

A BOROSTYÁN: A TANTÁRGYAKAT ÖSSZEKÖTŐ GYANTA

Amber: resin that connects subjects

SOMOGYI ÉVA

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK FFI Földrajz szakmódszertani csoport, Földtudományi Doktori Iskola
evasomogyi.bp@gmail.com

ABSTRACT

Today, education is faced every day with the problem that most of the students categorise their knowledge into subjects. Many of them are unable to transfer the knowledge neither outside the school to their everyday lives, nor between subjects. It is also not seen that they recognize the points of connection between subjects. However, by using the knowledge they have already learned in the previous years or from the topics of other subjects, they could increase their knowledge much more effectively. Amber is a great example, an opportunity to examine this very interesting fossil from many angles, thereby highlighting the existence of connections found in the teaching materials. We can also talk about amber in relation to physics, chemistry, biology, geography, history and even from the point of view of literature.

Keywords: fossil of the year, amber, education, knowledge transfer, integrative attitude

BEVEZETÉS

A Magyarhoni Földtani Társulat 2015-ben indította útjára az azóta egyre szélesebb körben elterjedt és egyre nagyobb közönséget vonzó *Év ásványa* és *Év ősmaradványa* programsorozatát. A szervezők minden évben három-három jelöltet állítanak mindkét kategóriában. A győztesekről egyrészt online platformon, másrészt különböző rendezvényeken leadott szavazatok döntenek. A program alapötlete, az előadások, az ismeretterjesztő programok és események, valamint a publikációk mind az ásványokat, mind az ősmaradványokat hivatottak népszerűsíteni, ráirányítva az emberek figyelmét a természet ámulatba ejtő változatosságára, érdekességeire múltunkban és jelenünkben, ezzel is felkeltve az érdeklődést a természettudományok iránt.

A hagyomány szerint a következő év jelöltjeinek első bemutatására, illetve a szavazás kezdetére minden év augusztusában a Magyar Vasúttörténeti Parkban megrendezésre kerülő Budapesti Nemzetközi Ásványbörzén és Ékszerkiállításon kerül sor, az eredményeket pedig novemberben, a legnagyobb interaktív geokiállításon, a Földtudományos Forgatagon hirdetik ki, amelynek általában a Magyar Természettudományi Múzeum ad

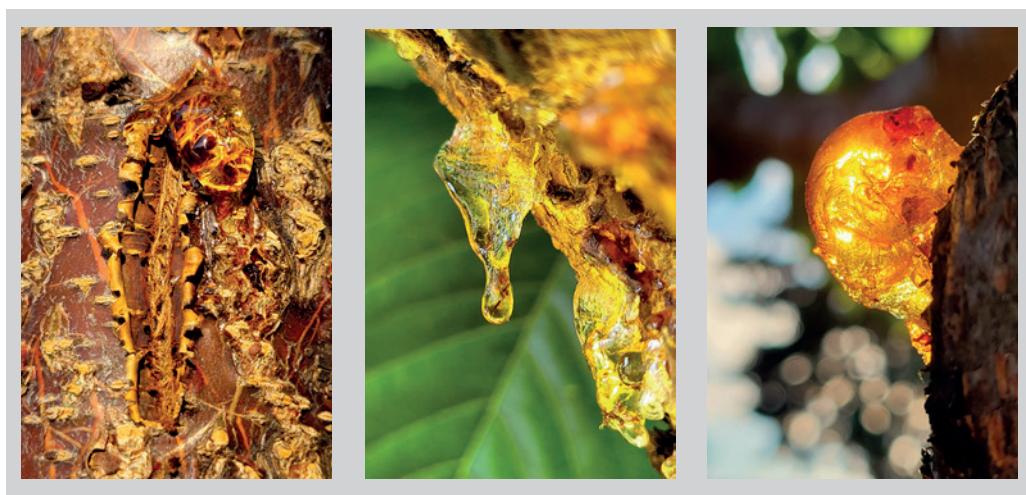
teret. A 2023. év nyertes ősmaradványa a borostyán lett, maga mögé utasítva a másik két jelöltet, a mára kihalt növénynemzetség, a *Ginkgoites* kövületeit, illetve a tengeri sünök osztályába tartozó *Clypeastert*.

A **borostyán** nem más, mint egykor élt fásszárú növények sérülésekor a kérgükből kicsordult, évmilliók alatt megkövesedett **gyanta**. Mint azt a későbbiekben látni fogjuk, neve hallatán számos dolog eszünkbe juthat, például gyanta, ékszerek, dinoszauruszok, Jurassic Park, Borostyánút, Borostyánszoba, Ajka, ajkait, elektron, elektrosztatika, észak aranya, tenger könnyei. Ez is bizonyítja, hogy milyen sok nézőpontból beszélhetünk róla.

A BOROSTYÁN BEMUTATÁSA

Az évmilliók alatt megkövesedett gyantát borostyánnak nevezzük (1. ábra). Olykor borostyánkő névvel is szokták illetni, mivel drágakőként is közismert. Azonban fontos tisztázni, hogy a borostyánt az **ősmaradványok** közé soroljuk. Ha megnézzük, hogyan definiáljuk az ásványokat, illetve az ősmaradványokat, egyértelművé válik, hogy a borostyán miért is tartozik az utóbbiak közé:

- ásványok: kémiai képlettel leírható természetes eredetű anyagok, amelyek meghatározott vegyi összetétellel és kristályszerkezettel rendelkeznek;
- ősmaradványok (fossziliák): „gyűjtőfogalom, magába foglalja az egykori élet valamennyi megnyilvánulását, a kövületektől a szerves eredetű, de alakatlan kémiai fossziliáig, vagy az egykori életműködésre utaló életnyomokig” (GÉCZY B. 1984 p. 33.).



1. ábra. Fásszárú növények kérgének sérülésekor kicsorduló gyanta egy kajsziarack, egy cseresznye és egy fenyő kérgén (fotók: Somogyi É.)

Mindezek értelmében a borostyánt nem tekinthetjük önálló ásványfajnak, ugyanis nincs meghatározott kristályszerkezete és egységes vegyi összetétele sem. Tulajdonképpen természetes eredetű szerves vegyületek elegye. Keletkezésének körülményeire sokáig nem találták a magyarázatot, így e rejtélyes, aranyszínű képződmény eredetét csodás mondák lengték körül. Talán a legismertebb ilyen történet az, amely Hélioszhoz, a napistenhez és gyermekeihez köthető. Az ókori irodalom két nagy alakja így emlékezik meg a borostyán születésének mondavilágáról:

„Onnan omol ki a könny, s a napon merevülnek a cseppek,
ámbra gyanánt lecsöpögve a friss fán, tiszta folyóvíz
fogja fel és díszül viszi el Latium-beli nőknek.”
(Ovidius: Átváltozások)

„Siettem a tenger habjaihoz,
amelyek Adria sziklás partjaihoz csapódnak,
az Eridanoszhoz, ahol a felcsapódó bíbor hullámokba
Phoibosz boldogtalan szüzei
Phaethón sorsa fölötti fájdalomuk miatt
aranyos fényű könnyeket ejtenek.”
(Euripidész: Hippolütosz)

A mitológiából ismert történet szerint *Phaethón*, a napisten fia megpróbálta apja tüzes napszeikerét hajtani, de nem bírta megfékezni a megvadult lovakat és a földet megperzselve mindenütt hatalmas károkat okozott. Zeusz, hogy megállítsa, dühében villámmal sújtotta, és a fiú az *Eridanosz* folyó habjaiba veszett. A monda szerint a fiú égő fáklyaként zuhant alá, aminek a nyoma ma is látható az éjszakai égbolton a Tejút felhőszerű sávjaként. Testvérei, a *héliaszok* mélységes bánatba zuhanva addig zokogtak, amíg az istenek szíve megesett rajtuk és a folyó partján álló fákká változtatták őket, a vízbe hulló könnycseppek pedig borostyánná lettek. A nagy ókori költő ezt a mitológiai történetet is feldolgozta, ami megjelent műveinek legújabb magyar nyelvű kiadásában is (OVIDIUS, P. N. 1982).

Elsőként a római író és polihisztor, *id. Plinius* írta le az 1. században megjelent *Naturalis Historia* című – a kor természettudományos ismereteit összegyűjtő – művében, hogy a borostyán fák nedvéből származik, vagyis keletkezése növényi eredetű (magyar nyelven új kiadása PLINIUS, C. S. 2001). Előfordulhatnak benne **zárványok**, amelyeket a frissen kicsorduló gyanta viszkózus és ragadós állaga folytán egykoron csapdába esett növényi és állati maradványok alkotnak. Ezek általában apró rovarok (legyek, szúnyogok,

darazsak, hangyák stb.) fosszíliai, de olykor olyan ritka leleteket is rejthet magában, mint például csiga, béka, gyík, kaméleon, gekkó, dinoszaurusztoll, ősmadárfióka, vagy valamely rovarrevő növény maradványa. Legyen szó akár a leggyakoribb rovarokról, akár a legkritkább zárványok egyikéről, tudományos értékük jelentős, hiszen a múltba engednek betekintést, aminek köszönhetően lehetőség nyílik az évmilliókkal ezelőtti növény- és állatvilág megismerésére és rekonstrukciójára. A nem mindennapi maradványok ugyan tovább növelik a borostyán értékét, de ettől függetlenül is lenyűgöző a színvilága, ami jellemzően a világos- és sötétsárgától egészen a barnás árnyalatokig terjedhet, és már az őskor és ókor emberét is ámulatba ejtette. Használata az ókori egyiptomiak, rómaiak és görögök körében is elterjedt volt, ékszereket, kis szobrokat, dísz- és használati tárgyakat készítettek belőle.

Az ókori Görögországban *elektron*nak nevezték. Megfigyelték, hogy dörzsölés hatására magához vonz egyes anyagokat; ma már tudjuk, hogy ez a tapasztalat annak köszönhető, hogy ilyenkor elektromos állapotba kerül. Nem véletlenül tehát a borostyán ógörög nevéből erednek az elektron és az elektromosság szavaink. Gyakran *Észak aranyaként* is emlegették, mivel az Északi- és a Balti-tenger partvidékén nagy gyakorisággal fordult elő, majd kereskedelem révén jutott el a dél-európai és észak-afrikai népekhez. A ma Borostyánút néven ismert szárazföldi kereskedelmi útvonal biztosított összeköttetést a Balti-tenger partvidéke és az Adria-tenger között. Magyarországi szakasza Sopron (Scarbantia) – Szombathely (Savaria) – Zalalövő (Salla) útvonalon haladt, aminek nyomai helyenként még ma is fellelhetők.

A történelem során – a középkort leszámítva – mindig is nagy érdeklődés övezte a borostyánt. A 18. században I. Frigyes porosz király rajongása oly hatalmas volt iránta, hogy egy egész dolgozószobát álmódott meg: egy borostyánszobát, amelynek falait borostyán mozaikok és faragványok borítják. Figyes halála után fia a helyiséget befedő díszesen megmunkált lapokat leszedette, később I. Nagy Péter orosz cárnak ajándékozta. Több évtizedet töltöttek a borostyándíszítések ládába csomagolva, míg a cár lánya, Erzsébet el nem rendelte, hogy állítsák ki. Végül a Szentpétervár melletti Carszkoje Szelo később Katalin-palotának nevezett rezidenciáján készült el a *Borostyánszoba* (2. ábra), amely a második világháborúig tündökölt. Amikor Hitler seregei elfoglalták a palotát, a borostyánok először a königsbergi kastélyba kerültek, majd pár évre rá minden darabját összecsomagolták, hogy Szászországba szállítsák elrejtésük a közeledő ellenséges csapatok elől. Hogy ezután mi lett a sorsa a rakománynak, senki sem tudja, ugyanis rejtélyes módon nyoma veszett (SHOR, R. 2018).

A mai napig nagy a kereslet a borostyán iránt, ami sajnos magával hozta a hamisítványok megjelenését, amelyek ránézésre megkülönböztethetetlenek a valódi borostyántól, azonban vannak módszerek, amelyek segítségével meg lehet állapítani a példányok



2. ábra. A régi fekete-fehér fényképek, rajzok és vázlatok alapján újjáépített Borostyánszoba rekonstrukciója (forrás: <https://guideforyou-russia.com/amber-room-catherine-palace-tsarskoye-selo/>)

eredetiségét. Ezek egyike, hogy az igazi borostyán sűrűsége nagyon kicsi, így lebeg a sós víz felszínén; másrészt forró tüvel megérintve kellemes „erdőillatot” áraszt; harmadsorban hosszúhullámú UV-lámpával megvilágítva fényt bocsájt ki (bár megjegyzendő, hogy a lumineszcencia jelensége nem azonos intenzitású a különböző lelőhelyekről származó borostyánok esetében).

A borostyánnak több, külön névvel illetett változata van, amelyeket lelőhely szerint kategorizálunk. Ezek közül hármat érdemes kiemelni.

- **A szukcinit** (balti borostyán) a Baltikum térségéből származó változat. Ez a legismertebb és a leggyakoribb. Az ókori szárazföldi kereskedelem egyik fontos útvonalának gyakori árucikke volt, ezért is használjuk megnevezésére manapság a Borostyánút kifejezést. A híres egyiptomi fáraó, *Tutankhamon* sírjában megtalált borostyándíszeket is ebből a változathoz készítették. Olyan ritka zárványokat tartalmazó példányok is előkerültek a területről, mint például egy hűsevő növény maradványa, amelynek érdekessége, hogy hasonló ma mindössze Dél-Afrika egy kis területén fordul elő (SADOWSKI, E-M. et al. 2014). Az ilyen leletek értékes információval szolgálnak a kutatóknak többek között az egykori éghajlatról, valamint segítik a paleobiogeográfiára irányuló vizsgálatokat.
- **A birmit** vagy **burmit** a ma Mianmarnak, korábban Burmának nevezett országból származó borostyánváltozat, amelynek különlegessége abban rejlik, hogy olyan

fosszilis élőlények is előkerültek belőle, amelyekre nem igazán számítanánk egy borostyánban. Ilyenek például az egykori gyanta fogságába esett béka, ősmadárfióka, vagy éppen egy tollas dinoszaurusz farkának maradványai, amelyek számos kutatási területhez szolgáltatnak hasznos információkat. Utóbbiról elmondható, hogy a dinoszauruszok, még ha csupán egy piciny darabkájukról is van szó, általában nemcsak a szakmai körök érdeklődését szokták felkelteni, hanem a mai napig megmozgatják az emberek fantáziáját is. Színükről még keveset tudunk, az általuk ihletett könyvekben, filmekben, figurákon megjelenő színárnyalatok általában a képzelet szüleményei, a borostyánokba zárt tollmaradványok pigmentációjának vizsgálata azonban segítséget nyújthat a színük megismerésében. Például az említett egyedülálló lelet tanulmányozása révén megállapítást nyert, hogy az évmilliókkal ezelőtt élt dinoszaurusz farkának színei kontrasztosan elváltak egymástól, háti oldala gesztenyebarna, hasi oldala halvány, csaknem fehér volt (XING, L. et al. 2016).

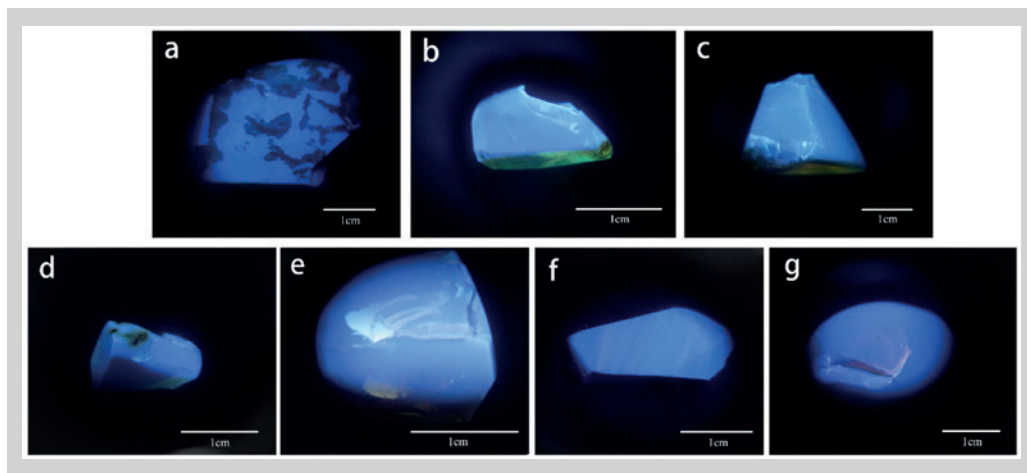
- **Az ajkait** (azaz ajkai borostyán) Magyarországról, Ajka környékéről előkerült változat, amelynek példányai a kréta időszak végén a területet borító trópusi mocsárerdők gyantaiból képződtek. Zárvényaik vizsgálata az utóbbi években kezd felfutni, de már ez a rövid időszak is tartogatott olyan figyelemre méltó felfedezéseket, amelyek olyan új kétfarkú pók, pattanóbogár, metálfényű őscsótány és darázs fajokkal gazdagították a tudományt, mint a *Hungarosilia verdesi*, az *Ajkaelater merkli*, az *Alienopterix santonicus*, az *Ajkanesia harmincipsiloni*, az *Amissidigitus belai*, valamint a *Spathiopteryx soosi* (SZABÓ M. et al. 2021, 2022a,b,c).

Mivel a gyanta a szabad levegőn megszilárdul, a ragacsos növényi váladékban foglyul esett tetemek és növényi részek – fosszilizációra alkalmas körülmények között – évmilliókat képesek átvészelni szinte változatlan formában. E jól megőrződött maradványokat a kutatók nagy felbontású képpalkotó technika, mikro-CT-vizsgálat segítségével három dimenzióban is tudják tanulmányozni. Az eljárás során nyert térbeli rekonstrukciók által még részletesebb, pontosabb képet kaphatunk a régmúlt idők flórájáról és faunájáról.

Azt gondolnánk, hogy ennyi érdekesség után már nem lehet tovább fokozni a borostyán különlegességét, azonban van még egy meglehetősen látványos tulajdonsága: UV fény hatására kék színben fluoreszkál (3. ábra). A **lumineszcencia** e jelenségét a borostyánban található policiklusos aromás szénhidrogén, a perilén jelenléte okozza (BELLANI, V. et al. 2005).

A BOROSTYÁN AZ ISKOLAI TANTERVEK TÜKRÉBEN

A természettudományos neveléssel kapcsolatos kutatási területek elég szerteágazók, de összességében elmondható, hogy majd' mindegyikben felvetődnek olyan kérdéskörök,



3. ábra. Borostyánpéldányokon megfigyelhető fénykibocsátás nagy hullámhosszú UV fény hatására (forrás: SHI, Z. et al. 2023)

mint például hogyan igazodjanak a tantervek a tanulói igényekhez, hogyan tud a tudomány gyors fejlődésével lépést tartani az oktatás, hogyan lehetne a természettudományos érdeklődést felkelteni, hogyan lehetne a mindennapokban is hasznos tudás birtokába juttatni a tanulókat, illetve hogyan fonódhatna össze a természettudományos oktatás az egyes tantárgyak tananyagának kapcsolódó témaköreivel (KOROM E. – OROSZ G. 2020). Jelen írásban ez utóbbit – azaz hogy hogyan lehetne a tantárgyak között hidat képezni – igyekszem vizsgálni.

Kiemelten fontos, hogy a tanulók tisztában legyenek a tantárgyak közötti kapcsolatok létezésével (VARGA D. Cs. 2021). Ennek azért is lenne nagy jelentősége, mert a 2020-as tantervi módosítások több tantárgyra kiterjedően óraszámcsökkenést vontak maguk után, miközben világunk hihetetlenül gyorsan fejlődik és változik, rengeteg információt zúdítva minden korosztályra. Az iskolai tananyag elsajátítására rendelkezésre álló egyre kevesebb idő miatt meghatározó lenne az oktatás **integratív szemlélettel** való gazdagítása. Mivel egy bizonyos ismeretanyag elsajátításához szükséges idő csökkentésével is elérhető a megtanulás fokának magasabb szintre való emelése (CSAPÓ B. 2005), érdemes lenne átgondolni a több tantárgyban is megjelenő, egymással átfedésben lévő témakörök tudatos, összeszervezeten történő tanításának alkalmazási lehetőségeit. Ha feltárjuk, hogy az egyes témakörök feldolgozása során hol tudunk a más tantárgyakból már elsajátított ismeretekre támaszkodni, az előzetes tudás felhasználásával a tanulásra fordítandó idő csökkenését érhetnénk el. Ráadásul amennyiben képesek lennénk a megfelelő módszerekkel a tanulóknak megmutatni a tantárgyak közötti átjárhatóságban rejlő lehetőségeket és előnyöket, fejleszteni tudnánk olyan

gondolkodási területeket, mint például a természettudományos gondolkodás, a problémamegoldás és az összefüggés-megértés, amelyeknek nemcsak tanulmányaik során, hanem a mindennapi életükben is hasznát vehetnék.

Ezen a ponton viszont említést kell tenni egy, az oktatásban megfigyelhető jelenségről: kutatási eredmények is alátámasztják azt a tapasztalati megfigyelést, amely szerint a tanulók többsége az iskolában tanultakat nem tudja alkalmazni a tantermen kívül, vagyis nem tudják ismereteiket átültetni köznapi szituációkba (MOLNÁR GY. 2002). Azt gondolom, hogy ha a fent említett gondolkodásfejlesztés révén a tanulók felismernék a kapcsolatokat, illetve az eltérő szempontokból vizsgált, de azonos tartalmakat a különböző tantárgyak ismeretanyagában, nagy lépést tehetnénk afelé, hogy a tanultakat képességeik felhasználásával fel tudják idézni és alkalmazni valós élethelyzetekben. Tehát ha az egyik tanteremből a másikba sikerül átvinni a tanulók tudását, akkor ez jó kiindulópontja lehet annak, hogy rávezessük őket, az iskolában tanult mintákat ne csak tantermi körülmények között tudják felidézni. A fizika, kémia, biológia, földrajz, történelem vagy magyar nyelv és irodalom óráin tanultak nem csak az adott tantárgy szempontjából hasznosítható ismeretekre korlátozódnak. A tanulmányban azt kívánom bemutatni a borostyán példáján keresztül, hogy az egyes tantárgyak témakörei hogyan kapcsolódhatnak egymáshoz.

Az eredményes tanulás szempontjából elengedhetetlenek a gyermekkori tanulási tapasztalatok, ugyanis ebben a korai életszakaszban kellene mindenkinek elsajátítania a tanulni tudás képességét (IPACS V. 2015). Tehát ha szeretnénk megmutatni a tanulóknak a tantárgyi tartalmak közötti összefüggéseket, ezáltal új látásmóddal, tanulási módszerrel megismertetni őket, akkor azzal minél hamarabb érdemes foglalkozni. Ezért első körben az általános iskolai tananyaggal dolgoztam (1. táblázat). Mivel azonban a kapcsolódási pontok a középiskolában tanult témakörökben is megtalálhatók, erre vonatkozóan is kiterjesztettem a vizsgálódást (2. táblázat). A jelenleg hatályban lévő Nemzeti alaptantervhez (NAT-2020) kapcsolódó kerettanterveket, illetve az arra épülően kidolgozott tankönyveket áttekintve megállapítható, hogy a fizika, a kémia, a biológia, a földrajz, a történelem, valamint a magyar nyelv és irodalom vonatkozásában egyaránt található olyan témakörök a tananyagban, amelyek kapcsán a borostyán bemutatásra kerülhet. Ezt szemlélteti a két összefoglaló táblázat. A felsorolt témakörök mind magukban rejtik a borostyán valamilyen szempontból való bemutatásának lehetőségét. Vastag kiemeléssel vannak feltüntetve azon témakörök, amelyekben a borostyán név szerint meg is jelenik. Az átláthatóság érdekében tantárgy, évfolyam és a tananyagban található témakörök szerinti rendszerezést alkalmaztam.

Jól látható, hogy az egyes tárgyakhoz tartozó témakörök magukban rejtik az összekapcsolás lehetőségét. Az 1. és 2. táblázat a lehetőségek szemléltetésének céljából készült,

Tantárgy	Évfolyam	Témakör	Kapcsolódó fogalmak
fizika	7–8.	Víz és levegő	lebegés, sűrűség, felhajtóerő
		Elektromosság	elektron, elektromos töltés, elektrosztatikai jelenségek
kémia	7–8.	Kémiai részecskék: atomok, ionok, molekulák	elektron
biológia	7–8.	Az élővilág kialakulása	gyanta, zárvány, fosszília, egykori élővilág
földrajz	7–8.	Lakóhelyünk a Kárpát-medencében	Borostyánút Magyarországon: Sopron, Szombathely, Zalalövő
történelem	5.	Fejezetek az ókor történetéből	ókori római szárazföldi kereskedelem, Borostyánút, Savaria, Scarbantia, Salla
	7.	A második világháború	Borostyánszoba

1. táblázat. A borostyánhoz köthető, az általános iskolai kerettantervekben megjelenő témakörök tantárgyak és évfolyamok szerint (a 2020-as kerettantervek alapján szerk. Somogyi É.)

Tantárgy	Évfolyam	Témakör	Kapcsolódó fogalmak
fizika	10.	Elektrosztatika	elektron, elektromos töltés, elektrosztatikai jelenségek
		Atomok, elemek, vegyületek	elektron
biológia	9.	Az evolúció	gyanta, zárvány, fosszília, egykori élővilág
földrajz	9.	A geoszférák kölcsönhatásai	ösmaradványok
történelem	9.	Civilizáció és államszervezet az ókorban	Borostyánút, ókori római szárazföldi kereskedelem
	9.	Hódító birodalmak	Római Birodalom hanyatlása, kereskedelmi árucikkek
	9.	A középkori Európa	távolsági kereskedelem a tengereken
	11.	A második világháború	Borostyánszoba
magyar nyelv és irodalom	9.	Az irodalom ősi formái	mítoszok
	9.	A római irodalom	Ovidius: Átváltozások

2. táblázat. A borostyánhoz köthető, a középiskolai kerettantervekben megjelenő témakörök tantárgyak és évfolyamok szerint (a 2020-as kerettantervek alapján szerk. Somogyi É.)

mintegy figyelemfelhívásként. A kimutatás egyben rávilágít a szaktanári együttműködés, valamint a pedagógiai és módszertani eljárások jelentőségére is. A kollektív tanári együttműködés, vagyis a minden érintett javát szolgáló kooperáció JOHN HATTIE iskolai teljesítményt befolyásoló tényezőket összegző listájának is az első helyét foglalja el (in HATTIE, J. – ZIERER, K. 2017). A neves oktatáskutató több évtizede foglalkozik az oktatás hatékonyságának vizsgálatával. A hatékonyságot meghatározó tényezőket több millió diák bevonásával és számos tanulmány feldolgozása révén rangsorolta.

Más kutatások is bizonyítják, hogy a jó módszerek nagyobb hatással vannak a sikeres tanításra, mint maga a szaktárgyi tudás, vagyis sokkal mérvadóbb, hogy a pedagógus hogyan gondolkodik az oktatásról, miként ülteti át mindezt a gyakorlatba, illetve hogyan vélekedik önmaga szerepét illetően az iskolai képzés folyamatában (HATTIE, J. 2008, idézi JUHÁSZ V. 2015).

KAPCSOLATTEREMTÉS AZ EGYES TANTÁRGYAK KÖZÖTT A BOROSTYÁN PÉLDÁJÁN

Lehetőségek a fizika tantárgyban

Az általános iskola 7-8. évfolyamos fizika tananyagában található témakörök közül kettő kapcsán is bevonhatjuk a borostyánt az oktatásba. Az egyik a *Víz és levegő* című fejezet, amelyben a tanulók Arkhimédész törvényével, az úszás, merülés és lebegés témaköreivel ismerkednek meg. A tankönyvben több, színes képpel és magyarázattal ellátott vizsgálat is szerepel ezek megértésének segítésére. Egy test folyadékban történő viselkedését különböző tárgyak (kavics, üveggolyó, rézből készült kulcs, gyurmagolyó, hungarocell darab, dobókocka, vasszög, gyertya, parafa dugó, hurkapálca, eldobható műanyag villa) vízzel teli edénybe való helyezésével szemlélteti. Ezen irányított megfigyelés tárgyai közé a borostyán is beilleszthető kis sűrűsége folytán.

A másik témakör az elektromosság, amelyben foglalkoznak elektrosztatikai jelenségekkel. Az elektromos állapotba került tárgyak okozta jelenségek a mindennapi életben is megfigyelhetők, illetve tantermi körülmények között is könnyen szemléltethetők. A tanegység az elektrosztatikus erőt műanyag rúd szőrmével való dörzsölése révén mutatja be a tanulóknak, ám erre a borostyán is tökéletesen alkalmas, ugyanis szőrmével megdörzsölve szintén feltöltődik és ezáltal az apró papírdarabkákat magához vonzza.

A középiskolai fizikaoktatás a 9–10. évfolyamon ismét foglalkozik az elektrosztatikával. Az elektromos állapot című tankönyvi leckében (*Elektrosztatika* című fejezet) konkrétan megjelenik a borostyán. A tanulók példát láthatnak a borostyán fizikához való kapcsolási lehetőségére, sőt a tananyag még egyszer említést tesz róla egy színes ábra (4. ábra) kíséretében. A tankönyvben a fejezethez tartozó oldalak jobb felső sarkára pillantva látható, hogy egy apró borostyán képével illusztrálják ezt a tankönyvi leckét.

Lehetőségek a kémia tantárgyban

A 7–8. évfolyamos kémia tankönyv *Atomok felépítése* című leckéjében említésre kerül a borostyán az elemi részecskék ismertetése során. A *Borostyánkő az atomban?* kérdést

Az elektromos állapot

Thalész görög matematikus és csillagász Kr. e. 600 körül tett említést arról, hogy a gyapjúval megdörzsölt borostyánkő apró testeket magához vonz, majd eltaszít. A borostyánkő görög neve elektron (ήλεκτρον); innen származik az „elektromos” elnevezés. Dörzsölés hatására, illetve testek szoros érintkezésekor sok anyag a borostyánkőhöz hasonlóan viselkedik. Köznapi nyelven azt mondjuk, hogy *fel-töltődik*. A fizikában az anyagoknak ezt az állapotát *elektromos állapotnak* nevezzük. A megdörzsölt testek közti erőt *elektrosztatikus erőnek* nevezzük.

A megdörzsölt testek között ható erőt az anyagban lévő elektromos töltésnek tulajdonítjuk. Az elektromos erő vonzó és taszító is lehet, ezért mondjuk, hogy kétféle elektromos állapot és kétféle töltés létezik: *pozitív* és *negatív*.

Az elektrosztatika anyagai és eszközei

Borostyánkő

Thalész görög filozófus, matematikus Kr. e. 600 körül tett említést arról, hogy a gyapjúval megdörzsölt borostyánkő képes kisebb tárgyakat magához vonzani. A borostyán görög neve elektron (ήλεκτρον); ebből ered az *elektromosság* szavunk.

Olvasmány



4. ábra. Részletek a 9–10. évfolyamos tanulók számára kiadott Fizika tankönyv II. kötetének Elektrosztatika című fejezetéből

követően egy zárványt tartalmazó borostyánpéldány képe alatt rövid leírás (5. ábra) olvasható, amelyből információt kaphatnak a tanulók a borostyán és az elektromos állapot közötti kapcsolatról. A középiskolai 9. évfolyamos tankönyvben is megnevezik a borostyánt az *Atomok, elemek és vegyületek* című fejezetben. Az első leckében *Az atom felépítése és belső szerkezete* anyagrésznél az elektron leírásában, valamint a szintén ide tartozó *Az anyag atomos szerkezete* című olvasmányban is szó esik róla.



5. ábra. Részlet a 7-8. évfolyamos tanulók számára készült Kémia tankönyv I. kötetének Kémiai részecskék: atomok, ionok, molekulák című leckéjéből

Lehetőségek a biológia tantárgyban

Az általános iskola 7–8. évfolyamán a biológia tantárgy keretén belül ismerkedhetnek meg a tanulók az ősmaradvány vagy fosszília kifejezéssel. Az *élővilág kialakulása* című fejezetben található egy rövid leírás, amiben a borostyánt is felfedezhetjük. Bár csak egy szó erejéig tűnik fel, azt a rendkívül fontos információt közvetíti, hogy fosszilis gyanta lévén az ősmaradványok közé soroljuk: „Az ősmaradványok megkövesedve mint kőületek, fenyőgyantába keményedve mint borostyánkő és lenyomatok formájában is fennmaradhatnak” (Biológia 7–8. tankönyv, 2022 p. 14.).

A középiskolai 9–10. évfolyamos biológia tananyagban a borostyán kifejezés ugyan konkrétan nem jelenik meg, azonban a tankönyvben *Az evolúció közvetlen bizonyítékai* című leckében a következők olvashatók: „Kőületek azonban a fennmaradt levéllenyomatok, az ősgyantákba zárva megőrződött rovarok, pollenek” (Biológia 9–10. tankönyv I. 2020 p. 287.). Tehát az általános iskolában tanultak után a középiskolai tananyagban ismételtlen megerősítik azt a tényt, hogy a borostyánra ősmaradványként kell tekintenünk.

Lehetőségek a földrajz tantárgyban

A tanulók 7–8. évfolyamon ismerkednek meg az Alpokalja és a Dunántúli-dombvidék fekvésével, keletkezésével, éghajlatával, gazdasági jelentőségével, valamint változatos tájaival és híres városaival a *Lakóhelyünk a Kárpát-medencében* című fejezetben. Ezen belül kerül említésre egy mondat erejéig Szombathely és a Borostyánút egy „felfedező” csoportmunkához kapcsolódóan. Ezáltal lehetőség nyílik arra, hogy kicsit részletesebb bemutatásra kerüljön a borostyán. Országunk tájain tovább „barangolva” eljutunk a *Dunántúli- és Északi-középhegység* című leckéhez, amelyben ugyan nem kerül említésre ez az ősmaradvány, viszont több pontban is szó esik a bányászatról, amely kapcsán már ki lehet térni Ajkára és az ajkaira is.

A középiskolai tananyagban nem jelenik meg a borostyán, azonban itt is találhatunk olyan témakört, amelyben szót ejthetünk róla. A *geoszférák fejlődése a múltban* című lecke végén található egy csoportmunka keretén belül feldolgozandó kérdéssor, amelynek átbeszélése során több pontjához is fűzhető kiegészítő megjegyzés a borostyánról. A lenyomatok keletkezésének megvitatása alkalmat teremt arra, hogy a tanulóknak a megőrződés egyéb formáiról, így a zárványokról is említést tegyünk, kiemelve, hogy a borostyánok – a lenyomatokkal ellentétben – teljes egészében magukba zárják az egykor élt növényi és állati maradványokat. A Jurassic Parkot érintő kérdés kapcsán pedig a tanulóknak elmondható, hogy bár a borostyánban akár lágyszövetrészek, testnedvek is képesek évmilliókat átvészelni, genetikai információ kinyerésére nem alkalmasak, mivel az örökítőanyag

mindössze pár száz évig képes csak fennmaradni. Így el kell fogadniuk, hogy a több millió évvel ezelőtt kihalt őslények klónjait csak a filmekben láthatják. Ellenben élő dinoszauruszokkal nap mint nap találkozhatnak, ugyanis mostanra elfogadott az az elmélet, amely szerint a madarak a dinoszauruszok ma élő leszármazottjai (DYKE, G. – KAISER, G. 2011).

Lehetőségek a történelem tantárgyban

Az általános iskola 5. évfolyamos történelem tankönyvében a tanulók olvashatnak a borostyánról. Az *ókori Róma öröksége* című lecke részletezi a római világot, szóba kerül többek között kiépített úthálózatuk, kereskedelmük, valamint városaik. E témákon keresztül kerül bemutatásra a Borostyánút, annak egyik fontos árucikke, a borostyán, valamint az út egyik jelentős állomása, Savaria (Szombathely). A tankönyvben egy kép is látható a híres kereskedelmi út még ma is fennmaradt részéről Szombathelynél. A Római Birodalom fő kereskedelmi cikkeit ábrázoló térképét tanulmányozva pedig felfedezhetjük a borostyánt, valamint a Balti-tenger partvidékét az észak-olaszországi Aquileiával összekötő Borostyánutat (6. ábra).

A középiskolában 9. évfolyamon *A római civilizáció* című lecke ismét foglalkozik a Borostyánúttal, illetve az út mentén épült első városokkal, többek között Savariával (Szombathely) és Scarabantiával (Sopron). A borostyán mint kereskedelmi luxuscikk a Római Birodalom hanyatlását tárgyaló háttérolvasmányban jelenik meg, amiben



6. ábra. A Római Birodalom gazdasága (forrás: Történelem 5. Fejezetek az ókor történetéből. p. 36.)

egy térkép is szemlélteti a különböző árucikkkel, közöttük a borostyánnal folytatott külkereskedelem hálózatát (*Hódító birodalmak* című fejezet). A középkori gazdaság kapcsán is megismerhetnek további két összesítő térképet a tanulók, amelyeken szintén fel van tüntetve a borostyán: az egyik a kora középkor (háttérolvasmány), a másik pedig a 11–13. század kereskedelmét mutatja be, mely utóbbin már látható a borostyán tengeri kereskedelmi útvonala is (*A középkori Európa* című fejezet).

Mind az általános iskolai, mind a középiskolai tananyag részét képezi a II. világháború, de a Borostyánszobát egyik témakör sem érinti. Azonban a 7. évfolyamon és a 11. évfolyamon is adódik lehetőség, hogy megismertessük a történetét. A fejezet végi összefoglalásnál a tanulóknak csoportmunka keretében kell átismételniük a háborús évek eseményeit, amiben olyan kérdések, feladatok is találhatóak, amelyeken keresztül a Borostyánszoba kifosztásáról és díszinek rejtélyes eltűnéséről is érdekes beszélgetés kezdeményezhető.

Lehetőségek a magyar nyelv és irodalom tantárgyban

Az általános iskolai tananyag még nem foglalkozik a mítoszokkal, sem az ókori irodalom témaköreivel, viszont a középiskolai oktatásban 9. évfolyamon már többször is szerepet kapnak. A tankönyvben nem találkozhatunk borostyán ihlette idézetekkel, azonban Ovidius nevével annál inkább. Először *A görög mitológia* című leckében említik, majd a római irodalomról szóló fejezetben egy teljes leckét szentelnek neki. Ez azért érdekes a jelen írás szempontjából, mert Ovidius *Átváltozások* című fő művében elmeséli a borostyán eredetének mitikus történetét is. Mivel a tananyag részét képezi a mitológia és ez a figyelemre méltó mítoszgyűjtemény, úgy gondolom a borostyán keletkezése is belecsempészhető, ráirányítva a tanulók figyelmét a fizika, a kémia, a biológia, a földrajz és a történelem tantárgyak keretén belül már tanult ősmaradványra.

EGY ŐSMARADVÁNY, MEGANNYI NÉZŐPONT

Az élmény- és tapasztalatalapú feladatok jelentősége

Néhány egyszerű irányított megfigyelésből kiindulva alkalmat teremthetünk arra, hogy több tantárgy ismeretanyagáról is szót ejtsünk. Mindeközben azáltal, hogy irányított megfigyelések révén a tanulókat többek között hipotézisalkotásra, logikai összefüggések megértésére, adatok kezelésére, tervezésre stb. sarkalljuk, gondolkodásuk és kreativitásuk fejlődik. Ennek jelentősége abban rejlik, hogy ezeknek meghatározó szerepük van a problémamegoldás folyamatában (REVÁKNÉ MARKÓCZI I. 2001). Megoldandó helyzetekkel, vagyis problémákkal pedig a diákok nemcsak a tanteremben, hanem mindennapi

életükben, illetve nemcsak iskoláskorukban, hanem felnőtté válásuk során is számtalanszor szemben találják magukat, ezért hasznos lenne már korai életszakasztól kezdődően segíteni a tanulókat a problémamegoldás képességének elsajátításában. Ezek az élmény- és tapasztalatalapú feladatok, amelyekben a diákok aktív szereplőkként vehetnek részt, számtalan előnnyel járnak. Amellett, hogy ezekben a helyzetekben szinte észrevétlenül tanulnak, érdekesebbé teszik az oktatást, motiváló hatással bírnak, illetve hozzájárulnak a könnyebb és mélyebb bevéődéshez (NÁRAI M. 2021).

Gyakorlati példák bemutatása

SERES Z. – MAKÁDI M. (2022) kutatása is rávilágít az oktatási módszerekben szükséges változások fontosságára. A kérdőíves felmérésből kiderül, hogy a tanulók igénylik a csoportosan megoldandó feladatokat, a tágabb rendszerekben való gondolkodást, az interaktív, kreatív tanórákat, amelyek során a tanultakat a gyakorlatba is átültethetik és saját maguk szerezhettek tapasztalatokat. Ugyan a tanulmány csak a földrajzoktatás helyzetét vizsgálta, azonban ezek az eredmények több tantárgyra is kiterjeszthetők. A tanulók aktív közreműködésével végzett irányított megfigyelések alkalmat teremtenek arra, hogy kézzelfoghatóvá és alátámaszthatóvá tegyék számukra a megtanítani kívánt ismereteket, miközben e gyakorlati feladatok során megtapasztalhatják a felfedezés örömteli élményét is (GALAMBOSI R. et al. 2023).

A fent leírtak értelmében a következőkben három **irányított megfigyelést** mutatok be, amelyeknek a középpontjában a borostyán áll. A szemléletes feladatok által lehetőség nyílik fizikai, kémiai, biológiai, földrajzi, történelmi, sőt még irodalmi szempontból is megközelíteni ezeket az ősmaradványokat.

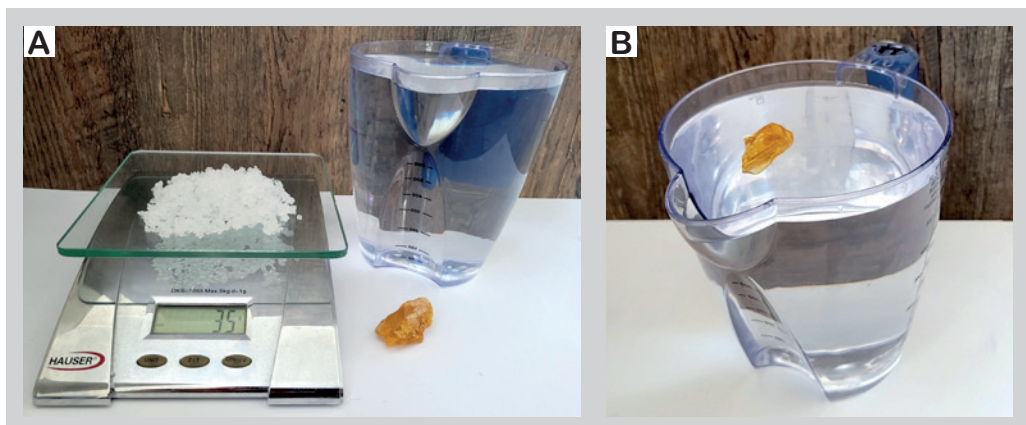
1. feladat. Úszó kövületek

Javasolt évfolyamok: 7-8. évfolyamtól

Szükséges eszközök: borostyán, mérőedény, konyhai mérleg, víz, só (7/A ábra)

Irányított megfigyelés

- 1 liter vizet töltünk az edénybe. (A nyílt tengerek és óceánok átlagos sótartalma 35‰, vagyis 1 liter tengervízben 35 gramm oldott anyag található, a megfigyelés során is ezzel az aránnyal dolgozunk.)
- Kimérjük konyhai mérleg segítségével a szükséges 35 gramm sót.
- A sót a vízbe szórjuk.
- Miután a só feloldódott a vízben, behelyezzük a borostyánt.
- Megfigyeljük a történéseket.



7. ábra. A. Az Úszó kövületek feladat eszközei és anyagai, B. A borostyán lebeg a víz felszínén (fotók: Somogyi É.)

Tapasztalat: a borostyán nem süllyed le a vízben az edény aljára, hanem úszik a tetején (7/B ábra).

Magyarázat: a borostyán sűrűsége kisebb a sós víz sűrűségénél.



8. ábra. A borostyán halászata (LUDWIG, G. 1988)

Az irányított megfigyelés tökéletesen beilleszthető a **fizika** tananyagba a felhajtóerő és az úszás, merülés, lebegés témaköréhez kapcsolódóan, ami lehetőséget teremt a **történelem** felé való kitekintésre is. Ugyanis a középkorban a tengervízben való viselkedését kihasználva halászták a borostyánt (8. ábra). Ennek több módja is ismeretes, ám jelen fizikai megfigyelésünk szempontjából azt a módszert emelem ki, amelynek lényege az volt, hogy a sekélyebb sziklás tengerpartokon a hullámok által a tengerben lévő kövek közé szorított borostyándarabokat csónakokból kihajolva, hosszú rudak segítségével piszkálták ki. A kiszabadított lebegő példányokat ezután merítőhálával gyűjtötték össze (LUDWIG, G. 1988).

A borostyán a **történelem**, sőt a **földrajz** megközelítésében is tovább tárgyalható, ugyanis példányait az Balti-tenger partvidékén nemcsak a középkorban, hanem már az ókorban is gyűjtötték. Innen indult a – történelem tananyagban többször is tárgyalásra kerülő, de a földrajzban is megjelenő – ma Borostyánút néven ismert, a mai Magyarország területén is áthaladó kereskedelmi útvonal, amely egészen az Adriai-tengerig biztosította az árucikkek áramlását. Ezen az úton jutott el többek között az ókori Görögországba is a borostyán, ahol arra az érdekes tulajdonságára is felfigyeltek az emberek, hogy dörzsölés hatására az apróbb tárgyakat (pl. szöszöket) magához vonzza (**fizika, kémia**).

2. feladat. Megrázó felfedezés

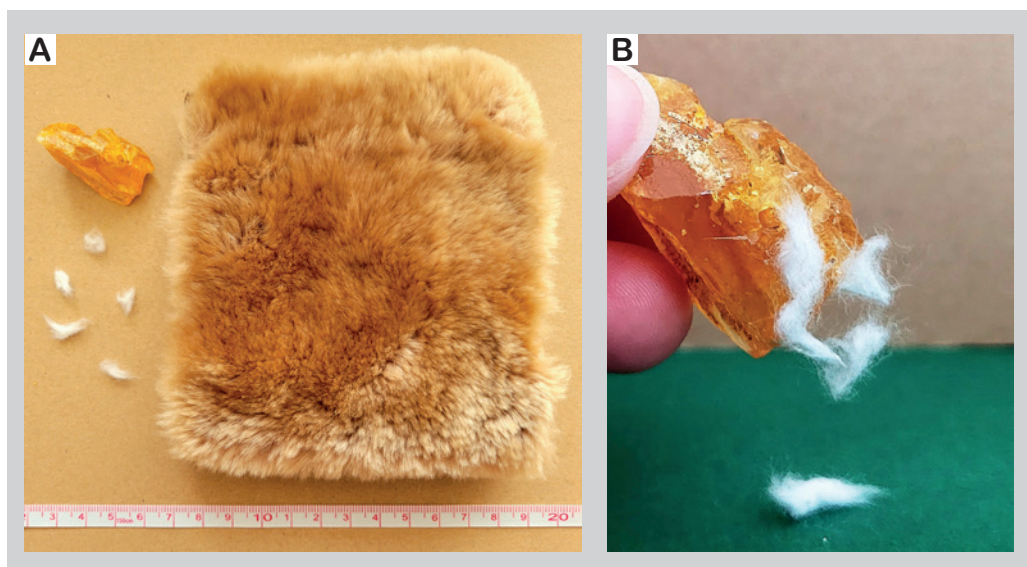
Javasolt évfolyamok: 7-8. évfolyamtól

Szükséges eszközök: borostyán, pár apró vattadarab, egy szőrmedarab (9/A ábra)

Írányított megfigyelés

- A szőrmével megdörzsöljük a borostyánt.
- A borostyánt a vattadarabok fölé tartjuk.
- Megfigyeljük az eseményeket.

Tapasztalat: a szőrmével megdörzsölt borostyán magához vonzza az apró vattadarabokat (9/B ábra).



9. ábra. A. A borostyán elektromos feltöltődésének megfigyeléséhez szükséges eszközök, B. A borostyán elektrosztatikus jelenségének szemléltetése (fotók: Somogyi É.)

Magyarázat: dörzsölés hatására a borostyán feltöltődött, vagyis statikus elektromosságot vett fel az elektronok átrendeződése révén (elektrosztatikus jelenség).

Az irányított megfigyelés során az elektromos állapot és az elektrosztatikus jelenség figyelhető meg, ami mind a **fizika**, mind a **kémia** szempontjából szemléletes bemutató alkalmat teremthet tudományos magyarázatuk ismertetésére. Ennek során az elektron név már említett nyelvi-**történelmi** hátterére is kitérhetünk, mint ahogy arra is, hogy a sárga árnyalataiban pompázó, akkoriban még ismeretlen eredetű borostyán több ókori író és költőt, többek között azt az *Ovidiust* is megihlette, akiről az **irodalom** tananyag is egy teljes fejezettel megemlékezik. Viszont a rejtélyes keletkezéséről szóló csodás mitológiai történetek után mindenképpen érdemes ismertetni keletkezésük valódi folyamatát, vagyis a **biológia** oldaláról is rávilágítani a témára.

3. feladat. A múlt nyomában

Javasolt évfolyamok: 7-8. évfolyamtól

Szükséges eszközök: borostyán, tű, csipesz, borszeszegő, gyufa (10/A ábra)

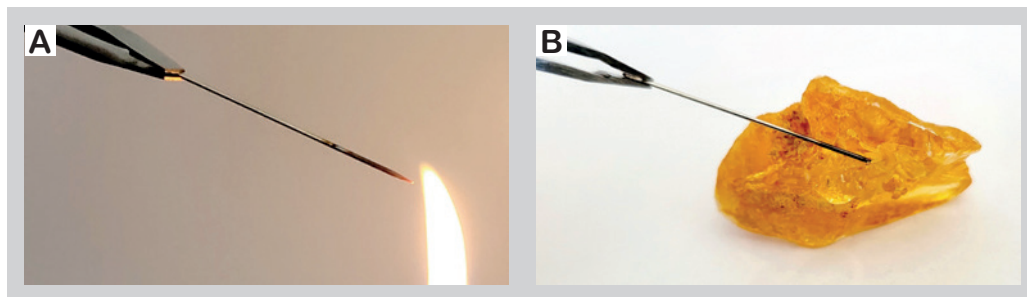
Irányított megfigyelés

- Meggyújtjuk gyufával a borszeszegő kanócat.
- Csipesszel megfogjuk a tűt és a láng fölé tartjuk.
- A felhevült tűt a borostyánhoz érintjük (figyelem: roncsolással járó művelet!).
- Megfigyeljük az eseményeket.

Tapasztalat: a tű könnyedén beleszúrható a borostyánba (10/B ábra), amit után a tű kellemes gyanta illatot áraszt.

Magyarázat: a borostyán hőre lágyul.

Ez az irányított megfigyelés izgalmas bevezetése lehet az ősmaradványokkal foglalkozó **biológia**órának. A megfigyelés során tapasztaltak kapcsán feltehető a tanulóknak az



10. ábra. A. Az irányított megfigyeléshez szükséges eszközök használat közben, B. Felhevített tű beleszúrása a borostyánba (fotó: Somogyi É.)

a gondolatindító kérdés, hogy mivel magyarázható a vizsgálat során tapasztalt kellemes erdőillat. Innen pedig már kifejthető a borostyán ősmaradványokhoz való tartozásának magyarázata, keletkezési körülményei, amit évszázadokon át homály fedett, így több ókori remekművet is köszönhet az **irodalom** a rejtélyes, aranyszínű borostyánnak. Eredetét tovább tárgyalva a **földrajz** vonatkozásában is érdemes megemlíteni a borostyánt, ráirányítva a tanulók figyelmét arra, hogy Magyarországon is vannak lelőhelyek, ahonnan a kutatók számára rendkívül értékes zárványokat magába záró példányok is előkerülnek (**biológia**).

A bemutatott három irányított megfigyelés csupán ötletadó, amelyek egyszerű, köznapi eszközök segítségével elvégezhetők bármely iskolában. Előnyükre szóljon továbbá, hogy nem igényelnek hosszadalmas előkészületeket, sőt a gyakorlati megvalósításuk sem tart sokáig. Mindössze egy csiszolatlan borostyánpéldány beszerzése szükséges, ami szerencsére könnyen elérhető és nem von maga után megterhelő költségeket. Az irányított megfigyelésekhez kapcsolódó ismeretanyag több módon is bemutatásra kerülhet, a fent leírtak csak példaként szolgálnak. A leírásokból látható, hogy egy-egy ilyen megfigyelés számos lehetőséget rejt magában. Észrevehetjük, hogy a témakörök mennyire szorosan kapcsolódnak egymáshoz és következnek egymásból, így legyen szó fizikáról, kémiáról, biológiáról, földrajzról, történelemtudományról vagy irodalomról, bármely tárgyhoz tartozó tanóra színesebbé és figyelemfelkeltőbbé tehető általuk. Nem utolsósorban ezek a megfigyelések segítenek megmutatni a tanulóknak, hogy az iskolai ismeretanyag nem rendelhető csupán egy-egy tantárgyhoz, az egyes tananyagokra nem tekinthetünk önálló ismeretanyagként, hiszen összefüggések hálózatába illeszkednek.

ÖSSZEGZÉS

A 2023-ban az *Év ősmaradványa* címet is elnyerő borostyánok és a bennük található zárványok jó ideje segítik a kutatók munkáját a tudomány megannyi területén. Tanulmányozásuk által nemcsak paleobiológiai és paleobotanikai ismereteink bővülnek, hanem a lelet(együttes)ekből levont következtetések és összefüggések megértésén keresztül olyan tudományágak fejlődnek, mint a paleoklimatológia és a paleobiogeográfia. Mindemellett a borostyánnal összefüggő régészeti kutatásokból nyert adatok, tárgyi gyűjtemények, valamint írásos emlékeink feldolgozása révén olyan következtetésekre juthatunk, amelyek hozzájárulnak történelemtudományi tudásunk gyarapításához. Káprázatos színű és oly sokáig rejtélyes eredetük pedig évezredek óta ihlet megírókat, költőket, ezzel is gazdagítva az irodalmi művek sokszínűségét.

Ahogy a tudományos életben, úgy az iskolai oktatásban sem vizsgálhatjuk csak egyetlen nézőpontból a borostyánt. A tanulmány célja az volt, hogy a borostyán példáján

keresztül felhívja a figyelmet az összefüggések meglátásának fontosságára és szükség-szerűségére, valamint a tananyagokban rejlő tartalmi kapcsolatok létére, amit a táblá-
zatok, a fizika, kémia, biológia, földrajz, történelem és irodalom tantárgyak idevágó
témáinak ismertetése, valamint az irányított megfigyelések szemléltetnek. Ugyanakkor
a borostyán példája jól rávilágít a már más kutatásokban (pl. SERES Z. 2021) is felve-
tődött kérdéskörre, a jelen oktatási rendszer problémáira, többek között arra, hogy az
egy-egy tantárgyak tananyagai nincsenek összehangolva, pedig azok egymást támogatva,
erősítve segíthetnék a tanulók és a pedagógusok munkáját. A különböző tantárgyak
oktatói közötti együttműködés tehát kiemelt jelentőségű. A leírtakból látható, hogy
bizonyos fogalmak (pl. elektron, Borostyánút) az évfolyamok során többször, több
különböző tantárgy vonatkozásában is újra és újra előkerülnek. E tananyagok tudatos
összehangolásával értékes időt lehetne nyerni, ami felhasználható lenne a még elsajá-
tításra váró új témakörök megismerésére. Éppen ezért a lehetőségekhez mérten minden-
képpen törekedni kellene az egyes tantárgyakat oktató pedagógusok közötti együttmű-
ködésre, de legalább arra, hogy ők maguk tisztában legyenek az összefüggésekkel és saját
tanórájuk keretén belül utaljanak a más tárgyakkal való kapcsolatokra.

Az oktatás célja, hogy a tanulók az iskolapadot elhagyva helyt tudjanak állni a
világban. Azonban a különböző szituációk, megoldandó feladatok, amelyekkel életünk
során szembe találjuk magunkat, nem tantárgyakba csoportosítva érkeznek. Hogy ezek
megoldására felkészüljenek, a pedagógusok részéről innovatív ötletekre és megoldá-
sokra, a tanulók részéről pedig a megfelelő gondolkodási képességek elsajátítására van
szükség, amiket kisiskolás korban kell megalapozni. Ebben segítenek az élmény- és
tapasztalatalapú tanítási módszerek, mint például az irányított megfigyelések, amelyek
lehetőséget teremtenek arra, hogy több tantárgy témakörét is érintve közelítsük meg a
tananyagot. Ezek során pedig fejlődik a problémamegoldó gondolkodás, ami a minden-
napokban való boldoguláshoz szükséges tudás birtokába juttatja a tanulókat.

IRODALOM

- BELLANI, VITTORIO – GIULOTTO, ENRICO – LINATI, LAURA – SACCHI, DONATELLA (2005): Origin
of the blue fluorescence in Dominican amber. – *Journal of Applied Physics* 97. 1. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.1829395>
- CSAPÓ BENŐ (2005): Az előzetesen megszerzett tudás mérése és elismerése (adaptív gyakorlati modellek).
– Nemzeti Felnőttképzési Intézet, Budapest. pp. 26–38.
- DYKE, GARETH – KAISER, GARY (2011): *Living Dinosaurs. The evolutionary history of modern birds.* –
John Wiley and Sons Ltd., Chichester. 440 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119990475>
- GALAMBOSI RÉKA – MARI KITTI – SOMOGYI ÉVA (2023): Miért érdemes földrajzot tanulni? – *GeoMetodika*
7. 2. pp. 63–83.

- GÉCZY BARNABÁS (1984): Őslénytan. – Tankönyvkiadó, Budapest. 472 p.
- HATTIE, JOHN (2008): Visible learning. – Routledge, London. 392 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203887332>
- HATTIE, JOHN – ZIERER, KLAUS (2017): 10 mind frames for visible learning (Teaching for success). – Routledge, London. 206 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315206387>
- IPACS VIRÁG (2015): Módszertani útmutató az előzetes tudás felméréséhez. – *Economica* 7. 1. pp. 7–67.
- JUHÁSZ VALÉRIA (2015): Az iskolai teljesítményt befolyásoló tényezők. – *Új Pedagógiai Szemle* 65. 9-10. pp. 120–135.
- KOROM ERZSÉBET – Z. OROSZ GÁBOR (2020): A természettudományos nevelés fő kutatási irányzatai. – *Magyar Tudomány* 181. 1. pp. 34–46.
- LUDWIG, GÜNTER (1988): A borostyánkő története. – Kossuth Könyvkiadó, Budapest. 184 p.
- MOLNÁR GYÖNGYVÉR (2002): A tudástranszfer. – *Iskolakultúra* 12. 2. pp. 65–74.
- NÁRAI MÁRTA (2021): Vélemények és attitűdök az élményalapú, tapasztalati tanulást segítő nemformális oktatási módszerekkel kapcsolatban. – In: Gróz Andrea – Kövecsesné Gósi Viktória – Várszeginé Gáncs Erzsébet (szerk. 2021): *Gyermek-Kultúra-Nevelés, Széchenyi István Egyetem Apáczai Csere János Kar, Győr.* pp. 17–28.
- OVIDIUS, NASO PUBLIUS (1982): Átváltozások. – Európa Könyvkiadó, Budapest. 538 p.
- PLINIUS, CAIUS SECUNDUS (2001): Természetrész (33–37. könyv). – Enciklopédia, Budapest. 436 p.
- REVÁKNÉ MARKÓCZI IBOLYA (2001): A problémamegoldó gondolkodást befolyásoló tényezők. – *Magyar Pedagógia* 101. 3. pp. 267–284.
- SADOWSKI, EVA-MARIA – SEYFULLAH, J. LEYLA – SADOWSKI, FRIEDERIKE – FLEISCHMANN, ANDREAS – BEHLING, HERMANN – SCHMIDT, R. ALEXANDER (2014): Carnivorous leaves from Baltic amber. – *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112. 1. pp. 190–195. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1414777111>
- SERES ZOLTÁN (2021): A földrajz és a történelem tantárgy kapcsolata a köznevelési rendszer 7–10. évfolyamain. – *GeoMetodika* 5. 3. pp. 35–56. DOI: <https://doi.org/10.26888/GEOMET.2021.5.3.3>
- SERES ZOLTÁN – MAKÁDI MARIANN (2022): Változik-e a földrajztanítás módszertani kultúrája? – *Iskolakultúra* 32. 3. pp. 84–102. DOI: <https://doi.org/10.14232/ISKKULT.2022.3.84>
- SHI, ZHAOTONG – XIN, CHENXING – WANG, YAMEI (2023): Spectral characteristics of unique species of Burmese amber. – *Minerals* 13. 2. 151 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/min13020151>
- SHOR, RUSSELL (2018): The history and reconstruction of the Amber Room. – *Gems&Gemology* 54. 4. pp. 378–393. DOI: <https://doi.org/10.5741/GEMS.54.4.378>
- SZABÓ MÁRTON – HAMMEL, U. JÖRG – HARMS, DANILO – KOTTHOFF, ULRICH – BODOR EMESE – NOVÁK JÁNOS – KOVÁCS KRISTÓF – ŐSI ATTILA (2021): First record of the spider family Hersiliidae (Araneae) from the Mesozoic of Europe (Bakony Mts, Hungary). – *Cretaceous Research* 131. 22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.105097>
- SZABÓ MÁRTON – BRAZIDEC, MANUEL – PERRICHOT, VINCENT – SZENTI IMRE – KUKOVECZ ÁKOS – ŐSI ATTILA (2022): A unique record of the Late Cretaceous of East-Central Europe: The first fossil wasps (Hymenoptera: Bethyloidea, Spathiopterygidae) from the Ajkaite amber (Bakony Mts., Western Hungary). – *Cretaceous Research* 139. 105314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2022.105314>

- SZABÓ MÁRTON – KUNDRATA, ROBIN – HOFFMANNOVA, JOHANA – NÉMETH TAMÁS – BODOR EMESE – SZENTI IMRE – PROSVIROV, S. ALEXANDER – KUKOVECZ ÁKOS – ŐSI ATTILA (2022): The first mainland European Mesozoic click-beetle (Coleoptera: Elateridae) revealed by X-ray micro-computed tomography scanning of an Upper Cretaceous amber from Hungary. – *Scientific Reports* 12. 24. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03573-5>
- SZABÓ MÁRTON – SZABÓ PÉTER – KÓBOR PÉTER – ŐSI ATTILA (2022): Alienopterix santonicus sp. n., a metallic cockroach from the Late Cretaceous ajkait eamber (Bakony Mts, Western Hungary) documents Alienopteridae within the Mesozoic Laurasia. – *Biologia* 78. pp. 1701–1712. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11756-022-01265-7>
- VARGA DÁVID CSABA (2021): Miként jelenik meg a tanár másik szakja a földrajz tanítása közben? – *GeoMetodika* 5. 3. pp. 19–33. DOI: <https://doi.org/10.26888/GEOMET.2021.5.3.2>
- XING, LIDA – MCKELLAR, C. RYAN – XU, XING – LI, GANG – BAI, MING – PERSONS, W. SCOTT IV – MIYASHITA, TETSUTO – BENTON, J. MICHAEL – ZHANG, JIANPING – WOLFE, P. ALEXANDER – YI, QIRU – TSENG, KUOWEI – RAN, HAO – CURRIE, J. PHILIP (2016): A feathered dinosaur tail with primitive plumage trapped in Mid-Cretaceous amber. – *Current Biology* 26. 24. pp. 3352–3360. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.10.008>
- Biológia 7-8. tankönyv (2022) – Oktatási Hivatal, Budapest. 225 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-BIO78TB__teljes.pdf
- Biológia 9-10. tankönyv I. kötet (2020) – Oktatási Hivatal, Budapest. 304 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-BIO910TB_I__teljes.pdf
- Fizika 7-8. tankönyv (2022) – Oktatási Hivatal, Budapest. 228. p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-FIZ78TA__teljes.pdf
- Fizika 9-10. tankönyv II. kötet (2021) – Oktatási Hivatal, Budapest. 320 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-FIZ910TB_II__teljes.pdf
- Földrajz 7-8. tankönyv (2021) – Oktatási Hivatal, Budapest. 224 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-FOL78TA__teljes.pdf
- Földrajz 9-10. tankönyv I. kötet (2020) – Oktatási Hivatal, Budapest. 160 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-FOL910TA_I__teljes.pdf
- Irodalom 9. tankönyv (2020) – Oktatási Hivatal, Budapest. 140 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-MIR09TA__teljes.pdf
- Kémia 7-8. tankönyv I. kötet (2022) – Oktatási Hivatal, Budapest. 89 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-KEM78TA_I__teljes.pdf
- Kémia 9. tankönyv (2020) – Oktatási Hivatal, Budapest. 140 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-KEM09TB__teljes.pdf
- Történelem 5. tankönyv (2020) – Oktatási Hivatal, Budapest. 144 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-TOR05TB__teljes.pdf
- Történelem 9. tankönyv (2020) – Oktatási Hivatal, Budapest. 184 p. https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/OH-TOR09TB__teljes.pdf