

## Lepkeszem és matematika

szo, 2014/09/20 - 03:17 - johannes

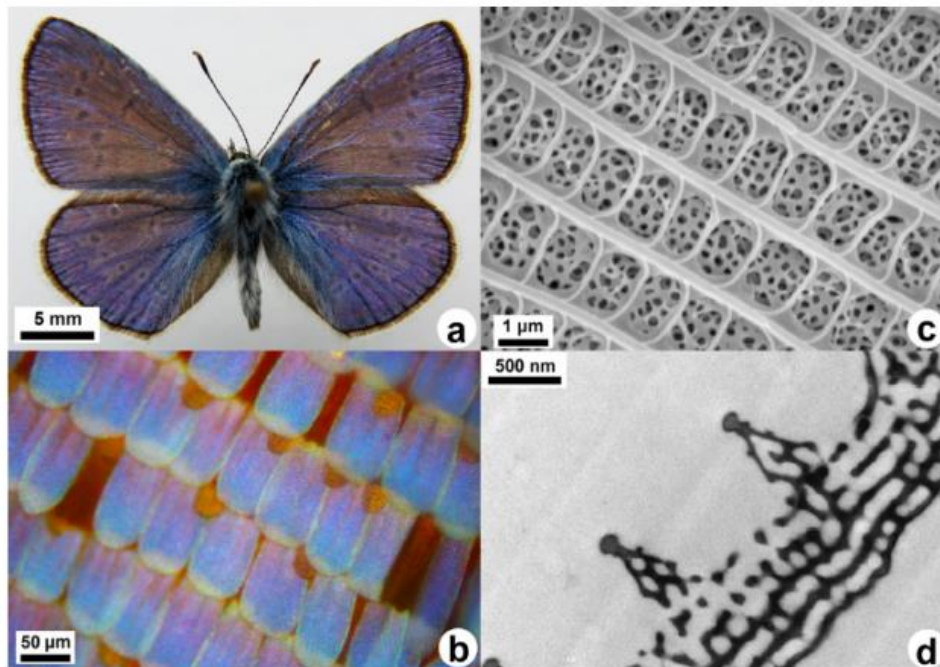


Fig. 1. (a) male *Polyommatus icarus* butterfly and (b) the blue dorsal wing scales of this species. (c) SEM and (d) TEM images of the chitin - air nanoarchitecture occurring in the blue wing scales.

Meglepő eredményre jutottak az MTA TTK Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet Nanoszerkezetek Kutatócsoportjában a lepkék szárnyain előforduló fotonikus nanoarchitektúrák vizsgálatával foglalkozó kutatók: a biológiai evolúció és matematika közel egybevágó eredményre vezetett a lepkeszárnyak vizsgálatakor!

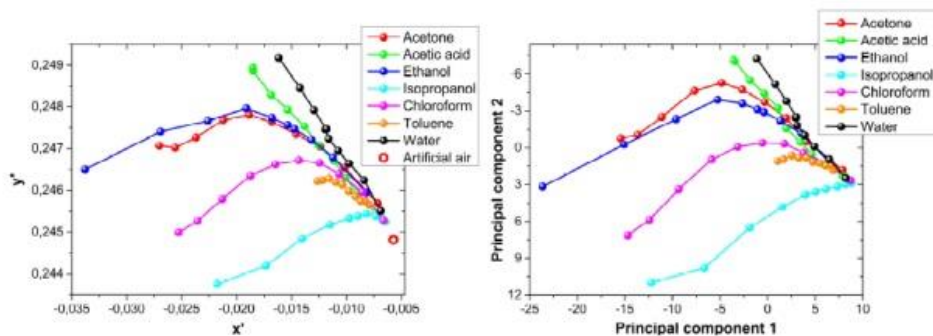
**A lepkeszárnyon alapuló szelektív kémiai detektorok válaszjelét a korábban ugyancsak általuk kidolgozott, lepkékre jellemző színinger-térben értékelik ki, akkor az eredmény szinte tökéletesen egybevág azzal, amit a tisztán matematikai módszereken alapuló főkomponens analízis (PCA) eredményez. Eredményeiket a rangos Optics Express folyóiratban publikálták. (Optics Express 22 (2014) 22649; <http://dx.doi.org/10.1364/OE.22.022649>)**

Számos lepke színeit (főleg a kék és zöld színeket) nem festékanyagok, hanem fotonikus nanoarchitektúrák eredményezik ([http://mta.hu/mta\\_hirei/nanotechnologia-a-lepkeszarnyaktol-az-okostelefonokig-130534/](http://mta.hu/mta_hirei/nanotechnologia-a-lepkeszarnyaktol-az-okostelefonokig-130534/)). Ezek olyan nanokompozitok, amelyek képesek befolyásolni a fény terjedését: bizonyos hullámhossz tartományok nem terjedhetnek a fotonikus kristályokhoz hasonló

anyagban ([http://www.nanotechnology.hu/reprint/NatGeo\\_2008\\_02\\_lepke.pdf](http://www.nanotechnology.hu/reprint/NatGeo_2008_02_lepke.pdf)), visszaverődnek róla. Ez eredményezi a színt. A nanokompozit egyik összetevője az üreges, háromdimenziós, kitin alapú nanoarchitektúra pórusait kitöltő levegő. Az MTA TTK MFA Nanoszerkezetek Kutatócsoport (<http://www.nanotechnology.hu/magyarul.html>) munkatársai, már korábban számos cikkben megmutatták - szoros együttműködésben Dr. Bálint Zsolttal, a Magyar Természettudományi Múzeum Lepkegyűjteményének kurátorával - a lepkeszárnyak kiválóan alkalmasak arra, hogy normál levegőben működő kémiai szeptív gőz-érzékelők alapját képezzék. A működés a kapilláris kondenzáción alapul: a különböző gőzök, miután cseppfolyósodnak a nanopórusokban és kiszorítják onnan a levegőt, megváltoztatják a nanoarchitektúra két összetevője közötti törésmutató kontrasztot, ami a szín eltolódásához vezet. Ezt a jelenséget jól szemlélteti, amikor például alkoholt öntünk egy kék lepkeszárnyra (<http://youtu.be/jMcConPGr2o>). Általában, a levegőben előforduló gőzök kondenzációjával fellépő színváltozások ennél jóval szerényebbek, éppen ezért csak műszeresen és megfelelő adatfeldolgozás után lehet ezeket a változásokat kiértékelni.

A *Biró László Péter*, az MTA levelező tagja vezetésével dolgozó kutatócsoport nemrégiben megmutatta, hogy kilenc, fotonikus nanoarchitektúrák által színezett boglárkalepke faj hímjeinek kissé eltérő kékje eléggé különbözik egymástól, hogy lehetővé tegye az egyes fajok megbízható azonosítását a fényvisszaverésük alapján ([http://mta.hu/mta\\_hirei/nanotechnologia-a-lepkeszarnyaktol-az-okostelefonokig-130534/](http://mta.hu/mta_hirei/nanotechnologia-a-lepkeszarnyaktol-az-okostelefonokig-130534/)). A kék árnyalatok jobb elkülönítéséhez az MFA Nanoszerkezetek Kutatócsoport kutatója, Dr. Kertész Krisztián által kidolgozott, a boglárkalepkék látására jellemző háromdimenziós színinger-teret alkalmaztak. Ennek az a jellemzője, hogy igen jól elkülöníti már a kis változásokat is a látható spektrum kék tartományában. Ez adta az ötletet Piszter Gábor PhD hallgatónak, hogy ugyanez a színinger-tér alkalmas lehet a lepkeszárny alapú szenzorok nanopórusaiba kondenzálódó gőzök által előidézett kis színváltozások tanulmányozására is.

A kísérletek teljes mértékben igazolták a hipotézist. A mellékelt ábra baloldalán látható görbesor az egyes gőzök sajátos jelleggörbáját mutatják a lepkék színingerterében, amikor a levegőbe kevert gőzkoncentráció 10%-os lépésekben nulláról (piros kör) 100%-ra emelkedik. Jól látható módon az anyagok többsége karakterisztikus pályát fut be. Azaz kiváló a kémiai szelektivitás.



Az ábra jobb oldalán látható görbecsalád ugyanazoknak a kísérleti adatoknak a főkomponens analízis (Principal Component Analysis, PCA) módszerrel történő kiértékelése. A PCA egy komplex matematikai algoritmus szerint különíti el azokat a tényezőket, amelyek adott adatsorokból kinyerik azokat a független változókat, amelyek leginkább meghatározzák az adatok változását.

Első látásra meglepő eredmény, hogy az ábrán látható két görbecsalád szinte tökéletesen egybevág! Alaposabban átgondolva azonban, hogy a hím boglárkalepkék kékje a szexuális jelzőszín szerepét játssza, nem meglepő, hogy a jelzőszín és annak érzékelője (a lepkék szeme) az évmilliók evolúció során tökéletesen összehangolódtak megteremtve ezzel ugyanazt a szelektivitást, amire a komplex statisztikai algoritmus képes. Ezzel együtt érdekes, hogy a biológiai evolúció és matematika közel egybevágó eredményre vezetett.

Vizsgálataik során az MTA TTK MFA Nanoszerkezetek kutatói megállapították, hogy a jelleggörbék alakját két különböző folyamat határozza meg, kis gőz koncentrációknál a kapilláris kondenzáció dominál nagyobb koncentrációknál, viszont szerepet kap a kitin alapú nanoarchitektúra megduzzadása a kondenzálódott folyadék hatására. Az is kimutatták, ha a színt adó pikkelyekben található nanoarchitektúrát konformálisan nagyon vékony (mindösszesen 5 nm vastag) alumínium oxid réteggel burkolják, akkor a jelleggörbék alakja teljesen megváltozik és a kémiai szelektivitás jelentősen lecsökken. Ez azt bizonyítja, hogy megfelelő anyagtudományi módszerek alkalmazásával felvitt nanorétegek az ilyen típusú szenzorok válaszelőjelét a kívánalmak szerint hangolhatják.

A fotonikus nanorétegek alapuló, szelektív kémiai szenzorok kis térfogatuk, gyorsaságuk és kis energiaigényük miatt jelentős szerepet játszhatnak a jövőben a lakóterek levegőminőségének folyamatos monitorozásában valamint az okostelefonokba építhető érzékelők szempontjából.