

Fascynujący mikroświat

Zobacz obrazy

mikrostruktur





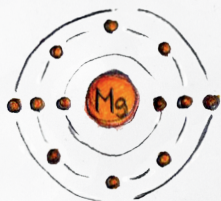
Do czego służą mikroskopy?

Wielkie gwiazdy znajdujące się daleko na niebie czy maleńkie atomy wokół nas fascynują człowieka od najdawniejszych lat. Obserwowanie gwiazd jest możliwe dzięki przyrządowi, który nazywamy teleskopem, natomiast **atomy można obejrzeć przy użyciu specjalnego mikroskopu**. Mikroskop jest jednym z ważniejszych wynalazków w historii ludzkości, gdyż dzięki niemu można dowiedzieć się jak zbudowany jest mikro i nanoświat. Jego skonstruowanie zmieniło wyobrażenie człowieka, gdyż zobaczył on coś, czego nie można było zaobserwować gołym okiem, tzw. okiem nieuzbrojonym. Obserwacje wykonane przy użyciu mikroskopu pozwoliły zobaczyć po raz pierwszy budowę roślin, żywe komórki, bakterie i inne drobnoustroje oraz wewnętrzną budowę różnych materiałów.

3

Czy wiesz, że...

Porównując średnicę pojedynczego atomu magnezu, średnicę piłki do tenisa i średnicę naszej planety Ziemi można stwierdzić, że średnica atomu magnezu ma się tak do średnicy piłki tenisowej, jak średnica piłki tenisowej do Ziemi.



Od struktury, czyli budowy wewnętrznej, zależą właściwości materiałów. To one decydują o ich zastosowaniu, czy wykona się z nich np. klocki, gumkę do mazania, nieprzemakalną i oddychającą kurtkę bądź elementy silnika samolotu.

Mikroskopia stosowana jest w wielu dziedzinach nauki, przemysłu i techniki. Obecnie mikroskopy wykorzystuje się do charakteryzowania różnych materiałów, obrazowania struktury wewnętrznej, określania składu chemicznego, czy uzyskiwania informacji o własnościach mechanicznych, elektrycznych lub magnetycznych. Najczęściej do badań materiałów wykorzystuje się mikroskopy świetlne oraz mikroskopy elektronowe. Gdy obrazy (zdjęcia) otrzymuje się przy wykorzystaniu światła – mówimy o **mikroskopach świetlnych**, gdy zastosuje się elektrony – mówimy o **mikroskopach elektronowych**.

Rejestrowane obrazy są nie tylko źródłem użytecznych informacji dla inżynierów, biologów, naukowców czy lekarzy, ale mogą nieść także walory artystyczne.



AGH jest jedną z przodujących polskich uczelni w dziedzinie inżynierii materiałowej. W Międzynarodowym Centrum Mikroskopii Elektronowej dla Inżynierii Materiałowej badane są materiały dla energetyki, lotnictwa, materiały gradientowe i wielowarstwowe, biomateriały, nanomateriały, materiały konstrukcyjne i funkcjonalne. Centrum wyposażone jest m.in. w sześć mikroskopów elektronowych (w tym jeden z najpotężniejszych na świecie mikroskopów elektronowych – Titan Cubed G2 60-300) oraz nowoczesne mikroskopy świetlne. Pozwalają one prowadzić badania materiałów w makro, mikro i nanoskali.



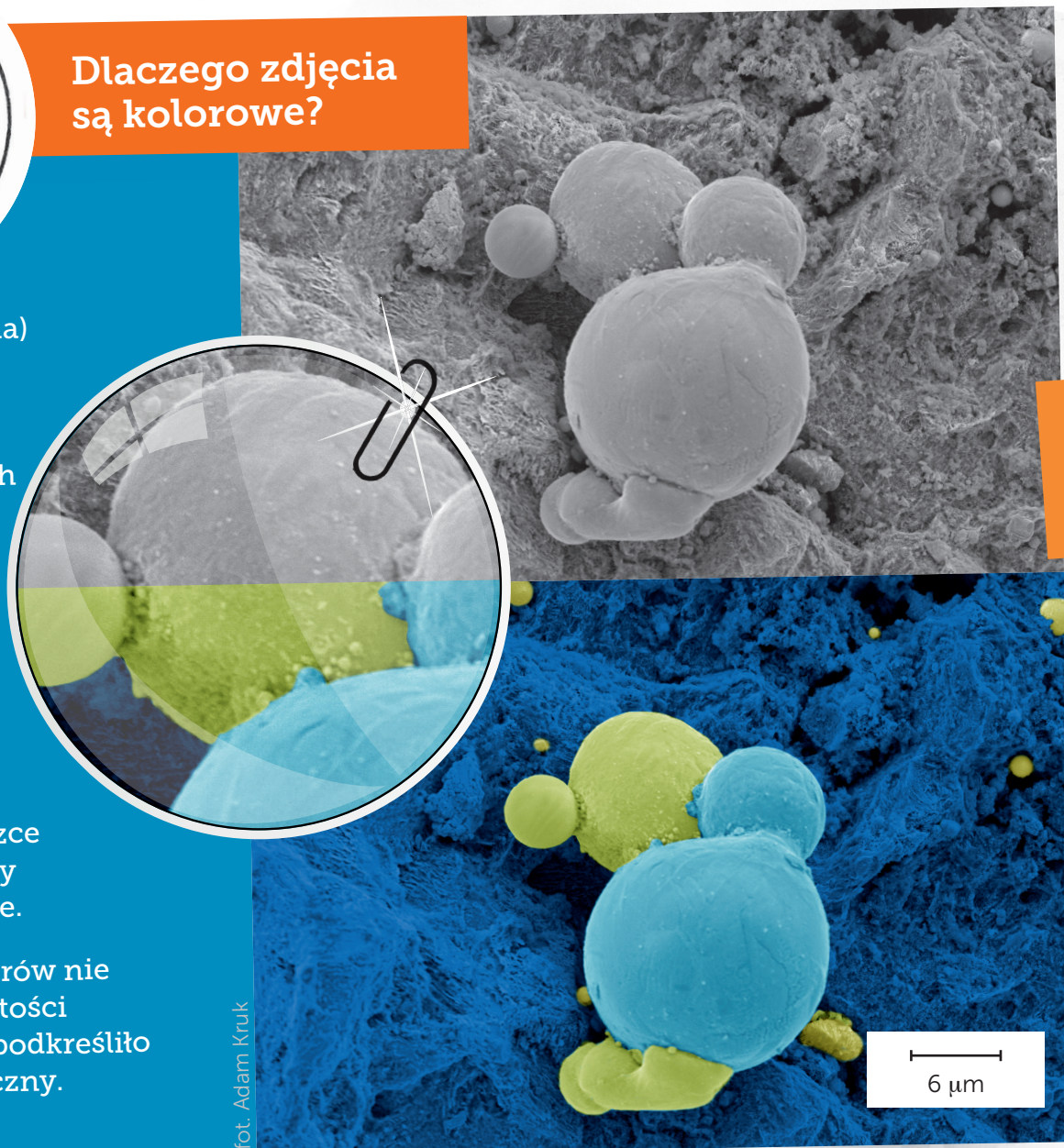
Dlaczego zdjęcia są kolorowe?

Obrazy (zdjęcia) rejestrowane przy użyciu mikroskopów elektronowych nie są kolorowe. Jedyne barwy, jakie mają to: biały, czarny i odcienie szarości.

W tej książeczce zdjęcia zostały pokolorowane.

Dodanie kolorów nie zmieniło wartości naukowej, a podkreśliło efekt artystyczny.

fot. Adam Kruk





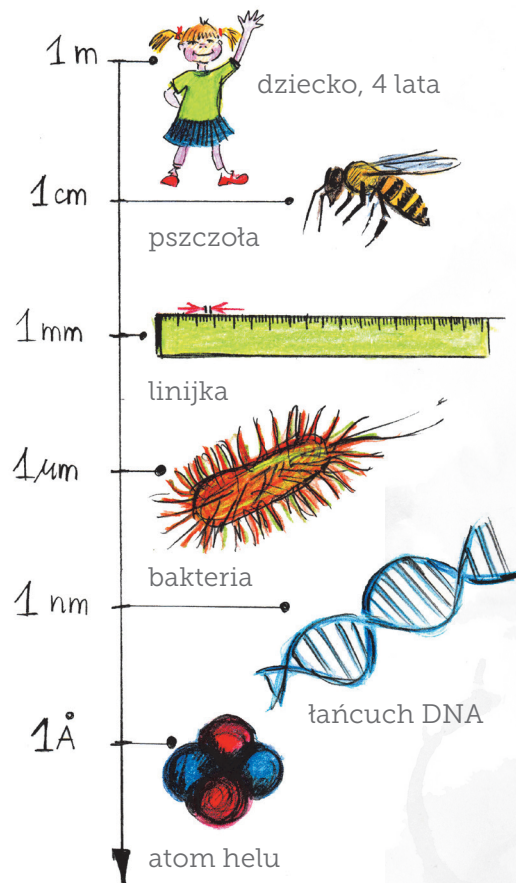
Czy wiesz, że...

1 metr [m] to:

- 100 centymetrów [cm]
- 1000 milimetrów [mm]
- 1 000 000 mikrometrów [μm]
- 1 000 000 000 nanometrów [nm]
- 10 000 000 000 angstromów [\AA]
- 1 000 000 000 000 pikometrów [pm]

lub w innej wersji:

- 1 centymetr [cm] = 10^{-2} metra [m]
- 1 milimetr [mm] = 10^{-3} metra [m]
- 1 mikrometr [μm] = 10^{-6} metra [m]
- 1 nanometr [nm] = 10^{-9} metra [m]
- 1 angstrom [\AA] = 10^{-10} metra [m]
- 1 pikometr [pm] = 10^{-12} metra [m]



Do wyrażania bardzo małych długości oraz odległości między atomami używa się jednostki 1 angstrom [\AA].

Grubość włosa ludzkiego wynosi ok. 0,08 milimetra [mm] lub 80 mikrometrów [μm], lub 80 000 nanometrów [nm].

Istnieje wiele rodzajów i typów mikroskopów, ale wszystkie mają jedno zadanie – uzyskanie powiększonego obrazu niewielkich obiektów.



Mikroskopy świetlne

Mogą powiększać małe elementy **do 1500 razy**. Nie można osiągnąć większych powiększeń ze względu na stosowanie światła do uzyskiwania obrazów mikroskopowych. Powiększenia większe będą powiększeniami pustymi, tj. niewnoszącymi do obserwowanego obrazu nowych, mniejszych szczegółów.

Mikroskopy elektronowe

Zastąpienie w mikroskopach światła wiązką elektronów powoduje, że transmisyjne mikroskopy elektronowe powiększają nawet **do kilku milionów razy**. Dzięki takim powiększeniom można obserwować ułożenie atomów w sieci krystalicznej oraz dowiedzieć się, jakie to atomy. Ułożenie atomów w sieci krystalicznej oraz ich rodzaj decyduje o właściwościach materiałów i ich zastosowaniu.



Obecnie inżynierowie mają do dyspozycji ponad **160 000 różnych materiałów inżynierskich** (metale i ich stopy, materiały ceramiczne, szkła, polimery i kompozyty), które wykorzystuje się do wytwarzania i budowy różnego rodzaju urządzeń, elementów czy konstrukcji. Dzięki m.in. badaniom prowadzonym przy użyciu mikroskopów ciągle powstają nowe materiały.

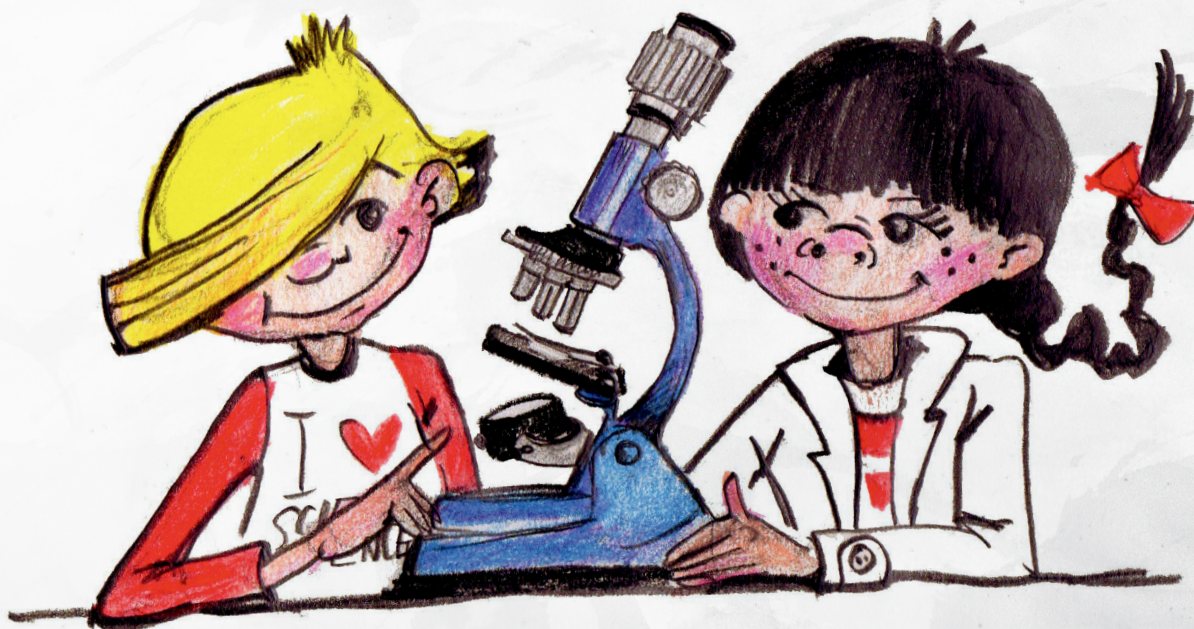
Zdolność rozdzielcza mikroskopu

Rozróżnianie małych elementów leżących obok siebie jest związane ze zdolnością rozdzielczą mikroskopu. Przez zdolność rozdzielczą należy rozumieć najmniejszą odległość między dwoma elementami obrazu, które można rozróżnić i nie zlewają się one w jedną plamę. Zdolność rozdzielcza jest podstawową cechą mikroskopu.

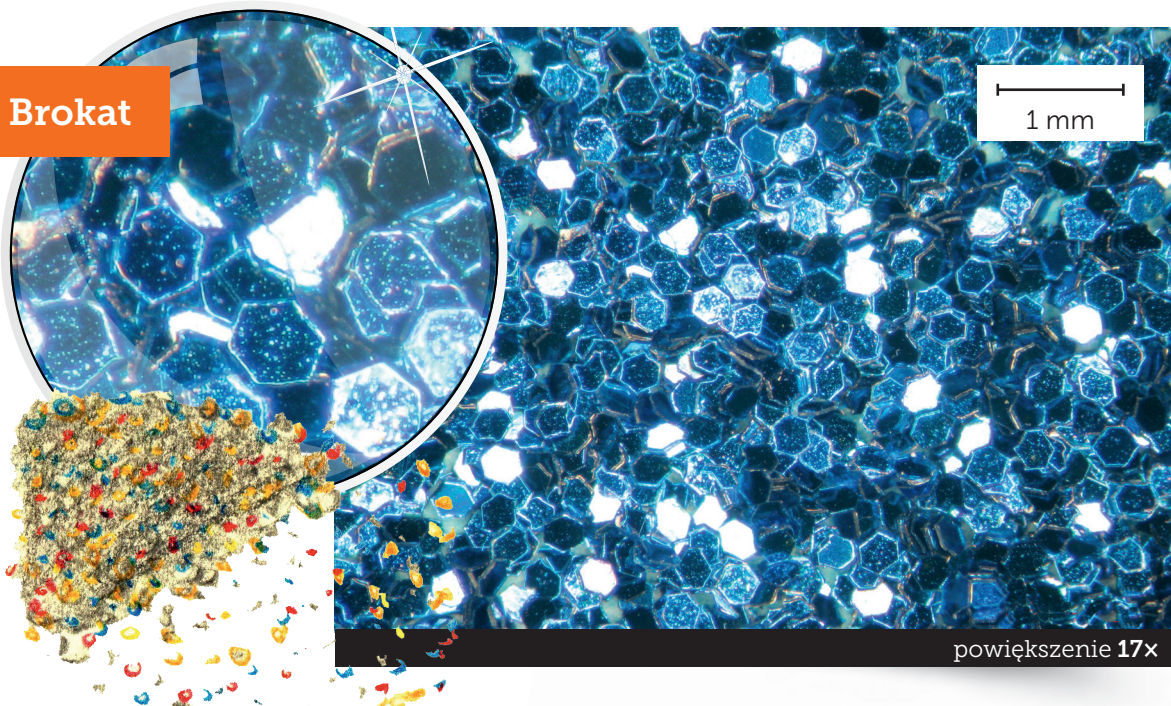
Zdolność rozdzielcza **oka ludzkiego** wynosi ok. 0,1 milimetra – co oznacza, że aby rozróżnić dwa obiekty leżące bliżej siebie trzeba użyć mikroskopu.

Zdolność rozdzielcza **mikroskopu świetlnego** wynosi ok. 0,2 mikrometra, natomiast zdolność rozdzielcza **transmisyjnego mikroskopu elektronowego** znajdującego się w AGH wynosi ok. 0,7 Å (70 pikometrów).

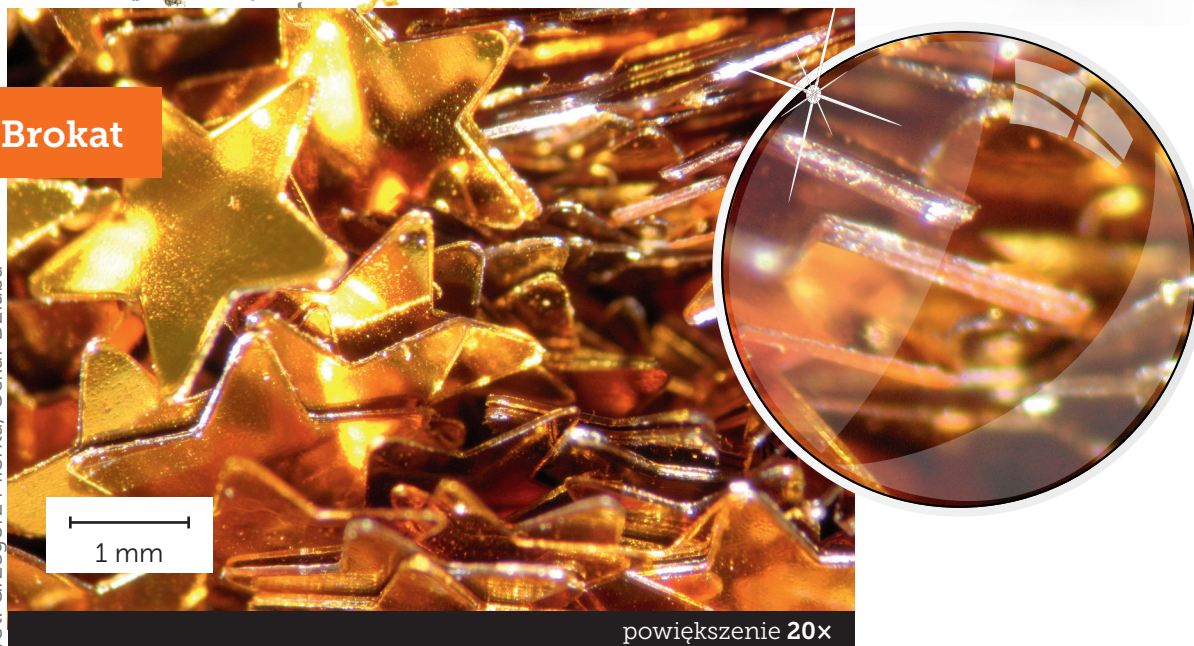
MIKROSKOPIA ŚWIETLNA



Gdy do obrazowania wykorzystuje się światło
dienne lub sztuczne pochodzące z żarówki,
wówczas takie mikroskopy nazywamy
mikroskopami świetlnymi.

Brokat

fot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba

Brokat

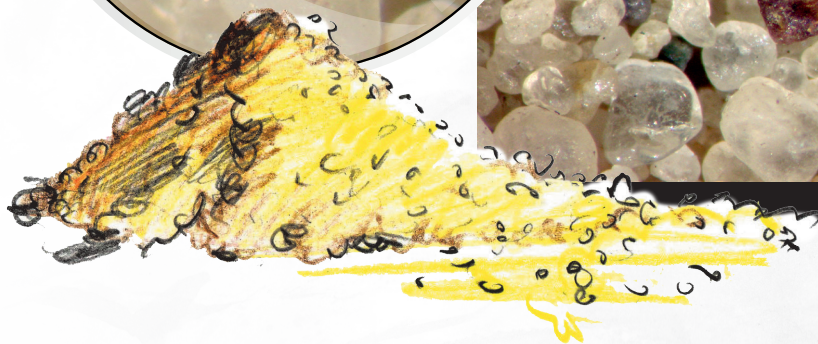
fot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba

Piasek



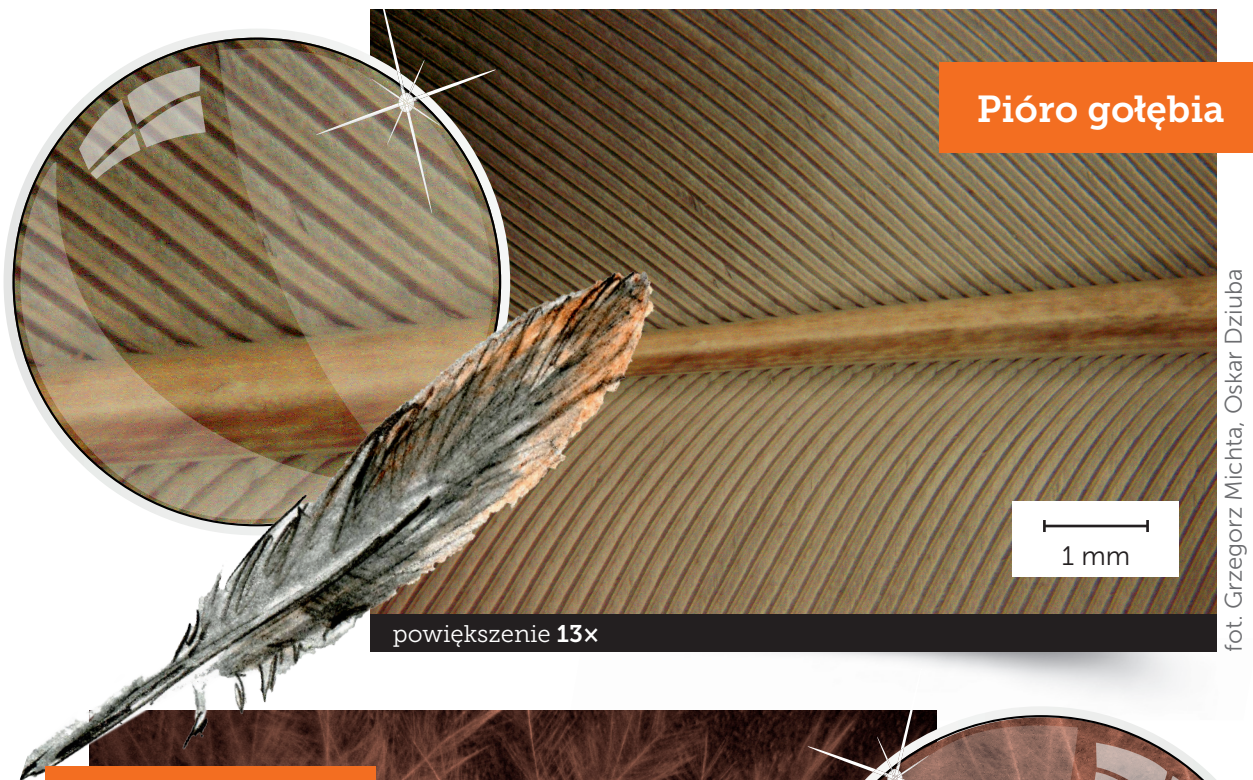
powiększenie 17x

fot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba



Czy wiesz, że...

Pierwszy mikroskop świetlny, który powiększał 10-krotnie, skonstruowali Holendrzy – Zachariasz i Hans Janssen ok. roku 1590.

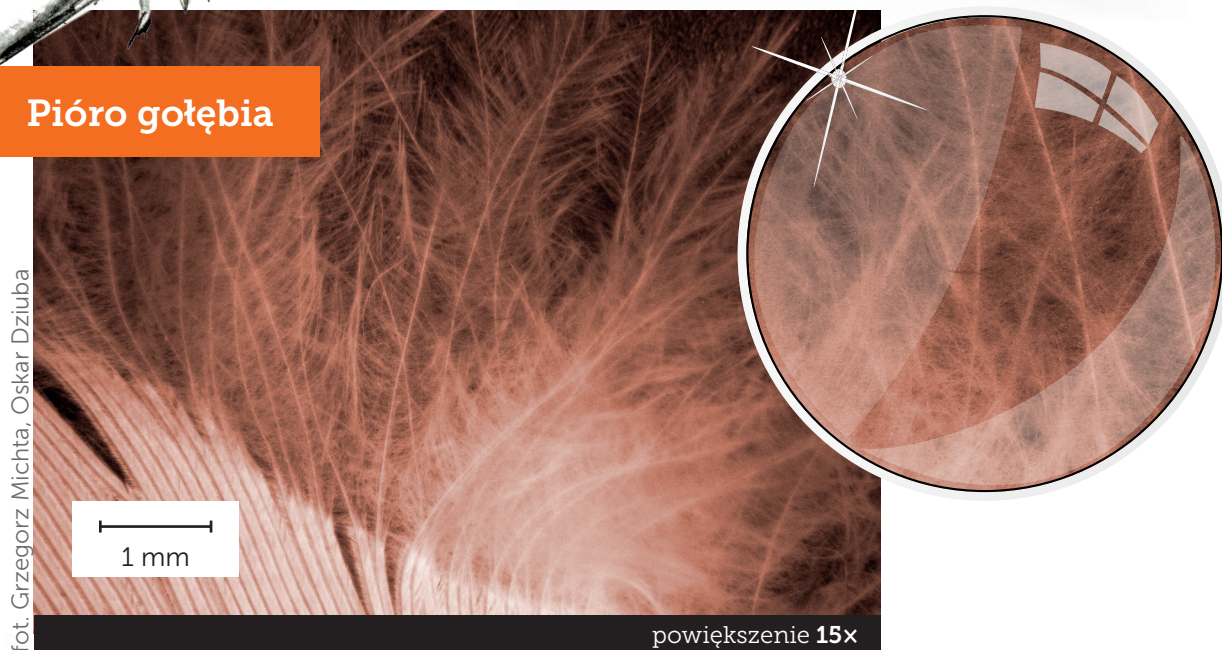


Pióro gołębia

powiększenie 13x

phot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba

Pióro gołębia



phot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba

powiększenie 15x

Czekolada gorzka

1 mm

powiększenie 17x

fot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba

13



Czy wiesz, że...

Dawniej w Polsce na mikroskop mówiono „drobnowidz”.

Cukier

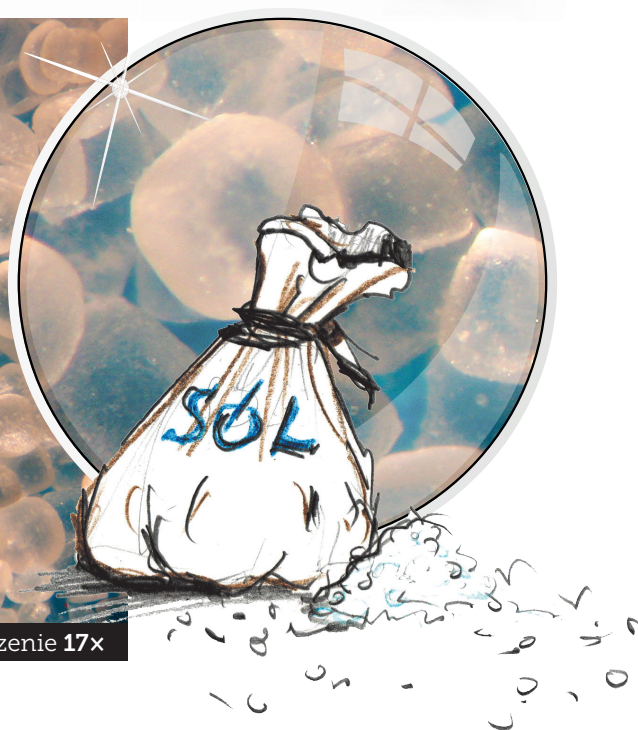


[fot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba](#)

Sól kuchenna



[fot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba](#)



Kawa

15
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

fot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba

1 mm

powiększenie 17x



Herbata



1 mm

powiększenie 17x

fot. Grzegorz Michta, Oskar Dziuba



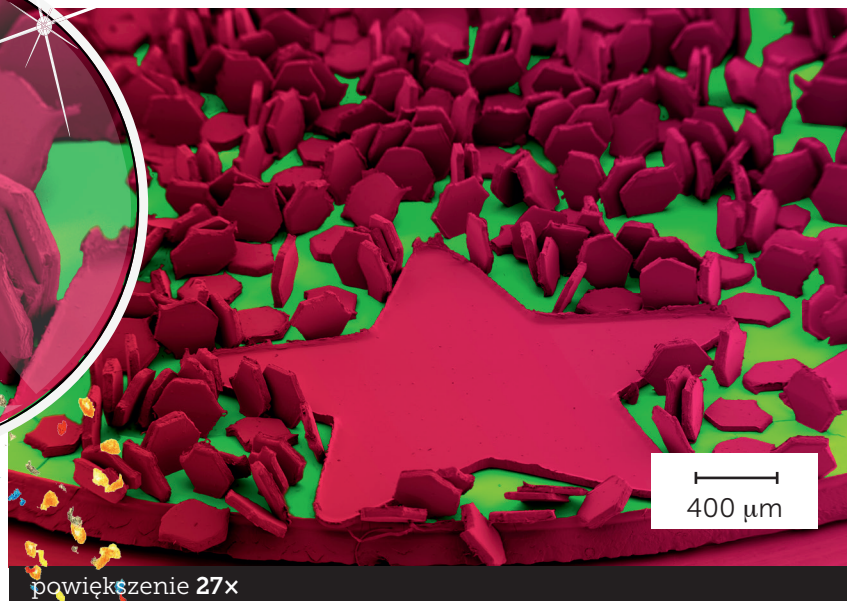
SKANINGOWA

MIKROSKOPIA ELEKTRONOWA



Gdy do obrazowania wykorzystuje się wiązkę elektronów, to takie mikroskopy nazywamy mikroskopami elektronowymi.

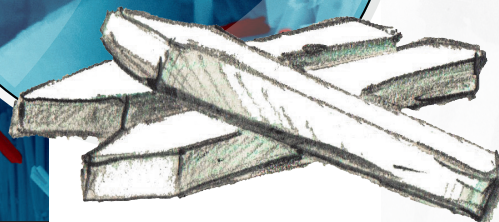
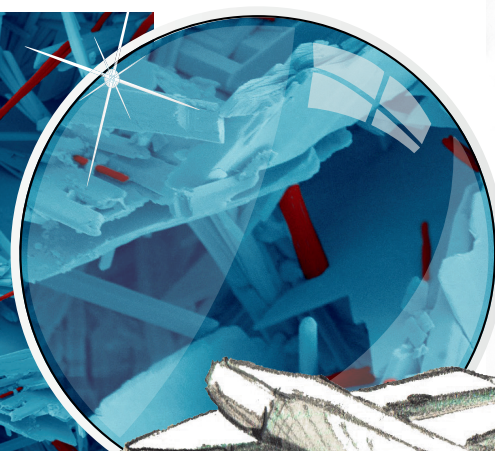
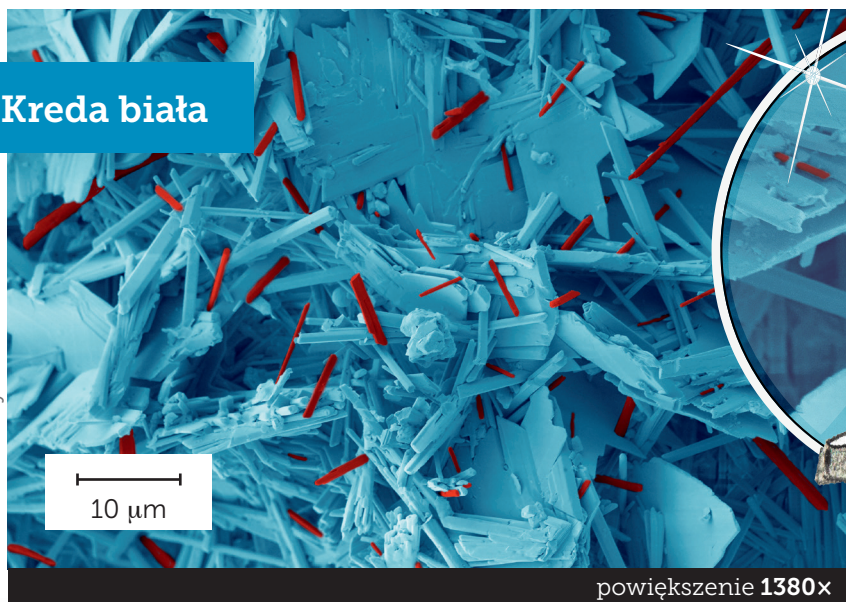
Brokat



fot. Adam Gruszczyński

Kreda biała

fot. Adam Gruszczyński



Balonik

10 μm

powiększenie 730x

phot. Bogdan Rutkowski

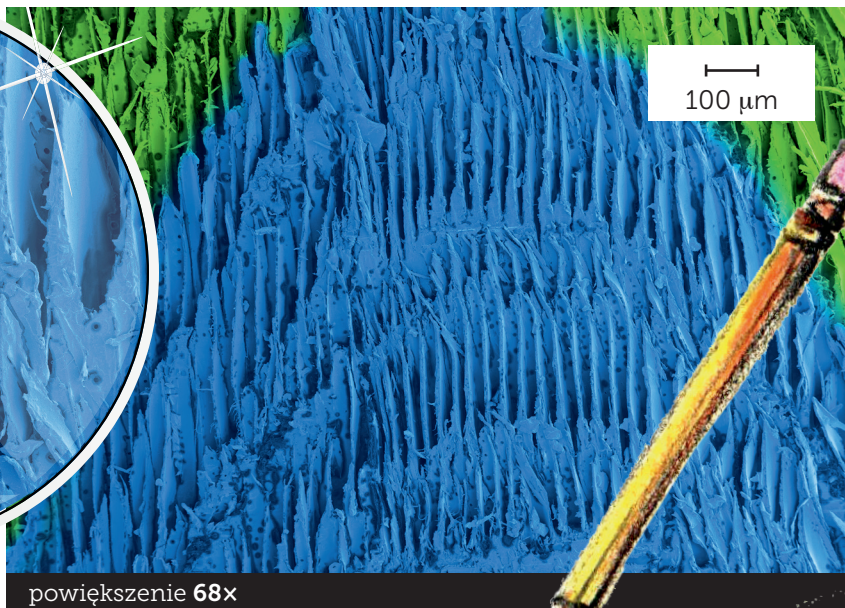
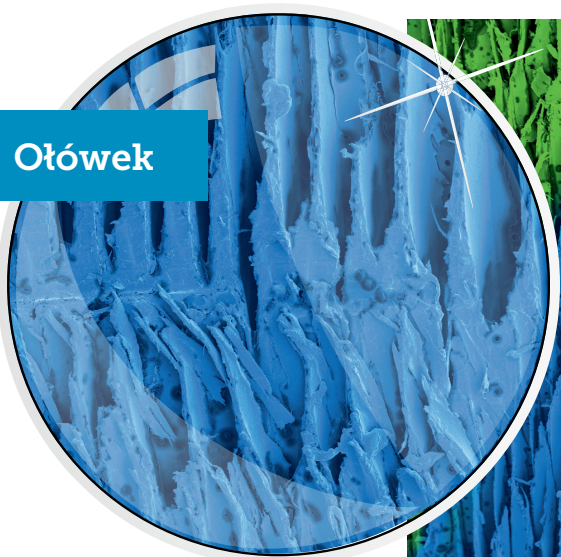
19



Czy wiesz, że...

Skaningowy mikroskop elektronowy służy do obrazowania powierzchni preparatów najczęściej w skali mikrometrycznej. Uzyskiwane obrazy sprawiają wrażenie przestrzenne i są zbliżone do obrazów widzianych ludzkim okiem.

Ołówek

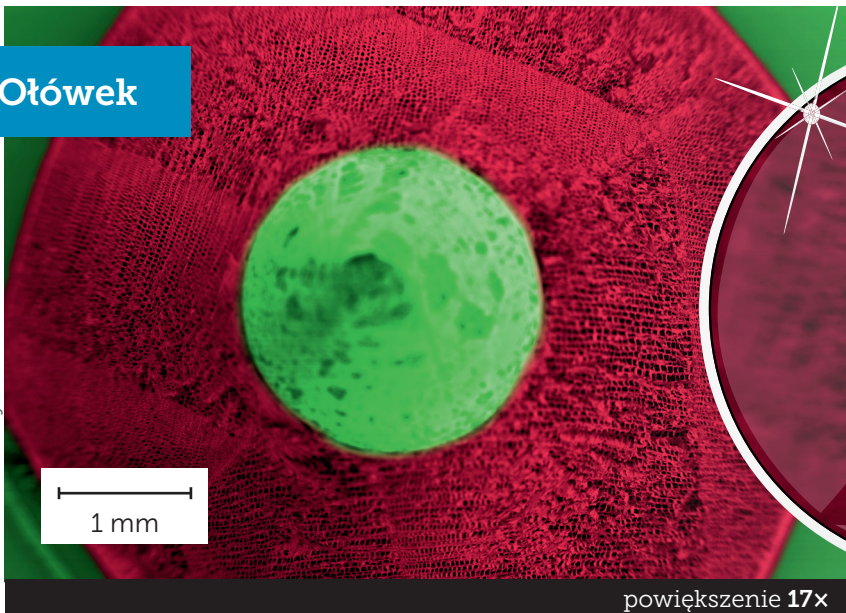


powiększenie 68x

100 μ m

phot. Adam Gruszczyński

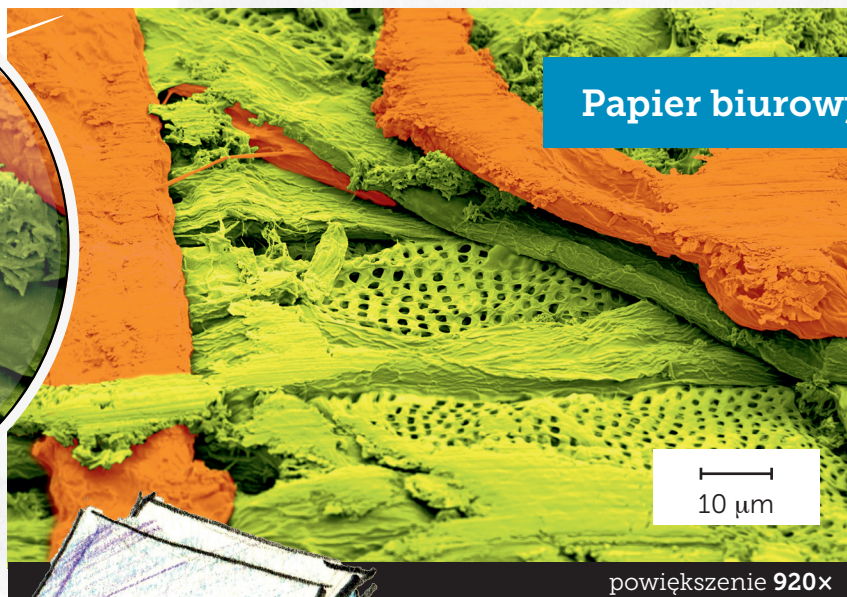
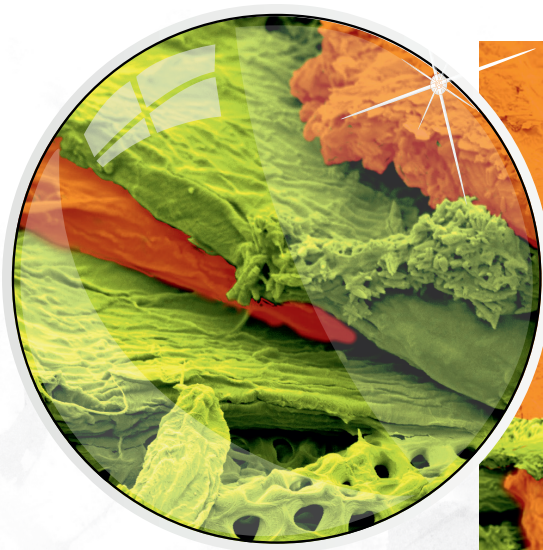
Ołówek



1 mm

powiększenie 17x

phot. Adam Gruszczyński

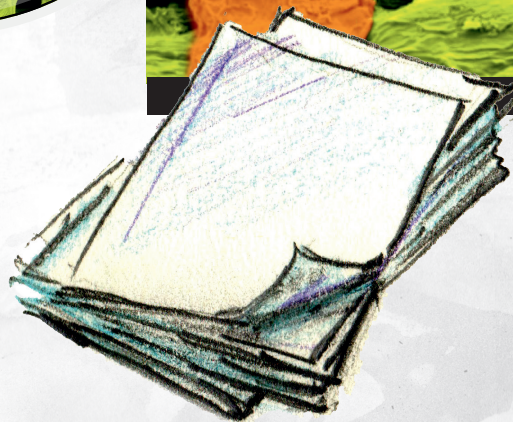


Papier biurowy

10 μm

powiększenie 920x

fol. Adam Gruszczyński



Struna

100 μm

powiększenie 80x

fot. Adam Gruszczyński



Płyta gramofonowa

100 μm

powiększenie 91x

fot. Adam Gruszczyński



Płyta gramofonowa

10 μm

powiększenie 1300x

fot. Adam Gruszczyński

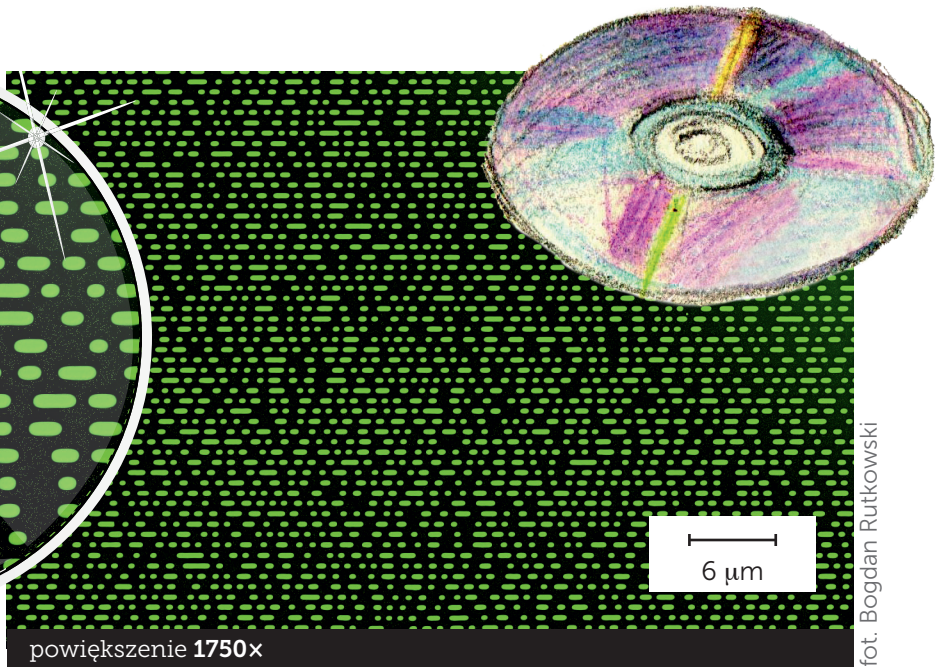
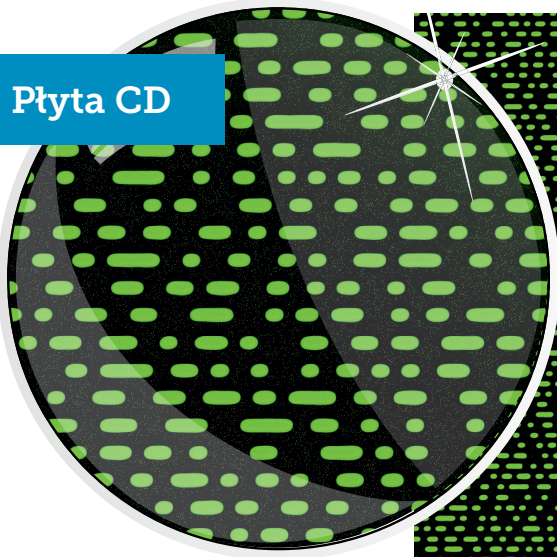
Płyta gramofonowa

60 μm

powiększenie 210x

fot. Adam Gruszczyński

Płyta CD



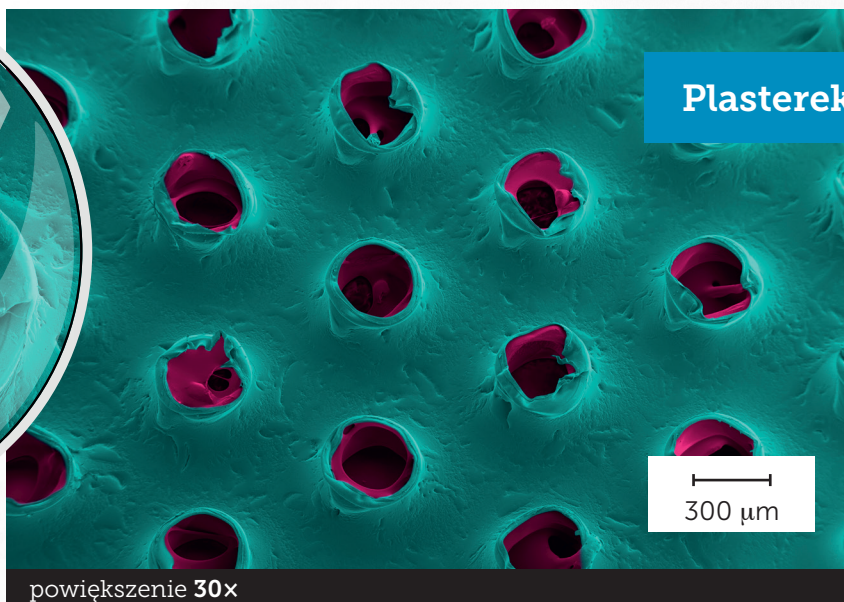
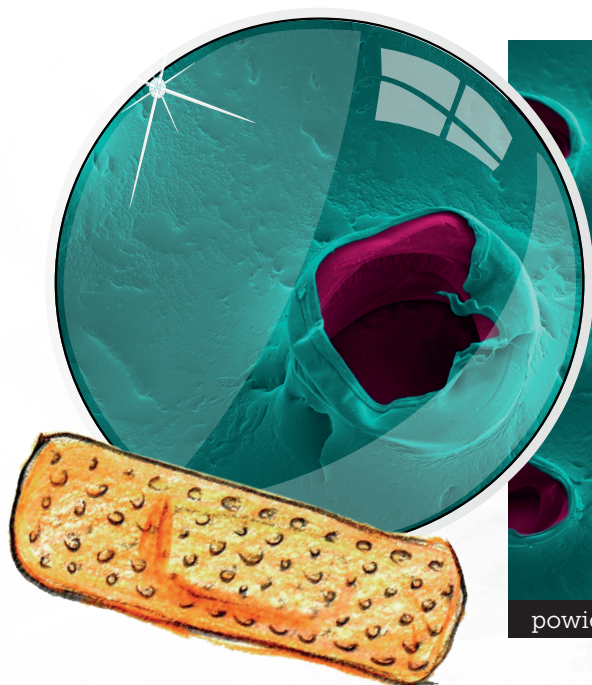
phot. Bogdan Rutkowski

Tkanina syntetyczna



phot. Adam Gruszczyński





Plasterek

300 μm

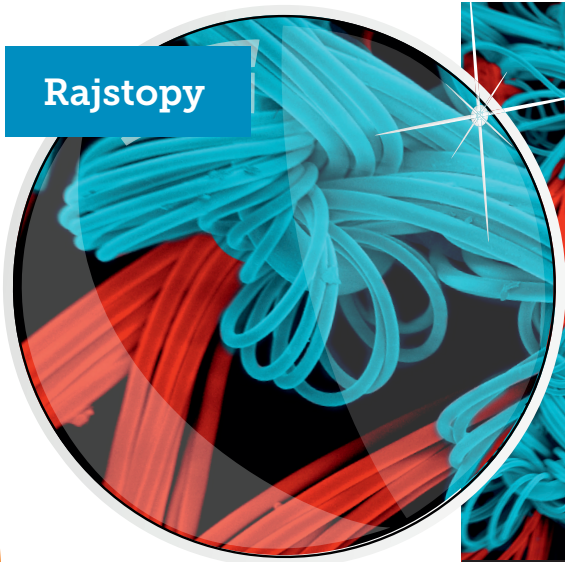
powiększenie 30x

fol. Sara Metwally

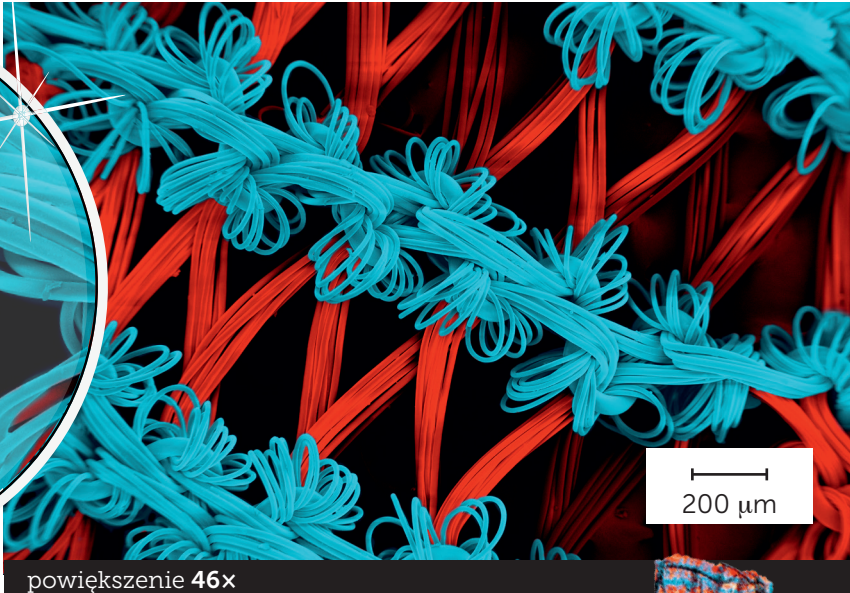


Czy wiesz, że...

Dzięki rozwojowi mikroskopii powstały nowe dziedziny nauki takie jak cytologia, mikrobiologia czy genetyka. Dzięki tym badaniom odkryto przyczyny wielu chorób np. bakterie gruźlicy. Ponadto umożliwiła ona także rozwój inżynierii materiałowej, która wykorzystuje mikroskopię jako jedną z podstawowych metod badawczych do obserwacji mikro i nanostruktur, w tym budowy atomowej różnych materiałów.



Rajstopy



200 µm

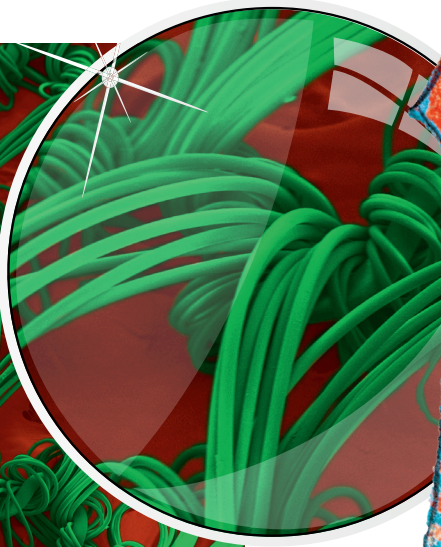
powiększenie 46x

fot. Sara Metwally

Rajstopy



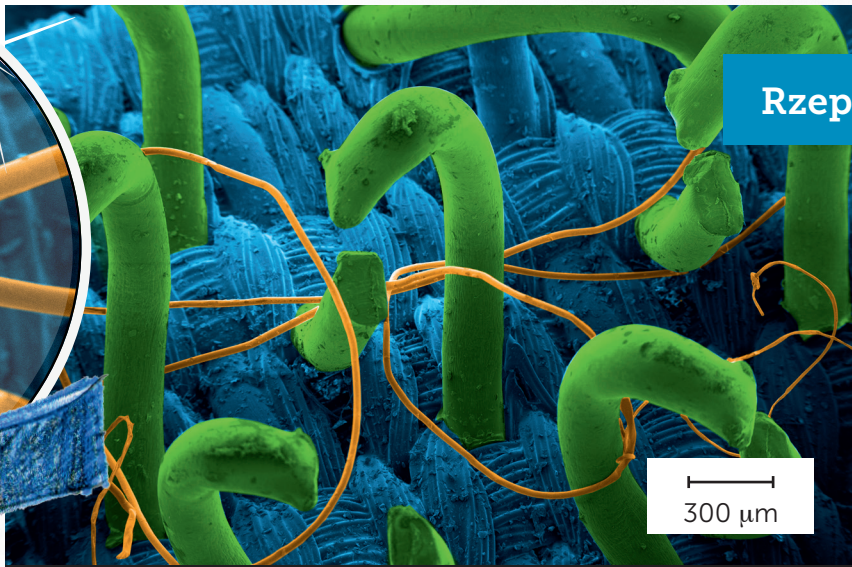
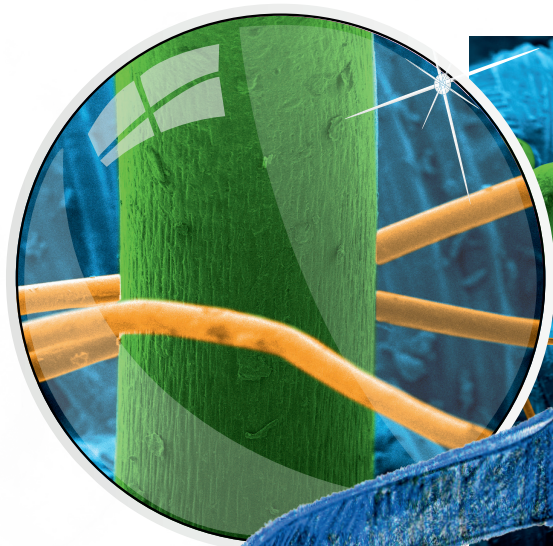
300 µm



powiększenie 34x



fot. Sara Metwally



Rzep

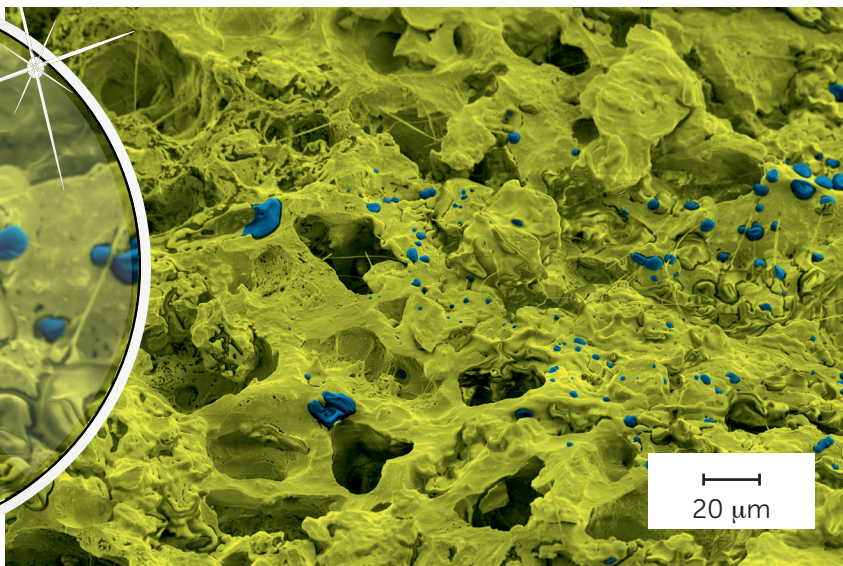
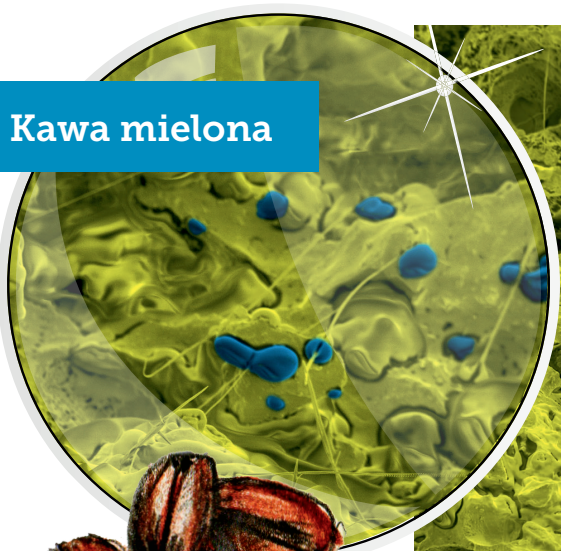
300 μm

powiększenie 37x

fol. Sara Metwally



Kawa mielona



powiększenie 365x

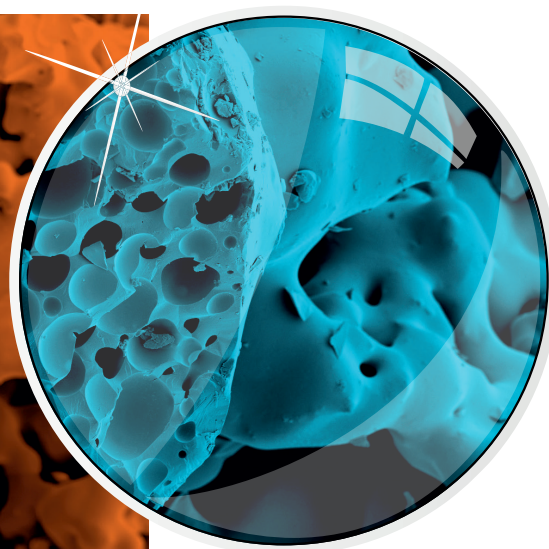
fot. Adam Gruszczyński

Kawa rozpuszczalna



powiększenie 170x

fot. Adam Gruszczyński



Liście herbaty



fol. Adam Gruszczyński

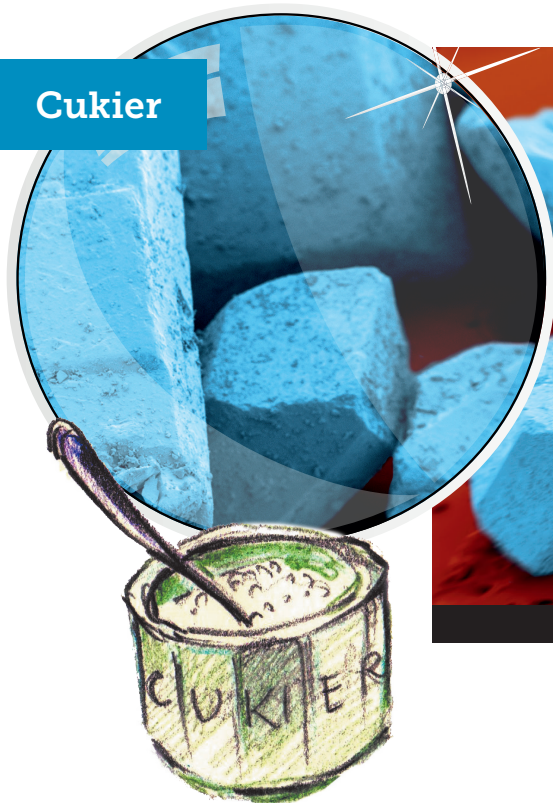
29



Czy wiesz, że...

Podstawowym elementem układu optycznego wszystkich mikroskopów są soczewki. W przypadku mikroskopów świetlnych soczewki są wykonywane z polerowanego szkła, w przypadku mikroskopów elektronowych stosuje się soczewki elektromagnetyczne. Najprostszym przykładem zastosowania soczewek szklanych są okulary, szkła powiększające i lupy.

Cukier



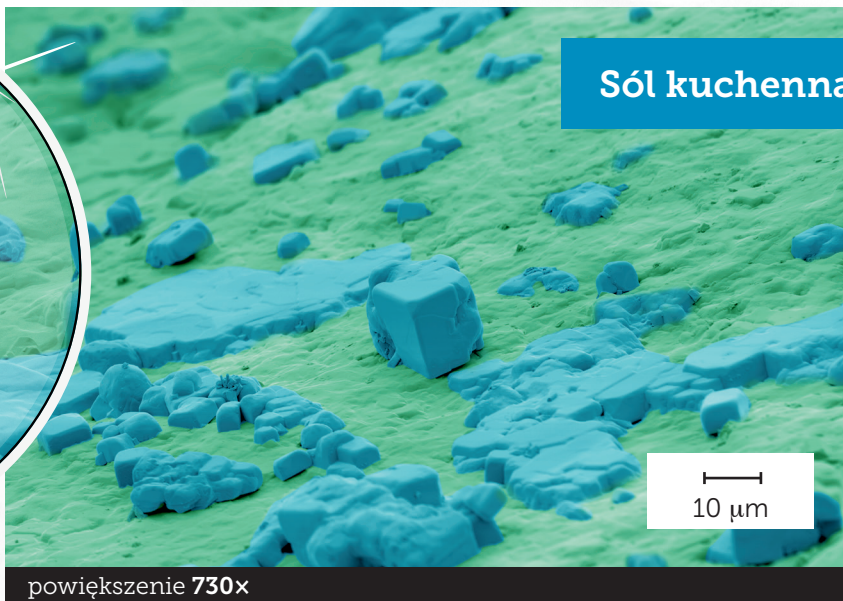
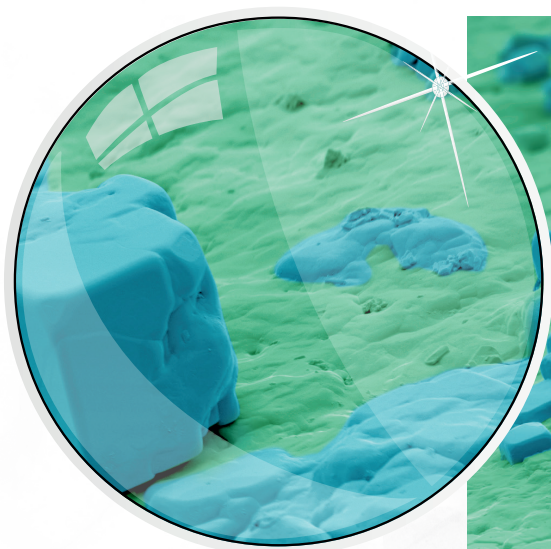
fol. Adam Gruszczyński

30



Czy wiesz, że...

W jednym kilogramie cukru znajduje się ok. 5 milionów ziarenek cukru. Do wyprodukowania 1 kg cukru potrzeba ok. 10 buraków cukrowych.



Sól kuchenna

10 μm

powiększenie 730x

phot. Adam Gruszczyński

Sól kuchenna



100 μm

powiększenie 56x

phot. Adam Gruszczyński



Ryż

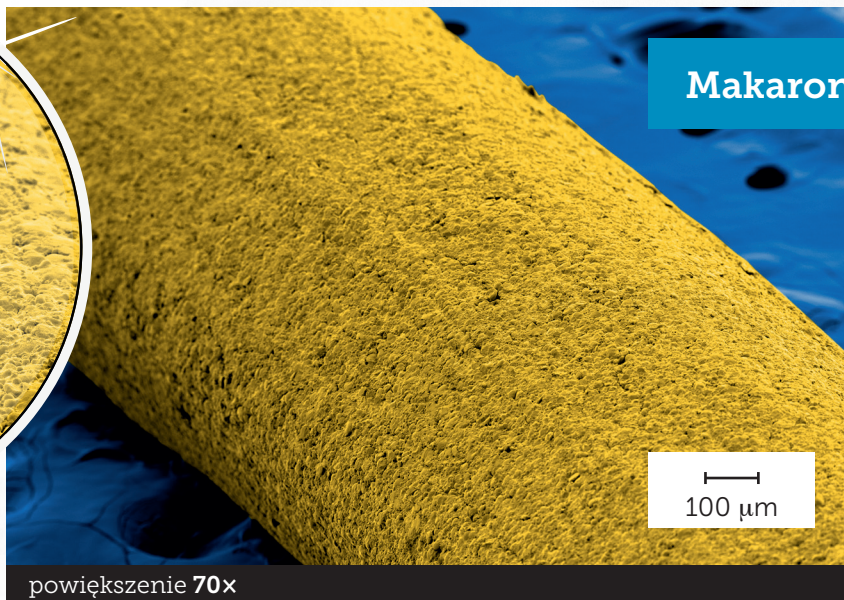
phot. Adam Gruszczyński

200 μm

powiększenie 23x

32





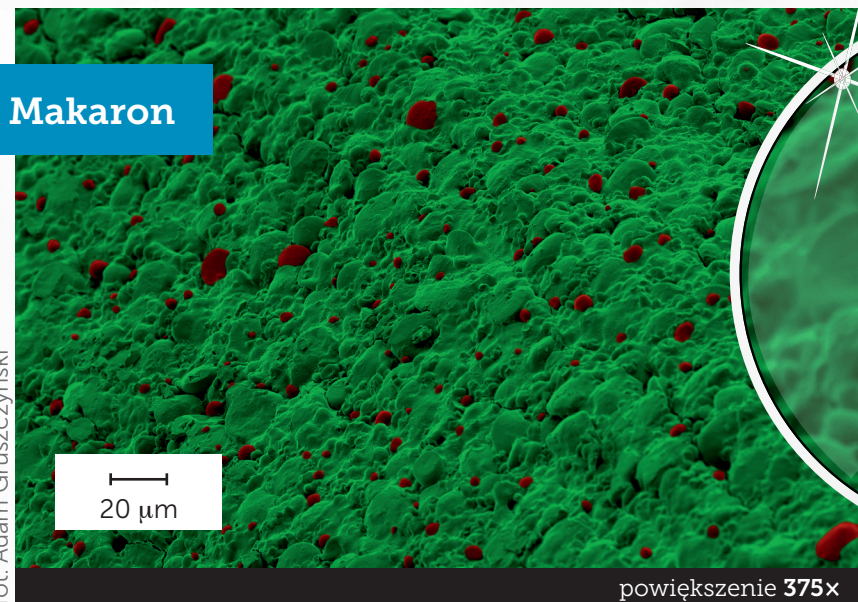
powiększenie 70x

Makaron

100 μm

phot. Adam Gruszczyński

33

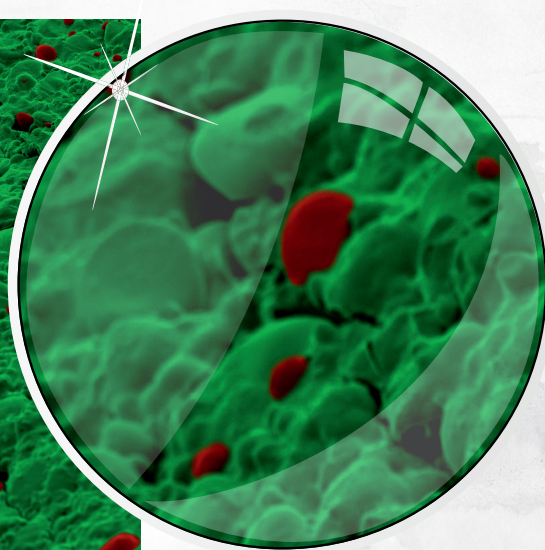


phot. Adam Gruszczyński

Makaron

20 μm

powiększenie 375x



Jajko – skorupka wewnętrzna



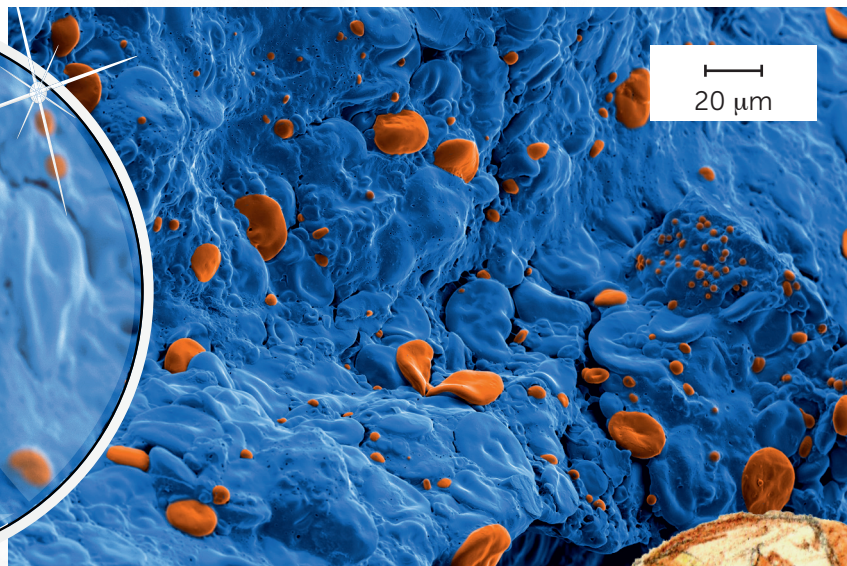
phot. Adam Gruszczyński

Jajko – skorupka zewnętrzna



phot. Adam Gruszczyński

Okruszek chleba



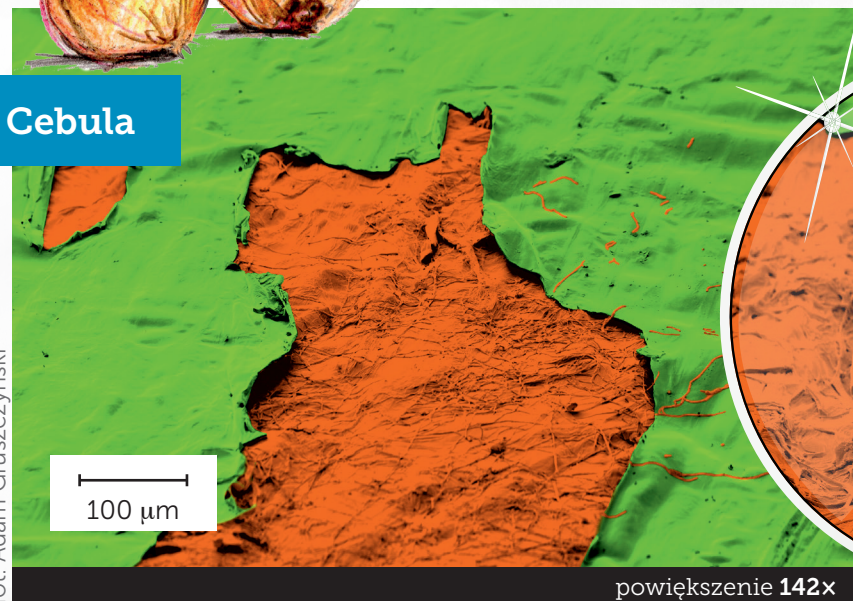
powiększenie 380x

20 μm

fot. Adam Gruszczyński



Cebula



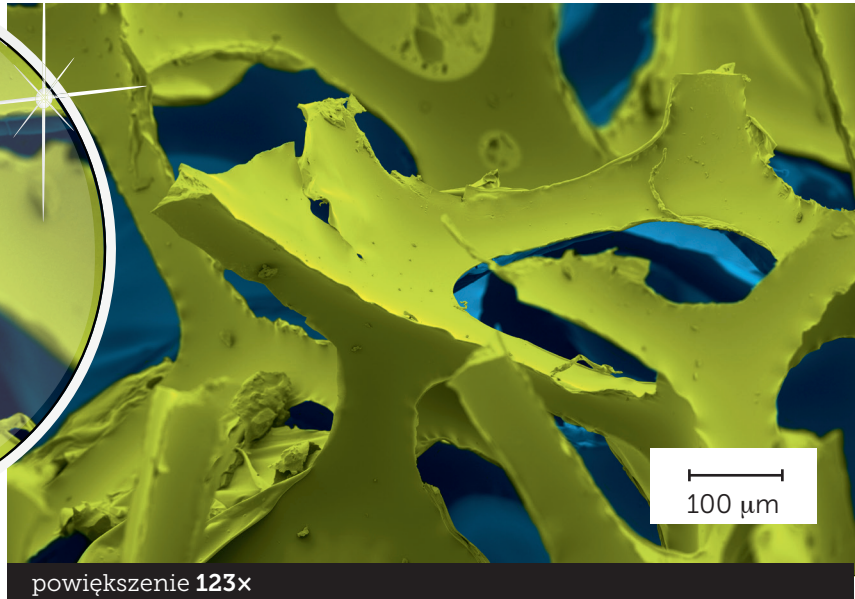
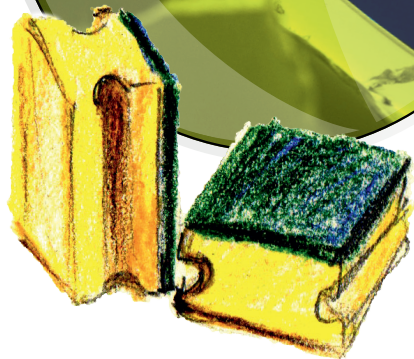
100 μm

powiększenie 142x

fot. Adam Gruszczyński



Gąbka kuchenna



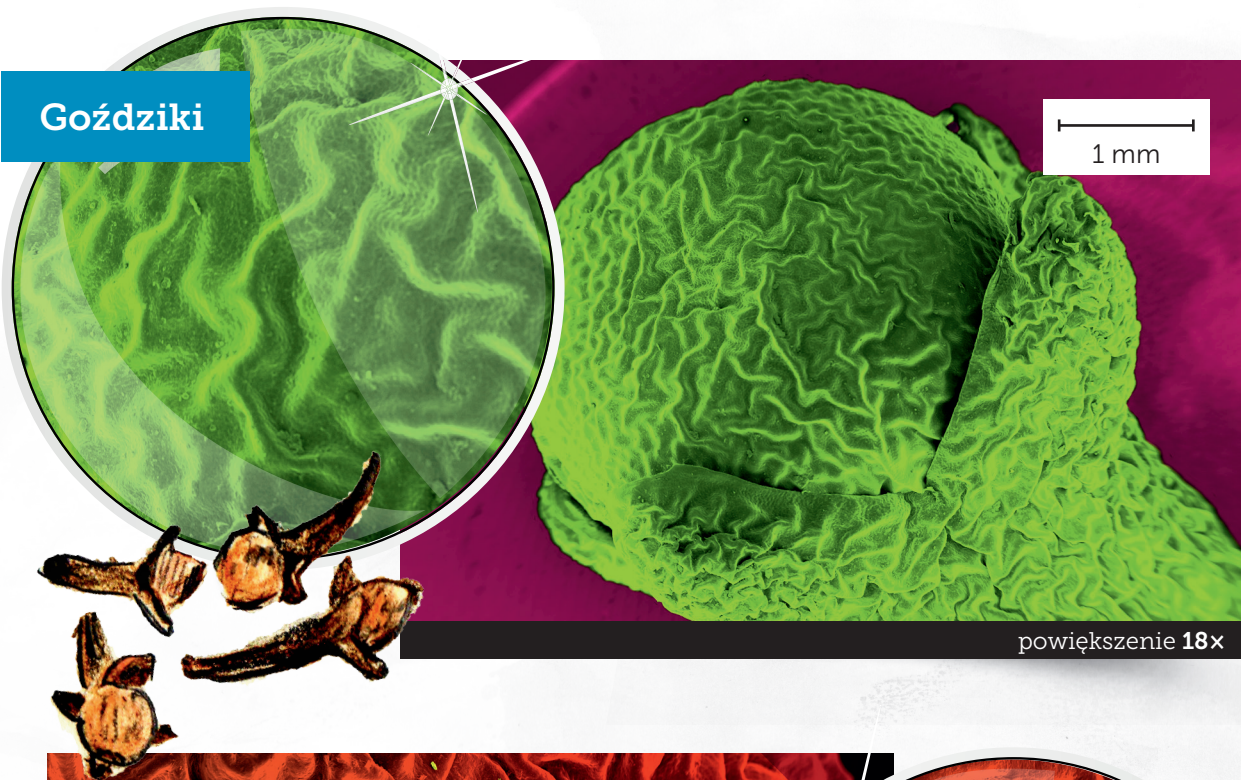
fot. Adam Gruszczyński



Czy wiesz, że...

Pierwszą osobą, która użyła mikroskopu do opisanego złożonej budowy oka owada, był włoski uczoney Galileusz (1564–1642).

Goździki



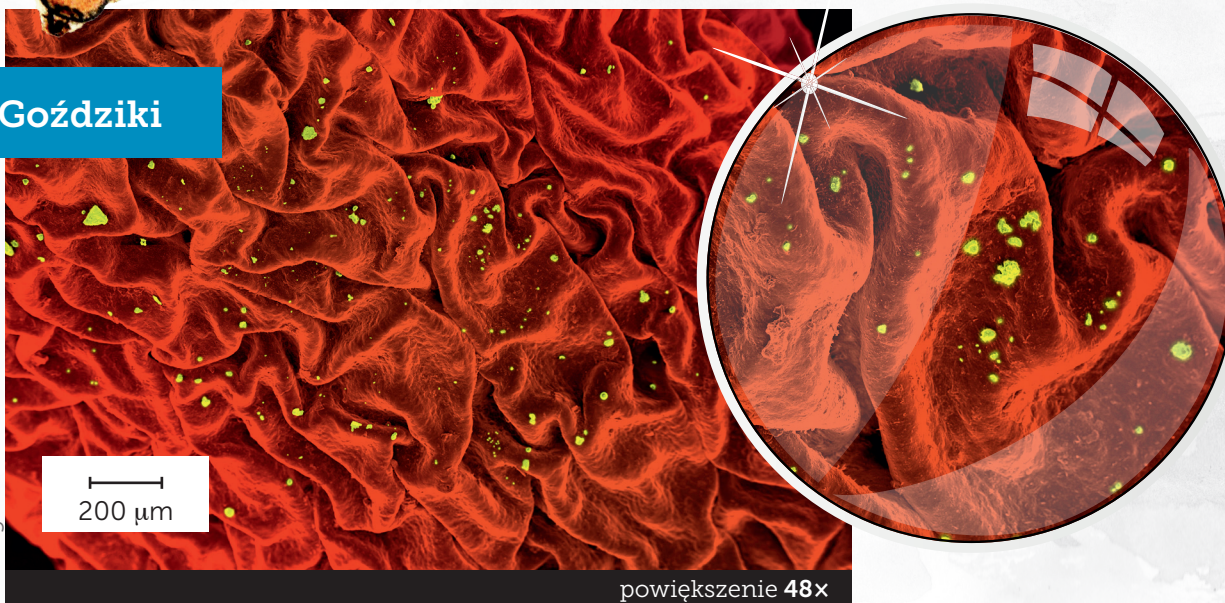
1 mm

powiększenie 18x

fol. Bogdan Rutkowski

37

Goździki

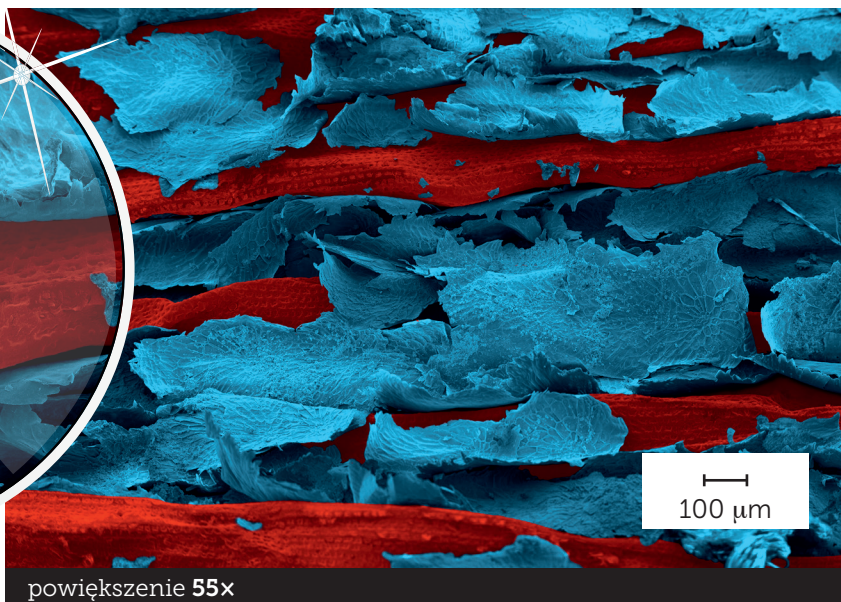


200 µm

powiększenie 48x

fol. Bogdan Rutkowski

Ananas



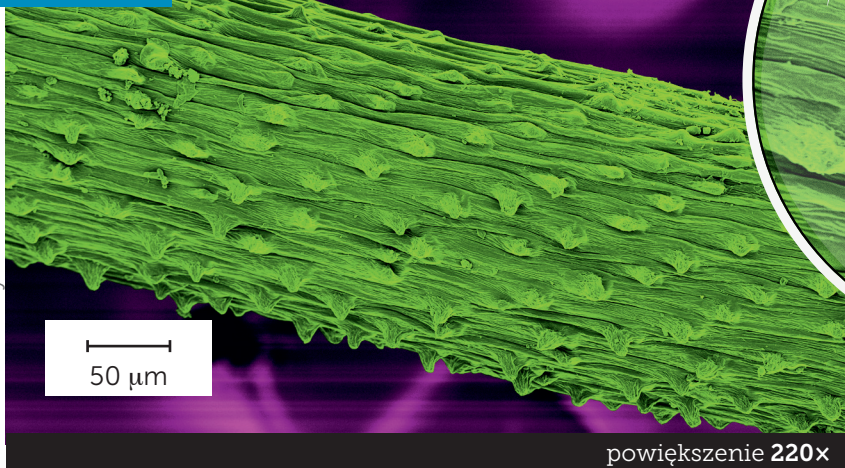
fot. Sara Metwally

Kaktus



fot. Sara Metwally

Kaktus



fot. Sara Metwally

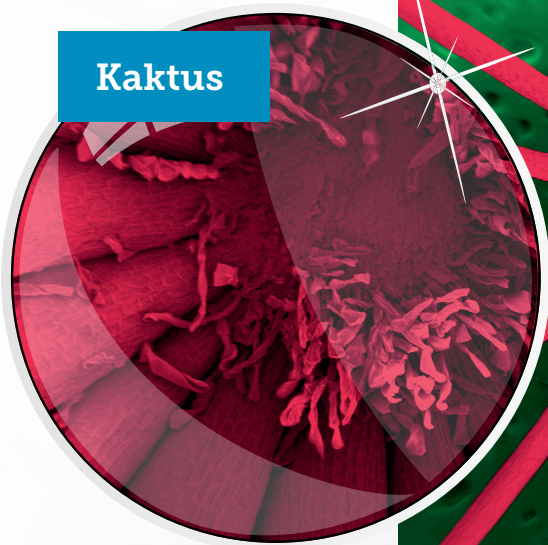
50 μm

powiększenie 220x



39

Kaktus



powiększenie 22x

500 μm

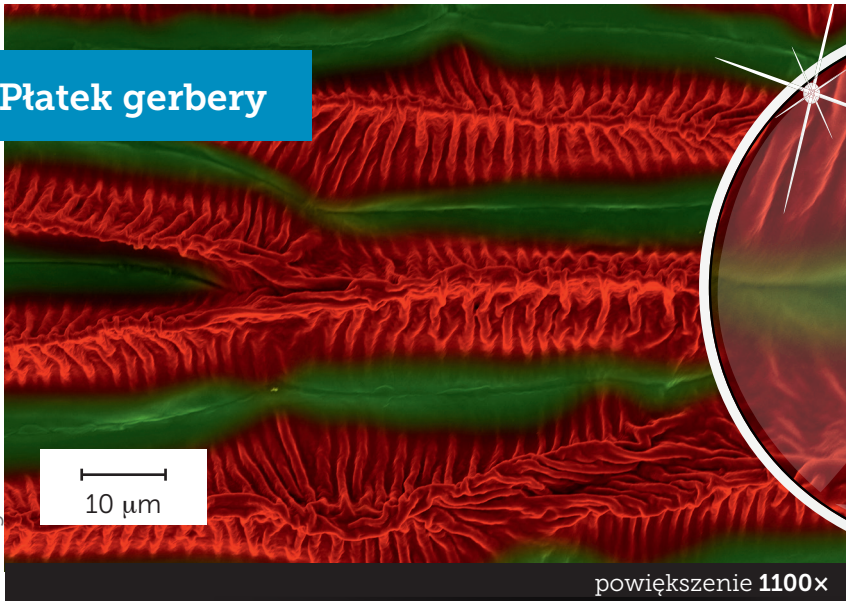
fot. Sara Metwally

Płatek gerbery

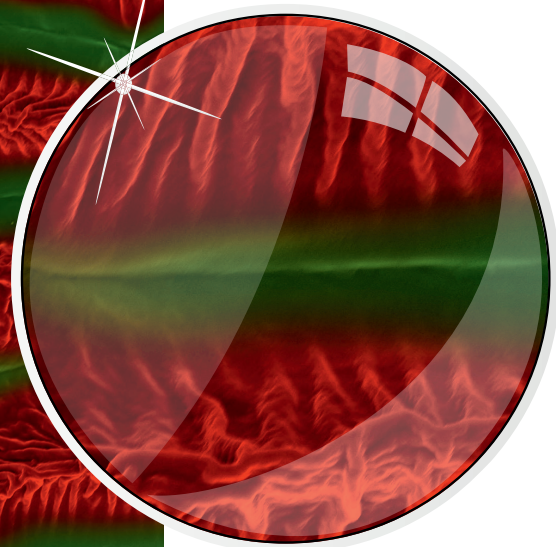


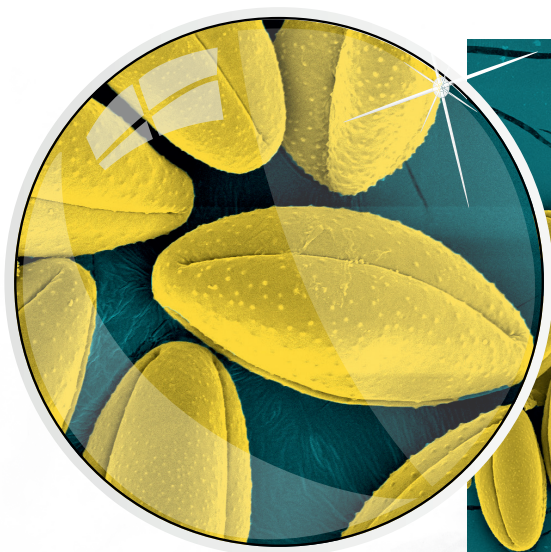
fol. Bogdan Rutkowski

Płatek gerbery



fol. Bogdan Rutkowski





Pyłek gerbery

20 μm

powiększenie 280x

phot. Bogdan Rutkowski





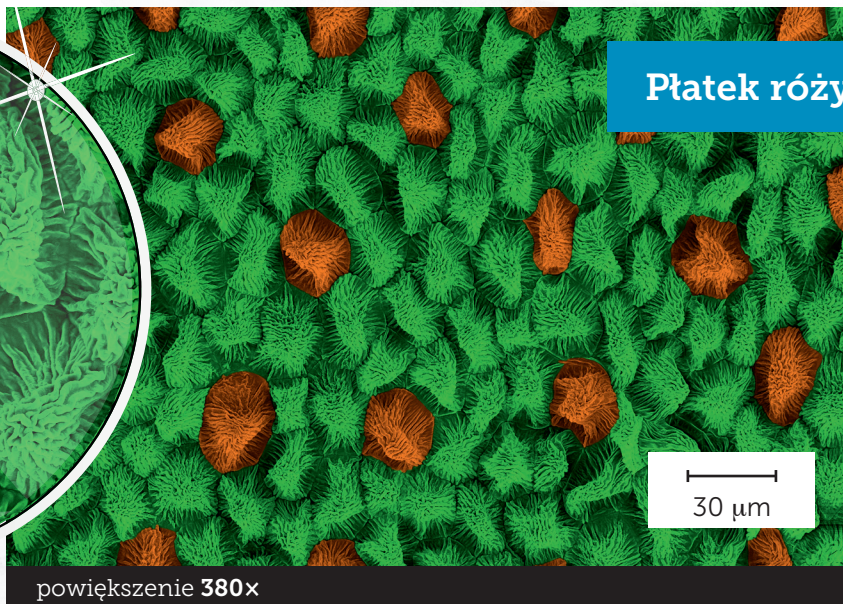
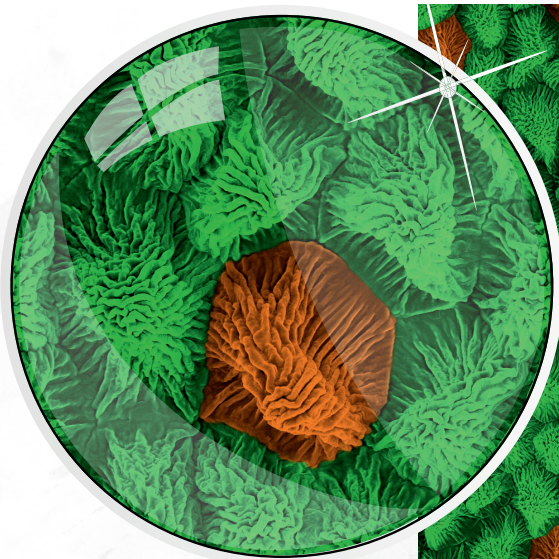
Pyłki grudnika



powiększenie 350x

fot. Bogdan Rutkowski





Płatek róży

powiększenie 380x

phot. Bogdan Rutkowski



Płatek róży

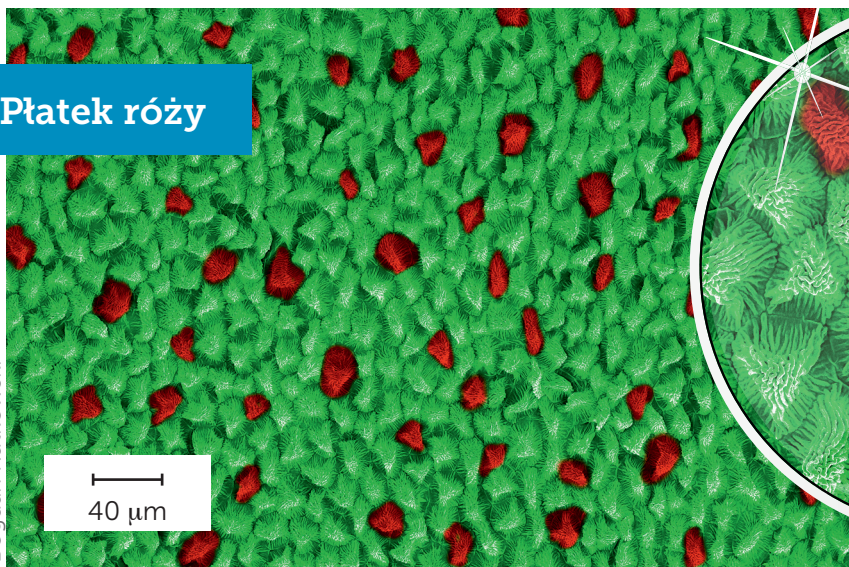
powiększenie 1500x

phot. Bogdan Rutkowski

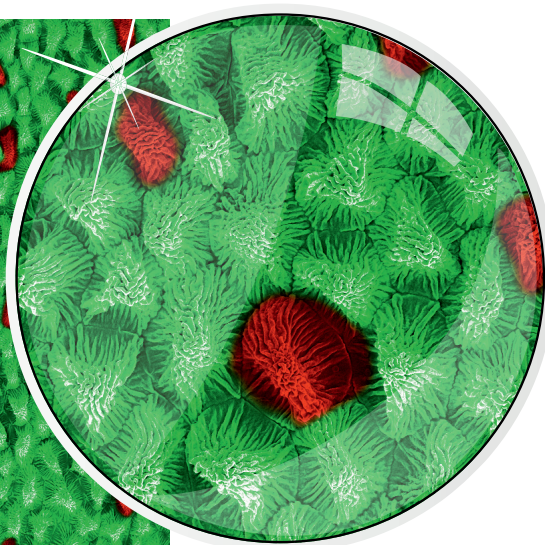


Płatek róży

fot. Bogdan Rutkowski

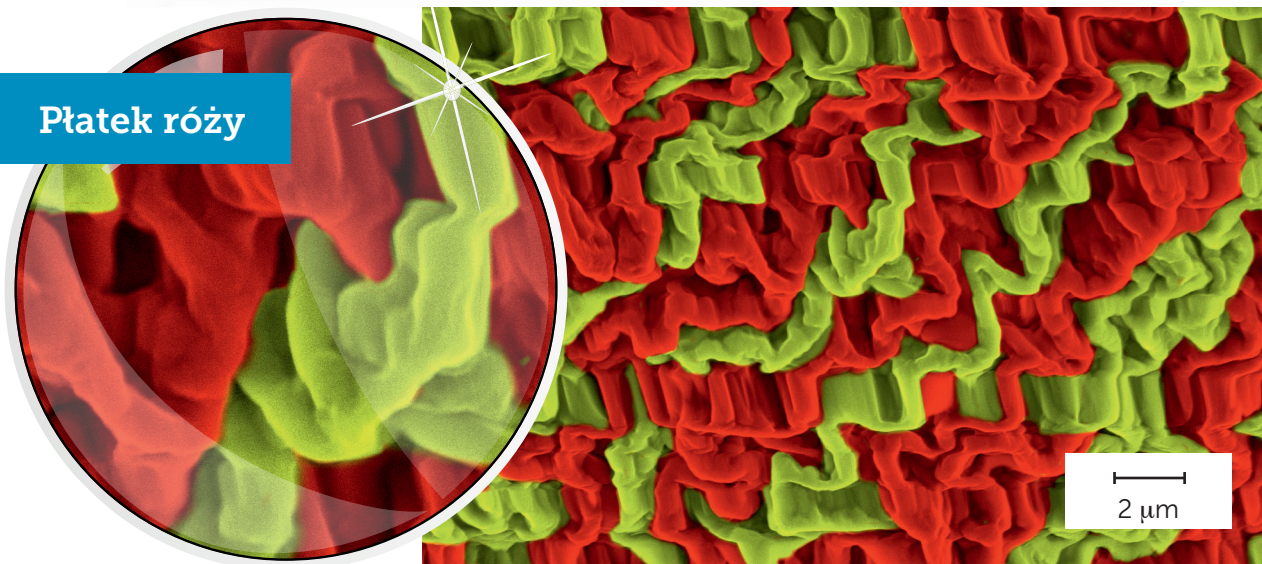
40 μm

powiększenie 225x



Płatek róży

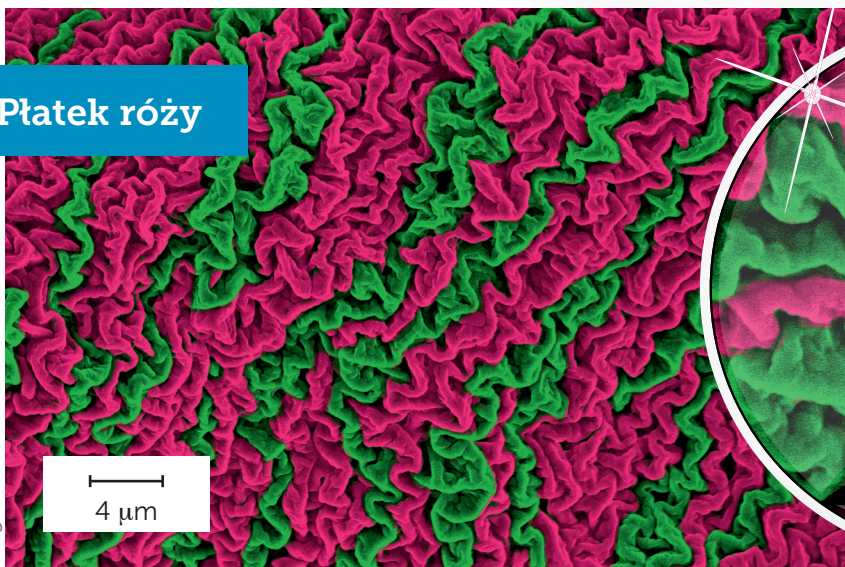
fot. Bogdan Rutkowski

2 μm

powiększenie 4750x

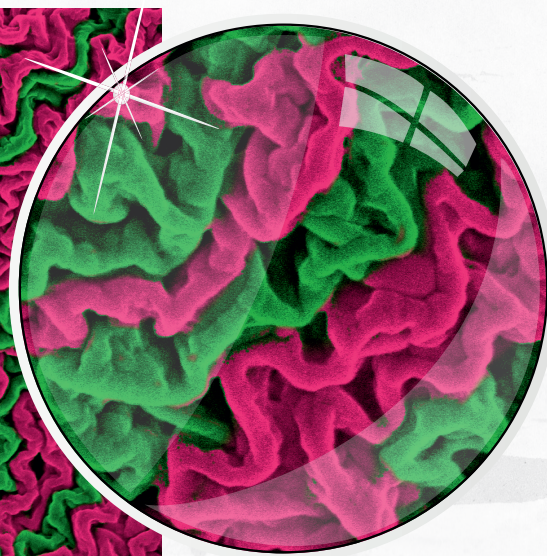
Płatek róży

phot. Bogdan Rutkowski



4 μm

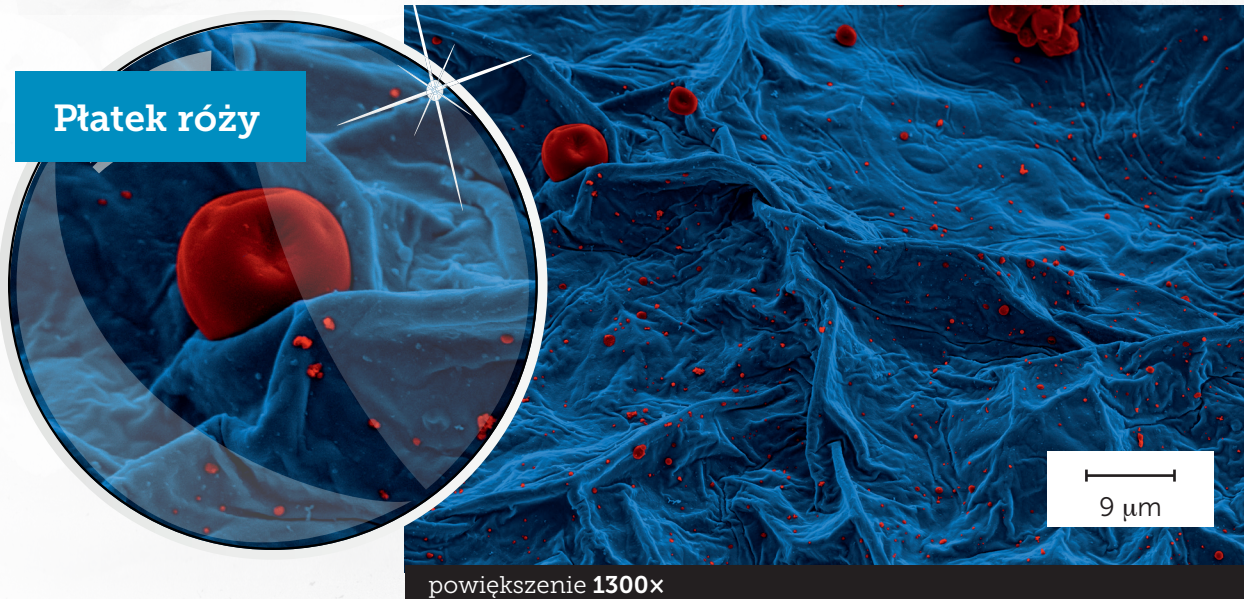
powiększenie 2250x



45

Płatek róży

phot. Sara Metwally



9 μm

powiększenie 1300x

Rozgwiazda



powiększenie 540x

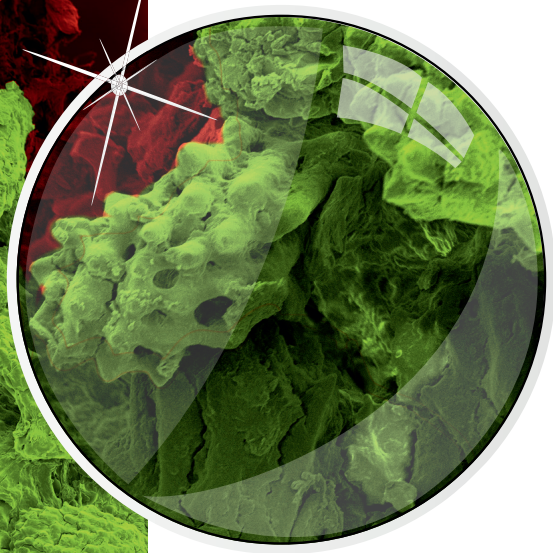
fot. Sara Metwally

Rozgwiazda

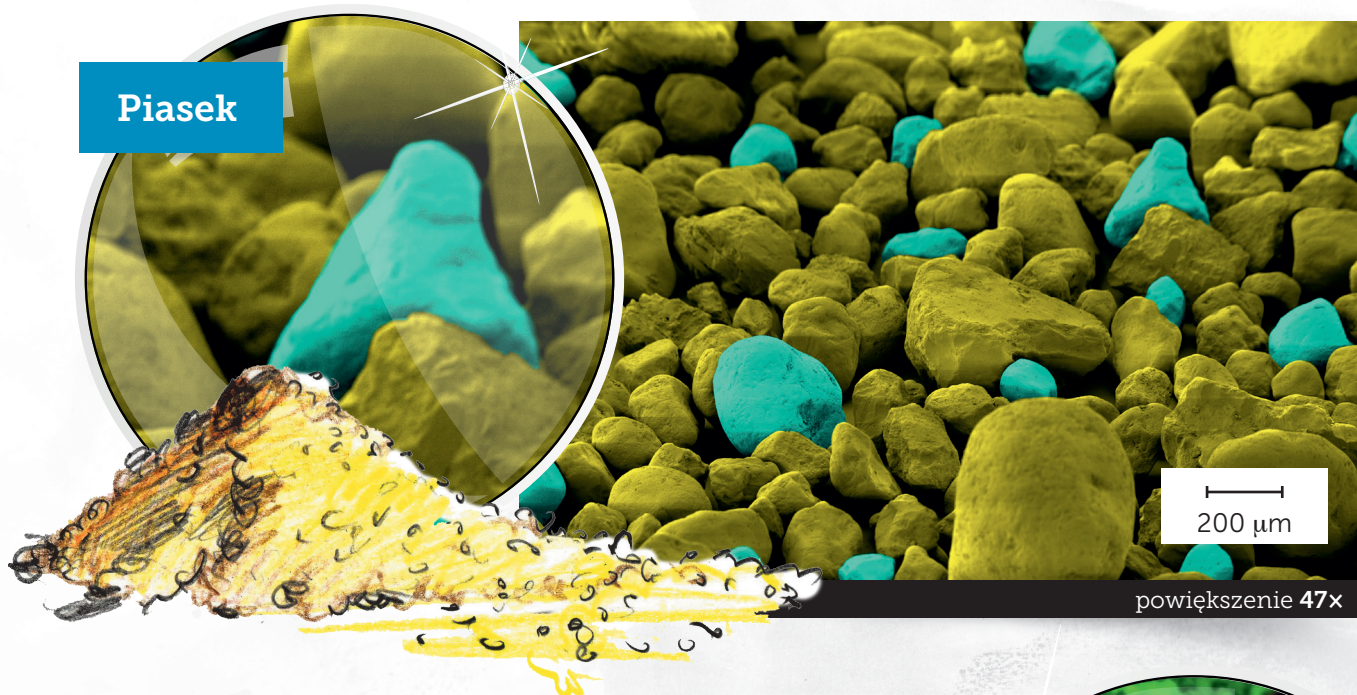


fot. Sara Metwally

powiększenie 125x

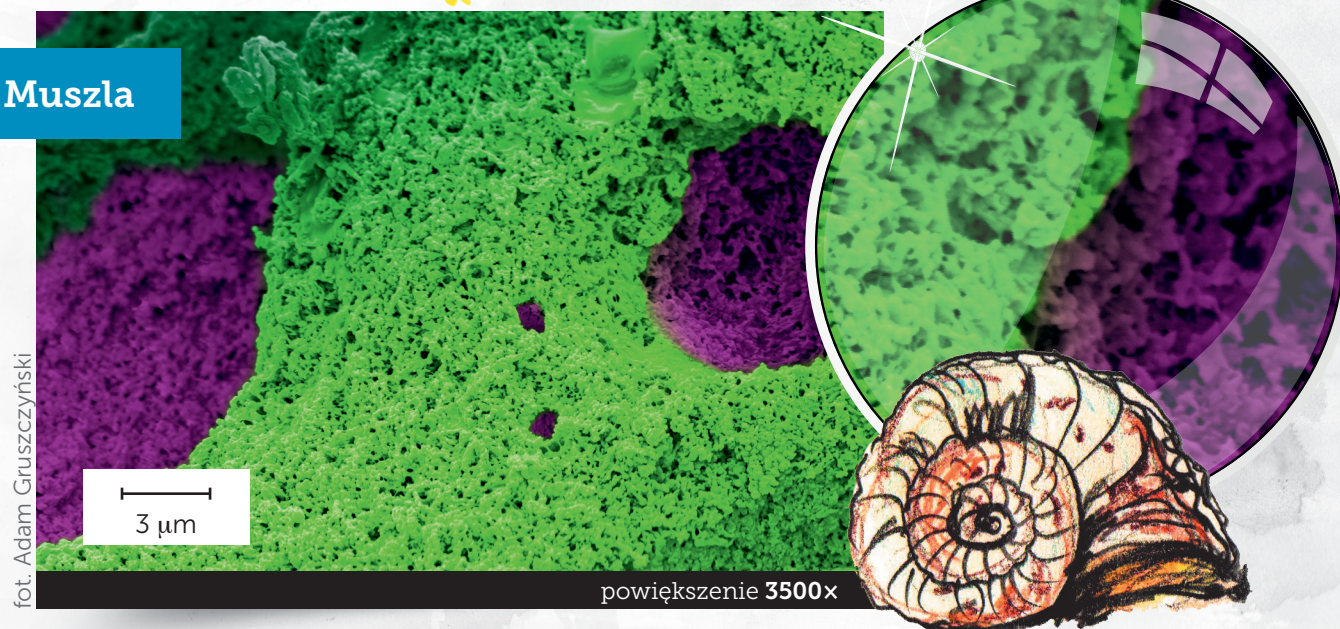


Piasek



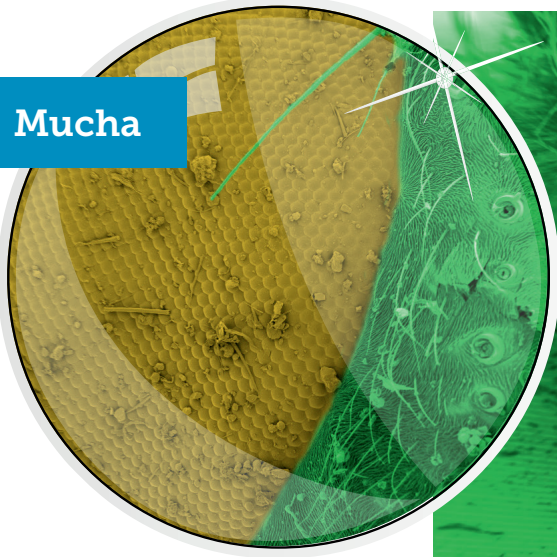
fot. Adam Gruszczyński

Muszla



fot. Adam Gruszczyński

Mucha

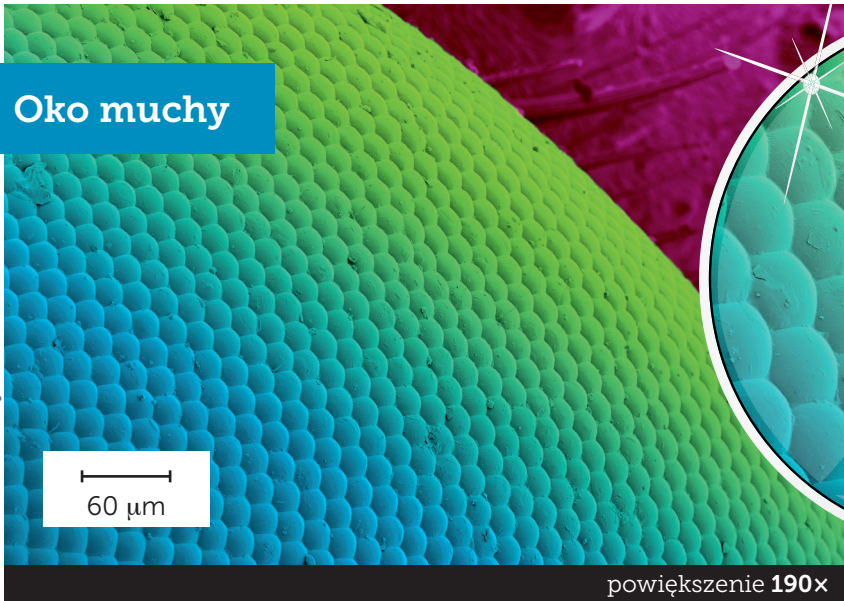


powiększenie 22x

400 μm

fol. Adam Gruszczyński

Oko muchy

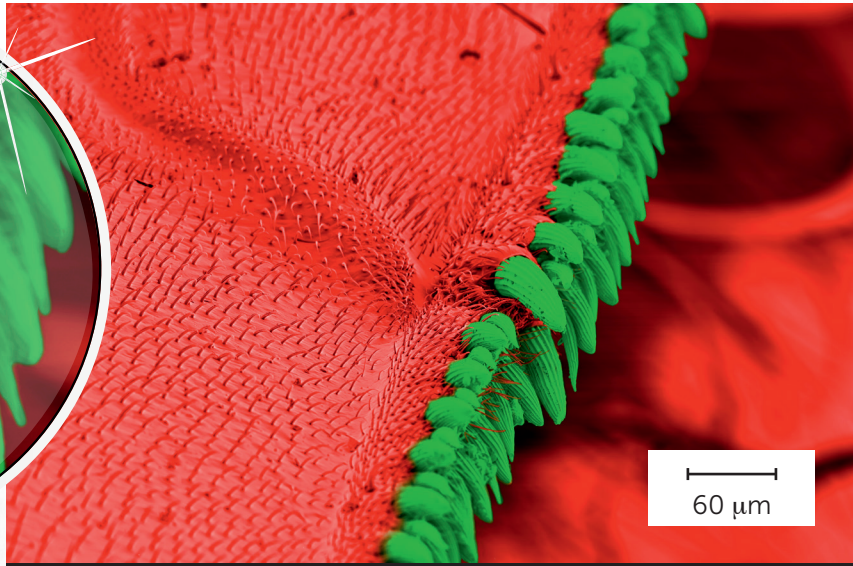


powiększenie 190x

fol. Adam Gruszczyński

60 μm

Skrzydło muchy



60 μm

powiększenie 190x

fol. Adam Gruszczyński



Komar



50

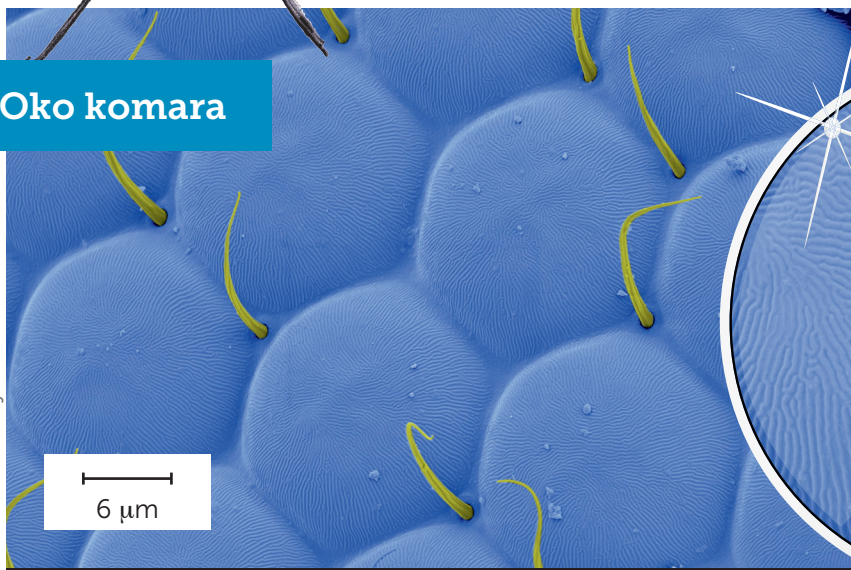


300 μm

powiększenie 18x

fot. Adam Gruszczyński

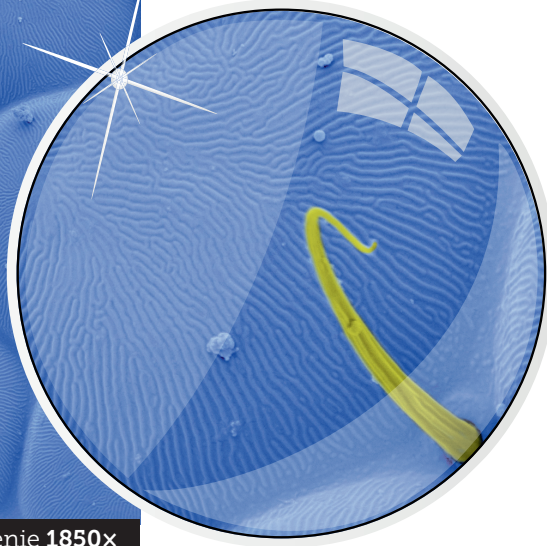
Oko komara



6 μm

powiększenie 1850x

fot. Adam Gruszczyński

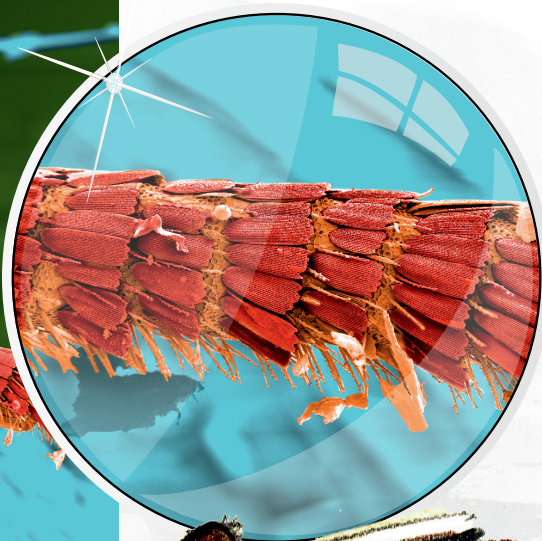


Mól



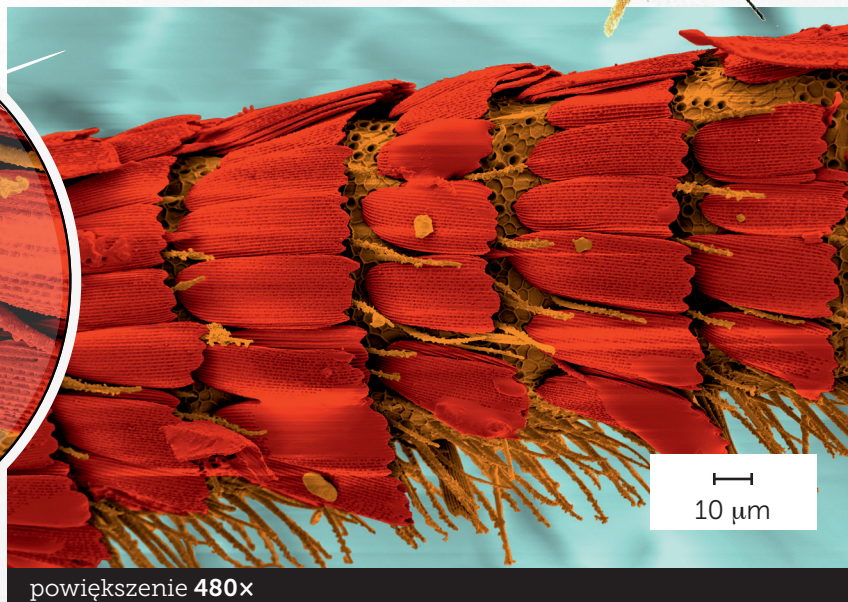
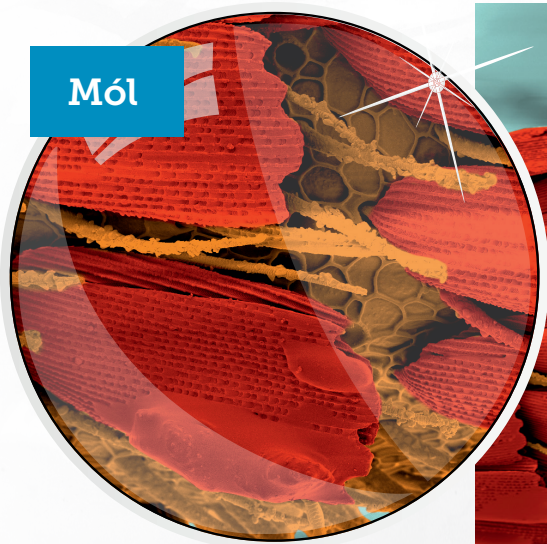
fot. Bogdan Rutkowski

powiększenie 86x



51

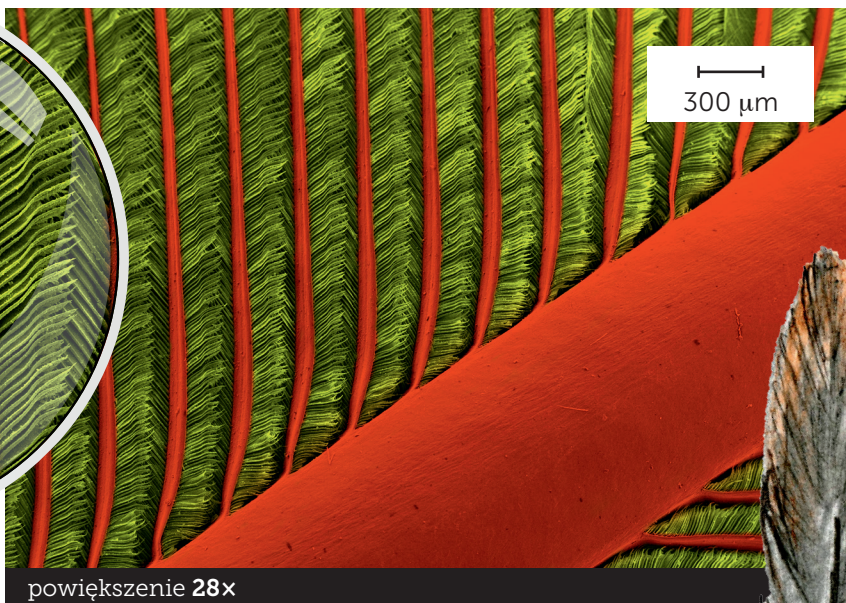
Mól



powiększenie 480x

fot. Bogdan Rutkowski

Pióro gołębia



powiększenie 28x

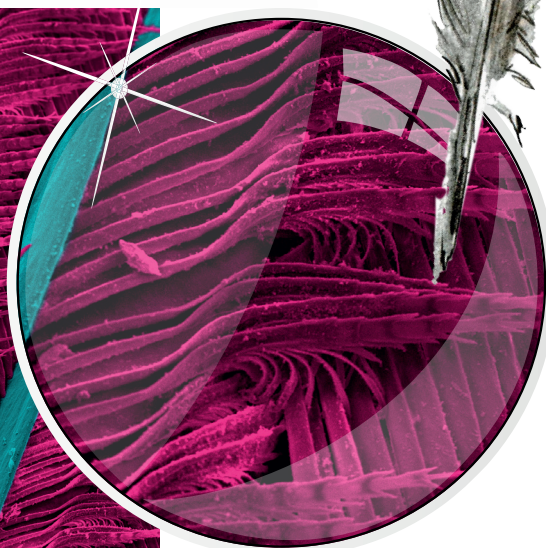
fot. Sara Metwally

Pióro gołębia



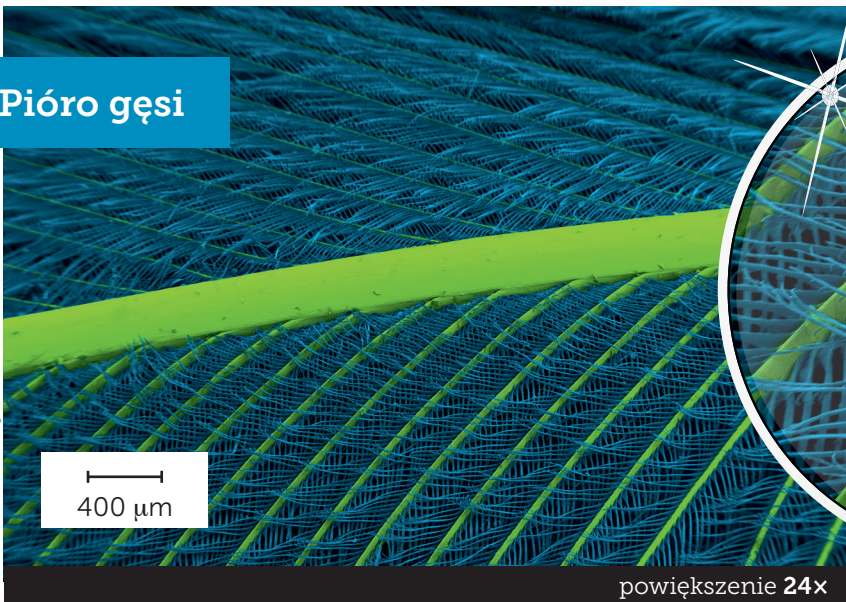
fot. Sara Metwally

powiększenie 80x



Pióro gęsi

phot. Sara Metwally



400 μm

powiększenie 24x

Pióro gęsi

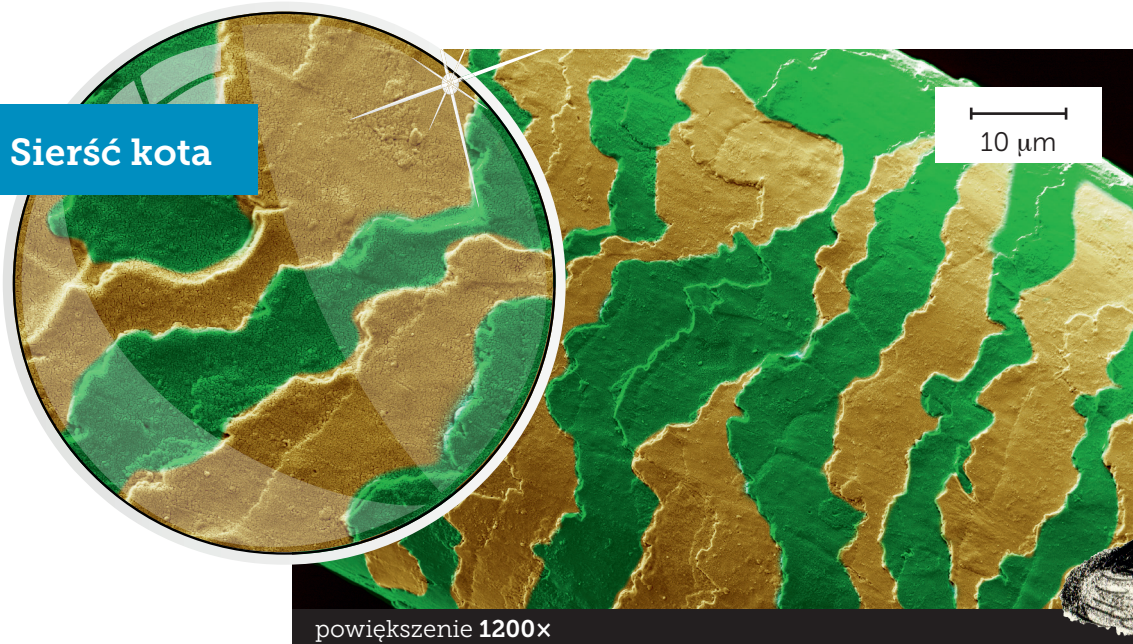


60 μm

powiększenie 120x

phot. Sara Metwally

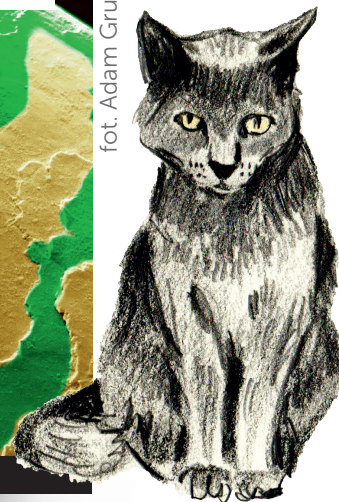
Sierść kota



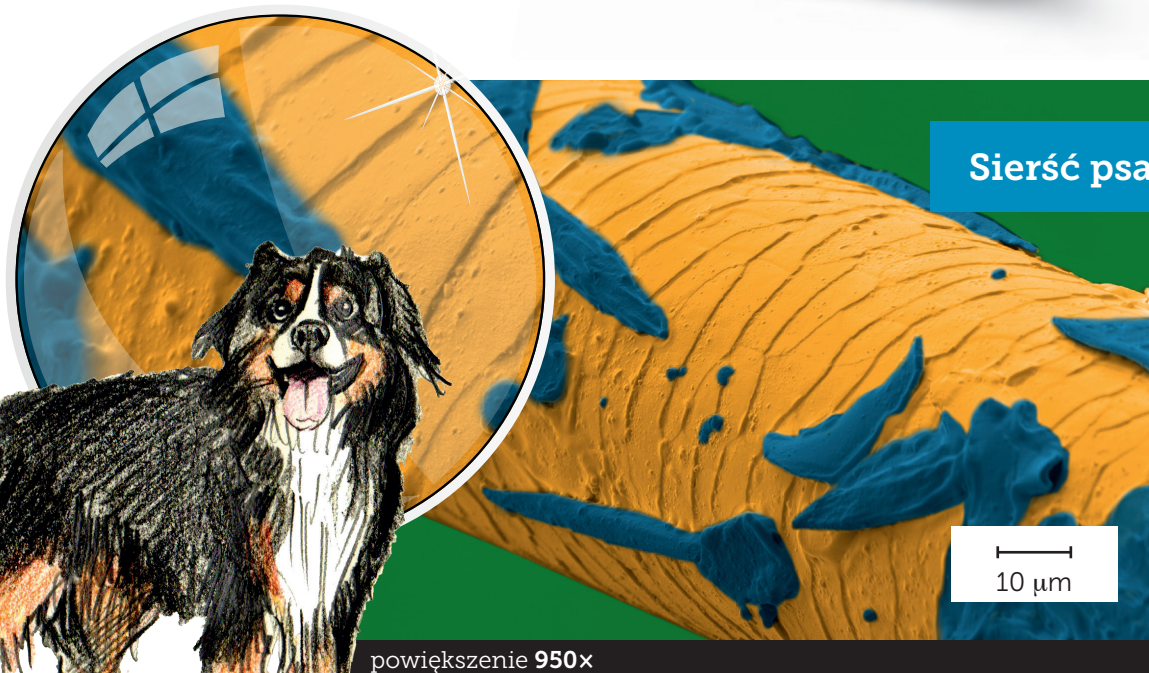
powiększenie 1200x

10 μm

fot. Adam Gruszczyński



Sierść psa



powiększenie 950x

10 μm

fot. Adam Gruszczyński



Włos ludzki

fot. Adam Gruszczyński

10 μm

powiększenie 950x

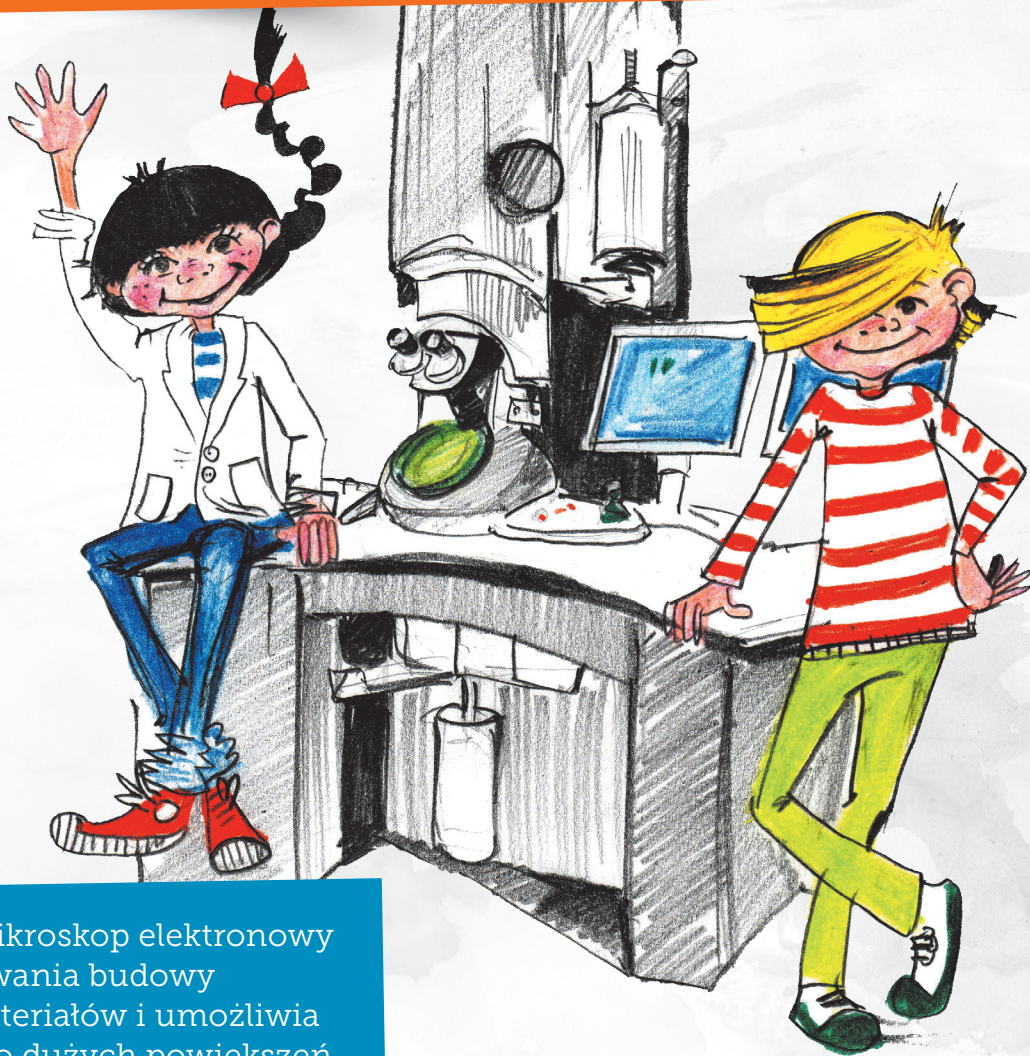
55





TRANSMISYJNA

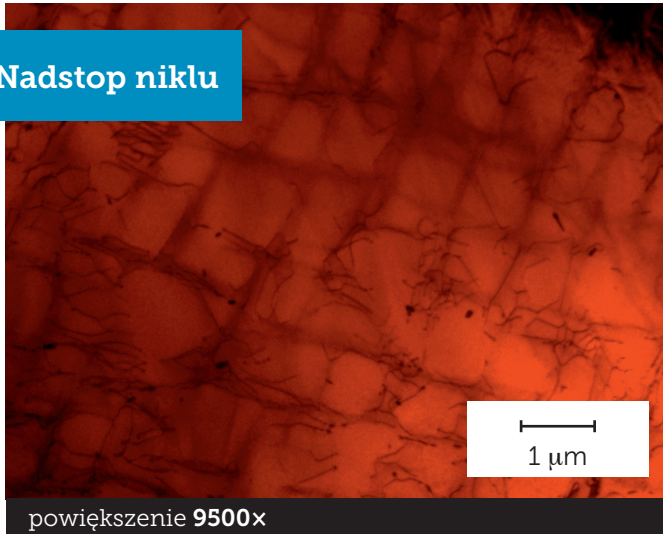
MIKROSKOPIA ELEKTRONOWA



57

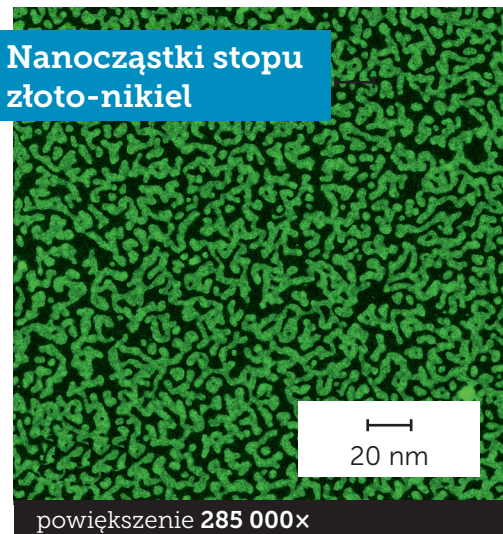
Transmisyjny mikroskop elektronowy służy do obrazowania budowy wewnętrznej materiałów i umożliwia uzyskanie bardzo dużych powiększeń.

Nadstop nikiel



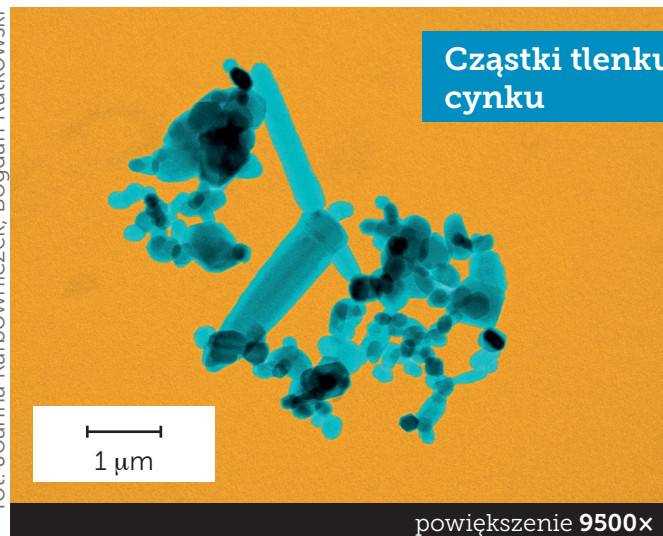
fol. Maciej Ziętara

Nanocząstki stopu złoto-nikiel



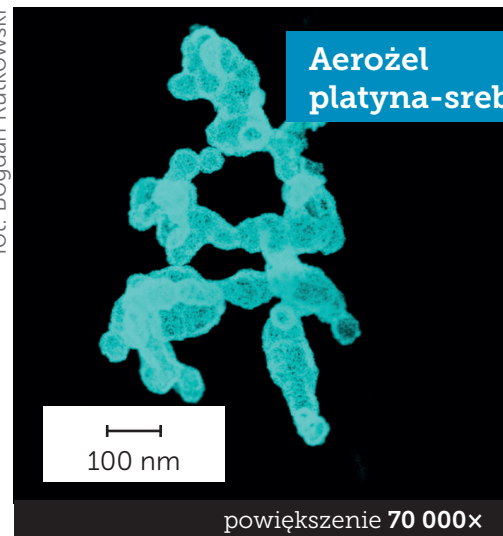
fol. Oleksandr Kryshat

fol. Joanna Karbowniczek, Bogdan Rutkowski



Cząstki tlenku cynku

fol. Bogdan Rutkowski



Aerożel platyna-srebro

Meteoryt żelazny



foto. Władysław Osuch

Nanowarstwa srebro-german

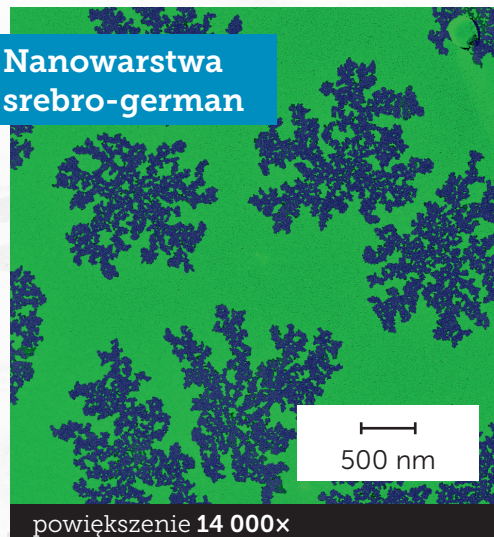


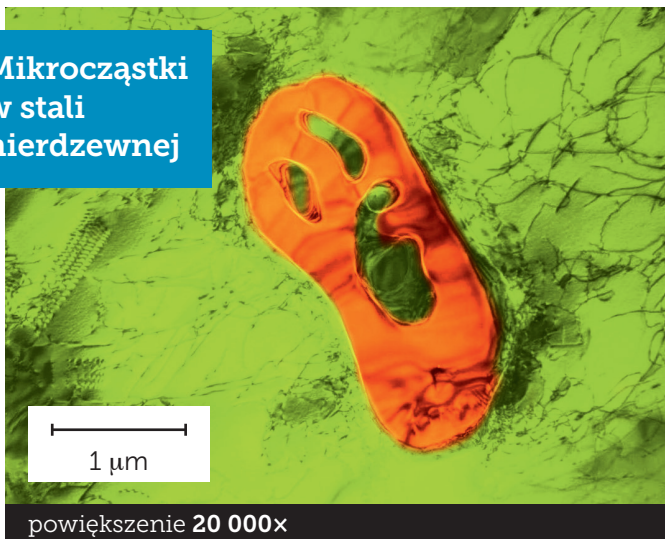
foto. Oleksandr Kryshal



Czy wiesz, że...

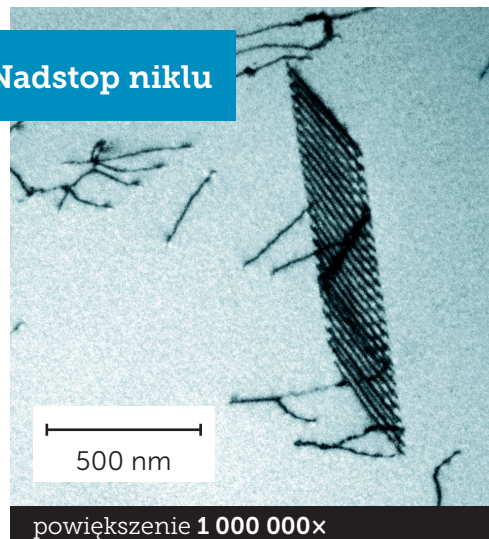
Pierwszy transmisyjny mikroskop elektronowy zbudowali Niemcy w 1931 roku – Ernst Ruska i Max Knoll. Ernst Ruska w 1986 roku za swój wynalazek otrzymał Nagrodę Nobla.

Mikrocząstki w stali nierdzewnej



fot. Władysław Osuch

Nadstop nikielu



fot. Sebastian Lech



Czy wiesz, że...

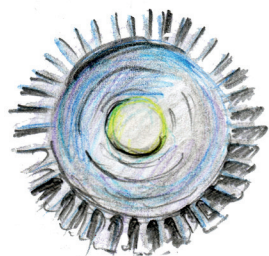
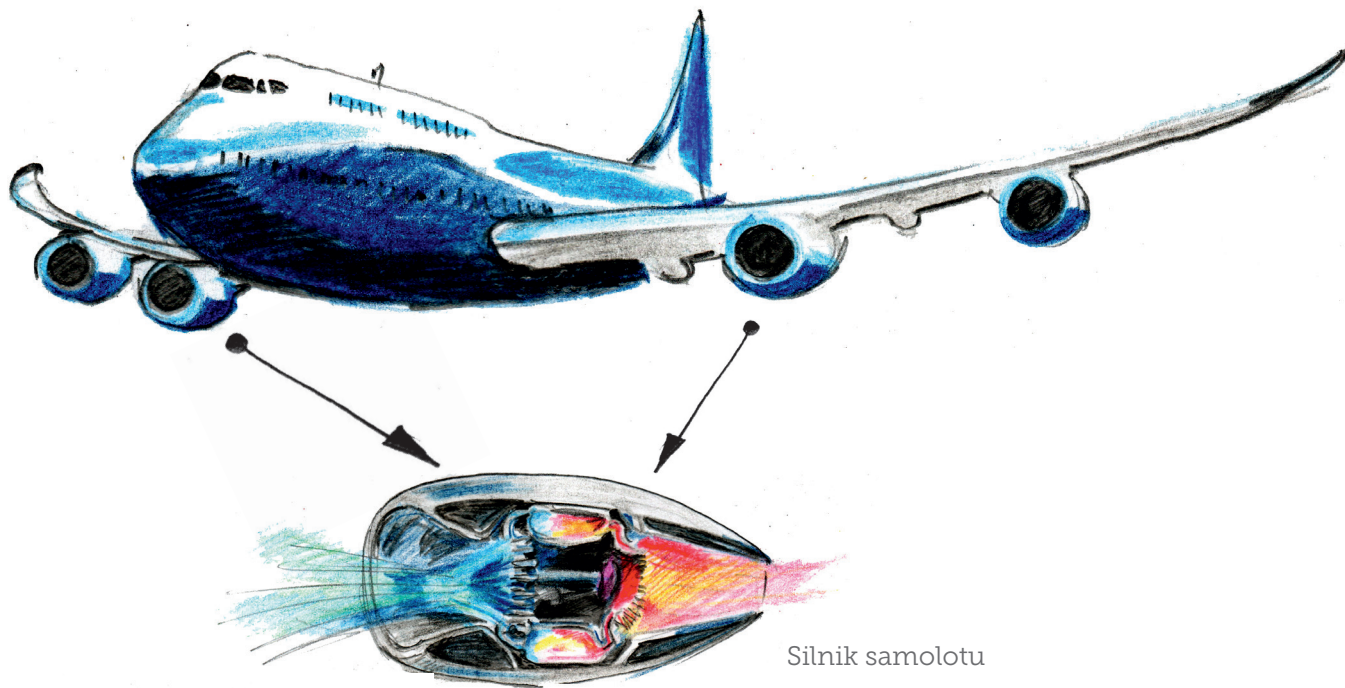
Grubość próbki wykorzystywanej w badaniach przy użyciu transmisyjnego mikroskopu elektronowego jest 1000 razy cieńsza od kartki papieru (ok. 100 mikrometrów) i wynosi ok. 50-100 nanometrów.

1 mm

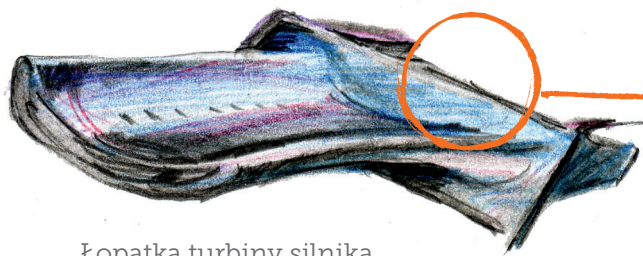


Czy wiesz, że...

Średnie powiększenie w przypadku używania transmisyjnych mikroskopów elektronowych wynosi 100 000 razy, czyli jeżeli jeden milimetr powiększymy 100 000 razy dostaniemy długość 100 000 milimetrów, co odpowiada długości 100 m. Tak więc, gdy powiększymy kwadrat o boku 1 mm, to otrzymamy powierzchnię nieco mniejszą od boiska do piłki nożnej, a obserwowane elementy mikrostruktury w powiększeniu odpowiadają długości rosnącej trawy na boisku.



Dysk z łopatkami

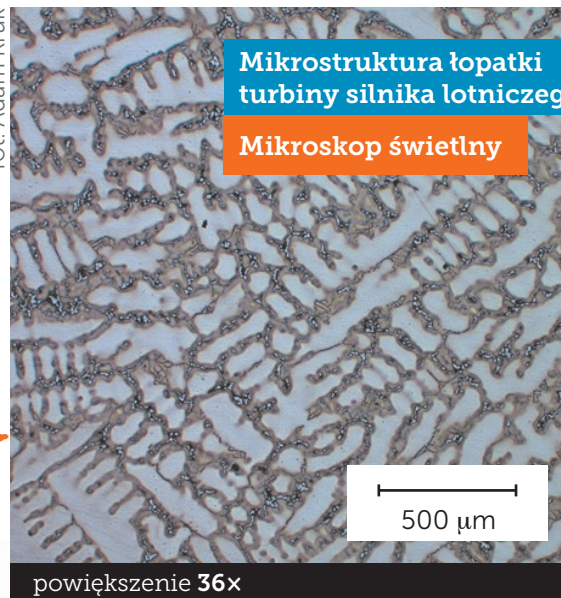


Łopátka turbiny silnika lotniczego

fot. Adam Kruk

Mikrostruktura łopátki turbiny silnika lotniczego

Mikroskop świetlny

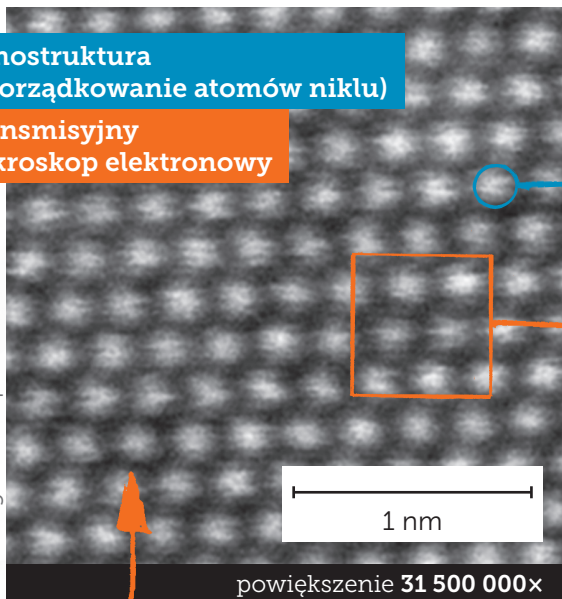
500 μm

powiększenie 36x

**Nanostruktura
(uporządkowanie atomów niklu)**

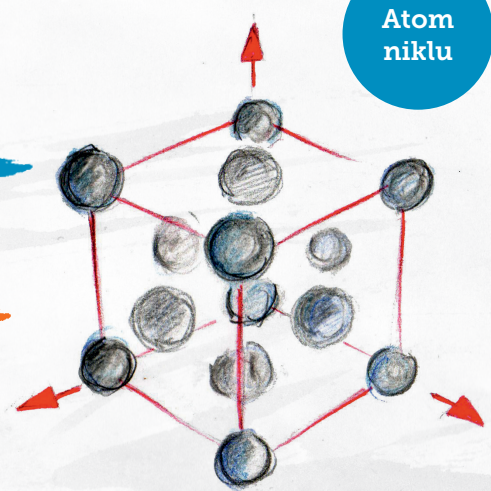
**Transmisyjny
mikroskop elektronowy**

· fot. Grzegorz Cempura



powiększenie 31 500 000x

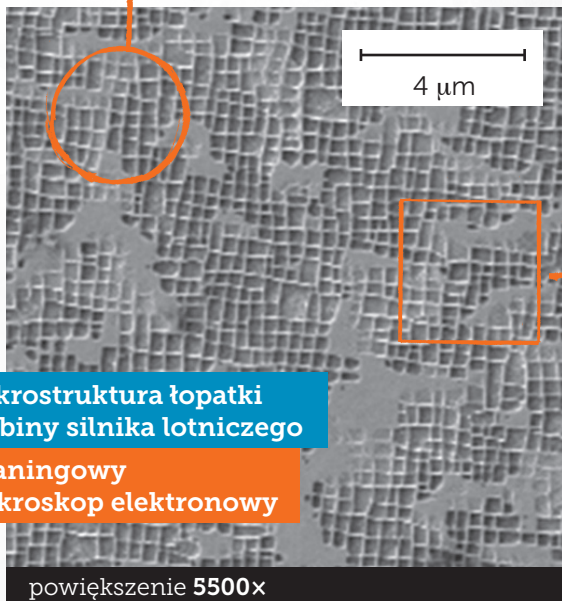
**Atom
niklu**



Schemat ułożenia atomów
w nadstopie niklu

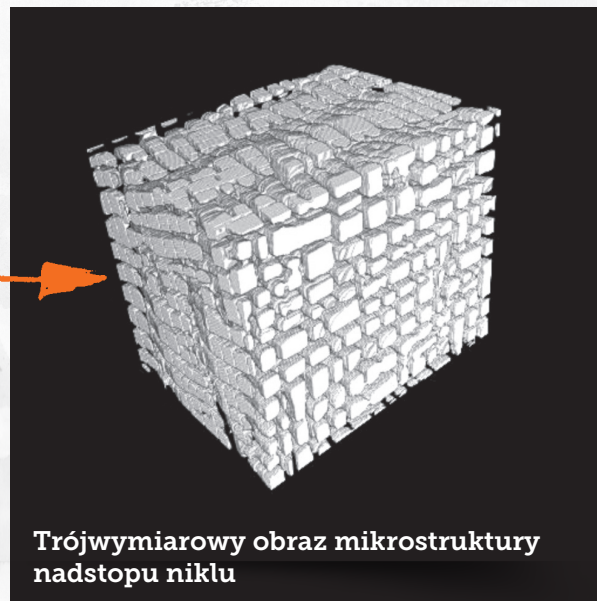
**Mikrostruktura łopatki
turbiny silnika lotniczego**

**Skaningowy
mikroskop elektronowy**



powiększenie 5500x

· fot. Maciej Ziętała

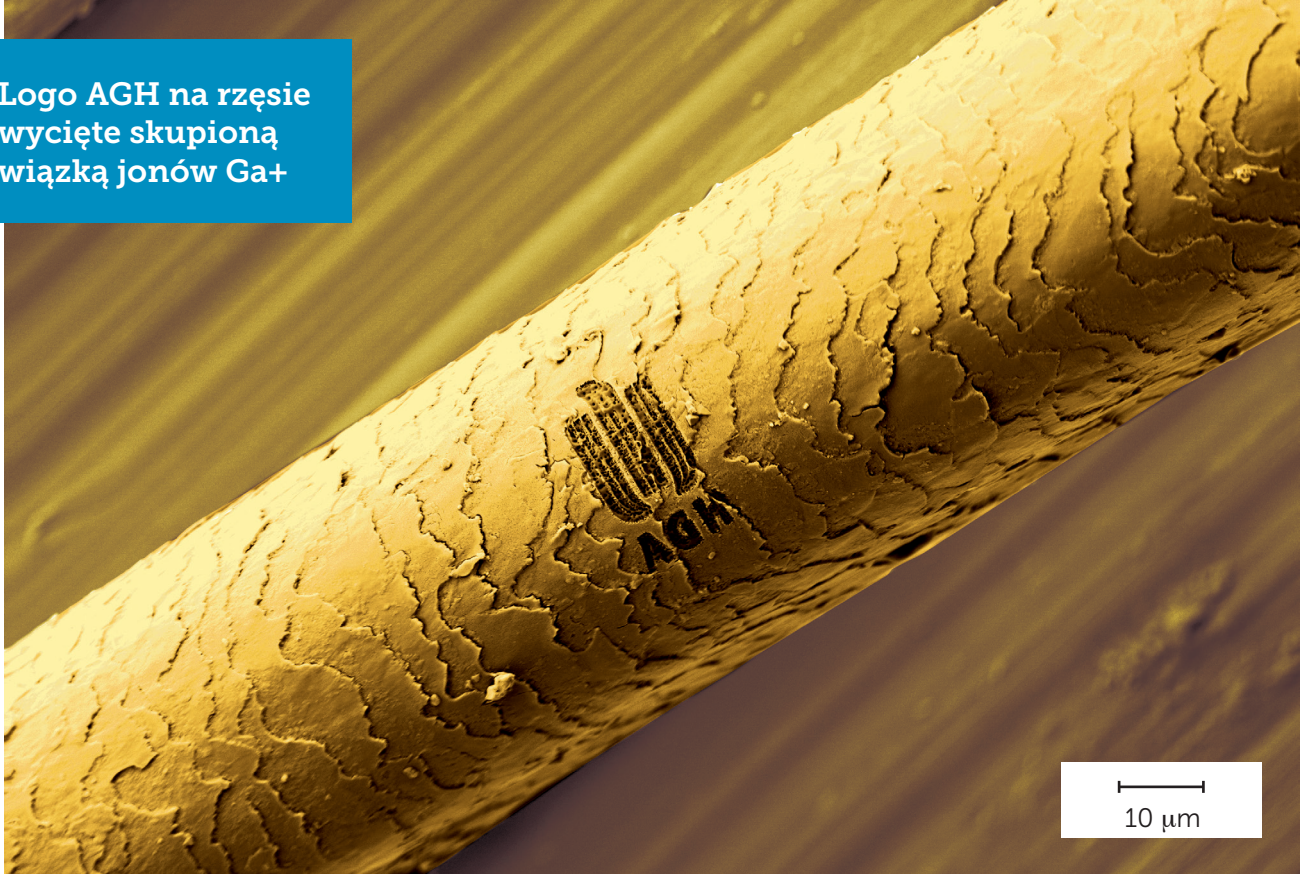


Trójwymiarowy obraz mikrostruktury
nadstopu niklu

· fot. Adam Kruk

Logo AGH na rzęsie
wycięte skupioną
wiązką jonów Ga⁺

64



powiększenie 1400×

10 μm