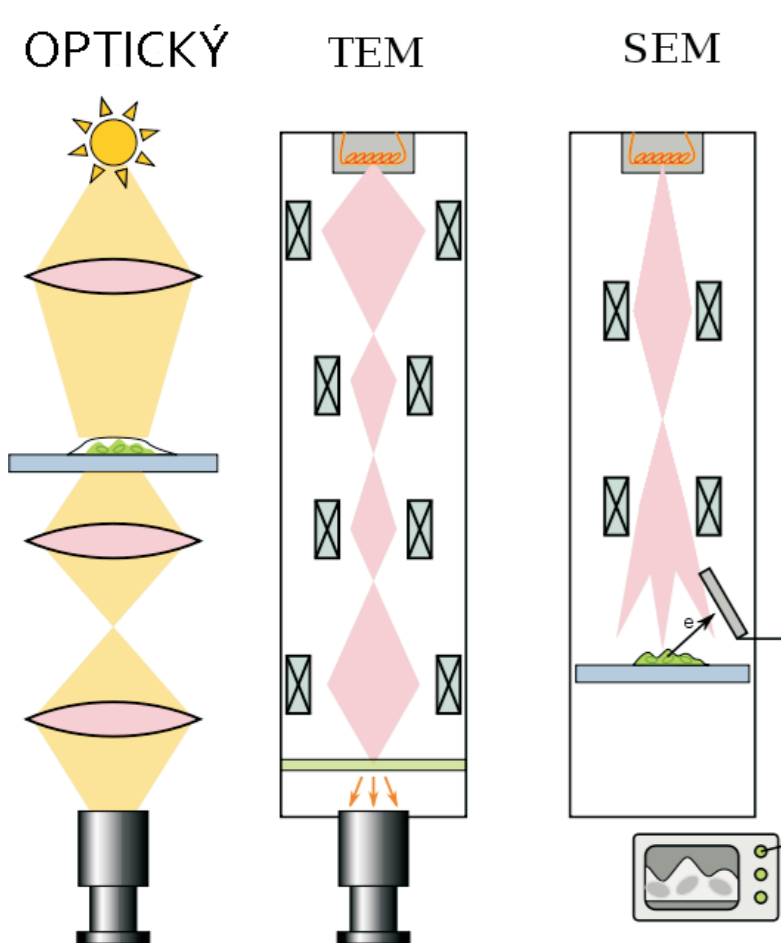


Moderní typy mikroskopie

Různé typy mikroskopů

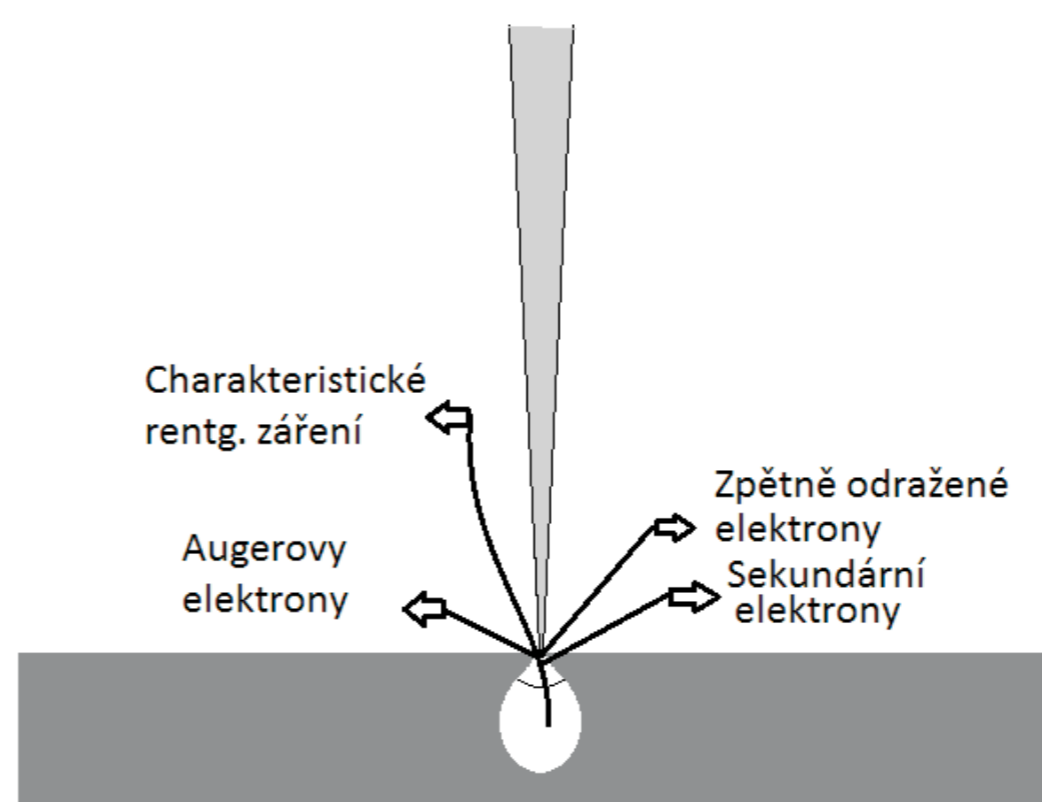
Optický mikroskop byl a stále je dobrý pomocník při detailním zobrazování malých objektů. Především kvůli vědeckým účelům však byly tendence zobrazovat stále menší objekty až se narazilo na limit v rozlišovací schopnosti optického mikroskopu, který nemůže zobrazovat s menším rozlišením než cca 200 nm, což je dáno poloviční velikostí zobrazovací vlnové délky. Urychlené elektrony umožňují v případě skenovací elektronové mikroskopie (SEM) rozlišení objektů o velikosti až 20 nm a v případě transmisní elektronové mikroskopie (TEM) až nanometrové rozlišení.



Obr. 1: Optický mikroskop: Zobrazuje vzorky pomocí fotonů procházejících vzorkem.

TEM: Zobrazuje pomocí svazku elektronů procházejících vzorkem. Nevýhodou je požadavek na velmi tenké (100 nm) vzorky.

SEM: Zobrazuje fokusovaným svazkem elektronů, který interaguje s povrchem vzorku. Obraz povrchu se načítá bod po bodu (skenovací) a není nutný průchod elektronů skrz vzorek (může se jednat i o tlusté vzorky). Nevýhodou je požadavek na minimální odvod elektronů, aby nedocházelo k nabíjení vzorku.



Obr. 2: U SEM lze elektronový svazek fokusovat do bodu s průměrem menším než 50nm.

Vychylováním svazku se skenuje povrch vzorku.

Z každého bodu lze získat několik druhů informací:

- Sekundární a zpětně odražené elektrony na určení morfologie vzorku.
- Charakteristické záření a Augerovy elektrony na určení elementárního složení vzorku.

Průměrný obrázek lze naměřit za 15–60 vteřin s ohledem na další parametry.

Využití SEM ve forenzní analýze

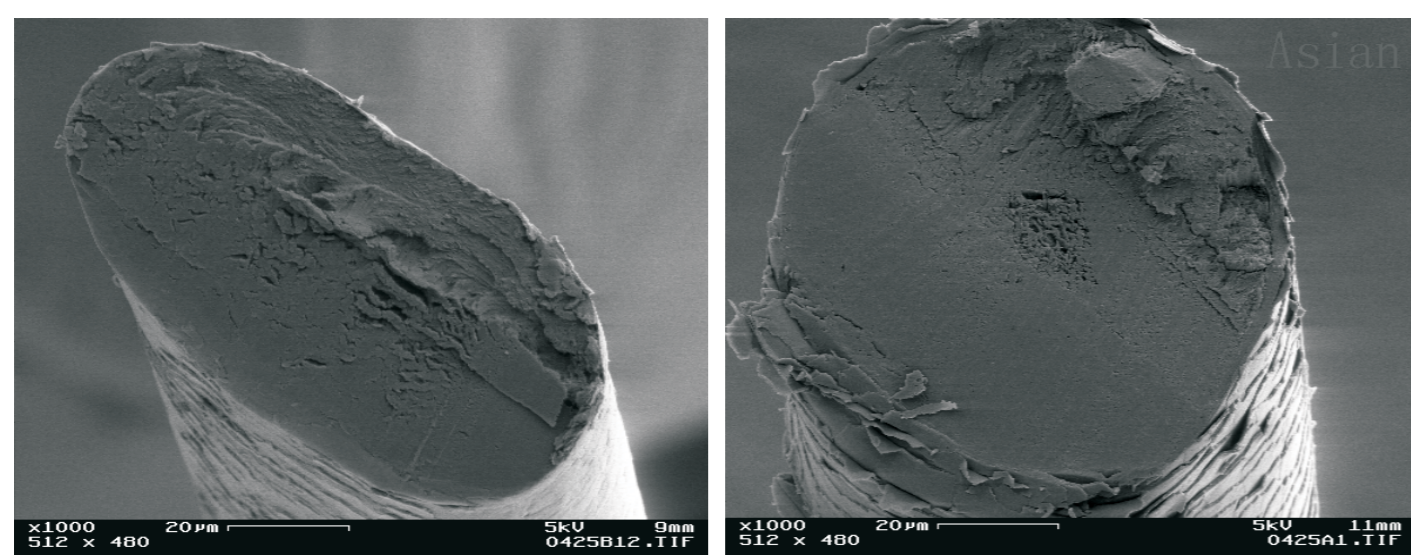
Skenovací elektronový mikroskop se používá pro detailní zobrazení povrchů a pro základní elementární analýzu. Při zobrazování výrazně rozšiřuje možnosti optických mikroskopů díky řádově lepšímu rozlišení. SEM je schopen pracovat i s velmi malým množstvím materiálu, proto je potřeba zvýšená opatrnost kvůli kontaminaci. SEM zobrazuje ve stupních šedi, případné barvy jsou přidávány změnou barevnostní škály.

Místo činu

- Identifikace střepů a úlomků
- Porušení zámků či dveří (určení stopy po pilníku, pilce nebo kleštích)
- Chemická analýza – zjištění přítomnosti výbušnin či jedů
- Zobrazení vlasů, chlupů a jiných vláken

Informace skryté ve vlasech

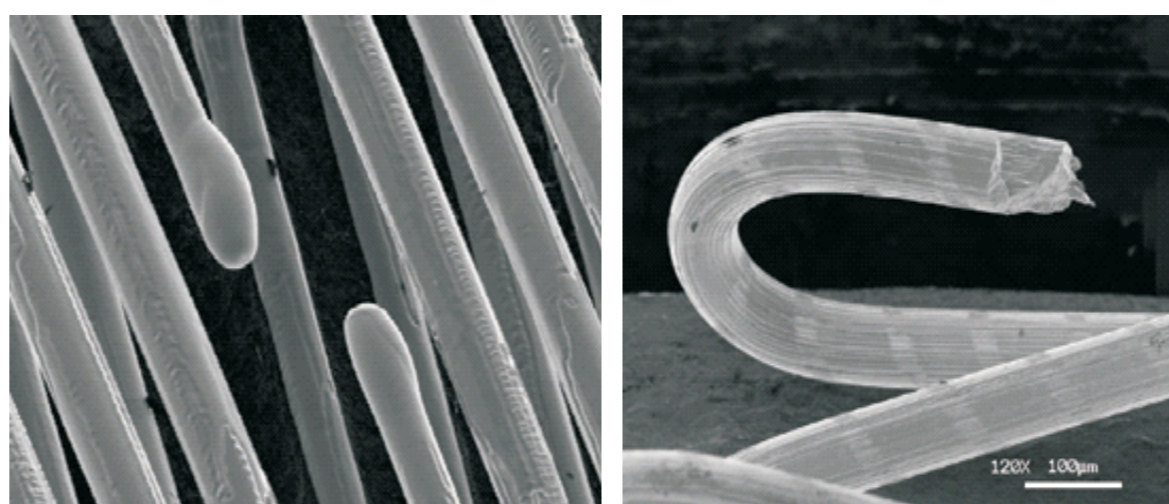
- Typ chlupu – zvířecí/lidský
- Tvar a kvalita vlasů (pouze nepřímé důkazy)
- Tvar vlasu umožňuje určení rasy (Obr. 3)
- Používání kondicionéru, barvy na vlasy, laku a jejich poslední použití na základě odrůstání
- Abnormality a nemoci



Obr. 3: Vlas europoidní (vlevo) a asijské (vpravo) rasy

Dopravní nehody

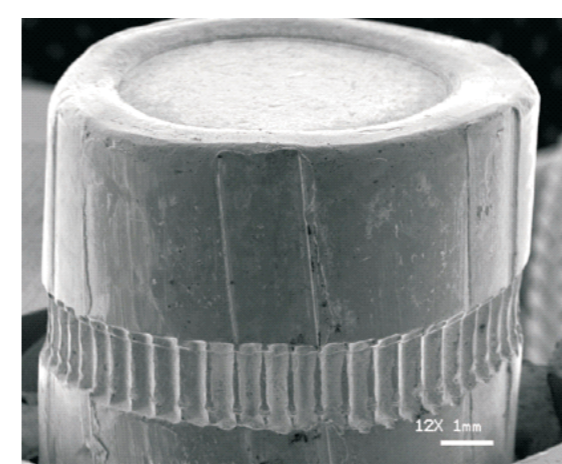
- Určení složení barvy laku automobilu
- Přiřazení úlomků ke karoserii automobilu
- Svícení/nesvícení během nehody (Obr. 4)



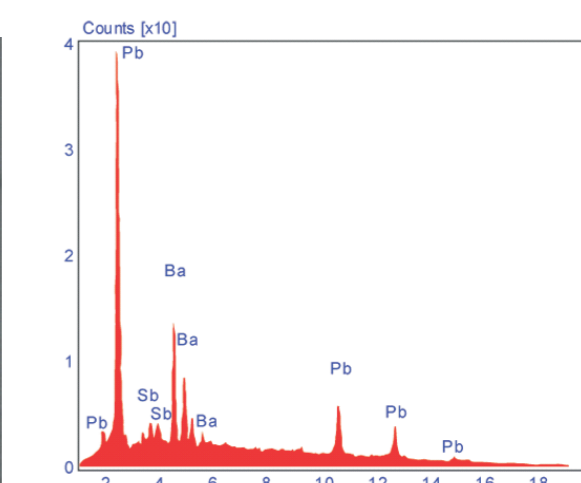
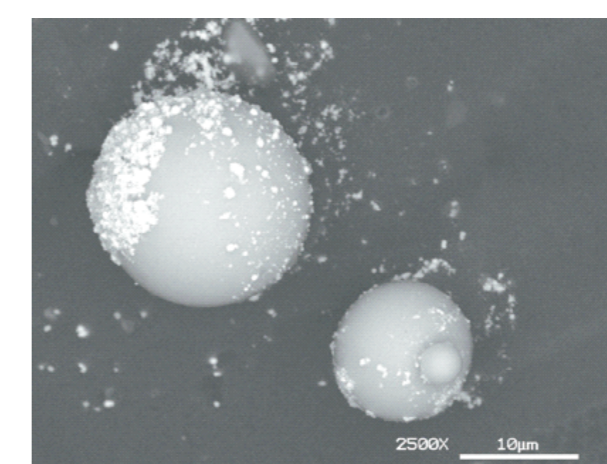
Obr. 4: Pokud během nehody svítí světla, je žhavicí vlákno horké. Pokud je takové světlo rozbité, jsou přerušená vlákna na koncích zakulacena (vlevo). V případě, že světla byla zhasnuta, je konec přerušeného vlákna ostrý (vpravo).

Stopy po střelbě

- Zobrazení povrchu nábojnice s lepším rozlišením (Obr. 5)
- Nalezení i velmi malých stop po střelném prachu (Obr. 6 vlevo)
- Chemické ověření, o jaký se jedná střelný prach (Obr. 6 vpravo)



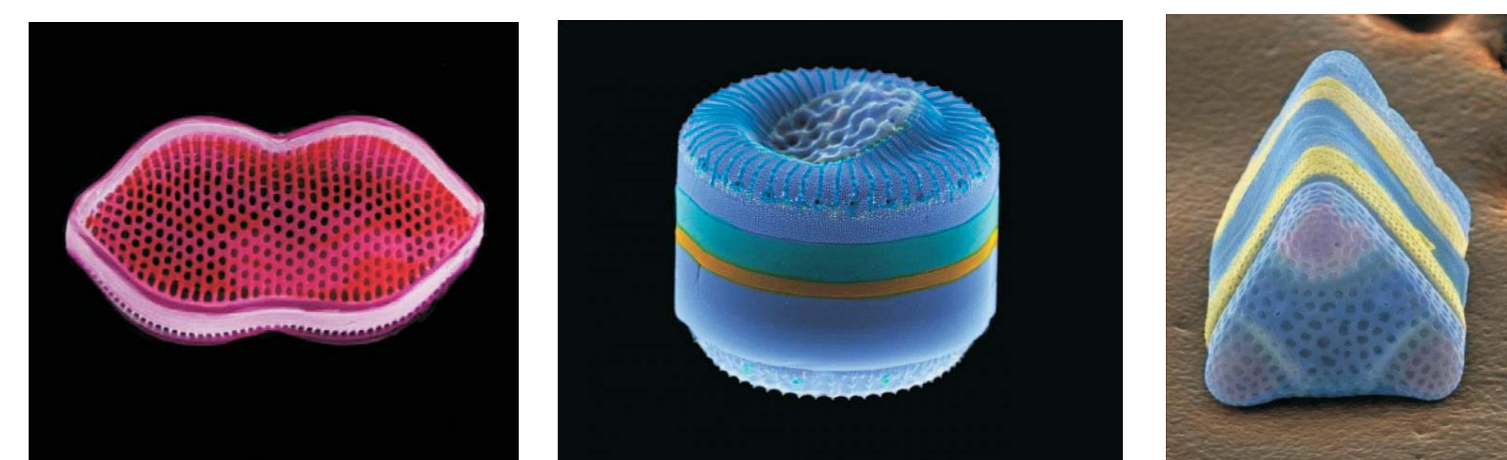
Obr. 5: Nábojnice.



Obr. 6: Částice střelného prachu s jejich elementární analýzou.

Rozsivky

- Rozsivky jsou jednobuněčné řasy s křemičitou schránkou
- Jejich charakteristické schránky umožňují určení prostředí ze kterého pocházejí
- V případě utonutí člověka se tyto organizmy dostanou do krevního řečiště a do orgánů ve kterých je lze nalézt pomocí SEM; pokud byl člověk hozen do vody až po smrti, nemohou se dostat do jiných orgánů než do plic

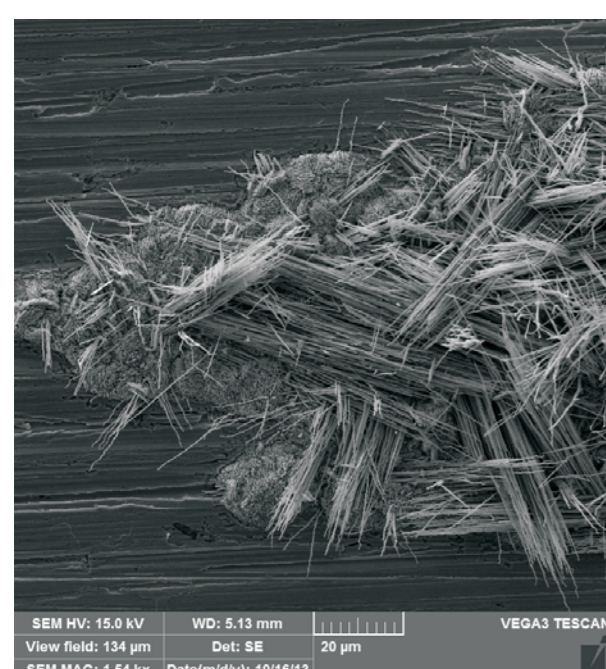


Obr. 7: Zobrazení několika schránek rozsivek s uměle dodanou barvou.

VYUŽITÍ SEM NA ÚCHP

SEM na ÚCHP se používá k detailnímu zobrazování povrchu připravených materiálů s rozlišením až 50 nm. Navíc je přístroj opatřen detektorem charakteristického záření pro určení elementárního složení.

Nanodráty

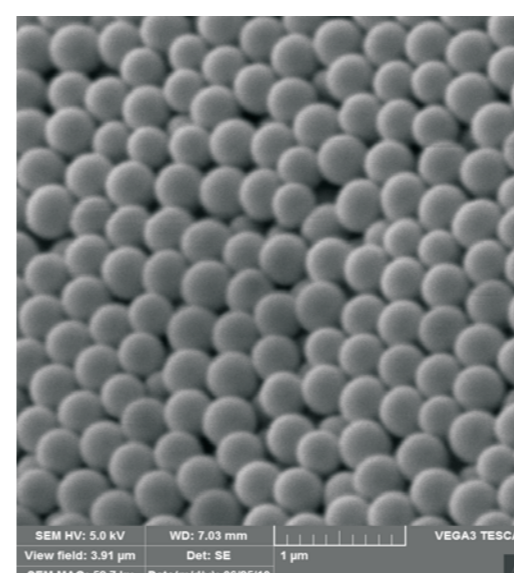


Obr. 8: Nanodráty ze slitiny mědi a křemíku.

Pomocí depozice z plynné fáze lze připravit z vhodných materiálů nanodráty (Obr. 8). Nanodráty jsou zajímavé díky možným novým a nečekaným vlastnostem, které získávají při omezení alespoň jednoho rozměru na úroveň desítek nanometrů. Proto je potřeba určit šířku nanodrátů a také její poměr k délce.

Nanokuličky

Homogenní materiál tvořený kuličkami (na Obr. 9 z oxidu křemičitého) s velmi malým průměrem je velmi zajímavý průmyslový materiál pro přípravu filtrů a separačních kolon.

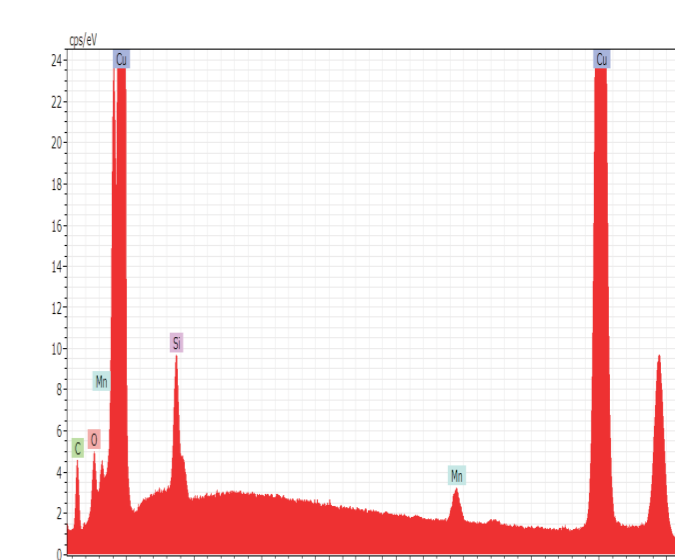
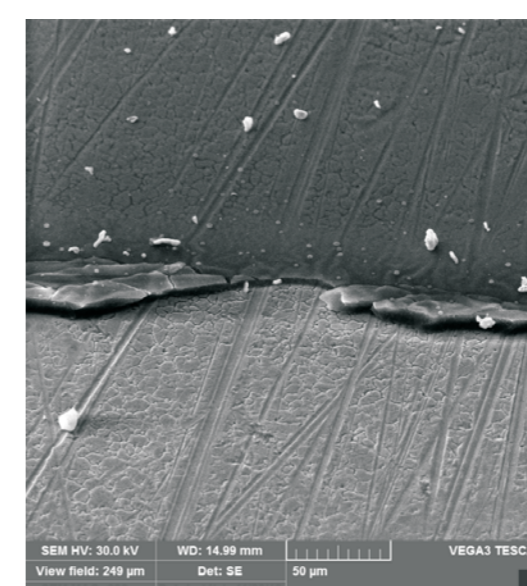


Obr. 9: Kuličky SiO₂ o průměru 400 nm.

Tenké vrstvy

Pomocí laserové ablace jsou připravovány tenké vrstvy různých vlastností (feromagnetické, polovodivé, s nestechiometrickým složením). Při zobrazení vrstev pod úhlem může SEM poskytnout informaci o tloušťce připravených vrstev.

Elementární analýza nám umožňuje určit poměry mezi prvky v dané vrstvě (na Obr. 10 Si, Mn a z podkladu Cu).



Obr. 10: Vlevo je povrch vzorku částečně nepokrytého vrstvou křemíku dopovaného manganem. Vpravo je přiloženo charakteristické spektrum.

Reference

1. <http://www.jeolusa.com/APPLICATIONS/Forensics/tabid/301/Default.aspx>
2. <http://www.optics.rochester.edu/workgroups/cml/opt307/spr06/xue/project.htm>
3. http://www.wikiskripta.eu/index.php/Elektronov%C3%BD_mikroskop
4. <http://www.telegraph.co.uk/science/picture-galleries/8460838/Electron-microscope-images-of-diatoms-by-Dr-Paul-Hargreaves-and-Faye-Darling.html>