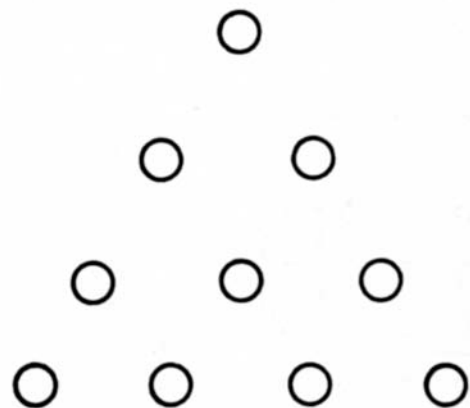
Az ógörög filozófia és követői

Az ókori filozófia ismertebb követői: *Püthagorász, Szókratész és Plátón.*

Püthagorász, Pitagorasz (i. e. 570–480), számoszi származású görög matematikus és természetfilozófus. Tanult Egyiptomban, járt Babilóniában. Kapcsolatban volt *Thalésszel*. A tudomány egyik legrejtélyesebb tudósa. Dél-Itália görög gyarmatán vallásos jellegű természetfilozófiai iskolát alapított. Az idealista filozófia híve volt. Tanítványai is ezt a nézetet ismerték el. Filozófiája teljesen a keleti misztika hatását mutatja (*orphizmus*). Ő és a tanítványai (a *püthagoreusok*) lettek a rendszeres matematikai tudomány megteremtői. *Püthagorász* a számokban vélte megtalálni a világegyetem megértésének kulcsát. Ekkoriban kezdett kialakulni a *számmisztika*. Különösen a tízes számot tisztelték. A *püthagoreusok* a tízes számnak misztikus (titokzatos–rejtélyes) jelentőséget tulajdonítottak.

Az egész *püthagorászi* szemlélet a következő tételben fogalmazható meg, vagyis a *püthagoreusok* úgy vélték: *a dolgok természetes lényege a szám.*

Püthagorász a világmindenséget elvileg a számokra vezette vissza és meggyőződése volt, hogy a világot a számok kormányozzák, hogy a számok az egyedüli realitások, hogy minden létezőnek alapja csakis a szám. A *püthagoreusok* szent



„szent-tetraküsz”

jele a „szent-tetraküsz” volt. Tagjai erre esküdtek fel az iskolába és a szektába való belépéskor. A püthagoreusok a különböző számokhoz különböző, sokszor mágikus tulajdonságokat is kapcsoláltak. Ők megkülönböztettek többféle, például baráti számokat és tökéletes számokat.

Tökéletes számoknak tekintették azokat a számokat, amelyek osztóinak összege magát a számot adja, minden osztóját, az egyet is beleértve. Ilyen tökéletes szám például a hatos, a huszonnyolc, mert

$$6 = 1 + 2 + 3; 28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14.$$

A püthagoreusok úgy tartották, két szám akkor áll barátságban egymással, ha az egyik osztóinak összege a másik számot adja eredményül, és megfordítva. Ezeket a számokat vélték baráti számoknak. Ilyen számpár a 220 és a 284.

$$284 \text{ osztói: } 1 + 2 + 4 + 71 + 142 = 220.$$

$$220 \text{ osztói: } 1 + 2 + 4 + 5 + 10 + 11 + 20 + 22 + 44 + 55 + 110 = 284.$$

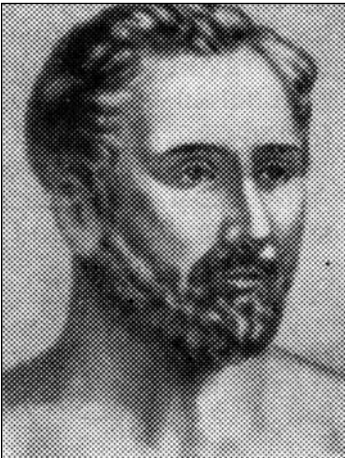
Felfedezték az irracionális számokat, ennek nem örültek, döntő csapás volt a püthagoreusok világképére. Felfedező barátjukat a legenda szerint a tengerbe vetették. A görög gondolkodókat nagyon aggasztotta, hogy az egész számok mellett még léteznek irracionális számok is. Az irracionális számokkal kapcsolatos matematikai vi-

ták végigvonultak az ókori görög gondolkodás egész történetén. Az irracionális számok létezését, a felfedezését – a püthagoreusok – az egész univerzum szégyenének tekintették.

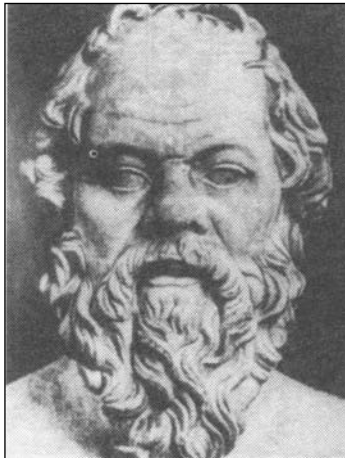
Nevükhöz fűződik a Püthagorász-tétel, a számtani- és mértani közép-arányos tétele. Ezek a tételek i. e. 546 táján fogalmazódtak meg. A derékszögű háromszög oldalai közötti összefüggést viszont a babilóniaiak is ismerték, ők már i. e. 2000 táján felismerték, megfogalmazták a törvényt.

Az asztronómia területén legfontosabb megállapításuk a Föld gömb alakjának elismerése. Mivel a tízet szent számnak tekintették, tíz égitest, bolygó létezésében hittek. Az itáliai Eleából származó *Parmenidész* (i. e. 540–470) görög filozófus, az *eleai iskola* jeles képviselője is úgy vélte, hogy az univerzum tökéletes gömb, mert ez az egyetlen tökéletes forma, ami ellentétesenek látszik az illúzió, torz érzékelés, vagyis érzéki csalódás.

Püthagorász volt a kis amplitúdójú mechanikai rezgések elméletének első ismert művelője. Tanítványaival, a püthagoreusokkal ők végezték az első méréseket a hangtan területén, és feltárták a húr hossza és a keletkezett hang magassága közti összefüggést. Eredményeik alapján számokkal kifejezhető törvényeket állapítottak meg. Megállapították, hogy az oktáv 1:2, a kvint



Püthagorász



Szókratész



Platón

2:3, a kvart 3:4 hangköz viszonyának felel meg. Ez talán a legelső matematikai megfogalmazása egy fizikai törvénynek. A püthagoreusok érdeme, hogy a matematika a természettudományok területén olyan hamar meghonosodott. *Püthagorász* és tanítványai nevezték el a világegyetemet kozmosznak, ami a görög filozófiában meghonosodott és a rendezett világegyetem, a rendezett világmindenség elnevezése maradt.

A *szofisták* azok az ókori görög filozófusok, akik az i. e. V. és IV. századokban a bölcelet és a szónoklás hivatalos tanítóiként léptek fel. Ennek az irányzatnak volt többek közt igen jeles képviselője *Szókratész* és *Platón*.

Szókratész (i. e. 469–399) görög filozófus, az idealista filozófia első jeles képviselője. Athénben született. Katonai és politikai pályán indult, de ezeket feladva kizárólag a bölceletnek (filozófiának) szentelte idejét. Hallani sem akart a természetfilozófiáról. Szerinte azok az emberek, akik természettudománnyal foglalkoznak, az idejüket vesztegetik. Az embereknek erkölcsi műalkotásokat kellene tanulmányozniuk. *Szókratész* vizsgálódásait az etikára korlátozta. Vizsgálataiban a jót kereste, önmegismeréssel foglalkozott. A társaival folytatott beszélgetései közben a jót és annak fajtáit, az *erényeket* igyekezett tisztázni és formálni. Athén élő lelkiismeretének tartották. Tevékenysége óriási hatást gyakorolt a görög filozófiai gondolkodásra. Műveket nem bocsátott közre. Soha egyetlen sort sem írt, gondolatait tanítványa, *Platón* jegyezte le a híres „szókratészi dialógusok” formájában.

Szókratészt élete végén megvádolták, mégpedig azzal, hogy nem tiszteli az isteneket és így megrontja az ifjúságot. Az ifjúság megrontásának vádjával perbe fogták, és i. e. 399-ben halálra is ítélték. *Szókratész*, etikus magatartásához híven, elfogadta a halálos ítéletet, a börtönben maga itta ki a méregpoharat. Megvádolásának valódi oka feltehetőleg az volt, hogy az igazság tisztelőjeként, mindent és mindenkit bírálván teljesen magára maradt. A hagyomány szerint *Szókratésztől* származik a következő kije-

lentés is: *Platón a barátom, de még inkább barátom az igazság*. A Vének Tanácsa, amely az ítéletet meghozta, 500 tagú volt, míg 280 bűnösnek vélte és elítélte, 220 nem találta őt bűnösnek.

Platón (i. e. 427–347) athéni görög filozófus. 20 éves korában került Athénba, *Szókratész* tanítványa lett. *Platón* a dialektika terén szerzett igen jelentős és fontos érdemeket. Eszmei fejlődését *Szókratész*, *Hérakleitosz* és *Püthagorász* filozófiai tanításai befolyásolták. *Platón* úgyszintén püthagoreus volt, tehát hitt a matematika hallatlan fontosságában. Hitt abban is, hogy aki érti a matematikát, az nemcsak a világot képes megismerni és megérteni, hanem azt is tudja, milyenek az erkölcsi magatartás normái.

Platón a természettudományokkal való kapcsolatáról *Phaidonjában* ezt olvashatjuk: *Fiatal koromban rendkívül sóvárogtam arra a bölcseségre, amelyet természettudománynak neveznek. Dicső tudománynak tartottam, magam is hol egy, hol másféle vizsgálódásba, kutatásba kezdtem.*

Mestere – *Szókratész* – halála után bejárta az akkor ismert világot. Valószínű, hogy Egyiptomban is járt. Athénba visszatérve, annak külvárosában, i. e. 387-ben Akadémia néven iskolát alapított. Ez volt az első felsőfokú iskola. Az Akadémia bejárati kapuja fölött ez a jelmondat állt: „*Ide csak az lépjen be, aki már jártas a geometriában*”. *Platón* hatása az Akadémia révén és tanításai folytán évszázadokon keresztül érvényesült. Sajnos lebecsülte a természetkutatást, a művészetet és a kísérletezést is. A természettudományokat és a természetfilozófusok tanításait nem ismerte el.

Az ókori bölcsék úgy vélték, hogy az emberi elme csupán az elvont gondolkodás útján képes a jelenségek lényegét megragadni. A görög természetfilozófusok az elvont gondolkodást fontosabbnak tartották, mint a kísérletet. A természettudományok szempontjából ez nagyon hátrányos volt. Így aztán a fizika fejlődése szempontjából újra és újra harcba kellett szállni és bizonyítani a megfigyelések jelentőségét és a kísérletek fontosságát.

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

Rácz tanár úr életműdíj – 2013

(biológia-, matematika-, fizika-, kémia tanárok elismerésére)

Az Ericsson Magyarország, a Graphisoft SE és a Richter Gedeon közös díjat alapított magyarországi tanároknak, melyet a Fasori Gimnázium legendás hírű matematikatanáráról „RÁTZ TANÁR ÚR ÉLETMŰDÍJ”-nak nevezett el. E díj gondozására létrejött az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért, amely díjazottként az 1.200.000 forinttal járó elismerést minden évben két-két biológia-, matematika-, fizika- és kémia tanárnak ítéli oda.

A díjra a közoktatás **5-12. évfolyamain biológiát, matematikát, fizikát vagy kémiát tanító** (vagy egykor tanító) tanárok tejeszthetők fel írásban szakmai és társadalmi szervezetek, az ajánlott tanár tevékenységét jól ismerő kollektívák, kivételes esetekben magán-személyek által.

A felterjesztés feltétele, hogy a jelölt a magyarországi közoktatás területén – nem szervezői munkakörben – dolgozó, az 5-12. évfolyamokon kimagasló oktató-nevelő tevékenységet végző/végzett, olyan életművel rendelkező tanár legyen,

- aki legalább 10 éves közoktatási tanári gyakorlattal rendelkezik,
- akinek tanítványai az országos hazai és/vagy nemzetközi versenyeken a fenti tantárgyak valamelyikében az elsők között szerepeltek vagy többször a döntőbe jutottak,
- aki tevékenységében gondot fordít a hátrányos helyzetű, tehetséges diákok felfedezésére, tudásuk gyarapítására,

- aki jelentős szerepet vállal a fenti négy tantárgy valamelyikéhez kapcsolódó országos, regionális vagy iskolai szakmai programok (pl. versenyek, továbbképzések, tanácskozások) megszervezésében, a program tartalmának felépítésében és kivitelezésében (pl. előadások tartása, szakanyagok készítése, friss információ továbbítása),
- aki rendszeresen továbbképi magát, tájékozott az adott tudomány területén elért eredményekről, a tantárgy tanításával kapcsolatos aktualitásokról, tapasztalatait megosztja kollégáival,
- aki szakmai lapokban publikál, könyveket, tankönyveket, tanítási segédleteket írt vagy ír,
- aki a szaktárgyi felkészítés mellett hivatásának tekinti tanítványai nevelését, személyiségük fejlesztését, problémáik megoldásához segítséget nyújt,
- akinek személyisége, szakértelme, egész életvitele példamutató.

A díjakat a Bolyai János Matematikai Társulat és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat díjbizottságai, a Magyar Kémikusok Egyesülete valamint a Magyar Biológia Társaság, a Magyar Biofizikai Társaság illetve a Magyar Biokémiai Egyesület ajánlásai alapján a három cég által felkért Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma ítéli oda az adott év kintüntetettjeinek.

A Kuratórium elnöke: Dr. Kroó Norbert

A Kuratórium tagjai: Lajos Józsefné

Dr. Falus András

Dr. Görög Sándor

A négy tudományos társaság a beérkezett ajánlásokat a fenti feltételek szellemében értékeli, s ennek alapján teszi meg javaslatait a díjazottakra 2013. október 08-ig. Ezen javaslatok alapján hozza meg döntését az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma 2013. október 15-ig. A díj átadására várhatóan 2013 novemberében kerül sor.

Az írásos felterjesztéseket legkésőbb 2013. szeptember 25-ig kérjük eljuttatni elektronikusan az info@ratztanarudij.hu email címre, ahonnan azokat a megfelelő adminisztráció után, illetékesség szerint továbbítják a *Bolyai János Matematikai Társulathoz*, az *Eötvös Loránd Fizikai Társulathoz*, a *Magyar Kémikusok Egyesületéhez*, a *Magyar Biológia Társasághoz*, a *Magyar Biofizikai Társasághoz*,

valamint a *Magyar Biokémiai Egyesülethez*. A felterjesztéshez szükséges adatlap a <http://www.ratztanarudij.hu> honlapon található, a „Pályázati felhívás” oldalról letölthető.

A korábbi évek felterjesztéseit – ha azt továbbra is fenntartják a javaslattevők – ismételtelen írásban kell megerősíteni!

Egy személynek három éven belül az Alapítók által létrehozott díjak közül csak egy adható.

A pályázattal vagy a felterjesztéssel kapcsolatos kérdések feltehető munkaidőben Lukovics Ildikónak a következő telefonszámon: **06-20-203-5507**.

Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma