

ZVÄČŠENINA

SME 09/06/2014

Autor: redakcia

Strana: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20

Zaradenie: Krásna veda

ZVÄČŠENINA

Unikátne zábery nielen slovenských vedeckých tímov odhaľujú drobný aj obrovský vesmír

1. Kvapka vody

Žijeme na planéte mikrobov. Objavili sa niekedy pred takmer štyrmi miliardami rokov ako vôbec prvý život na Zemi. A odvtedy sú úplne všade, vo veľkých podmorských hĺbkach i v prieduchoch sopiek, nachádzajú sa v toxickom prostredí aj v sterilných miestnostiach, v ktorých americký Národný úrad pre letectvo a vesmír čistí svoje vesmírne sondy pred letom do kozmu. Mikroorganizmy, baktérie aj rôzne vírusy dokonca ovládajú naše telá. Predpokladá sa, že u človeka počet mikrobov prevyšuje desať až stonásobne počet našich vlastných buniek a takéto mikrotvory žijú dokonca aj v placente, ktorú sme ešte donedávna považovali za sterilné prostredie. Miestom, kde kedysi takýto život vznikol, bola voda. A vo vode sa mikróbom stále darí, aj keď to voľným okom nevidíme. Platí to rovnako na vodu z rieky či z jazera, aj na vodu z čistiarne odpadových vôd. Práve zloženie odpadových vôd skúmajú vedci z Oddelenia environmentálneho inžinierstva z Fakulty chemickej a potravinárskej technológie STU. V reaktoroch v čistiarni odpadových vôd vieme dnes vypestovať biomasu, ktorú nazývame aj aktivovaný kal. Žijú v ňom rôzne jednoduchšie i zložitejšie organizmy, napríklad virióny či nálevníky. Tieto eukaryotické prvoky (na snímke vľavo dole) majú stovky rôznych druhov a darí sa im v slanej i v sladkej vode. Pravdepodobne sú potomkami jednoduchších baktérií a dnes sa stali symbiontmi i parazitmi, obeťami i predátormi. Rôzne mikroorganizmy sú na tomto svete miliardy rokov a využívajú prítomné zlúčeniny na svoj rast, pričom môžu vodu čistiť. Preto sme mikroby začali kultivovať a

využívať, staviame im nádrže s potrebnými objemami či dodávame kyslík. Drobné tvory robia to isté, čo by robili vo voľnej prírode, akurát intenzívnejšie a rýchlejšie. Dnes však vieme, že okrem rôznych prvokov či polygov baktérií objavíte v odpadovej vode aj množstvo ďalších vecí. Napríklad stopy po látkach, ktoré by mali ostať radšej ukryté. Chemici a potravinári napríklad v takýchto vodách sledovali, ako obyvatelia jednotlivých bratislavských mestských štvrtí užívajú drogy. Najväčším problémom v našich vodách je však zrejme množstvo antibiotík, ktoré sa v nich nachádzajú. Práve vďaka nim môžu získavať mikróby žijúce v takomto prostredí odolnosť. A keďže baktérie si dokážu vymieňať výhodné vlastnosti, výsledkom sú čoraz rezistentnejšie kmene.

2. Piesok

Keď poriadne zahrabnete rukou a rozprestriete ich na dlani, zistíte, že tá žltá hmota je v skutočnosti množstvo drobných zrníčok. No ak by ste si zobrali napríklad elektrónový mikroskop, zistili by ste, že ani piesok nie je ako piesok. Drobné zrnká nie väčšie ako dva milimetre sa totiž svojím sfarbením i zložením líšia podľa miesta svojho pôvodu. A, predovšetkým, podľa toho, ako vznikli. Pieskom zvyčajne označujeme materiál, ktorého veľkosť je medzi menej ako desatinou milimetra a dvomi milimetrami. Na záberoch z rastrovacieho elektrónového mikroskopu Fakulty elektrotechniky a informatiky STU pritom dobre vidieť, ako sa jednotlivé piesky líšia. Ten z detského ihriská má oblé, zahladené hrany, pravdepodobne pochádza z mora. Ostré hrany zrn má piesok, ktorý by ste mohli nájsť napríklad na brehu Dunaja. Piesok sa vyskytuje prakticky na každom kontinente, na všetkých miestach s pevným povrchom. Dôvodom je spôsob, akým piesok vzniká – sú to rozdrobené pozostatky najmä po horninách, ktoré sa na nejakom mieste nahromadili. Preto ich nájdeme na brehoch morí, jazier či riek, ale aj v rozsiahlych púštnych oblastiach. Keď sa niekde piesok spevní a objaví v pevnej podobe, nazývame takéto výsledné horniny pieskovcami. Ak by chcel človek vystopovať minulosť konkrétneho piesku, najlepšie je začať tým, čo možno uvidieť už na prvý pohľad – jeho sfarbením. Aj keď piesok zvyčajne tvorí najmä kremík,

presnejšie oxid kremičitý, ktorý nazývame jednoducho kremeň, jeho farba naznačuje konkrétny pôvod. Biele, svetlé piesky typické pre niektoré tropické a subtropické morské pláže napríklad ukazujú, že ich súčasťou sú pozostatky po živých organizmoch, najmä koraloch a živočíchoch, ktoré žijú v ulitách. Tmavé až zelenkavé piesky zase hovoria o svojom vulkanickom pôvode. Žltý až dočervená sfarbený piesok zase naznačuje prítomnosť železa. Rozsiahle oblasti plné piesku, púšte ako napríklad Sahara, nie sú nepríjemným miestom iba preto, že je tam teplo a takmer nič tam nerastie. Práve to, že sa v nich vyskytuje len minimum vegetácie, zapríčiňujú ďalší fenomén – takzvané piesočné búrky. Vietor pri nich zdvihne rozsiahle mračná piesku a prachu, ktoré putujú na rozsiahle vzdialenosti. Z Afriky tak dokážu doletieť až do Európy. Takéto fenomény pritom nefungujú iba na našej planéte, obrovské piesočné búrky astronómia pozorovali aj na Marse.

3. Blesk

Naše oko ho vidí iba ako záblesk svetla trvajúci zlomok sekundy. V skutočnosti však blesk udiera v niekoľkých krokoch. Pri búrke sa na spodku mrakov nahromadia negatívne nabité častice, ktoré hľadajú pozitívny náboj zo zemského povrchu. Z mraku sa preto smerom k zemi vydávajú malé neviditeľné prúdy elektrónov. Zo zemského povrchu však zároveň vyrastajú tykadlá pozitívne nabitých častíc – môžu vychádzať zo stromov, stebľa trávy, ale aj z ľudí. Keď sa oba tieto prúdy stretnú, vytvorí sa medzi mrakom a povrchom spojenie.

Vyzerá to, akoby sa medzi oblak a zem natiahol kovový drôt. Po čerstvo vytvorenej linke potom v zlomku sekundy „skĺzne“ hlavná časť častíc z mraku a vytvorí to, čo bežne nazývame bleskom. Pri takomto pochode totiž častice zahrejú okolitý vzduch a vytvoria záblesk extrémne horúcej plazmy. Ak v búrke zacítite, že vám vstávajú vlasy na hlave, môže vám z nej vyrastať jedno z tykadiel, ktoré hľadajú svoj náprotivok hore v mraku. Mali by ste sa čo najskôr schovať, aby ste nepritiahli jeden z päťdesiatich bleskov, ktoré na povrch Zeme udrie každú sekundu.

4. Krásne Komplikovaný mozog

Vedci dlho hovorili, že ľudský mozog má toľko neurónov ako naša Mliečna cesta hviezd. Nie je to pravda. Aj keď má bežný ľudský mozog zhruba stovku miliárd neurónov, stovkám miliárd hviezd v našej galaxii sa rovnať nemôže. No surové počty hovoria iba časť príbehu. Pohľad na mozgové bunky pod mikroskopom totiž ukazuje na krásnu i úžasne komplikovanú štruktúru a prepojenia siete neurónov, čo môžeme u človeka rátať prinajmenšom v desiatkach miliónov. Zložitosť štruktúry mozgu môžeme vidieť aj pri pohľade na rozvíjajúce sa bunky v mozgu potkanov. Mladé bunky označili vedci z Neurobiologického ústavu SAV látkou, ktorá pod fluorescenčným mikroskopom vydáva farebné svetlo. Bohatá štruktúra ukazuje, aká komplikovaná bude nervová štruktúra dospelého tvora. Mozog cicavcov pritom netvorí len neuróny. Celá štruktúra je pretkaná podpornými bunkami, ktoré neuróny podporujú, vyživujú a udržiavajú na mieste. Obrázok (vľavo dole) ukazuje, ako sa v bunkovej kultúre z mozgovej kôry potkanov preplietajú nažltlo vysvietené podporné bunky astrocyty s veľkým telom a rozvetvenými výbežkami s modrými jadrami ostatných buniek kultúry. Podobné zábery vedci vedia vytvoriť vďaka fluorescenčnej mikroskopii, pri ktorej sa bunky označia látkou s farbičkou, ktorá po ožiarení vydáva vlastné svetlo. Rôzne látky s rôznymi farbičkami sa viažu na rôzne typy buniek, ktoré následne svetielkujú odlišnými farbami. Pri snímaní záberov sa takéto vzorky nemusia presvetľovať ako pri bežnom pozorovaní mikroskopom, naopak, bunky žiaria samy. Vznikajú tak unikátne zábery, ktoré odhaľujú vnútornú krásu celej kultúry buniek.

5. Kvasinky

Keby žila sama, vôbec by sme ju nevideli. Napriek tomu to môže byť najdôležitejší mikroorganizmus, ktorý človeka sprevádza najmenej desaťtisíc rokov. Máme vďaka nim pivo aj víno, dokážeme napiecť chlieb či získať niektoré vitamíny. Navyše sa s nimi veľmi ľahko experimentuje, a preto patria k najpreštudovanejším organizmom na našej planéte. Kvasinky sú jednobunkové eukaryotické huby. Sú relatívne jednoduché, no napriek tomu majú s človekom spoločnú zhruba tretinu zo svojich šesťtisíc génov a na základnej chemickej,

fyzikálnej i biologickej úrovni sú tieto kľúčové procesy prebiehajúce pri kvasinkách a ľudských bunkách totožné. Slovenskí vedci patria v ich štúdiu už po desaťročia medzi najlepších na svete. Odborníci z Prírodovedeckej fakulty UK vo svojich pionierskych výskumoch na prelome šesťdesiatych a sedemdesiatych rokov pomáhali pochopiť, ako v mitochondriách kvasiniek, a vlastne aj v našich ľudských bunkách, funguje získavanie a prenos energie. Mitochondria v kvasinke je pritom drobná štruktúra, pradávny symbiont, čo si bunky vyšších organizmov pred miliardami rokov privlastnili. Na záberoch pekárskej kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* (vpravo dole) sú mitochondrie tie zelené podlhovasté útvary, ktoré majú vlastnú DNA (modrasté guľôčky na druhom obrázku vpravo dole). Len nedávno, aj keď pri inom druhu kvasinky, objavil medzinárodný tím vedený našimi výskumníkmi ďalší fascinujúci fenomén: mitochondriálne ribozómy – molekulárne stroje, ktoré sa pri tvorbe bielkovín riadia genetickou informáciou zapísanou v DNA – sa naučili niektoré príkazy ignorovať a preskočiť. Vedci svoj výskum nielenže publikovali v prestížnom svetovom magazíne, no predovšetkým odhalil viac než osemdesiat takýchto elementov vo svojej laboratórnej kvasinke. Zatiaľ tento takmer neznámy fenomén poznáme len v istom víruse a práve v kvasinkách. Práve skúmanie takéhoto mikrosveta nám môže prezradiť, ako fungujeme my sami. Experimenty sú pritom jednoduchšie, než pracovať s ľuďmi. Aj vo vede je užitočné najskôr pochopiť jednoduchý svet, ktorý je s nami, i keď vzdialene príbuzný a postupne k nemu pridávať zložitejšie a zložitejšie procesy. Preto biológovia skúmajú kvasinky, a dôvodom je nielen to, že s nami žijú v našich domovoch.

6. Tanec galaxií

Je to fascinujúci vesmírny tanec mačky s myšou – alebo skôr myši s myšou. Dvojicu galaxií v súhvezdí Coma Berenices, oficiálne nazvanú NGC 4676, vedci prezývajú Myši pre ich dlhý chvost vytvorený z hviezd a plynov. Efekt chvosta vzniká vďaka galaktickému prílivu – relatívnemu rozdielu medzi gravitačnými silami pôsobiacimi na blízke a vzdialené časti jednotlivých galaxií. Dvojica galaxií sa pred 290 miliónmi rokov začala po zrážke postupne

spájať a v budúcnosti vytvorí jedinú gigantickú galaxiu. Galaxie na snímke Hubblovho vesmírneho teleskopu sú od Zeme vzdialené asi tristo miliónov svetelných rokov: len na predstavu, z Košíc na Mars je to päť svetelných minút, zo Žiliny do stredu našej galaxie 30-tisíc svetelných rokov. A svetlo z Myší, ktoré vidíme dnes, k nám vyštartovalo ešte na začiatku permu. Na menšej fotografii vidieť Saturn v prirodzených farbách, druhú najväčšiu planétu našej slnečnej sústavy. Jeho prstence tvoria kusy ľadu a prachu, planétu zase najmä vodík a hélium. Je jedinou planétou, ktorá má menšiu hustotu ako voda.

7. slnko Dajte na jedno miesto dostatočné množstvo medzihviezdneho plynu a prachu, najmä vodíka. Poriadne ho potraсте a nechajte ďalej pracovať gravitáciu a ďalšie prírodné zákony. Na konci vám zostane hviezda spolu so svojimi planétami. Ak by sme to chceli extrémne zjednodušiť, nejaká takáto je aj podstata nášho Slnka. V skutočnosti je jeho história oveľa komplikovanejšia a jednotlivé zákonitosti oveľa zložitejšie. Výsledkom však nie sú iba termojadrové reakcie, naša planetárna sústava či život na Zemi, ale napokon aj viac vesmírnych sond, ktoré našu hviezdu stále pozorujú a pomáhajú nám ju pochopiť. Jeden z najfascinujúcejších fenoménov našej hviezdy je napríklad koróna – najvrchnejšia zložka slnečnej atmosféry zloženej z plazmy, ktorú dokážeme poriadne pozorovať iba vtedy, ak samotné Slnko prekryjeme. Napríklad pri úplnom zatmení Mesiacom, ako vidno na našej snímke. Za takýmto zatmením musia astronómovia cestovať po celom svete, napríklad na tichomorské Marshallove ostrovy. Veľkým úspechom slovenských „slniečkarov“ napríklad bolo, keď záber, ktorého spoluautorom bol Vojtech Rušin z Astronomického ústavu SAV, uverejnil na svojej titulnej strane v roku 2009 prestížny magazín Nature. Samotná slnečná koróna je pritom plná paradoxov. Tým prvým napríklad je, že táto atmosféra hviezdy trhaná silnými magnetickými fenoménmi je výrazne teplejšia ako samotný povrch Slnka – aspoň v takom zmysle, ako o plynnom povrchu hviezdy môžeme rozprávať. A dodnes poriadne nechápeme, ako je to vôbec možné. Častice slnečnej atmosféry sa pritom šíria aj do najvzdialenejších oblastí heliosféry. Pri slnečnej erupcii alebo ejakcii koronálnej hmoty

dokáže Slnko vyvrhnúť obrovské množstvo hmoty, akýsi oblak nabitých častíc. Chráni nás pred nimi magnetické pole našej planéty, no takéto výron dokáže napríklad znefunkčniť satelity na obežnej dráhe Zeme, prípadne poškodiť sústavy na prenos elektrickej energie či sprostredkovane vplývať aj na človeka. Aj preto astronómovia sledujú našu hviezdu. Chcú lepšie predpovedať jej činnosť a vopred nás pripraviť na prípadné problémy.

8. Papier pôvodne nebol na písanie

Na čo vymysleli Číňania papier? V druhom storočí pred naším letopočtom zrejme najskôr na to, aby mali do čoho zabaliť vzácne bronzové zrkadlá a čím chrániť ampulky s liekmi a jedmi. Až o pár storočí neskôr sa naň začalo písať a v 9. storočí sa objavil už aj na čínskych toaletách. Až takmer tisíc rokov po vynájdení sa papier dostal z Číny k Arabom a ešte neskôr do Európy. Papyrus ako predchodca papiera tvorili len zlisované kusy nílkeho trstia. Proces premeny rastlín na papier je už oveľa zložitejší. Drevo sa seká a mieša s tekutinou, až je rozložené na jednotlivé vlákna a vzniká buničina. Tá sa po ďalšom spracovaní vo veľmi tenkej vrstve nanáša ako nekonečný film a prechádza valcami, ktoré ju lisujú a vysušia. Takto vznikne drsný a veľmi pijavý papier. Ak chceme získať napríklad papier vhodný na písanie, pridávajú sa ďalšie prísady a papier sa natiera novými vrstvami. Na obrázkoch (úplne vľavo) na tejto strane vidieť náter v detailnom pohľade – vyzerá ako škrupina na oveľa pórovitejšej spodnejšej vrstve papiera. Samotný papier tvorí spleť buničínových vlákien a medzivláknových priestorov vyplnených časticami rôznych prídavných látok. Na snímke z rastrovacieho elektrónového mikroskopu (vpravo dole) vidieť odlišný typ papiera, ktorý je plnený uhličitanom vápenatým. Vidieť na ňom poprepletané buničínové vlákna, v medzivláknových priestoroch sú kryštálky anorganického uhličitanu. Prídávaním materiálov ako uhličitan vápenatý alebo íl sa papieru môže dodávať belosť, pevnosť a trvácnosť, čo sa využíva napríklad pri výrobe kvalitného tvrdšieho papiera pre brožúry či časopisy. Na opačnom konci rebríčka kvality je recyklovaný papier, pri ktorom sa najskôr zo starého papiera chemikáliami odstraňuje lepidlo, farba a iné znečistenia. Pri tomto procese vzniká

papier s kratšími vláknami buničiny, preto je recyklovaný papier slabší a nemožno od neho čakať, že by aj pri dobrom zaobchádzaní vydržal viac ako tridsať rokov. Navyše, častejšie z neho odpadávajú čiastočky prachu, preto nemusí byť vhodný do moderných kopírovacích strojov či tlačiarní, ktorým môže prach prekážať. Štyrmi základnými vlastnosťami papiera sú jeho pH, sila, priehľadnosť a bielosť – ich kombináciami vznikajú stovky rôznych druhov papiera. Ak má vyššiu kyslosť, nevydrží dlho, pretože kyseliny napádajú vlákna celulózy a oslabujú štruktúru papiera. Kyslosť sa však do papiera dostáva aj zvonka, zo znečisteného vzduchu alebo z mastných prstov.

9. Korene rastlín

Sú to tie kľúčové časti rastlín, ktoré sa zvyčajne ukrývajú pod zemou. Len málokedy preto vidíme, z čoho sú korene naozaj zložené. O fakte, že rastliny získavajú koreňmi z pôdy živiny či vodu, sa učia deti už na základnej škole. No len málo ľudí o koreňoch rozmýšľa aj ďalej – ak sa pritom na korene pozrieme pod mikroskopom na snímkach z Katedry fyziológie rastlín Univerzity Komenského, ukáže sa, že od hadice, ktorá z pôdy vysáva vodu, majú korene poriadne ďaleko. Koreň rastlín je prinajmenšom taký komplikovaný, ako listy či kvety. Vnútorne štruktúry koreňov majú vlastnú špecifickú úlohu. Korene vedia skladovať živiny či slúžiť pri rozmnožovaní niektorých rastlín. Korene môžu zachádzať desiatky metrov pod zem, no aj rez úzkou časťou semenáča reďkvičky (vľavo) medzi koreňom a stonkou poukazuje na pomerne zložitú vnútornú štruktúru. Načerveno sfarbené periférne pletivá pre autofluorescenciu chlorofylu vytvárajú vlastnú štruktúru. Špecifický tvar má aj stredová časť koreňa, vodivé pletivá, ktoré sú zafarbené namodro a slúžia na ukladanie špecifických látok do bunkových stien. Čajovník (na malej snímke) má zase vo svojom strede akýsi modrý trojuholník vodivých pletív. V skutočnosti je to drevo, ktorým prúdia voda a minerálne látky do ostatných častí rastliny. Obklopuje ho ochranná vrstva, ktorá má na snímke žltú farbu, podobne sfarbená je aj vonkajšia vrstva rastlinky, jej pokožka. Zvláštna stavba koreňa čajovníka má pritom svoj dôvod. Rastlina ako jedna z mála zvláda toxické prostredie s

vysokým obsahom hliníka v pôde. A tomu sa prispôbil aj jej koreňový systém.

10. Lienka - rozkošný zabijak

Lienky majú fantastický marketing. Sú jedným z mála druhov hmyzu, ktorý u väčšiny ľudí nevyvoláva automaticky odpor. Možno pretrvala historická vďačnosť za to, že podľa legend pomohli pred niekoľkými stáročiami zastaviť šírenie škodcov na poliach a uchránili európskych farmárov od hladu. Možno za ich prítulnosť i všeobecnú obľúbenosť môže na pohľad ťarbavé a prívetivo zafarbené telo. Alebo že údajne dokážu predpovedať počasie. V skutočnosti sú však lienky zákerní zabijaci a kanibali s otrávenou a smradľavou krvou.

Pohľad zblízka odhaľuje lienku ako efektívneho špecializovaného predátora, ktorého telo sa vyvinulo špe ciálne na to, aby lovil vošky a ďalší drobný hmyz. Za svoj život lienka uloví a zožerie tisíce vošiek, časť už ako larva, ostatné ako dospelý jedinec. Ak sa lienkam nepodarí nájsť inú potravu, začnú loviť medzi svojimi – najčastejšie vajíčka a larvy vlastného druhu.

Citlivé časti tela lienky bývajú ukryté pod pevnou farebnou krytkou. Lienka vďaka tomu dokáže napadnúť celé skupiny menších chrobákov, čo sa proti nej nemajú šancu brániť. Kým ľudia vnímajú červené sfarbenie lienok ako okrasu, pre iných živočíchov signalizuje, že lienka je toxická a je naozaj mizerný nápad pokúsiť sa ju zjesť. Tekutina v tele lienky totiž vylučuje silný zápach a môže pôsobiť jedovato. Ak sa chrobák cíti ohrozený, dokáže tekutinu vylúčiť z kĺbov a odletieť.

Foto:

FOTO – M. DRTEL / ÚSTAV CHEMICKÉHO A ENVIRONMENTÁLNEHO
INŽINIERSTVA / FCHP STU

FOTO – M. MARTON / ÚSTAV ELEKTRONIKY A FOTONIKY FEI STU

FOTO – S. JERGOVÁ, D. ČÍŽKOVÁ / NEUROBIOLOGICKÝ ÚSTAV SAV

FOTO – D. FRIČOVÁ, E. HEGEDŮSOVÁ, M. JAKÚBKOVÁ, P. POLČIC, J. NOSEK /
KATEDRA BIOCHÉMIE PRIF UK

FOTO - M. DRUCKMÜLLER, P. ANIOL, V. RUŠIN, L. KLOCOK, K. MARTIŠEK, M.

DIETZEL

FOTO – Š. ŠUTÝ, J. KOZÁNKOVÁ / ODDELENIE DREVA, CELULÓZY A PAPIERA,
ODDELENIE KERAMIKY, SKLA A CEMENTU FCHPT STU

FOTO – A. LUX / KATEDRA FYZIOLOGIE RASTLÍN PRIF UK

Polyp baktérie.

vložky..

nálevníky.

Vláknitý kal.

Drobný máloštetinavec.

Piesok z okolia Dunaja.

Piesok z detského ihriska, pravdepodobne morský.

Piesok z okolia Dunaja, väčšie priblíženie.

Piesok z detského ihriska, pravdepodobne morský, väčšie priblíženie.

Neurosféry. Modrou sú znázornené jadrá buniek, zelenou nezrelé neuróny.

astrocyty, podporné bunky.

Nezrelé neuróny, neurosféry.

Patogénny druh kvasinky *Magnusiomyces magnusii*, svietielkujú ich vakuoly.

Pekárenské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, vidieť DNA jadro mitochondrie.

Pekárenské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, svietielkujú vakuoly.

Pekárenské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, svietielkujú vakuoly.

Pekárenské kvasinky *saccharomyces cerevisiae*, namodro žiari ich mitochondriálna DNA.

Pekárenské kvasinky *saccharomyces cerevisiae*, nazeleno žiaria mitochondrie.

Galaxie Myši, NGC 4676. FOTO – NASA/ESA

Úplné zatmenie slnka.

Prierez kvalitného natieraného papiera pre tlač fotiek na atramentovej tlačiarni – 2500-krát
zväčšený.

Obyčajný kancelársky papier pre laserovú tlač, 2500-krát zväčšený.

Rovnaký papier ako na obrázku hore, ale 500-krát zväčšený.

Rovnaký papier ako vľavo, 100-krát zväčšený.

nenatieraný papier s uhličitanom vápenatým, 200-krát zväčšený.

Koreň semenáčka red'kvičky.