





Wybrane zagadnienia z optyki

dr hab. Piotr Wasylczyk

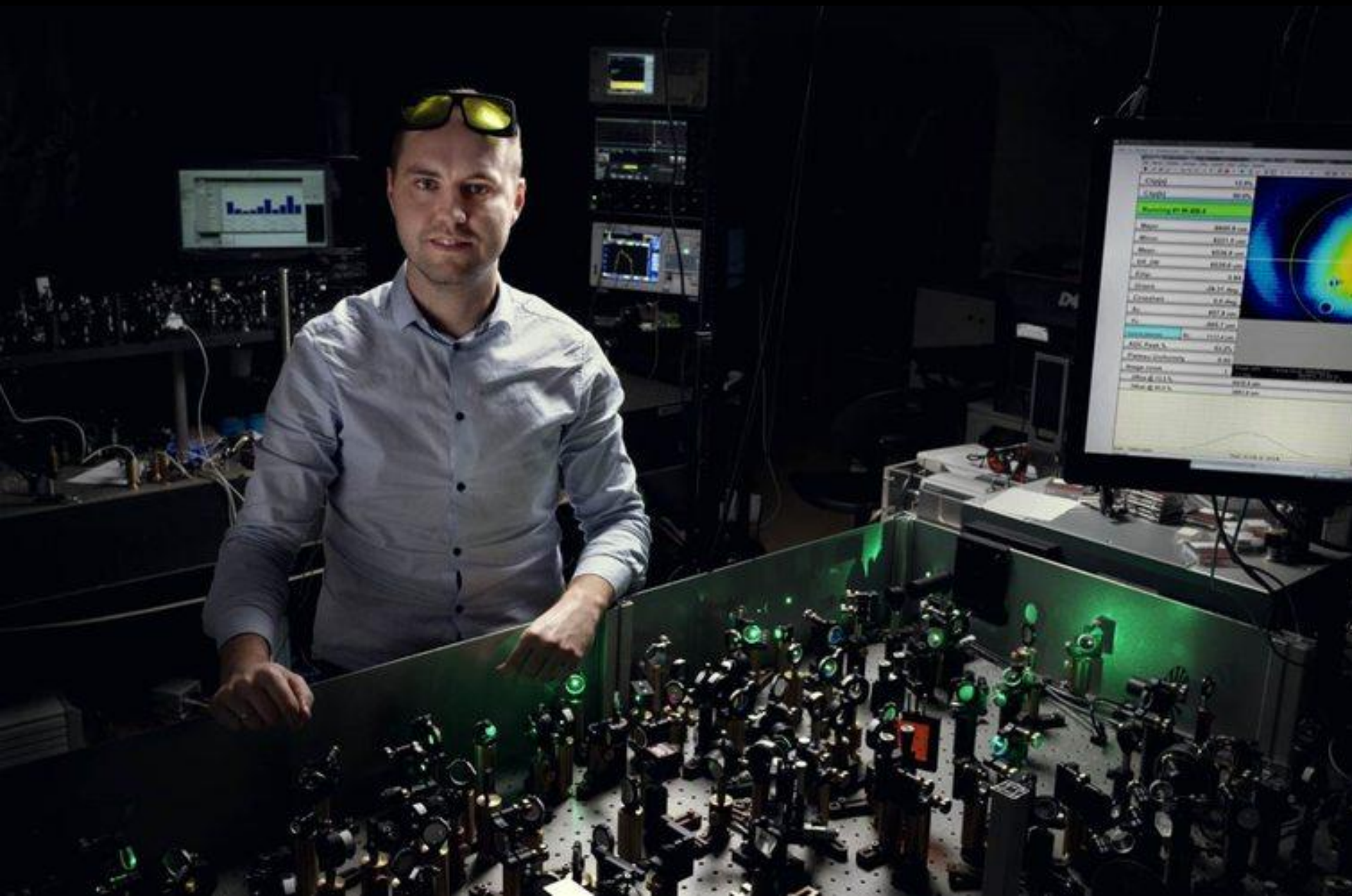
***Pracownia Nanostruktur Fotonicznych
Zakład Optyki, Instytut Fizyki Doświadczalnej***

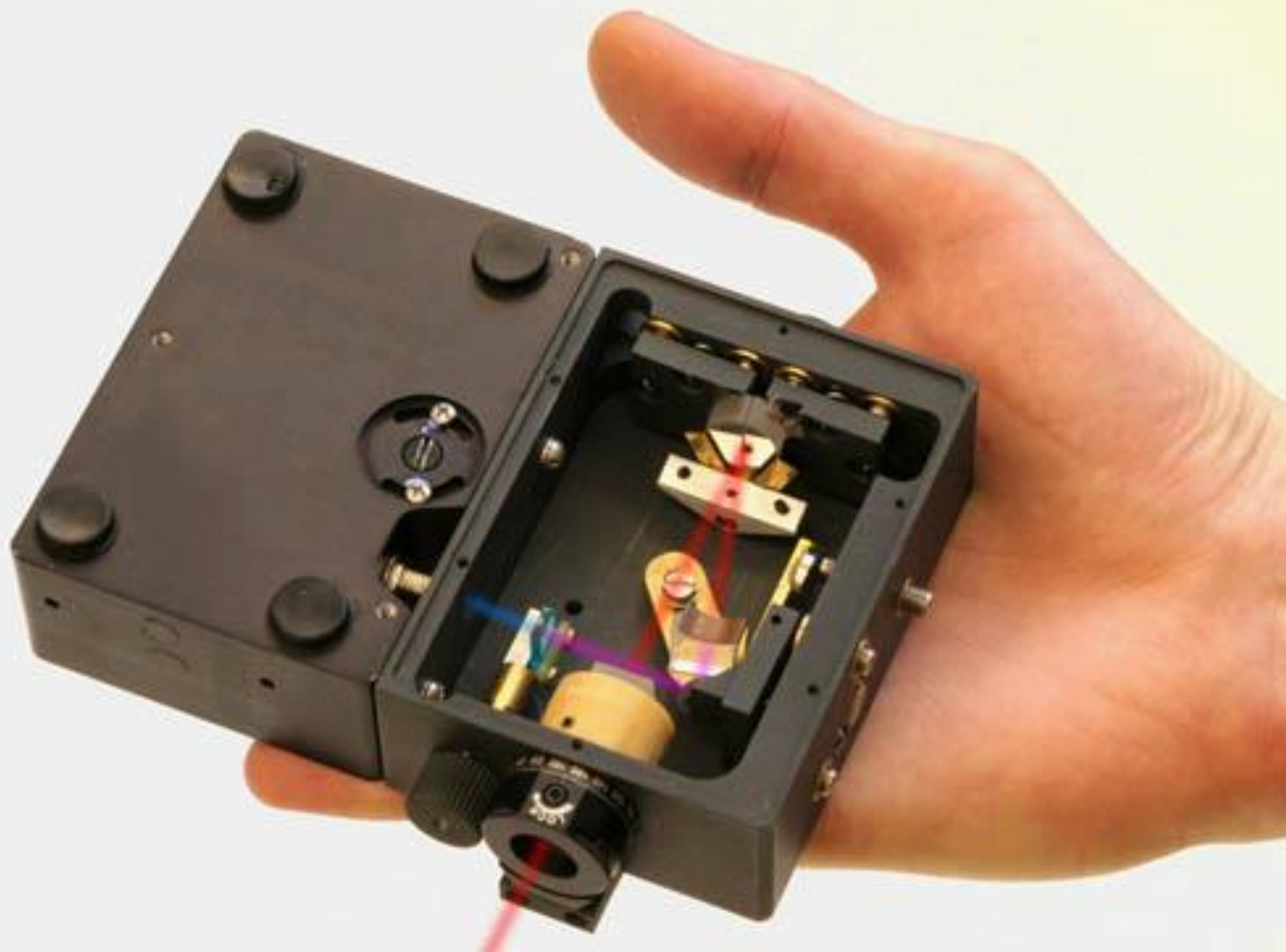
*Pasteura 5, pok. 3.38
pwasylcz@fuw.edu.pl*

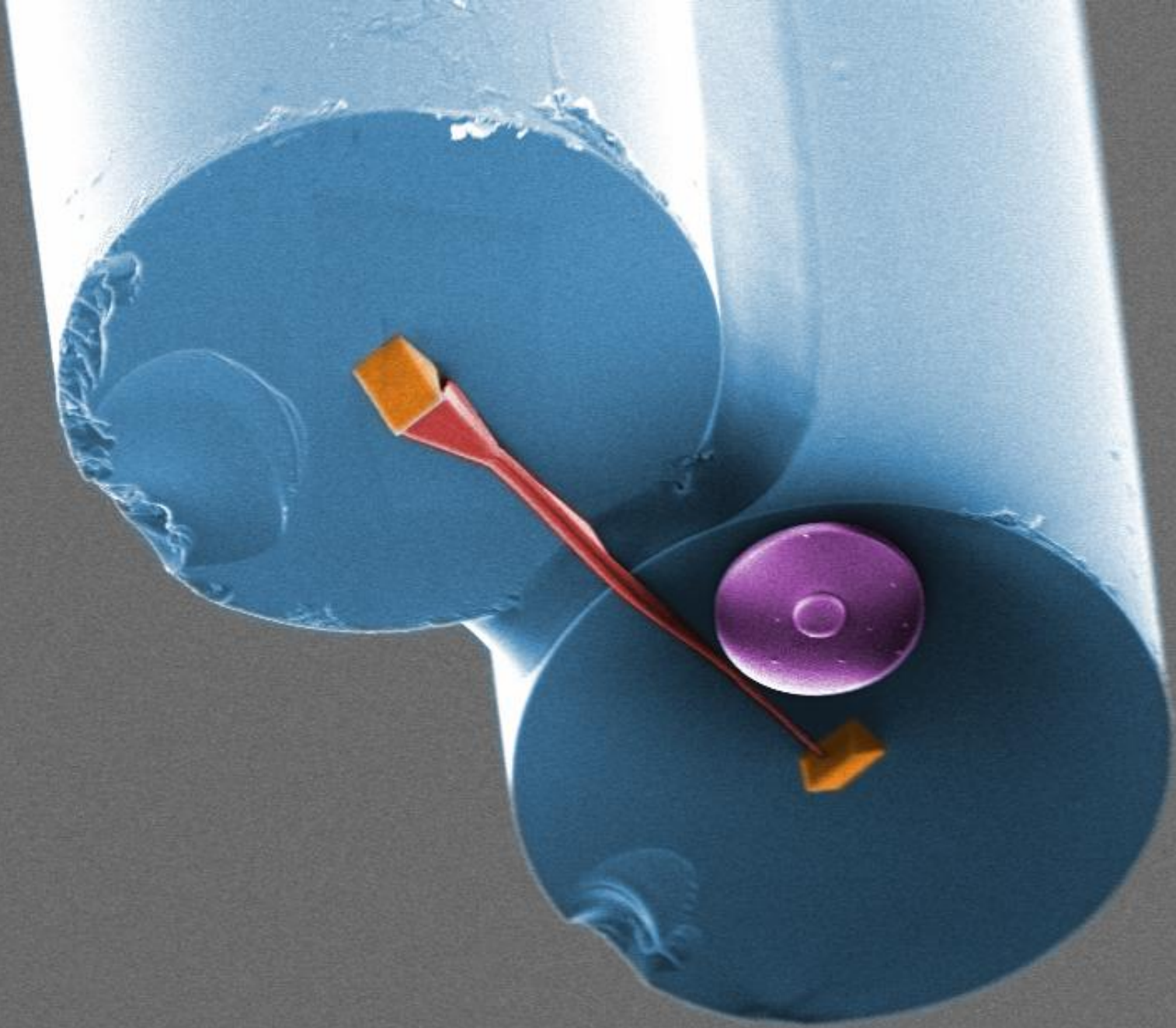
www.optics.fuw.edu.pl/przedmioty/wybrane-zagadnienia-z-optyki

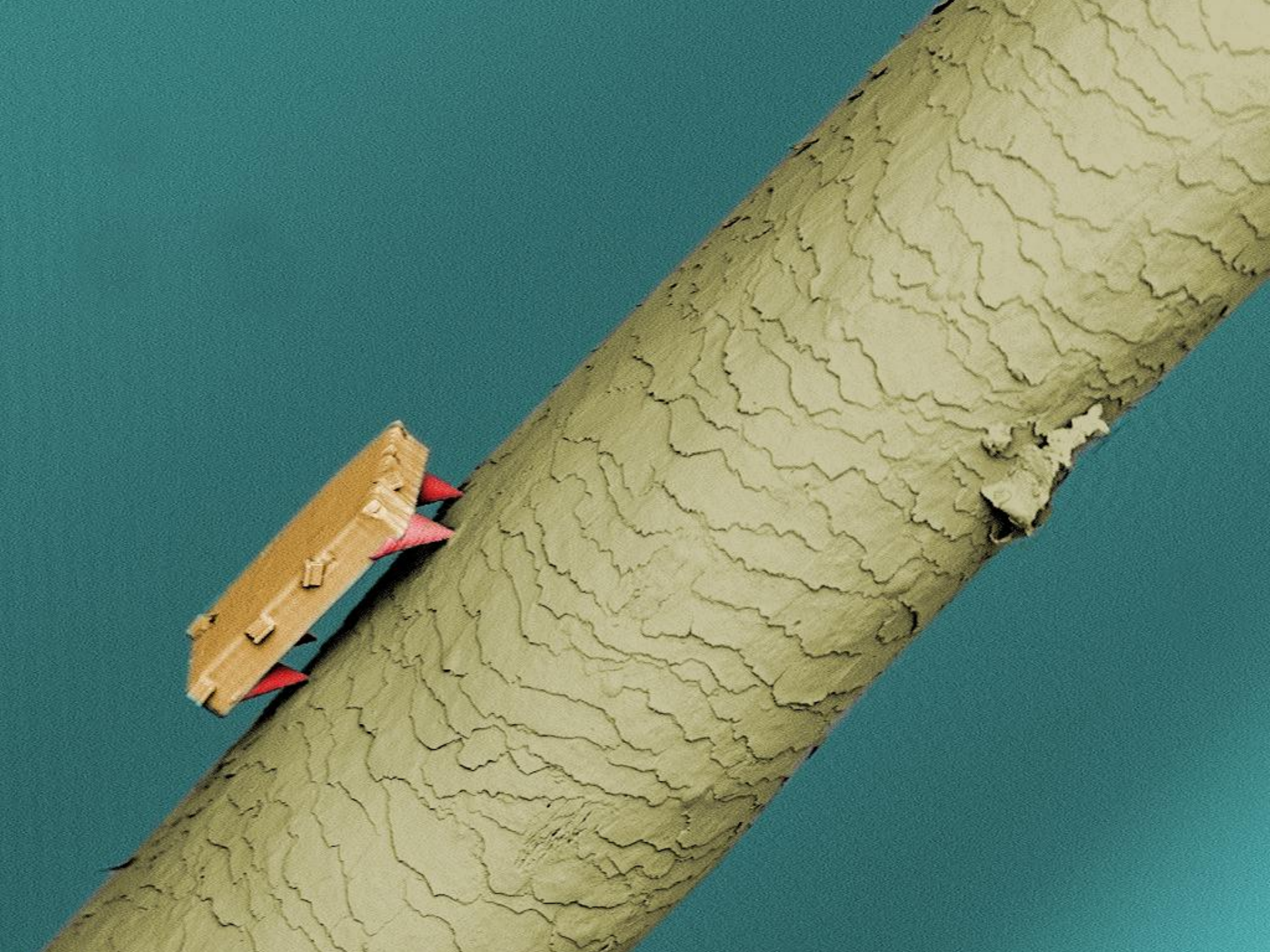
Byłoby świetnie, gdyby po tym wykładzie każdy wiedział (z grubsza):

- dlaczego lód jest przezroczysty, a śnieg biały,
- czy w tęczy jest brązowy kolor,
- czym się różni żarówka od lasera,
- jak używać soczewek,
- jak działa kino i telewizor 3D,
- jakie są największe teleskopy i co można przez nie zobaczyć,
- dlaczego optyka jest ważna i co można tu jeszcze zrobić ciekawego.











Nartnik (*Gerridae*)

5-30 mm

10 mg (typ.)



Robo-nartnik
25 mm
14 mg

Vol. 4 • No. 11 • November • 2016

www.advopticalmat.de

ADVANCED OPTICAL MATERIALS



WILEY-VCH



Macromolecular Rapid Communications



16/2019

WILEY-VCH

1/11-16/11
22/11
1/12

2/12
1/1/2020

--- "ważne doświadczenie w historii optyki"

Dreams

Narzędzia do pesety
O-O-E

Nawinik
Michał

Stenowen pługden

Mrówka
Delta robot

Siłownik z gasienicy

Simulatory
+ rysunek
bez LCE

OPTOFUIDYKA
Klaudia

Prostokątne światłowodowe
złączenia

Marcin
Dominika
Michał

Early Experiments

Mrówka
Ania

Mikrofluidyka z LCE
Klaudia

Oscylator - Żabka
Michał

Advanced Experiments

Odpowiedź LCE
Pnemele

Siłowniki na światłowodach
Michał
Klaudia
Paweł
Michał

Writing

Publishing

Siłnik

Klaudia
Michał
Pnemele

SYMULACJE KUBY

Pieciok (state klasyczny)

atomów?

Adv. Opt. Mat. 201801604

Michał:

Support across scales:

synteza	model z fabryki	obraz	przebieg	przebieg do składu	my	swady?

Fabrication

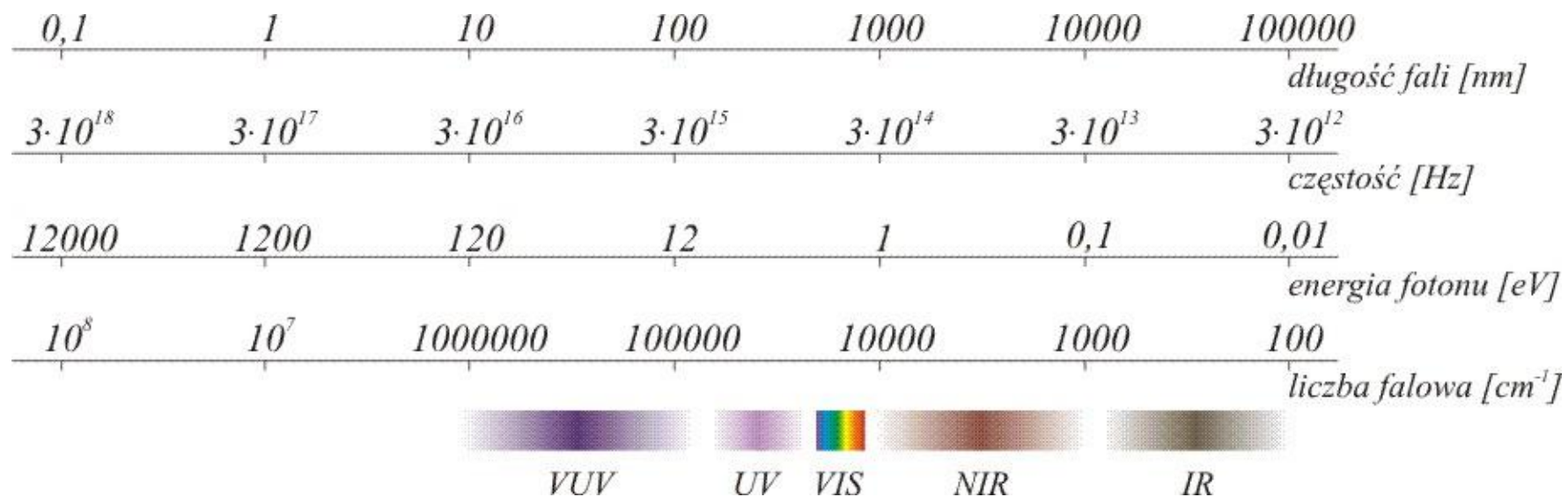
3D print
(mimo, 2018)

W
No
IC



Optyka powinna się Państwu
kojarzyć ze światłem

prof. C. Radzewicz





fale EM	fotony
długość, λ [m]	energia, E [J, eV]
częstość, ν [1/s, Hz]	pęd, p [Js/m]
częstość kołowa, ω [rad/s]	masa, $m=0$ [kg]
amplituda [V/m]	strumień energii [J/m ²]
natężenia, I [W/m ²]	strumień fotonów [1/m ² s]
liczba falowa, k [cm ⁻¹]	liczba falowa, k [cm ⁻¹]

Przykład: światło zielone

- ✓ długość fali w próżni $\lambda = 5 \times 10^{-7} \text{ m} = 0,5 \text{ }\mu\text{m} = 500 \text{ nm} = 5000 \text{ }\text{\AA}$
- ✓ częstość $\nu = c/\lambda \approx 6 \times 10^{14} \text{ Hz} = 0,6 \text{ PHz}$
- ✓ energia fotonu $h\nu \approx 4 \times 10^{-19} \text{ J} \approx 2,48 \text{ eV}$
- ✓ liczba falowa $k \approx 20000 \text{ cm}^{-1}$



Photons – not a definition

All the fifty years of continuous brooding have brought me no closer to answer the question: What are light quanta? Of course today any rascal thinks he knows the answer, but he is deluding himself.

A. Einstein

[...] a photon is any eigenstate of the total number operator belonging to the eigenvalue 1.

L. Mandel

[...] the photon is not an object that can be pinned down like a beautiful butterfly in a collection. The photon tells us, "*I am who I am!*" in no uncertain way and invites us to get better acquainted with it.

C. Roychoudhuri
R. Roy

This brings us to the most common, and probably unhelpful, definition of a photon: $|1\rangle$, the result of the photon creation operator $\hat{a}^\dagger$ acting on the vacuum state $|0\rangle$.

P. Mosley

A photon is what makes my photon detector go *click*

R. Glauber



Empedokles (492 p.n.e. Agrigento (Sycylia) – ok. 430 p.n.e)

- 4 pierwiastki/żywioły (ziemia, powietrze, ogień, woda); światło budowane jest z ognia, wychodzi z oka i umożliwia widzenie, Słońce pełni jedynie rolę pomocniczą w procesie Widzenia
- kwintesencja, budulec niebios - BEC
- skończoność prędkości światła

Platon (427 p.n.e. -347 p.n.e.)

- teoria oddziaływania światła pochodzącego z oka i światła słonecznego: oba tworzą kanał, dzięki któremu informacje docierają do duszy

Euklides (ok. 365 p.n.e. - ok. 300 p.n.e.)

- dalszy ciąg teorii „dwóch światel”
- światło porusza się po liniach prostych

Ptolemeusz (ok. 100 - ok. 175)

- załamanie na granicy ośrodków
- kąt padania/kąt załamania = const



Abu Ali al-Hassan ibn al-Haytham, Alhazen (965 Basra (Irak) - 1038)

- optyka geometryczna
- światło jest niezależne od oka
- obserwacje zachodu słońca – refrakcja w atmosferze (szacunki grubości 15-40 km)
- załamanie – konsekwencja różnic prędkości, skończona prędkość światła

Roger Bacon (1214(?) Ilchester, Somerset - 1292)

- soczewki do zastosowań okularowych
- wzmianki o przyrządach optycznych (teleskop, mikroskop)
- tęcza jako wynik refrakcji
- skończona prędkość światła

Vitelon (Erazm Ciołek) (ok. 1230 Legnica(?)) - między 1280 a 1314)

- prostoliniowe rozchodzenie się światła, odbicie, rozpraszanie, załamanie
- świetlne zjawiska meteorologiczne
- psychologiczne i fizjologiczne aspekty widzenia

Leonardo da Vinci (1452 Vinci- 1519)

- wzmianki o teleskopie zwierciadlanym
- budowa oka jako przyrządu obrazującego



Hans i Zachariasz Janssen (ok. 1580 – ok. 1638)

1590 - mikroskop optyczny

Galileusz (1564 Piza -1642)

- teleskop

Kartezjusz (1596 La Haye-en-Touraine – 1650)

- prawo odbicia
- światło jako tendencja ruchu w plenum

Willebrord van Roijen Snell (1580 Leida – 1626)

- prawo załamania

Pierre de Fermat (1601 Beaumont-de-Lomagne – 1665)

- prawo najkrótszego czasu przelotu

Erasmus Bartholin (1625 Roskilde –1698)

- obserwacje dwójłomności *Experimentia Crystalli Islandici Disdiaclastici* (1669)



Issac Newton (1643 Woolsthorpe-by-Colsterworth – 1727)

- widmo światła białego (kolory, ich widzenie i rozumienie)
- *Opticks* (1704)

Christiaan Huygens (1629 Haga - 1695)

- *Traite de la Lumiere* (1679)

Leonhard Euler (1707 Bazylea - 1783)

- światło jako fale w eterze
- *Lettres a une princesse d'Allemagne*

Fresnel, Poisson, Arago

Michael Faraday (1791 Newington Butts - 1867)

Thomas Young (1733 Milverton- 1829)

James Clerk Maxwell (1831 Edinburgh - 1879)

John William Strutt, 3rd Baron Rayleigh (1842 Langford Grove- 1919)



Pomiary prędkości światła

1638, Galileusz – idea pomiaru, $c > 30\,000$ m/s

1673, Huygens – skończona prędkość

1676, Romer – promień orbity Ziemi /22 minuty

1686, Newton, *Principia* – Słońce-Ziemia /10 minut

1704, Newton, *Opticks* – Słońce-Ziemia /7-8 minut

Od 1967:

1 sekunda = czas trwania 9 192 631 770 okresów drgań promieniowania odpowiadającego przejściu pomiędzy dwoma poziomami nadsubtelnymi w stanie podstawowym atomu cezu 133.

Od 1983:

metr = odległość jaką przebywa światło w próżni w czasie 1/299,792,458 sekundy.



Max Planck (1858 Kilonia - 1947)

Albert Einstein (1879 Ulm- 1955)

William Henry Bragg (1862 - 1942), William Lawrence Bragg (1890 - 1971)

Edwin H. Land (1909 Bridgeport, CT - 1991)

Richard Feynman (1918 Far Rockaway, NY- 1988) – pogodzić fale i cząstki

Dennis Gabor (1900 Budapeszt - 1979) - holografia

Laser – T. Maiman (1960)

Kondensat Bosego-Ensteina (BEC) – Cornell, Wieman (1995)

Optyka "dyfrakcyjna", spójność światła, kontrast fazowy – Zernike

Optyka kwantowa – Glauber, Fock, Zeilinger, Walmsley, Wódkiewicz, Banaszek

Nagrody Nobla związane z optyką

Fizyka

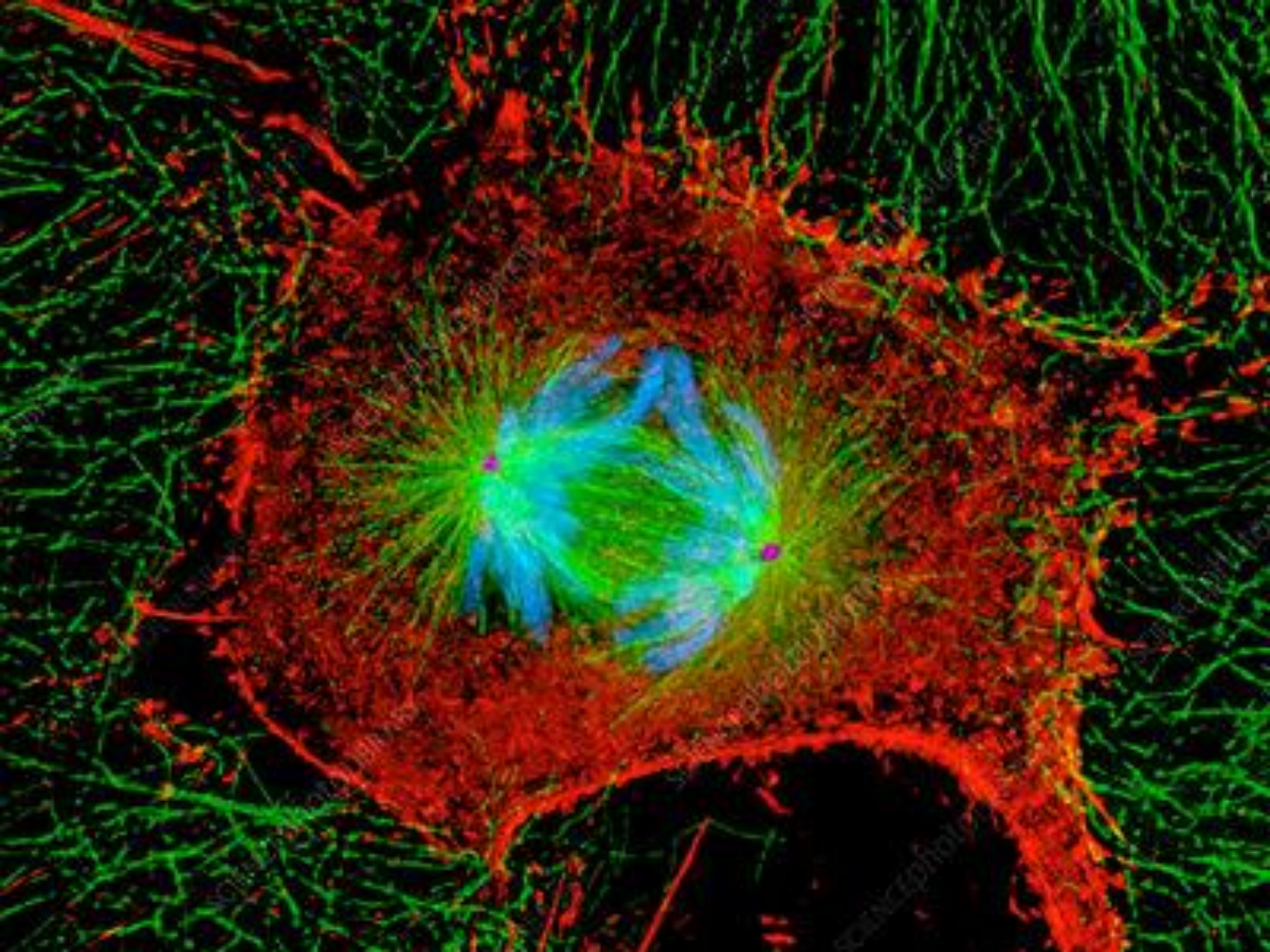
- 2023 – impulsy attosekundowe
- 2022 – kwantowe własności światła (splątanie)
- 2018 – pęseta optyczna i wzmacnianie impulsów
- 2009 – światłowody i matryce CCD
- 2005 – optyczny grzebień częstości
- 2001 – BEC
- 1997 – pułapkowanie i chłodzenie światłem
- 1989 – Ramsey, Paul
- 1981 – mikroskopia
- 1971 – holografia
- 1964 – laser
- 1953 – kontrast fazowy
- 1921 – Einstein
- 1908 – fotografia interferencyjna, Lippmann

Chemia

- 2014 – mikroskopia superrozdzielcza
- 2008 – białka fluorescencyjne
- 1999 – femtochemia
- 1986 – chemiluminescencja
- 1967 – fotoliza błyskowa



© The Nobel Foundation 2006



Gdzie się uprawia optykę na F UW-ie (i w okolicy)

-IFD

-IFT

-Katedra Optyki Kwantowej i Fizyki Atomowej

-RDD

-KK

-KP

-IGF

-Zakład Fotoniki

-Strukturyzowana - RB

-Mikrooptyka

-Optyka widzenia

-Zakład Optyki Informacyjnej

-Nanofotonika

-Nadrodzielczość

-Plazmonika i materiały funkcjonalne

-CENT

-Centre for Quantum Optical Technologies



I now wish to discuss some principles which belong to optics.
If the consideration just mentioned [mathematics] is noble and pleasing,
the one in hand is far nobler and more pleasing,
since we take especial delight in vision,
and light and colour have an especial beauty
beyond the other things that are brought to our senses.

Roger Bacon