

június közepi tetőzéssel. A *P. thersites* példányok csak a *P. semiargus* nemzedék végén kezdenek repülni, amikor már csak idős példányok fordulnak elő.

Az égszínkéek csoportból a *P. bellargus* és a *P. dorylas* is kétnemzedékes. A *P. bellargus* rendelkezik a legkorábbi és legkésőbbi tetőzéssel, és bár van valamennyi átfedés a *P. dorylas* repülésével, spektrálisan jól láthatóan különböznek. A *P. dorylas* második nemzedékének repülési ideje teljesen átfed a *P. daphnis* előfordulásával. Bár a színük lehetővé teszi a megfelelő megkülönböztetést, a két faj elkülönülését azon egyedi jelenség is segíti, hogy a *P. daphnis* nőtényei mindig kékek.

A zöldes csoport tagjai egynemzedékesek. Elsőként a *P. amandus* jelenik meg, ami színében is eltér a többitől. Június közepére már megfakul a szárny színe annyira, hogy ne zavarja a megjelenő *P. damon* faj pázását. A *P. coridon* és a *P. damon* váltják egymást, a rendszerint nagy számban kirajzó *P. coridon* már csak az idős, kevés számú *P. damon* hímmel találkozhat az élőhelyen.

A fenti csoportosulásokon kívül meg kell jegyezzük a kétnemzedékes *P. icarus*, *P. dorylas* és *P. bellargus* esetét. Május közepén vagy végén tetőzik az első nemzedékük, de a színük jellegzetesen elkülönül, tehát ennek alapján az ugyanazon fajhoz tartozó egyedek azonosítani tudják egymást.

Következtetések

Kilenc közeli rokon (és azonos földrajzi helyen élő) boglárka lepkefaj részletes szerkezeti és spektrális vizsgálata megmutatta, hogy a hímek szárnyának kék színe és a színért felelős fotonikus nanoszerkezet fajra jellemző. Mesterséges neurális hálózatot alkalmazva, a szerkezeti vagy a spektrális adatok alapján is a fajokat 90% feletti találati aránnyal lehet azonosítani. A fajok repülési idejét tekintve az látszik, hogy a hasonló színű lepkék időben elkülönülnek. A lepkék ultrabolya-érzékeny fotoreceptor-típusát figyelembe vevő, háromdimenziós színingertérben ábrázolva, az eltérő fajok szárnyszínerei jobban elkülönülnek egymástól, mint az emberi látáson alapuló, kétdimenziós színingertérben. A repülési időszakokat tekintve, a vizsgált 9 boglárkafaj kék színe lehetővé teszi a biztonságos párkeresést, illetve a versenytársak eredményes kiszűrését.

A szerkezet-szín összefüggés vizsgálata modellezéssel együtt lehetővé teszi új utak feltárását a bioinspirált, kívánt színárnyalatú mesterséges fotonikus nanoarchitektúrák tervezésében és azok gyakorlati alkalmazásában.

Irodalom

10. Lukács Gy.: *Színmérés*. Műszaki Kiadó, Budapest, 1982.

GÖMBIHI BAMENTES EGY- ÉS KÉTFÓKUSZÚSÁG: A TRILOBITALENCSEK MAGJÁNAK OPTIKAI SZEREPE – II. RÉSZ

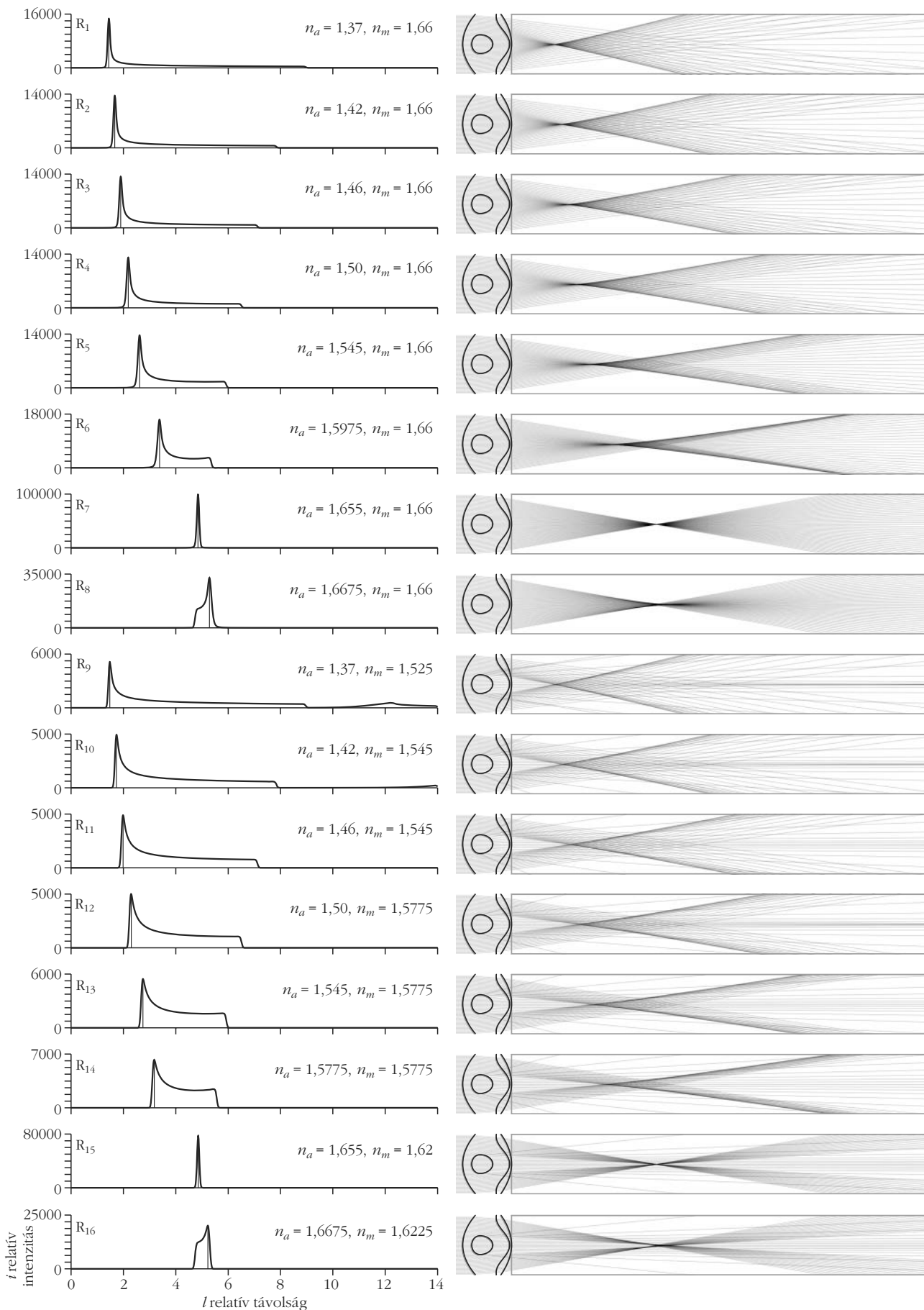
A központi lencse mag szerepe bizonyos schizochroális szemű háromkaréjos ósrákokban (trilobitákban) máig ismeretlen volt. Azért, hogy megértsük e rejtélyes lencse mag lehetséges optikai szerepét, cikkünk I. részében egy számítógépes sugárkövetéses módszert írtunk le, amivel egy szilur kori *Dalmanites* trilobitafaj összetett szeméibeli lencsék optikája vizsgálható [19]. Cikkünk II. részében számításokat végzünk annak kiderítésére, hogy milyen fényintenzitás alakul ki a lencse alatt az optikai tengely mentén. Számításainkban két paraméter szerepel: az alsó lencsetag n_a és a lencse mag n_m törésmutatója. Meghatározzuk n_a és n_m azon értékeit, amelyek esetén a vizsgált trilobitalencse egy, kettő, illetve három fókuszponttal rendelkezik. A fókuszpontok jóságát (a gömbi hiba kiküszöbölésének mértékét) számszerűen vizsgáljuk. Megmutatjuk, hogy a lencse mag egyik szerepe a gömbi hiba kiküszöbölése volt a fókuszpontok számától (1, 2 vagy 3) függetlenül, de akár a lencse kétfókuszúságát is biztosíthatta. A lencse mag másik lehetséges szerepe, hogy a lencse szélső tartománya egy meghatározott fókusz-távolsággal rendelkezett, míg a központi lencserész-

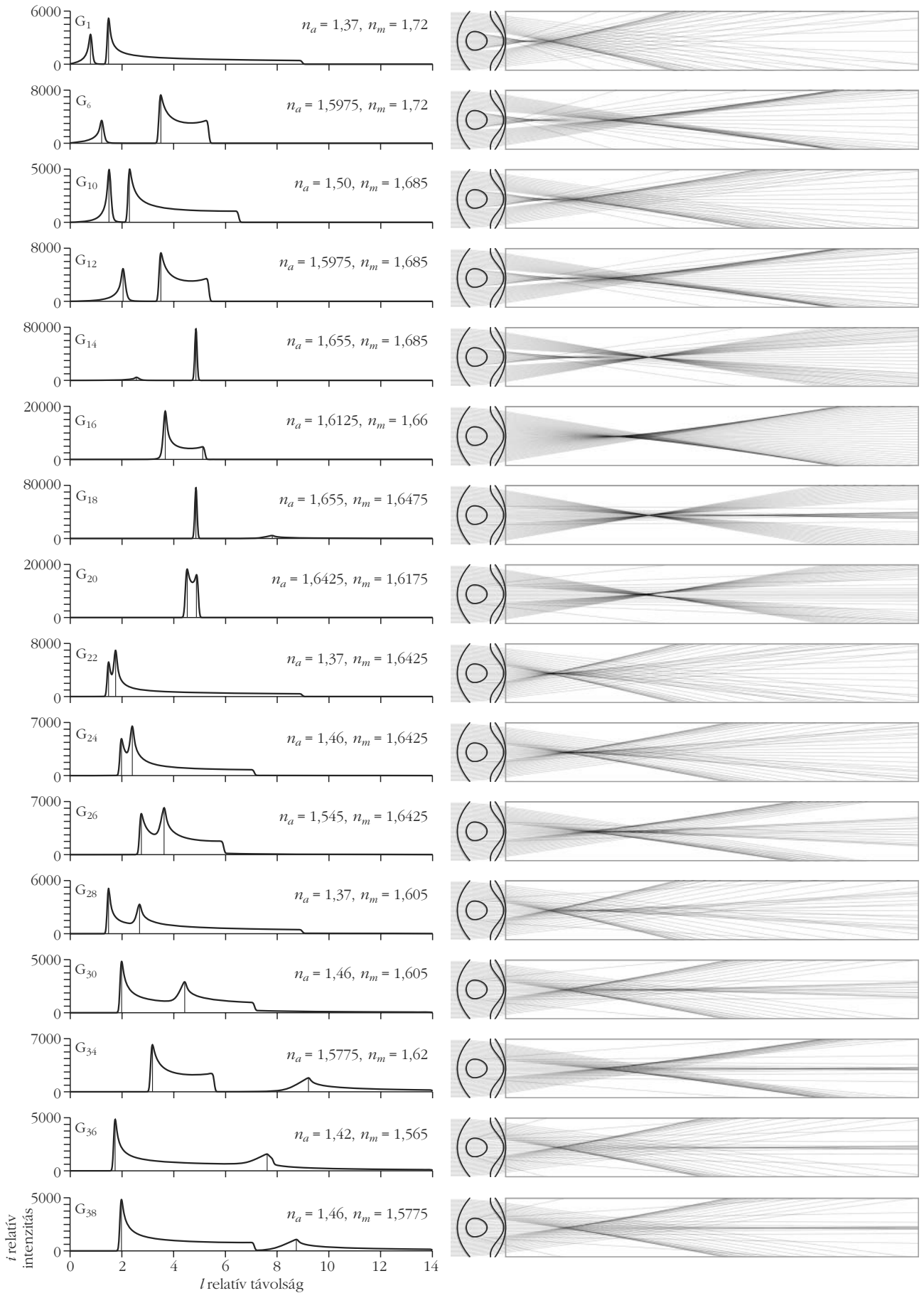
nek hosszabb vagy rövidebb volt a fókusz-távolsága attól függően, hogy a lencse mag n_m törésmutatója kisebb vagy nagyobb volt a felső lencsetag n_l törésmutatójánál. Megvizsgáljuk azon paraméterértékeket is, amelyek háromfókuszú lencséhez vezetnek, de ezt a lehetőséget kizártuk a biooptikailag értelmes megoldások közül.

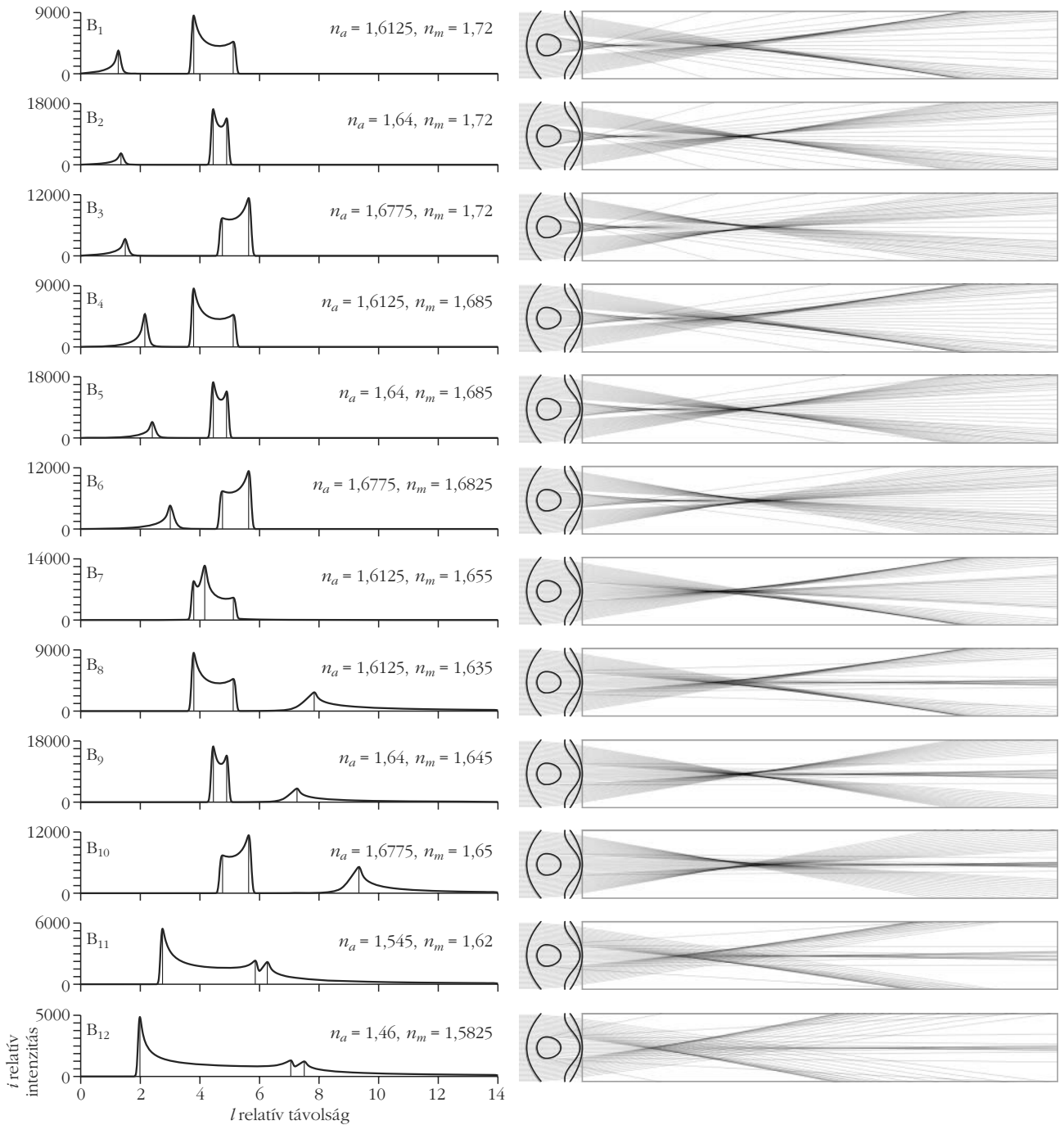
Paleo-biooptikai eredmények

A 6. ábrán példák láthatók a lencse alatt az optikai tengely mentén kialakuló i relatív intenzitásra a lencse aljától mért l relatív távolság függvényében, ami-

A következő oldalon: 6. ábra. Balra: példák az $i(l)$ relatív intenzitás-görbékre a központi maggal rendelkező trilobitalencsétől mért l relatív távolság függvényében, amikor a görbéknek csak egy csúcsa van. Az intenzitás-csúcsok helyét egy vékony függőleges vonal jelzi. Az adott intenzitás-görbéhez tartozó n_a és n_m törésmutató-értékek a grafikonok jobb felső sarkában olvashatók. Az R_1, \dots, R_{16} címkék a 9. ábra megfelelő címkéihez tartoznak. Jobbra: a bal oldali intenzitás-görbékhöz tartozó sugármenetek a lencse főtengelymetszetében.







8. ábra. Mint a 6. ábra, de most trifokális lencsére. A B_1, \dots, B_{12} címkék a 9. ábra megfelelő címkéihez tartoznak.

kor az $i(I)$ görbe egyetlen csúccsal rendelkezik. Az n_a és n_m törésmutatók különböző értékei eltérő görbékhez vezetnek. A 7. és 8. ábra kettő és három intenzitáscsúcsú $i(I)$ görbékét mutat. A 6–8. ábrák jobb oldalán a bal oldali $i(I)$ görbékhez tartozó sugármenetek láthatók a lencse főtengelymetszetében.

A 7. ábra szerint, ha a lencsemag n_m törésmutatója különbözik a felső lencsetag $n_f = 1,66$ törésmutatójától, akkor két fókuszterületet kapunk: (i) az egyik fókusz a lencse középső része hozza létre a magot

beleértve, míg (ii) a másikat az alsó és felső lencsetag külső gyűrűje. Cikkünkben fókuszpontnak a maximális intenzitással rendelkező helyet nevezzük. Ezen intenzitáscsúcsok nem nevezhetők egzakt fókuszpontoknak, mivel az intenzitáscsúcsok Gauss-függvény szerűen elkennek.

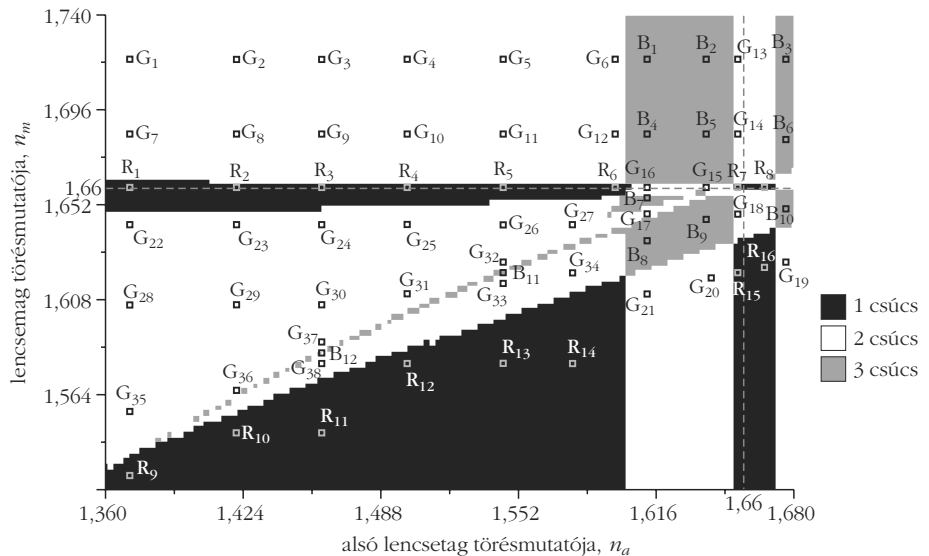
Az n_a és n_m törésmutatók függvényében a 9. ábra mutatja, hogy hány (1, 2 vagy 3) csúccsal rendelkezik az $i(I)$ intenzitásgörbe. A 9. ábrán a függőleges és vízszintes szaggatott vonal jelképezi a felső lencsetag 1,66 törésmutatóját, tehát e vonalak metszéspontjában helyezkedik el az $n_a = n_m = 1,66$ eset. Az $n_m = 1,66$ esetén központi mag nélküli lencséről beszélhetünk,

Az előző oldalon: 7. ábra. Mint a 6. ábra, de most bifokális lencsére. A G_1, \dots, G_{38} címkék a 9. ábra megfelelő címkéihez tartoznak.

mert ugyanakkora a magot körülvevő kalcit törésmutatója is. Ugyanakkor $n_a = 1,66$ mellett az alsó lencsetag rendelkezik a felsőével azonos törésmutatóval. A vízszintes szaggatott vonal fölötti ($n_m > n_f = 1,66$) tartományban a lencse magja gyűjtőlencseként működik, mivel a törésmutatója nagyobb az öt körülvevő kalcit törésmutatójánál. Következésképpen, a lencse középső tartományának (ahol a magnak hatása van a fényútra) a fókusz tartománya közelebb lesz a lencséhez, mint a széli részek fókusz tartománya. Ehhez hasonlóan, a 9. ábrán a vízszintes szaggatott vonal alatti ($n_m < n_f = 1,66$) tartományban a központi mag szórólencseként működik, és így a lencse közepének fókusz tartománya távolabb csúszik a lencsétől.

A 9. ábrán egy vízszintes vonalon mozogva az n_a változik, míg az n_m állandó marad. Például a G_1 pontból a $G_2, G_3, G_4, G_5, G_6, B_1, B_2$ és G_{13} pontokon át a B_3 felé haladva a lencse közepének fókusz távolsága gyakorlatilag változatlanul a lencse aljának közelében marad, a lencse szélének fókusz távolsága viszont változik: a G_1 pontban a lencse széle által fókuszált fény i relatív intenzitásának $l \approx 1,4$ -nél van csúcsa és $l \approx 9$ -nél i nullára cseng le. A G_2, G_3, G_4, G_5 , és G_6 pontokon áthaladva az intenzitáscsúcs távolodik a lencsétől, i lecsengésének távolsága pedig közeledik a lencséhez. A G_6 és B_1 pontok között megjelenik egy harmadik intenzitáscsúcs is (9. ábra). Ekkor tehát egy háromfókuszú (trifokális) lencsével van dolgunk. Az n_a további növelésével a lencse széle által létrehozott két intenzitáscsúcs még közelebb kerül egymáshoz, majd teljesen összeolvad G_{13} -ban, ahol ismét bifokális lencséről beszélhetünk. n_a még további növelésével újra trifokálissá válik a lencse.

A 9. ábrán függőlegesen mozogva az n_m változik állandó n_a mellett. Például az R_{13} pontban a lencse mag szórólencseként viselkedik. Mivel az $i(l)$ görbét csak az $l < 14$ tartományban vettük föl, a lencse közepe által létrejövő intenzitáscsúcsot nem tudjuk fölismerni, mert végtelen távolból közeledik, amint n_m nő. Az az állapot, ahol már bejön a képbe ez a csúcs, az R_{13} és G_{33} pontok között található. E határ jelképezi tehát a 9. ábrán azt, amikor már kezd megjelenni az $l < 14$ tartományban a lencse központi részének fókusz tartománya. Teljesen hasonló igaz a G_{21} és G_{20} pontok fölötti, az R_{15} és R_{16} fölötti és a G_{19} fölötti határra is. Ezek a pontok mind egy görbén fekszenek és mindegyikük a lencse közepe által létrehozott intenzitáscsúcs fölismérhetőségének korlátairól árulkodik. E



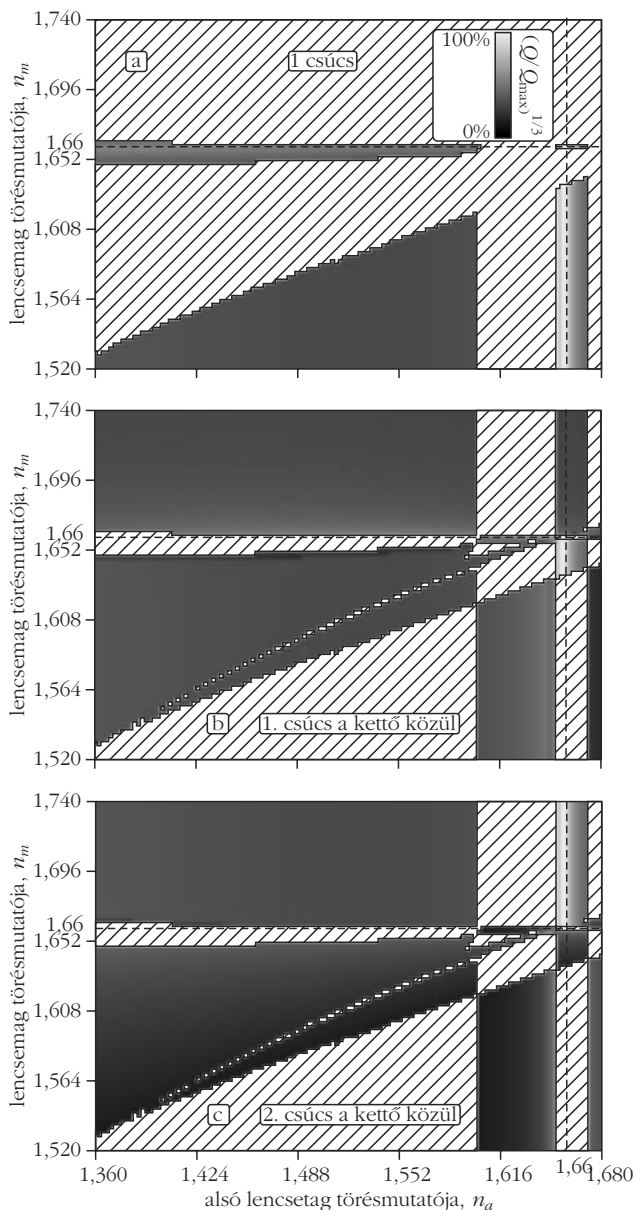
9. ábra. A téglalap oldalai mentén húzódó koordináta-tengelyek az alsó lencsetag n_a és a lencse mag n_m törésmutatóihoz tartoznak. A koordináta-rendszer minden pontja egy (n_a, n_m) paraméterpárt képvisel. A kicsi négyzetek a 6., 7. és 8. ábrákon látható görbékhez tartozó (n_a, n_m) törésmutatók elhelyezkedését szemléltetik. A különböző szürke árnyalatok (fekete, szürke, fehér) és címkék (R, G, B) az $i(l)$ relatív intenzitásgörbék csúcsainak számát (1, 2, 3) kódolják. A függőleges és vízszintes szaggatott vonalak az $n_a = 1,66$, illetve $n_m = 1,66$ törésmutatót mutatják. A szaggatott szürke görbe azt a határesetet jelzi, mikor a lencsétől legtávolabbi fókuszpont fölismérhetővé válik (távolsága kisebb mint $14R$, ahol R a lencse sugara).

határ fölött található a 9. ábrán egy keskeny sáv egy más szürke árnyalatú tartományba ágyazódva. Itt az történik, hogy a távolból a lencséhez közeledő fókusz tartomány eléri azt a részt, ahol lecseng a lencse szélének fókusz tartománya és ekkor a számítógépes algoritmus 3 intenzitáscsúcsot is találhat. Ha azonban a csúcs éppen ráesik e lecsengési részre, akkor 2 markánsabb csúcs alakul ki a G_{36} pontban. Az n_m -et tovább növelve a lencse mag az R_5 pontban lényegében eltűnik, mert a törésmutatója eléri a kalcit 1,66 törésmutatóját. Itt a lencse egyfókuszú. A 9. ábrán tovább mozogva fölfelé a fókusz tartomány kettéválik és a G_{11} és G_5 pontokon áthaladva a lencse közepének fókusz tartománya egyre közelebb kerül a lencséhez.

A 9. ábráról további információkat is leolvashatunk: (i) ha $n_m < n_f$ akkor a trilobalencse bifokális, viszont a $\Delta n = n_f - n_m$ különbség kicsi kell hogy legyen ($< 0,1$), mert nagy Δn esetén a lencse mag túlzott mértékben szétszórná a fénysugarakat, nagyon eltávolítaná a lencsétől a mag fókusz tartományát, akár a végtelenbe is. (ii) Ha $n_m = n_f$ akkor a lencse általában egy éles fókuszponttal rendelkezik, különösen a 9. ábra R_7 pontjában. Egyedül akkor kapunk bifokális lencsét, ha $1,6000 < n_a < 1,6525$. (iii) Ha $n_m > n_f$ akkor a lencse bifokális.

A 10. ábrán az intenzitáscsúcsok Q élessége, vagyis a fókuszpontok gömbi hibára való korrekciójának mértéke látható az n_a és n_m törésmutatók függvényében egy (10.a ábra), kettő (10.b ábra), illetve három (10.c ábra) fókusz esetén.¹ Ha Q kicsi vagy nagy, akkor a fókusz rendre gyengén vagy jól korrigált a gömbi hibára. A 10.a ábra szerint, amikor monofoká-

¹ Lásd cikkünk I. részében a (15) és (16) definíciókat.



10. ábra. A fókuszpontok Q élessége [lásd cikkünk I. részében a (15) és (16) definíciókat] az alsó lencsetag n_a és a lencsemag n_m törésmutatójának függvényében. (a) Az egyfókuszú tartományokban (a 9. ábrán fekete területek) adódó $Q(n_a, n_m)$ élességek. (b) A kétfókuszú lencse esetén (a 9. ábrán fehér területek) a lencséhez közelebb eső fókuszhoz tartozó $Q(n_a, n_m)$ élességek. (c) A kétfókuszú lencse esetén a lencsetől távolabbi fókuszhoz tartozó $Q(n_a, n_m)$ élességek. Minél sötétebb egy adott pont, annál kisebb a hozzá tartozó Q érték. Az ábra a $q = (Q/Q_{\max})^{1/3}$ értékeket kódolja szürke-árnyalatosan $Q_{\max} = 3096223$ mellett (fekete: $Q = 0$, $q = 0\%$; fehér: $Q = Q_{\max}$, $q = 100\%$). Az (a) ábrán a csíkos területek a 2 vagy 3 fókuszú lencsüket jelzik (a 9. ábrán fehér vagy szürke tartományok). A (b) ábrán a 3 vagy 1 fókuszú lencsékhez tartozó területeket jelöli a csíkozás (a 4. ábrán szürke vagy fekete tartományok).

lis lencséről van szó, $n_a = 1,655$ és $n_m = 1,66$ eredményezi a legnagyobb Q élességet. Ez azt jelenti, hogy nincs is mag a lencsében, és az alsó lencsetag törésmutatója picivel kisebb, mint a felső lencsetagé. A 10.b ábrán a legvilágosabb terület az $n_m = 1,66$ és $n_a = 1,66$ törésmutatókat jelképező vízszintes és függőleges szaggatott vonalak metszéspontja alatt helyezkedik el, viszont ugyanez a terület egészen sötét a

10.c ábrán. A 10.c ábrán világosan látszik, hogy a legnagyobb Q élességeket az előbb említett metszéspont fölött találjuk, azonban a 10.b ábrán itt kicsi Q értékekkel találkozunk. Egy jól használható bifokális lencsénél mindkét fókusztartománynak élesnek kell lennie hasonló Q élességekkel. Az $n_m = 1,66$ vonal fölött és alatt n_a viszonylag kis értékeinél (például 1,40) a két intenzitáscsúcshoz tartozó Q szinte azonos, ami azt jelenti, hogy mindkét fókuszt nagyon hasonlóan használható képalkotásra.

Végeztünk sugárkövetést nem az optikai tengellyel párhuzamosan beeső fénysugarakkal is $n_m = 1,64$ és $n_m = n_a = 1,66$ értékek mellett. Az utóbbi a mag nélküli trilobitalencse esete. A sugármenetekből nyilvánvalóan látszott, hogy amint növeljük a beeső nyaláb optikai tengellyel bezárt θ szögét, úgy romlik rohamosan a lencse fókusztávolsága a fókusztartományok elmosódásával. A *Perga* darázs lárvájában található kéttagú lencsére számolt sugármenetekhez [21] hasonló eredményt adott az általunk vizsgált trilobitalencse is.

Az eredmények elemzése

Hogy megértsük a *Dalmanites* trilobitafaj összetett szemében található lencsék központi magjának optikai szerepét, számítógépes sugárkövetést végeztünk egy ahhoz hasonló lencsén, amelynek alakját korábban rekonstruálták [8]. A maggal rendelkező lencse felső tagja optikailag homogén kalcitból állt, aminek törésmutatója 1,66 [8]. Bár a lencsemag és az alsó lencsetag eredeti anyaga ismeretlen, az elektronmikroszkópos és hagyományos optikai felvételeken való homogén megjelenéséből arra következtethetünk, hogy eredetileg is optikailag homogén anyagokból állhattak [22].

A trilobita-látás irodalmában [22] a legegyszerűbb modell szerint a lencse felső tagja homogén kalcitból (ami a megkövülés során fennmaradt, ezért kimutatható, hogy a kristálytani c tengely egybeesett az optikai tengellyel), az alsó lencsetag pedig valamilyen szerves homogén anyagból, például hidratált kitinből állt, aminek törésmutatója 1,40 és 1,53 közötti érték volt. Habár a lencsemag hajdani anyaga ismeretlen, homogén maradványának kinézetéből feltételezhető, hogy eredetileg ez is optikailag homogén lehetett. Vizsgálataink [19] képviselik az első próbálkozást a lencsemag jelentőségének magyarázatára.

A több száz millió éves fosszilizáció miatt a lencsében elhelyezkedő mag eredeti összetétele ismeretlen. A hosszú megkövesedési folyamat során a lencseanyag lebomlott és ásványi anyagok kerültek a helyére. A lencsemagnak mindössze az alakja maradt fenn, ami a lencséből készült metszeteken jól kivehető [8]. Ugyanez elmondható az alsó lencsetagról is. Következésképpen, a lencsemag és az alsó lencsetag anyagának törésmutatóját megmérni lehetetlen. Az egyetlen lehetőség, hogy felállítunk egy optikai modellt és sugárkövetéssel tanulmányozzuk. Kézenfekvő volt a legegyszerűbb modelltől indulni: feltételeztük, hogy mindhárom lencsetag (felső és alsó lencsetag, köz-

ponti mag) optikailag homogén volt, térben állandó törésmutatóval. Megmutattuk, hogy az alsó lencsetag és a lencsemag törésmutatójától függően a szóban forgó trilobitalencse gömbi hibára korrigált egy-, két-, illetve háromfókuszú lencseként működhetett. A trifokalitást, mint lehetőséget elvetettük, mivel egy háromfókuszú lencse már inkább hátrányos, mint előnyös, ha bármely állat látásában játszik szerepet, viszont a bifokális, illetve monofokális megoldást elképzelhetőnek tartjuk. Tehát az az egyszerű föltevés, miszerint mindhárom lencsetag optikailag homogén volt, megállja a helyét. Ha a sugárkövetések végeredményei azt mutatnák, hogy egy ilyen homogén elemekből álló háromtagú lencse nem működhetett, akkor lenne értelme bonyolultabb modelleket felállítani és vizsgálni. Egy ilyen modellben például a törésmutatót lehetne helyfüggőnek tekinteni, mint ahogyan az számos rovarfaj szemlencséjére jellemző [23].

Az i relatív intenzitáseloszlást vizsgáltuk az optikai tengelyen az alsó lencsetag n_a és a lencsemag n_m törésmutatójának függvényében. Meghatároztuk azon törésmutató-értékeket, amelyek a vizsgált trilobitalencsét egy-, két-, illetve háromfókuszúvá teszik (9. ábra). A lencsemag kinézete egyértelműen mutatja, hogy más szerkezeti és optikai tulajdonságokkal bír, mint a felső lencsetag, így valószínűleg a törésmutatója is más volt. Annak a lehetőségét korábbi tanulmányok [8] kizárták, hogy a lencsemag nem létezett, amikor a trilobita még élt, és csak később, a megkövesedés során jelent meg a központi mag a lencsében.

Jelen eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a szóban forgó szilur kori *Dalmanites* trilobitafaj szemlencséjében található központi mag szerepe a gömbi hiba korrigálása lehetett a fókuszpontok számától (1, 2 vagy 3) függetlenül. A számításaink eredményeiként adódó $i(D)$ görbék intenzitáscsúcsai meglehetősen változatosak (6–8. ábrák).

Azokra a törésmutatókra, amelyeket a 9. ábra fehér tartományai képviselnek, a trilobitalencse bifokális. Tehát egy másik lehetséges szerepe a magnak az volt, hogy a lencse bifokalitását tette lehetővé. A lencse széli részének ilyenkor egy jól meghatározott távolságban van a fókuszpontja, a középső résznek pedig attól függően kisebb vagy nagyobb lesz a fókusz távolsága, hogy nagyobb vagy kisebb a lencsemag törésmutatója, mint az őt körülvevő kalcit. A kalcit 1,66 törésmutatója igen nagy, jóval nagyobb mint a szerves anyagoké: például a kitinnek 1,45 és 1,56 között változik a törésmutatója a hidratációs foktól függően [24, 25]. Véleményünk szerint a lencsemag törésmutatója

nem volt nagyobb a kalciténál. Ha kisebb volt, akkor a lencse közepének fókusz távolsága nagyobb volt, mint a széli részeké (7. ábra). Annál nagyobb lehetett a két fókusz távolság közötti különbség, minél kisebb volt a lencsemag törésmutatója.

A trilobitalencsék bifokalitásának jelentőségére Gál és társai [12, 26] mutattak rá. Két ízben is kimutatták a trilobitaszemek e tulajdonságát. Megmutatták, hogy a schizochroális szemlencsés *Dalmanites socialis* trilobita egyszerre volt képes közeli (például apró, lebegő tárgyak, kicsi szákmányállatok) és távoli (például tengerfenék, fajtársak, ragadozók) tárgyakat élesen látni, mert bifokális szemlencsével rendelkezett. A retinának ehhez a lencse távolabbi fókusz síkjában kellett elhelyezkednie, amit a lencse széli részei hoztak létre. A *Dalmanites socialis* felső lencsetagjának alsó felületén egy apró dudor volt, amin jobban megtörték a fénysugarak, ezért ez a középső tartomány egy második, a lencséhez közelebb lévő fókuszpontot hozott létre.

E korábbi eredmények szerint [12] az általunk vizsgált szilur kori *Dalmanites* trilobita retinája a szemlencse középső részéhez tartozó fókusz távolságban kellett hogy elhelyezkedjen. Ekkor az állat egyszerre láthatott élesen közeli és távoli tárgyakat, rendre a lencse széli, illetve középső tartományaival. Tehát a *Dalmanites* szemlencséjének belső és széli tartományainak szerepe éppen fordítottja lehetett a *Dalmanites* szemlencséje megfelelő részeinek.

Kettőnél több fókuszpont már túl sok lenne egy összetett szem lencséjének. Ekkor ugyanis túl bonyolulttá válna az alkotott kép, ráadásul túlságosan elmosódott lenne. Ezért a trifokalitást csak mint elméleti lehetőséget említjük, véleményünk szerint ilyen szemlencse nem működhetett jól.

Irodalom

21. Meyer-Rochow, V. B.: Structure and function of the larval eye of the sawfly, *Perga*. *Journal of Insect Physiology* 20 (1974) 1565–1591.
22. Clarkson, E. N. K.; Levi-Setti, R.; Horváth, G.: The eyes of trilobites: the oldest preserved visual system + Los ojos de los trilobites: el sistema visual más antiguo conservado (spanyolul) *Fundamental* 13 (2008) 1–70.
23. Land, M. F.; Nilsson, D.-E.: *Animal Eyes*. Oxford University Press, (2002) p. 221.
24. Hinton, H.; Jarman, G.: Physiological colour change in the *Hercules* beetle. *Nature* 238 (1972) 160–161.
25. Land, M. F.: The physics and biology of animal reflectors. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 24 (1972) 75–106.
26. Gál, J.; Horváth, G.; Clarkson, E. N. K.: Reconstruction of the shape and optics of the lenses in the abathochroal-eyed trilobite *Neocobboldia chinlinica*. *Historical Biology* 14 (2000) 193–204.



**Az Eötvös Társulat
főnt van a **facebook** -on!**



<https://www.facebook.com/pages/Eötvös-Loránd-Fizikai-Társulat/434140519998696?fref=ts>