

KAROLINA-VÖLGYI DINOSZAURUSZOK MOZGÁSEBESSÉGE

Horváth Dóra, Stromp Márk
ELTE Biológiai Fizika Tanszék

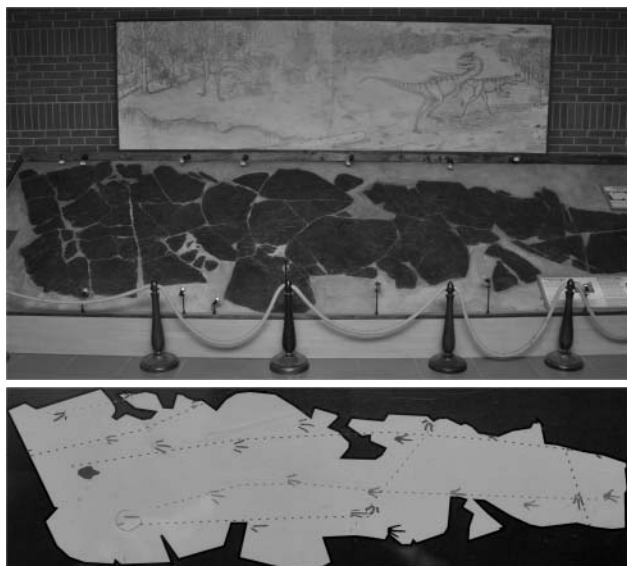
A ma élő állatok mozgásáról már sokat tudunk, tanulmányozásuk is viszonylag könnyű és hatékony a modern kísérleti berendezéseknek és mérőműszereknek köszönhetően [1–4]. Sokkal nehezebb a már kihalt állatok mozgásáról bármit is kideríteni, de nem lehetetlen. Néha ehhez nem is kell csúcstechnológia, elég csak egy mérőszalag, némi biomechanikai ismeret, és például egy nyomfosszília megkövült lábnyomai.

Aki járt már az Eötvös Loránd Tudományegyetem déli épületében, biztos elhaladt a földszinti Óslénytani Tanszék mellett kiállított, megkövült dinoszaurusz-lábnyomok mellett és megcsodálta azokat (1. ábra). E fekete palatáblák (2. és 3. ábra) azonban nemcsak egy díszlet részei, amelyeket unalmunkban nézegethetünk, hanem a Karolina-völgyi (Pécsbánya, Mecsek) kőszénkülfejtésről származó, értékes óslénytani nyomfossziliák. Segítségükkel több mint kétszázmillió évvel ugorhatunk vissza a múltba, és megbecsülhetjük az egykor élt dinoszauruszok folyóparti, nedves iszapon történt mozgássebességét. Írásunkban e nyomfosszilián végzett, bárki által megismételhető, egyszerű méréseink eredményeiről számolunk be.

A Karolina-völgyi nyomfossziliák

Az általunk vizsgált, dinoszaurusz-lábnyomokat tartalmazó kőzetlap egykor a homoknál is finomabb szem-

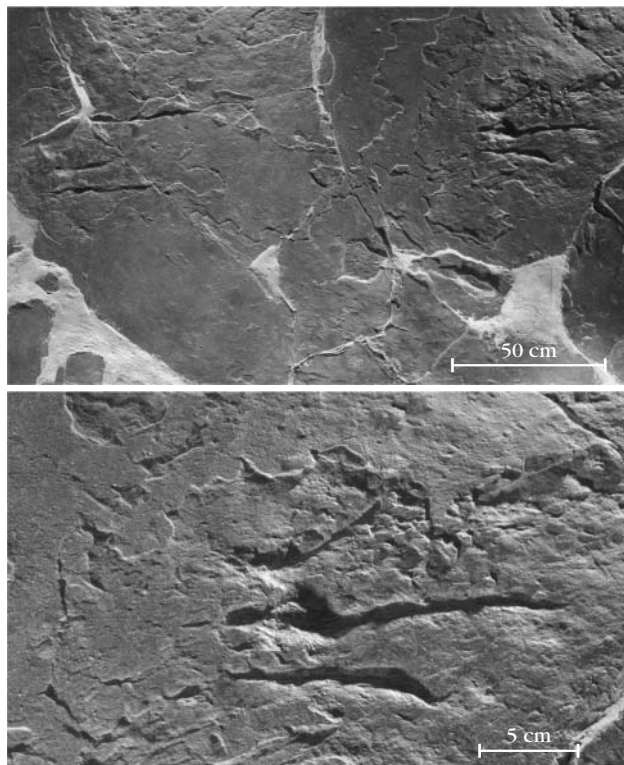
1. ábra. Az ELTE Óslénytani Tanszéke előtt kiállított mecseki nyomfosszília, valamint az ott található magyarázó tábla részlete.

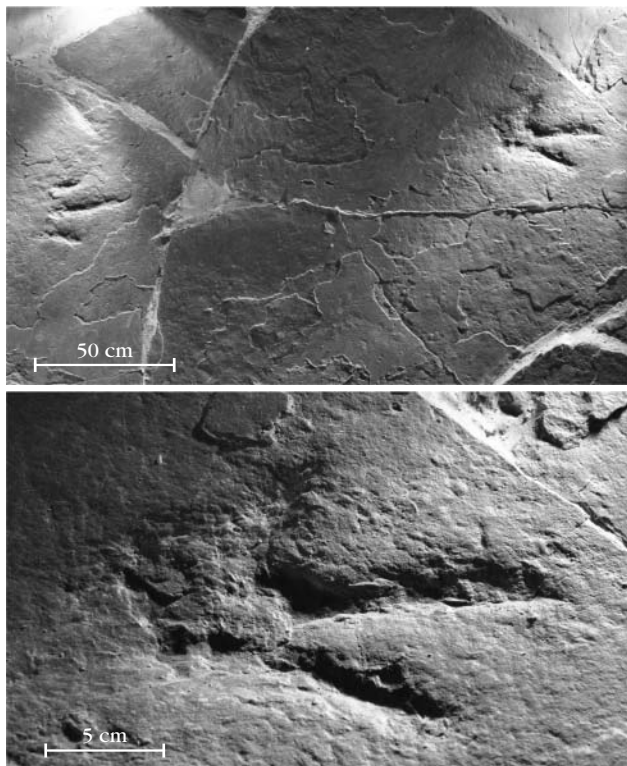


csés, iszaphoz hasonló üledékből vált kőzetté, ami sekély vízben ülepedett le a mecseki kőszénfejtő közelében. Itt a puhább, vízebb üledékben mélyebb nyomokat hagytak maguk után az őslények. Az erózió miatt a nyomok nagy része megsemmisült, egy részük viszont – szerencsés esetben – hamar betemetődött és fosszilizálódott.

A lábnyomok kalandos utat jártak be mielőtt kiállításra kerültek az ELTE épületében. A véletlennek köszönhetően Wein György bukkant a leletekre a Karolina-völgyi kőszénfejtő területén Pécsbányán. Később, 1966-ban Kordos László kutatómunkája során ugyanezen helyen a Wein által fölfedezett lábnyomokhoz hasonlókat talált. Ő határozta meg és nevezte el a nyomhagyó őslényeket. Ezek után 1988-ban egy pécsbányai nyári terepgyakorlat alkalmával az ELTE néhány hallgatója és tanára – Hips Kinga, Pataki Zsolt, Nagy Ágoston és Józsa Sándor – már nemcsak egy-egy lábnyomot, hanem nyomok sorozatát találta meg. Az ő erőfeszítéseiknek és kitartásuknak köszönhetően látható az ELTE déli épületében kiállított lelet (2. és 3. ábra).

2. ábra. A Karolina-völgyből származó palatábla általunk vizsgált 1. dinoszaurusznyoma. Fölül két egymást követő nyom, alul az egyik nyom kinagyított képe.





3. ábra. A Karolina-völgyből származó palatábla általunk vizsgált 2. dinoszaurusznyoma. Fölül két egymást követő nyom, alul az egyik nyom kinagyított képe.

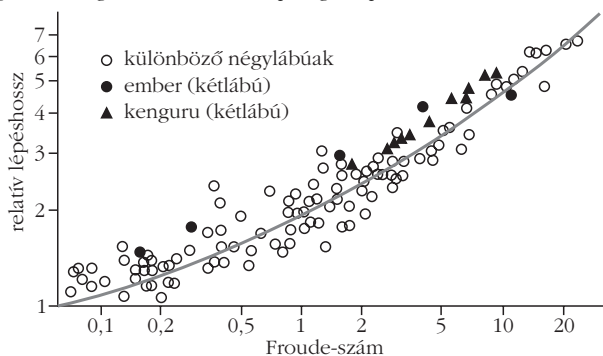
A nyomfossziliák kiértékelése

Hogy miként lehet az iszapban hagyott lábnyomokból meghatározni a nyomhagyó állat mozgássebességét, már részletesen leírták máshol [2, 5, 6]. Olvasóinknak ajánljuk a *Fizikai Szemlében* e témában megjelent cikket [7]. Nem kell mást csinálnunk, mint a nyomfosszilián megmérni a nyomhagyó őssállat d talp-, valamint s lépéshosszát, mivel [7] szerint az őslény sebessége:

$$u = \sqrt{4 g d f(r)}, \quad (1)$$

ahol g a földi nehézségi gyorsulás ($9,81 \text{ m/s}^2$), f pedig a Froude-szám az

4. ábra. Az $r = s/L$ relatív lépéshossz az $f = u^2/(gL)$ Froude-szám függvényében, ahol g a földi nehézségi gyorsulás, u az állat mozgássebessége, L a lábhossza, s pedig a lépéshossza.



1. táblázat

A 2. ábra dinoszaurusznyomain – 1. lábnyom – végzett mérési eredmények és a belőlük számolt mozgássebesség

talphossz (cm)				lépéshossz (cm)	mozgássebesség (m/s)
1.	2.	3.	átlag		
15	18	19	17,33	147,5	3,8

2. táblázat

A 3. ábra dinoszaurusznyomain – 2. lábnyom – végzett mérési eredmények és a belőlük számolt mozgássebesség

talphossz (cm)				lépéshossz (cm)	mozgássebesség (m/s)
1.	2.	3.	átlag		
13	18	19	16,66	172	4,1

$$r = \frac{s}{4 d}$$

relatív lépéshossz függvényében. A macskáknál nem kisebb emlősállatokra univerzálisan érvényes $f(r)$ függvény 4. ábrán látható alakját Alexander [5, 6] határozta meg számos ma élő két- és négylábú emlős mozgása alapján. Itt fölhasználtuk még a rengeteg állat L lábhosszára érvényes

$$L \approx 4 d$$

tapasztalati összefüggést.

Mérési eredmények

Megmértük a 2. és 3. ábrán jól kivehető talplenyomatok d hosszát, majd vettük azok átlagát. Ezután lemértük a dinoszauruszok s lépéshosszát is, vagyis azt a távolságot, ami ugyanazon láb két egymást követő talplenyomata között húzódik. A kapott értékeket behelyettesítve az (1) képletbe, megkaptuk a vizsgált állat u sebességét. Az 1. és 2. táblázat a 2., illetve 3. ábra dinoszaurusznyomain végzett mérési eredményeinket és a belőlük számolt u mozgássebességeket tartalmazza. Ezek szerint az első dinoszaurusz $3,8 \text{ m/s}$ sebességgel mozoghatott a mecseki iszapban, míg a második dinoszaurusz mozgássebessége $4,1 \text{ m/s}$ lehetett.

Hangsúlyozzuk azonban, hogy mindez természetesen csak becslés jellegű, ami a nyomokból jelen ismereteink szerint kiolvasható. A vizsgált dinoszauruszok e sebességeknél vélhetően gyorsabb mozgásra is képesek lehettek, ha nem iszapos aljzat, hanem keményebb talaj volt a lábaik alatt.



Ha fölkelte az olvasóban az itt vázolt őslénytani téma iránti érdeklődést, látogasson el az ELTE Őslénytani Tanszékére, vagy keresse föl az Ipolytarnóci Kalandparkot, ahol az itt leírt módszerrel további őssállatok nyomai vizsgálhatók. Iskolai csoportoknak is ajánljuk, hogy mérjék meg az őssállatok mozgássebességét.

ségét az általuk hagyott nyomfossziliákon. Bizonytal érdekes paleontológiai utazásban lesz részük!

Köszönjük *Horváth Gábornak* (ELTE Biológiai Fizika Tanszék), hogy felhívta figyelmünket a cikkben tárgyalt problémára és rendelkezésünkre bocsátotta a megoldáshoz szükséges szakirodalmat. Hálásak vagyunk *Galács Andrásnak* (ELTE Őslénytani Tanszék) a vizsgált nyomfossziliákkal kapcsolatos információkért.

Irodalom

1. Horváth G.: Négy lába van a lónak... A járás statikai és dinamikai elemzése. *Természet Világa* 117 (1986) 547–552. + címlap.

- Horváth G.: *Biomechanika: A mechanika biológiai alkalmazásai*. Egyetemi tankönyv, 3. átdolgozott, bővített kiadás, 368. o., ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2009.
- Horváth G., Csapó A., Nyeste A., Geric B., Csorba G., Kriska Gy.: Járásábrázolások – hibákkal. *Természet Világa* 140 (2009) 302–305.
- Horváth G., Csapó A., Nyeste A., Geric B., Csorba G., Kriska Gy.: Erroneous quadruped walking depictions in natural history museums. *Current Biology* 19 (2009) R61–R62. + online supplement.
- Alexander, R. M.: *Dynamics of Dinosaurs and Other Extinct Giants*. Columbia University Press, USA, 1989.
- Alexander, R. M.: How dinosaurs ran? *Scientific American* 254/4 (1991) 62–68.
- Horváth G.: Hogyan mozoghattak a dinoszauruszok? Ősállatok mozgásának paleobiomechanikai rekonstrukciója. *Fizika Szemle* 59 (2009) 141–146.

XIV. SZILÁRD LEÓ NUKLEÁRIS TANULMÁNYI VERSENY

II. rész: a döntő feladatai, a verseny értékelése

Kis Dániel Péter, Sükösd Csaba
BME Nukleáris Technika Tanszék

Az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny döntőjét – mint eddig minden évben – Pakson, az Energetikai Szakközépiskolában (ESZI) rendeztük. A döntő zökkenőmentes lebonyolításáért *Csajági Sándor* tanár úrnak, valamint *Szabó Béla* igazgató úrnak tartozunk köszönettel.

A döntőt megelőző napon a versenyzők és kísérő tanáraik üzemlátogatáson vettek részt a Paksi Atomerőműben.

I. kategóriájú feladatok¹

1. feladat (kitűzte: Kis Dániel)

A NASA Fermi gamma-távcsöve a felbocsátása (2008) óta trópusi viharokban közel 130 nagy energiájú villámot megfigyelve, közel 4 esetben tapasztalt $E > 20$ MeV energiájú gamma-sugárzást. Ezek az úgynevezett földi gamma-felvillanások (TGF, terrestrial gamma-ray flash), amelyeket 1994-ben fedeztek fel. Ezen események mellett még 511 keV energiájú fotonokat is mértek a felső légkörben.

Hogyan keletkezhetnek a viharokban a tapasztalt nagy energiájú, illetve az 511 keV-os fotonok?

Megoldás

A trópusi viharokban kialakuló nagy elektromos térerősség az ionizált légkör elektronjait akár a fénysebesség közelébe is felgyorsíthatja. Ezek az elektronok a légkör atomjainak potenciálterében fékezési sugárzást (bremsstrahlung) bocsátanak ki. Ezek lehetnek a nagy energiás gamma-fotonok. Az 511 keV-es foton forrása a pozitron-elektron annihiláció, hiszen

a kérdéses energia éppen az elektron nyugalmi tömegével egyenlő. Ezek a pozitron-elektron párok a fékezési sugárzásban keletkező fotonoknak a felső légkör atommagjainak potenciálterében megvalósuló párkeltése révén keletkezhetnek.

2. feladat (kitűzte: Papp Gergely)

A paksi atomerőműben a reaktor finomszabályozását nem a szabályozórudak mozgásával, hanem a turbinákra engedett gőz mennyiségének finom változtatásával oldják meg.

Mi lehet ennek az oka, és miért lehetséges ez a megoldás?

Megoldás

A paksi reaktor nyomottvízes, a moderálást a hűtővíz végzi. A reaktor teljesítménye érzékenyen függ attól, hogy egységnyi térfogatú vízben mennyi – a neutronlassításért felelős – hidrogénmag található. A kiengedett gőzmennyiséggel a víz hőmérsékletét és ezáltal sűrűségét lehet finoman szabályozni. Biztonságosan tervezett és üzemeltetett reaktor esetén a víz sűrűségének csökkenése a neutronlassítást (moderálást) csökkenti. Így nagyon precízen lehet a reaktor teljesítményét szabályozni, anélkül, hogy a szabályozórudakat mozgatni kellene.

3. feladat (kitűzte: Radnóti Katalin)

Marie Curie munkája közben azt tapasztalta, hogy abban a helyiségben, ahol a radioaktív anyagokkal dolgoztak, mintha minden radioaktívvá vált volna. A jelenség vizsgálatához a következő két kísérletet végezte el. (A vizsgált minták aktivitását mindkét esetben egy meghatározott uránmintához viszonyítva adta meg, ezt jelentik az alábbi számok).

a) „Rádiumos oldat beforrasztott edénybe van zárva, felnyitjuk az edényt, az oldatot csészébe töltjük és megmérjük aktivitását.”

¹ Ezen a versenyen is, mint az első Szilárd Versenyen (valamint 2004 óta ismét), a Junior kategória versenyfeladatai részben eltértek az I. kategória (11–12. osztályosok) feladataitól.