

Motýlí křídla září také pod mikroskopem

Při zkoumání živé přírody dojdou vědci často do bodu, kdy musejí odložit pera nebo opustit klávesnice, aby mohly promluvit **informace, které se k nám dostávají prostřednictvím fotografie**. Aby však byla fotografie nejen pěkná na pohled, ale nesla i všechny důležité informace, je třeba, aby za aparátem stál člověk s vědeckou kvalifikací. Právě takovým je i **Petr Jan Juračka** z Přírodovědecké fakulty UK v Praze. Jeho specializace jej mimo jiné dovedla ke zkoumání optických vlastností motýlích křídel.

FOTO: PETR JAN JURAČKA



FOTO: PETR JAN JURAČKA

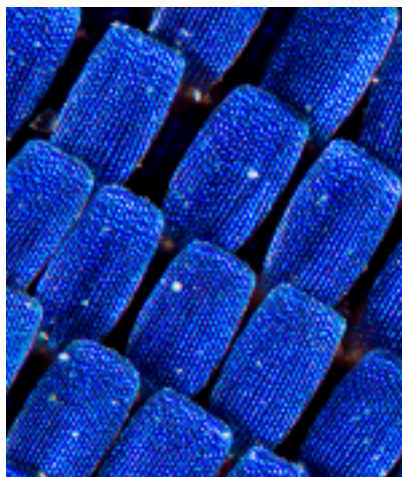


FOTO: PETR JAN JURAČKA

■ Krásy křídel tropických motýlů mohou obdivovat i návštěvníci skleníku Fata Morgana v Botanické zahradě v pražské Troji.

Klíčem ke skutečně zajímavým výzkumům je v dnešní době nejčastěji propojování nejrůznějších vědeckých odvětví. V jednom týmu se tak sešli entomolog **Mgr. Ján Macek** z Národního muzea, fyzik **prof. RNDr. Jaromír Plášek, CSc.**, z Matematicko-fyzikální fakulty UK a ekolog a fotograf přírody **Mgr. Petr Jan Juračka** z Přírodovědecké fakulty UK v Praze. Právě poslední jmenovaný v rámci soutěže FameLab představil výzkum motýlů publiku. Vítězství jej sice těsně minulo, odnesl si však společnou cenu Britské rady a občanského sdružení ADETO. Nadšení pro jeho práci z něj během vystoupení sálalo až do posledních řad.

■ Detail šupinky madagaskarského motýla komety zářivé (*Chrysidia rhiphaeus*)

■ Šupinky jsou na motýlích křídlech seřazeny jako tašky na střeše.

FOTO: PETR JAN JURAČKA

JAK VYFOTIT HODNĚ MALÉ?

Chce-li fotograf zvětšit část živé přírody ve velkém detailu, má v podstatě několik málo možností. Různé metody dávají pochopitelně různé výsledky a využívají se tedy k jiným účelům.

Tím nejzákladnějším a nejjednodušším způsobem, jak pořídit velký detail, je využit **makroobjektivu**. Aby byl výsledek skutečně kvalitní, bývá výhodné připojit k fotoaparátu ještě **další zdroj světla**, a to i za plného denního osvětlení. Tímto způsobem získáme například krásné obrázky sedících motýlů.

Chceme-li však zobrazit i detaily důležité pro pochopení fungování některých struktur **na mikro až nano úrovni**, je třeba použít **elektronový mikroskop**. Pro získání takových obrázků se dá využít mikro-



skop elektronový. Ten pro zobrazování využívá místo fotonů elektrony o vlnové délce až tisíckrát menší, než mají fotony. Výsledný **obraz** je pak nesmírně přesný i při velkých zvětšeních, má však jednu nevýho-



du. Je **černobílý**, a proto je třeba jej dodatečně dobarvit.

Konečně poslední využívanou metodou je **focení v optickém mikroskopu**. To poskytne barevnou fotografii, nikdy **ne však v takovém zvětšení jako mikroskop elektronový**. Má však ještě jednu nevýhodu – kvůli clonění **nemá výsledná fotografie patřičnou hloubku**. K vytvoření skutečně plastického dojmu je proto třeba vytvořit desítky fotografií v různé hloubce, které nakonec **speciální software složí do jedné jediné fotografie**. ■



**VOŇAVÉ ŠUPINKY
A MOTÝLÍ LÁSKA**

Šupinky na motýlích křídlech mají v první řadě za úkol skládat barvené vzory, které jejich nositelům buď umožní vyniknout (pro oko partnera či k zastrašení predátora), nebo naopak splynout s okolím (aby zrakům predátorů unikli). Kromě toho však mohou mít ještě další funkce, které laikům zcela unikají.



Jednou z nich je lákání jedinců opačného pohlaví k hrátkám, které mají zajistit pokračování rodu.

Motýli se navzájem lákají na dálku prostřednictvím často i zcela stopového množství signálních látek – feromonů. Feromony se však musejí nějakým způsobem dostat do vzduchu. Právě tomu napomáhají zvláště upravené šupinky, **androkonie**, s krásným českým názvem voničkové šupinky. Společně s dalšími zvláště upravenými šupinkami, tzv. **evaporatorii**, které napomáhají v odpařování feromonů, **tvoří takzvané voničkové orgány**. Vyskytují se především u samců, u některých druhů je však najdeme u obou pohlaví. Stejně tak nemusejí být jen na křídlech, ale i na dalších místech těla. ■

FOTO: PETR JAN JURÁČKA

FOTO: PETR JAN JURÁČKA

KRÁSA VZNIKLÁ Z CHLOUPKŮ

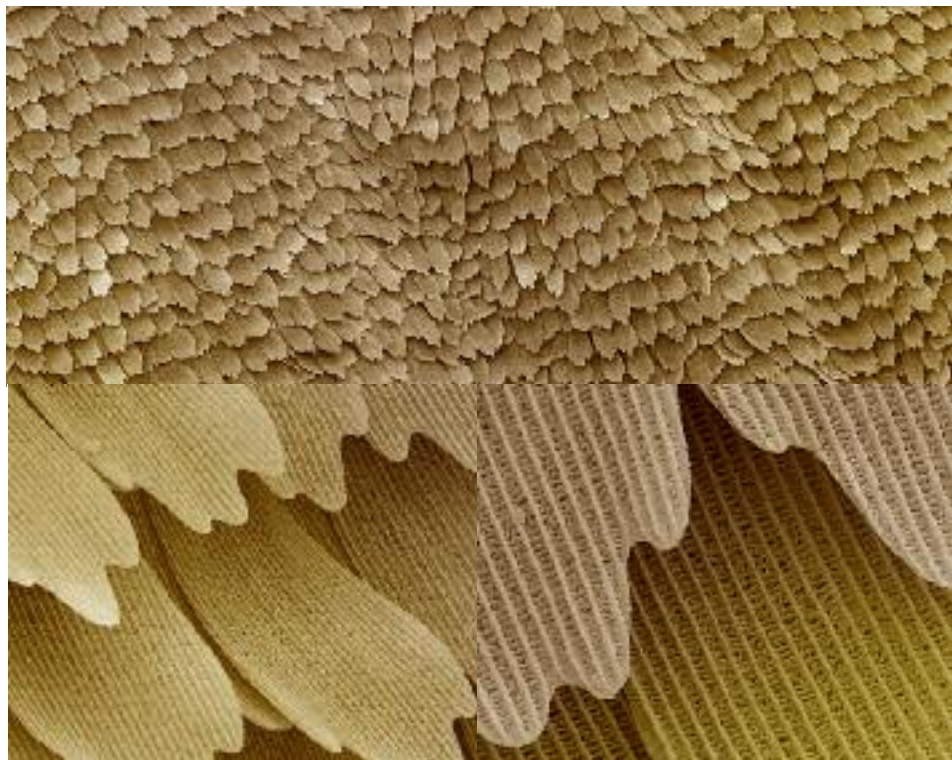
Velká část těla hmyzu je pokryta něčím, co v útlocitnějších povahách dokáže vyvolat ne zcela libé pocity – chloupky neboli trichomy. Jak to souvisí s motýly a jejich křídly? V případě motýlů došlo totiž ke skutečně významné proměně. Přeměněné (metamorfované) ochlupení dává totiž jejich křídélům nádherné vzory, sloužící řadě nejrůznějších účelů od kamufláže po lákání protějšků.

V co se chloupky proměnily, pochopí znalec staré řečtiny již ze samotného vědeckého

názvu motýlů – *Lepidoptera*. Slovo *pteros* znamená křídlo (vyskytuje se ostatně v odborných názvech velké části hmyzích řádů), slovo *lepidos* šupinka. Motýli jsou doslova přeloženo „šupinokřídli“. I když to neplatí pro úplně všechny druhy a křídla některých motýlů mohou být téměř holá a průsvitná, ty nejbarevnější druhy mají až 600 šupinek na jeden čtvereční milimetr plochy křídla.

NENÍ ŠUPINKA JAKO ŠUPINKA

Abyste na křídle vznikl kýžený vzor, musí být



■ Při mnohonásobném zvětšení se ukáže být nesmírně zajímavou a složitou strukturou i křídlo obyčejného běláška.



FOTO: PETR JAN JURÁČKA

šupinky různě zbarveny. Jenže jak barva na šupince vznikne? Nejběžnějším způsobem je „obarvení“ barvivem – pigmentem. Ten si tělo motýla dokáže buď vyrobit samo, nebo jej získá ještě jako housenka společně s potravou z rostlin.

Díky těmto pigmentům vzniká u motýlů několik základních barev, např. černá, bílá, červená či žlutá. Vhodnou kombinací obarvených šupinek dokážou motýli vytvořit řadu barev dalších, a to způsobem známým jako „subtraktivní skládání barev“. Černý pigment (melanin) má navíc ještě další významnou vlastnost. Dokáže totiž efektivně přeměnit světelné záření na teplo, kterým se motýl snadněji ohřeje na provozní teplotu nutnou pro hladké fungování svalů ovládajících křídla.

PŘES 100 LET STARÁ „NOVINKA“

Kromě pigmentových šupinek však vzhled křídel mnohých motýlů ovlivňuje evolučně

■ Skutečný význam motivu „oka“ na křídlech motýlů není biologům doposud zcela jasný.

vyšší „vynález přírody“, s nímž jsou spojeny barvy, kterým říkáme strukturní či fyzikální. V takových případech barvy nevznikají prostřednictvím barviva (pigmentu), ale díky zvláštním světelným jevům způsobeným krystaly polysacharidu chitinu. Právě chitinové struktury jsou pro vědce v posledních letech stále větším lákadlem, a to rozhodně nejen proto, aby lépe poznali život motýlů.

V šupinkách některých motýlích křídel totiž spontánně vznikají tzv. fotonické krystaly. Pro vědu nejsou fotonické krystaly žádnou zásadní novinkou. Poprvé se jejich vlastnostmi zabýval již v roce 1887 klasik fyzikální chemie a nositel Nobelovy ceny z roku 1904 **John William Strutt**, známý jako baron Rayleigh (1842–1919).

Do hledáčku zájmu vědců se však dostaly přesně o sto let později. V roce 1987 vykonali pionýrskou práci s vícevrstevnými krystaly fyzici **Eli Yablonovitch** (*1946) a **Sajeev John** (*1957) a odstartovali tak revoluci, která dodnes neskončila.

FILTRY PRO SVĚTLO

Co je podstatou unikátních vlastností všech typů fotonických krystalů? Zjednodušeně řečeno jsou fotonické krystaly periodicky uspořádané struktury vytvořené z materiálů, které neabsorbují světlo, přičemž jejich základní strukturní motiv se opakuje s periodou řádově rovnou vlnové délce světla.

Některé fotonické krystaly motýlích křídel mohou vykazovat barevné jevy podobné tomu, co spatříme, když budeme pozorovat světlo odražené lesklou stranou cédéčka. Existují však i mnohem zajímavější trojrozměrné foto-

nické krystaly, u nichž barva odraženého světla nezávisí na směru pohledu. V těchto speciálních krystalech dochází k jedné po-

divnosti – nemohou se v nich šířit světelné vlny určitých délek, což znamená, že světlo odpovídající barvy se musí od takového motýlího křídla odrazit nezávisle na směru pohledu.

Pigmenty neboli barviva však také nejsou při tvorbě zářivých barev zcela bez viny. „*Za ony zářivé barvy může tak trochu i melanin. Ten vytváří černé pozadí, od kterého se světlo prošlo šupinkami nemůže odrazit. Proto jsou barvy světla odraženého šupin-*

kami tak zářivé,“ vysvětluje profesor Jaromír Plášek.

■ Velké zvětšení promění úhlednou hlavičku motýla v poměrně nevábny objekt.

PRÁCE PRO TŘI VĚDCE

Nyní je již jasné, proč nemusejí být některé typy motýlích šupinek vybaveny pigmentem. Stačí, aby fungovaly jako spektrální odrazný filtr pro jistou světelnou frekvenci a barva, často velmi zářivá až opalizující (jako např. u batolce duhového z čeledi babočkovitých), se již objeví sama.

Právě v tomto bodě začínáme chápat složení vědeckého týmu. Entomolog je schopen dodat poznatky o tom, jaké druhy motýlů se vyznačují právě takovými vlastnostmi. Biolog, který dokáže připravit obrázky z elektronového mikroskopu, nabídne přesnou obrazovou informaci o tom, jak vlastně vypadá šupinka na velikostních škálách odpovídajících zhruba vlnovým délkám viditelného světla. A co zbude na fyziky? Pochopitelně přesné dopočítání, jakým způsobem se bude světlo na takových strukturách chovat.

21. STOLETÍ DOPLŇUJE: NEZÁŘÍ JEN MOTÝLI

Motýli pochopitelně nejsou jedinými zástupci hmyzu, na jejichž tělesném povrchu najdeme přirozené fotonické krystaly. Prakticky všechny zástupce této třídy živočichů k tomu totiž předurčuje vlastnictví pevné vnější kostry, kutikuly, která je z velké části tvořena komplikovaně utvářenými vrstvičkami chitinu. (Ten je proto považován po celulóze rostlin za druhý nejrozšířenější přírodní polymer na Zemi vůbec.) Nejkrásnější opalizující zbarvení, vzniklé tímto způsobem, najdeme zejména u brouků, u nás například u krasců či svižníků. ■

MICHAL ANDRLE



FOTO: PETR JAN JURÁČKA



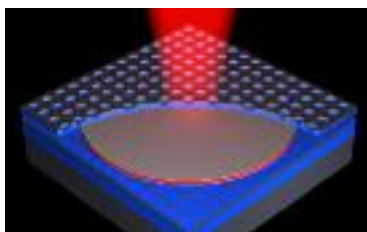
FOTO: MARIAN VACEK
Petr Jan Juračka se během svého vystoupení na soutěži FameLab v motýla prakticky přeměnil.

K ČEMU MOHOU BÝT DOBRÉ FOTONICKÉ KRYSYTY?

Práce fyziků a řady dalších vědců s fotonickými nanostrukturami může znít někomu jako nepraktická záležitost. K čemu je nám přesně dobré vědět, jak vlastně vznikají barvy na povrchu těla motýlů či jiného hmyzu? Potenciálních praktických využití zcela mimo sféru biologie je však kupodivu celá řada.

Mnoho z nich napodobuje využití v přírodě. K takovým můžeme počítat například barvy aut (metalízy), inkousty či laky.

Plochy takto natřené mohou například měnit barvu podle toho, v jakém



úhlu na ně dopadá světlo. Velkou budoucnost před sebou mají podle všeho i v oblasti počítačů. Již dnes se využívají v některých typech optických kabelů, sloužících

k vedení informací, a propojují počítače po celé planetě. Velká budoucnost se jim předpo-

vidá také v optických počítačích, které by mohly jednou nahradit ty současné, založené na vlastnostech elektronů. Existuje však i řada jiných, mnohem méně očekávaných využití. Na principu jevu tzv. termofotovoltaické konverze, který využívá fotonických krystalů, dnes již u některých vyspělých vozů funguje energeticky velmi šetrné vytápění. ■