

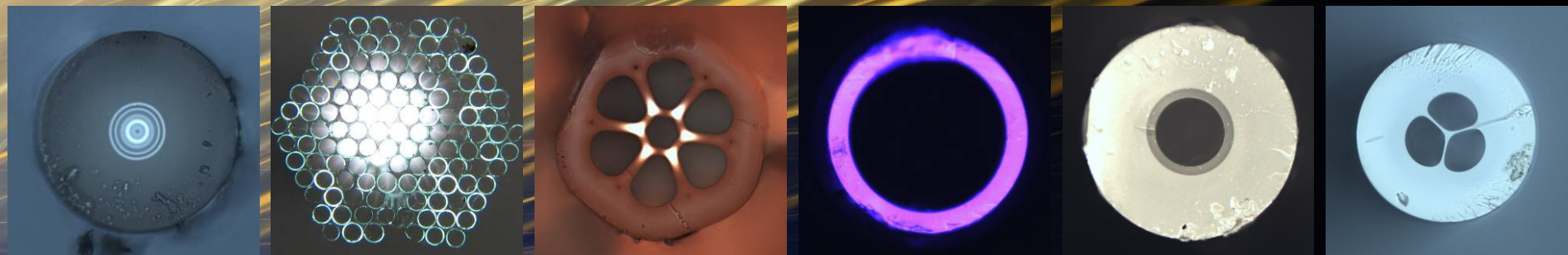


Optická vlákna a vláknové sensory

I. Kašík

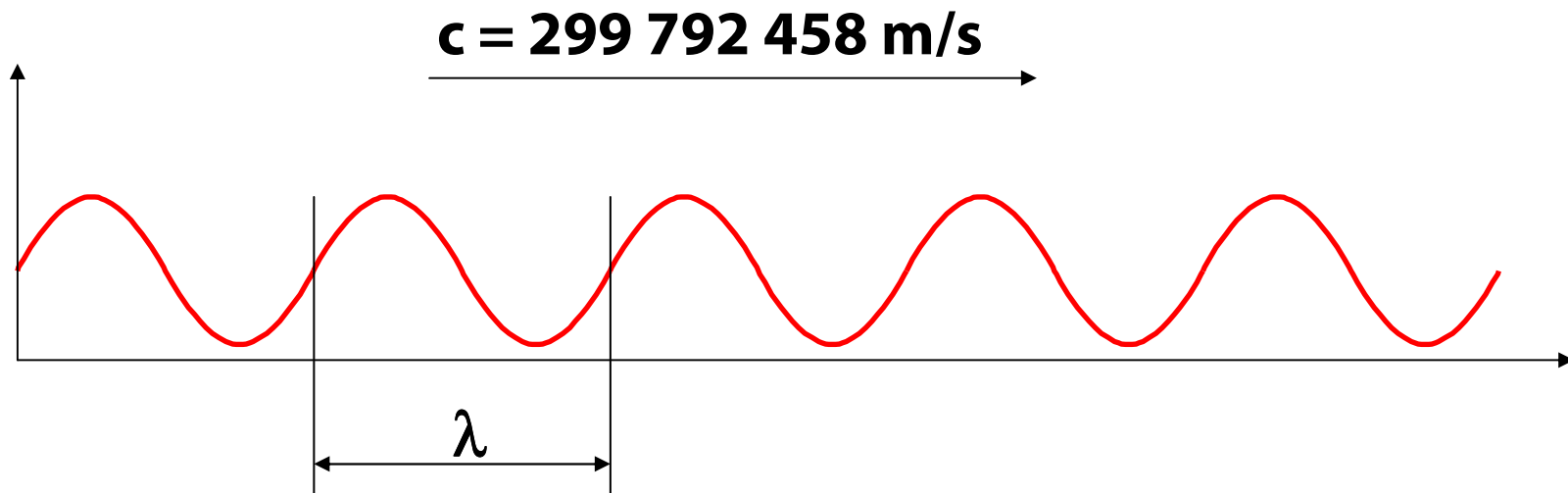
Ústav fotoniky a elektroniky, AVČR, v.v.i.

www.ufe.cz/dpt240



Fotonika

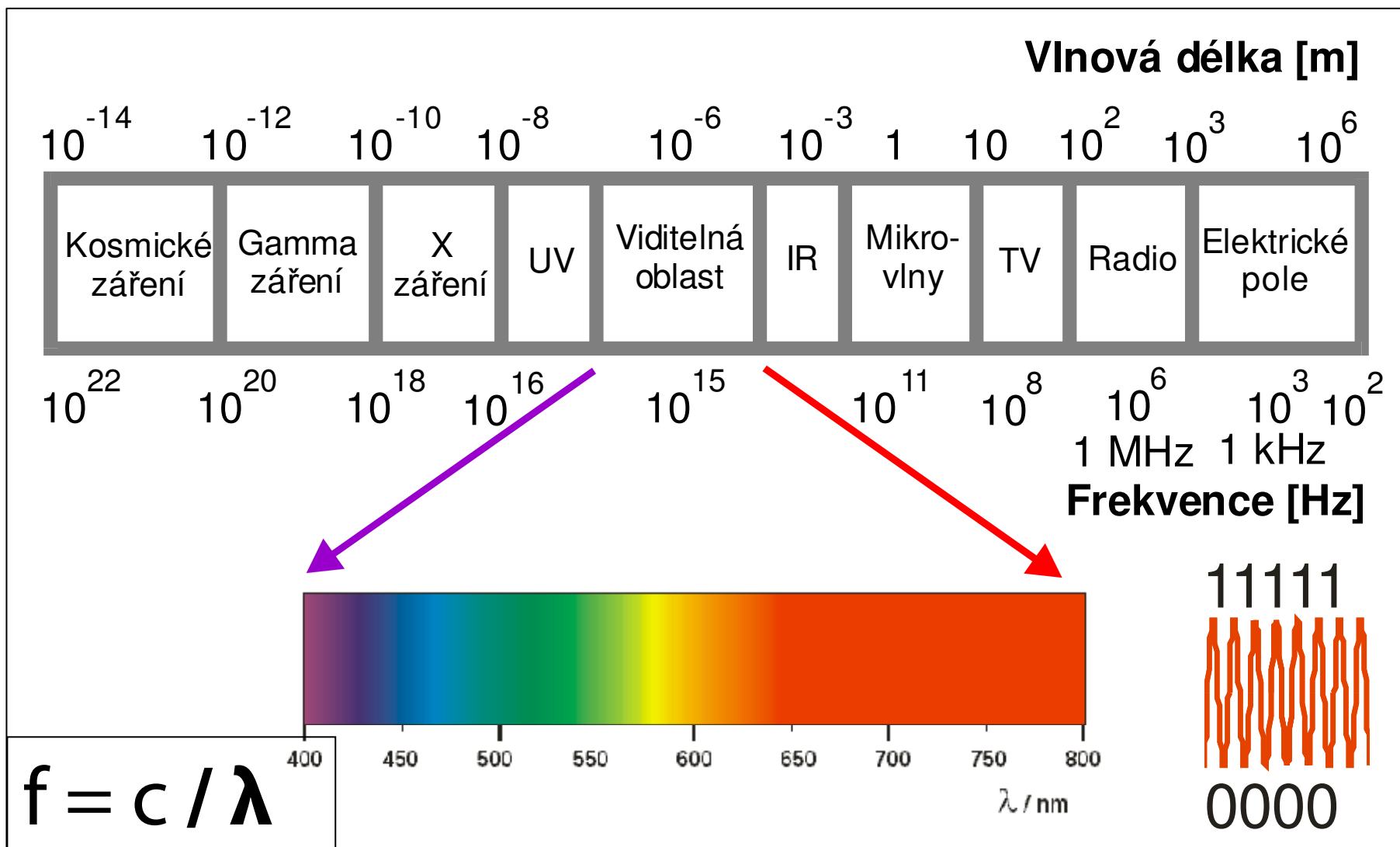
Věda zabývající se vlastnostmi a využitím fotonů => **SVĚTLO**



$$f = c / \lambda$$

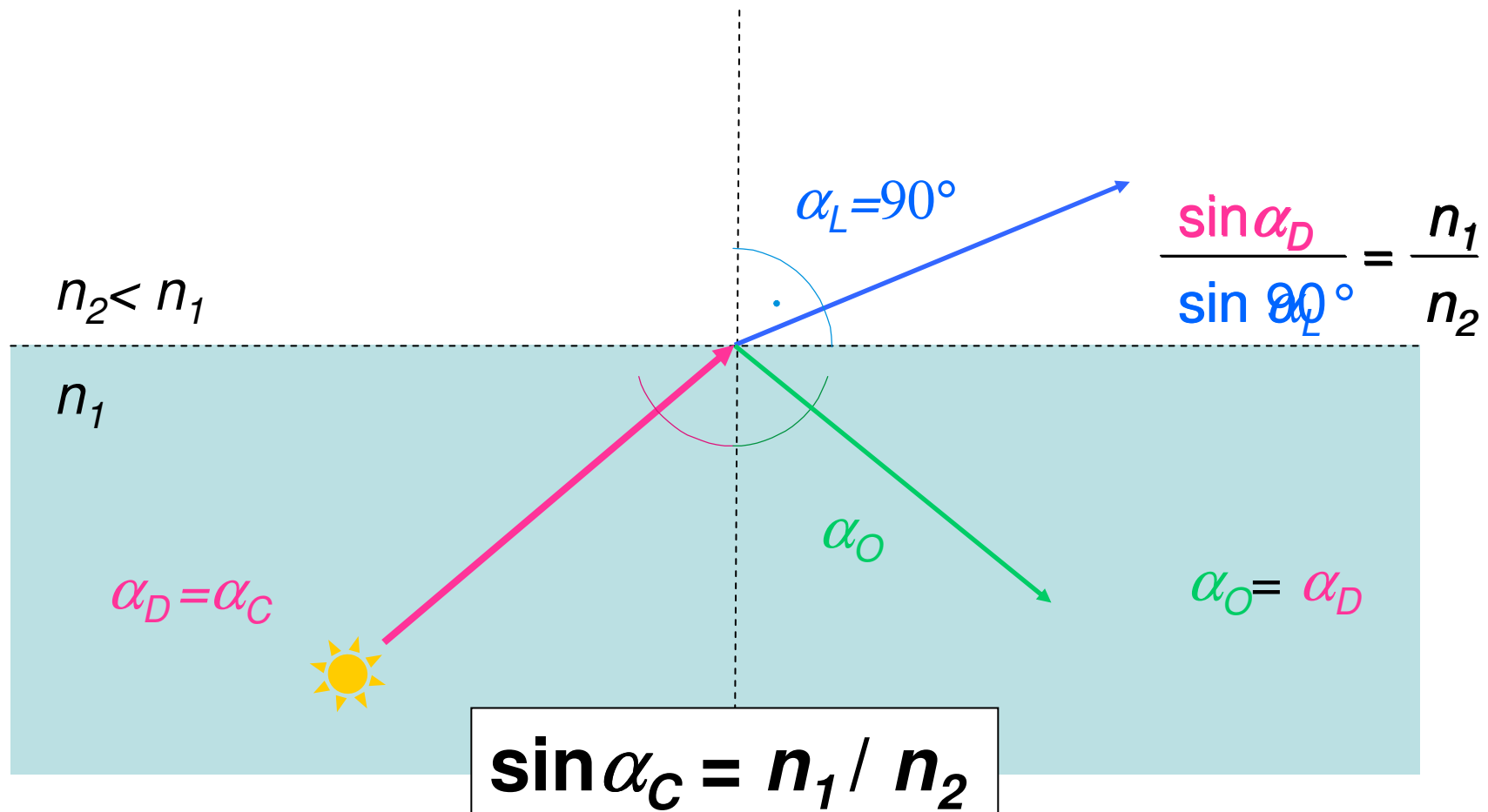
c rychlost světla
 λ vlnová délka
f frekvence

Komunikace světlem - EM spektrum



Totální odraz - princip

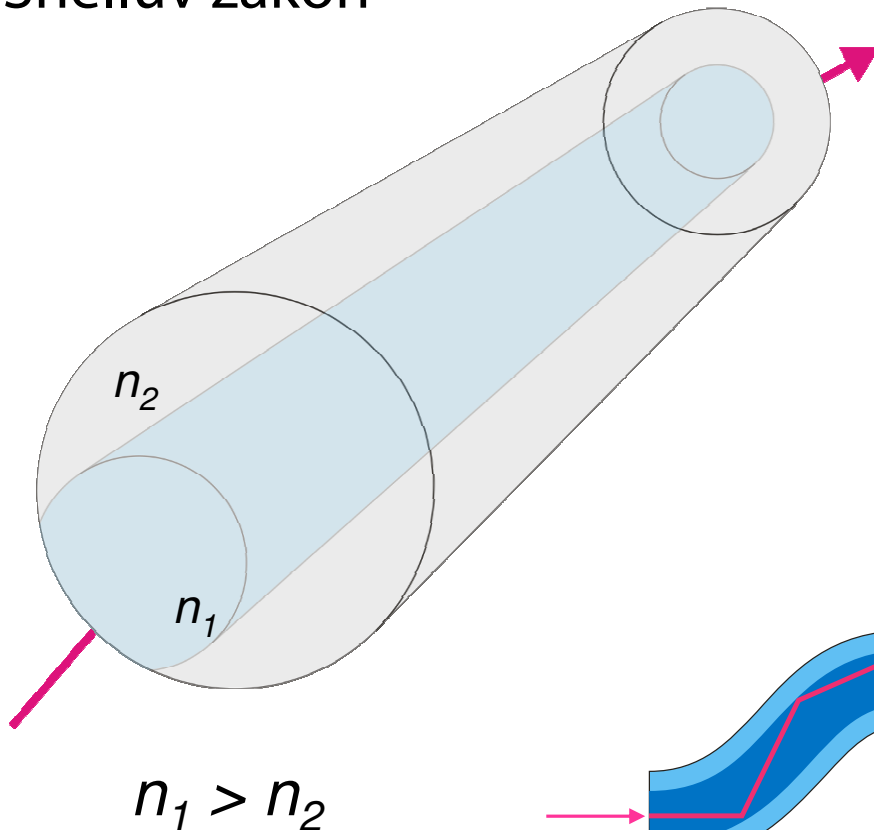
Snellův zákon



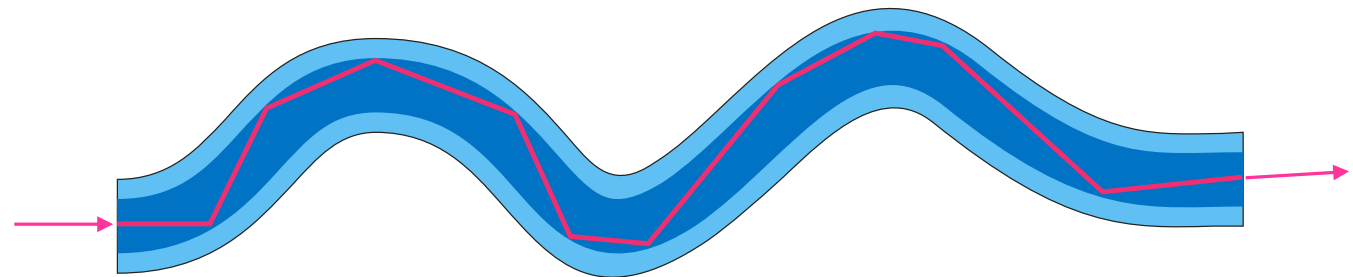
Optické vlákno

Dielektrická struktura, délka \gg poloměr, totální odraz: $n_{\text{jádro}} > n_{\text{obal}}$

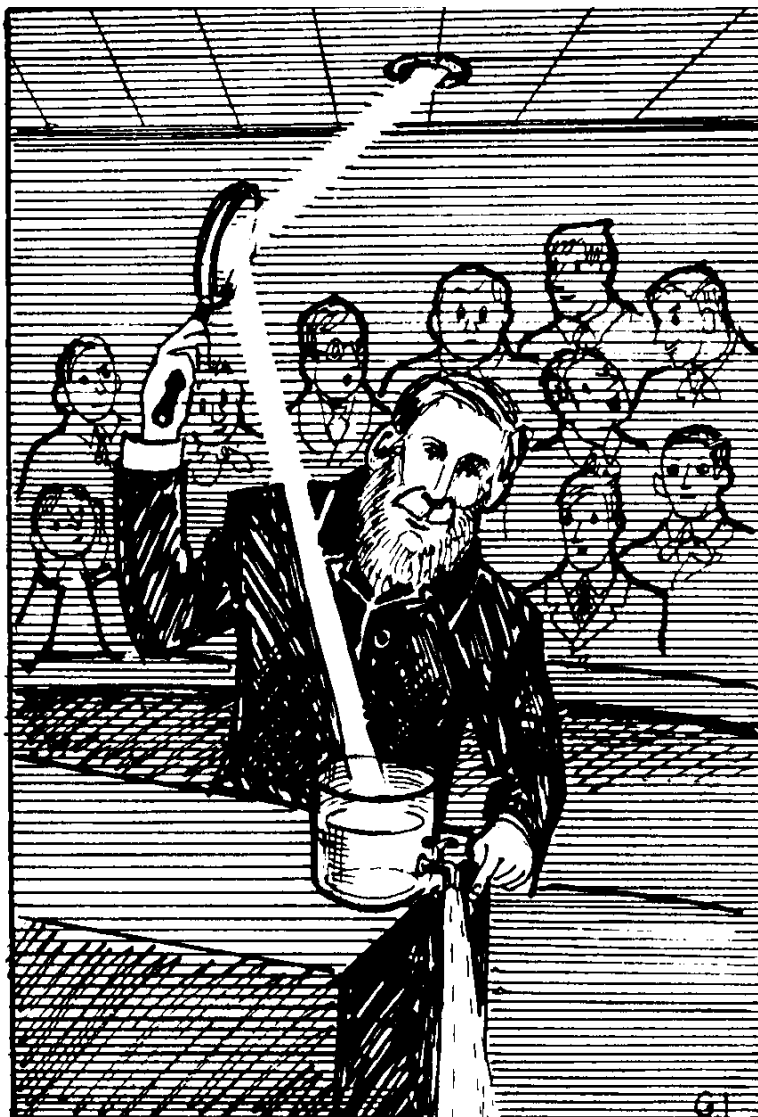
Snellův zákon



Index lomu ($n=c/v$)	
Vakuum	1
Vzduch	1,0003
Voda	1,330
Křemenné sklo	1,457



Optické vlákno



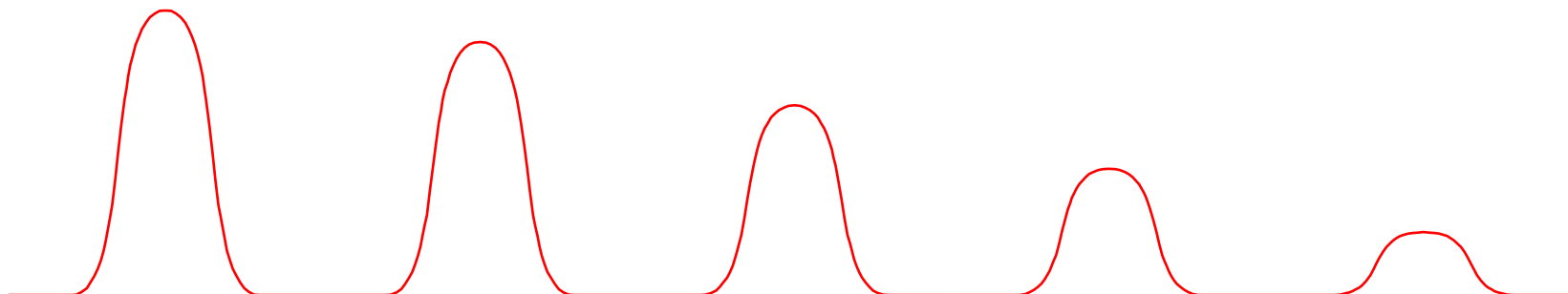
Tyndall John
1853

Snell Willebrord †1626



František Křižík, 1891

Podmínka : čistota materiálu (↓ útlum-ztráty)



Útlum optických vláken

- nejlepší vlákna **0.2 dB/km** ~ po 1 km se ztratí jen 5% výkonu
- 3 mm okenního skla odpovídají cca 2 km optického vlákna



Charles K. Kao

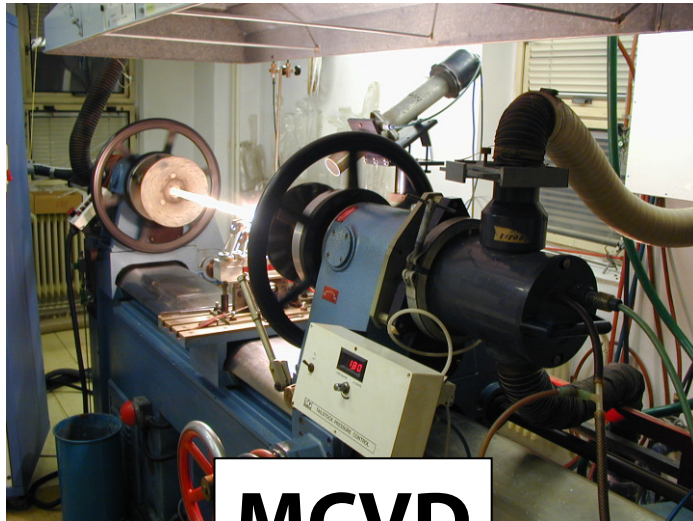
**½ Nobelovy ceny
2009**

**velmi čisté materiály
FO Optipur**

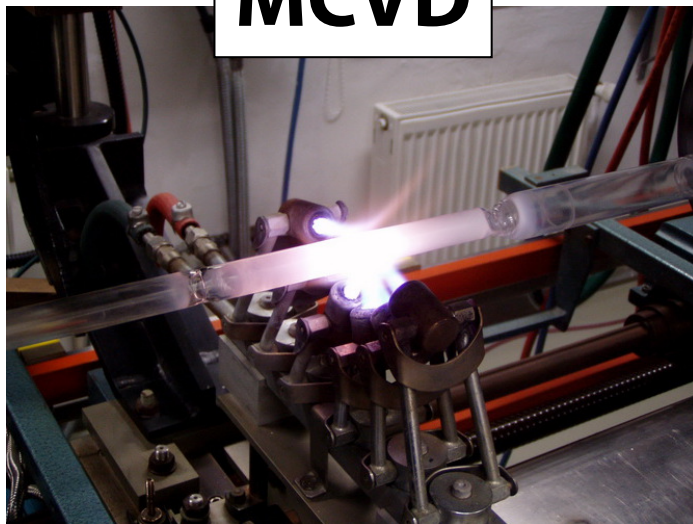
**obsah nečistot v řádu ppb
= 10^{-9}**

ULTRA ČISTÉ TECHNOLOGIE

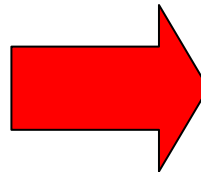
Příprava optických vláken



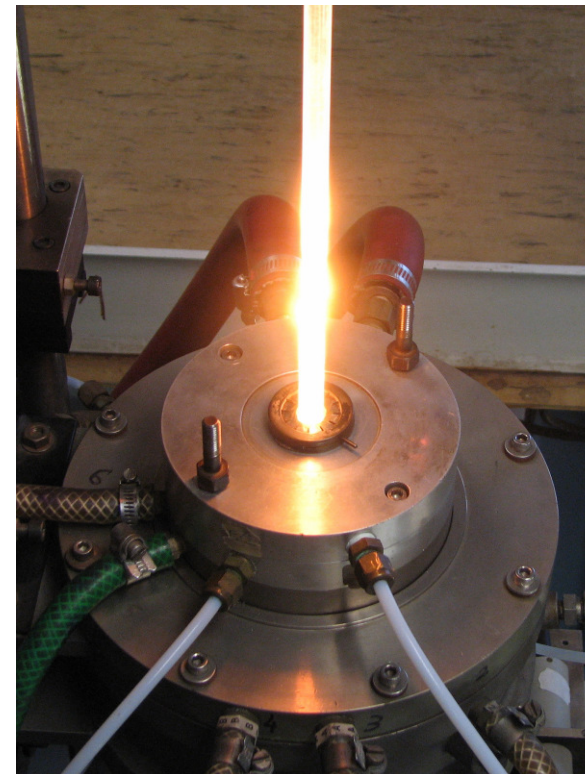
MCVD



preforma



Tažení

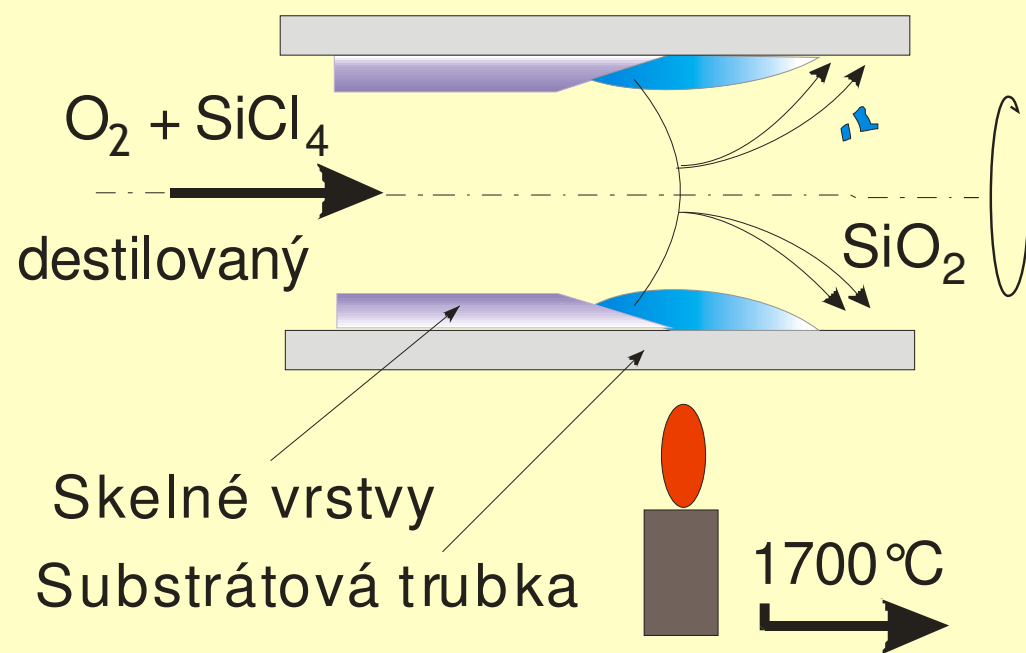


AV ČR: 1981
Corning : 1974

MCVD → Preforma

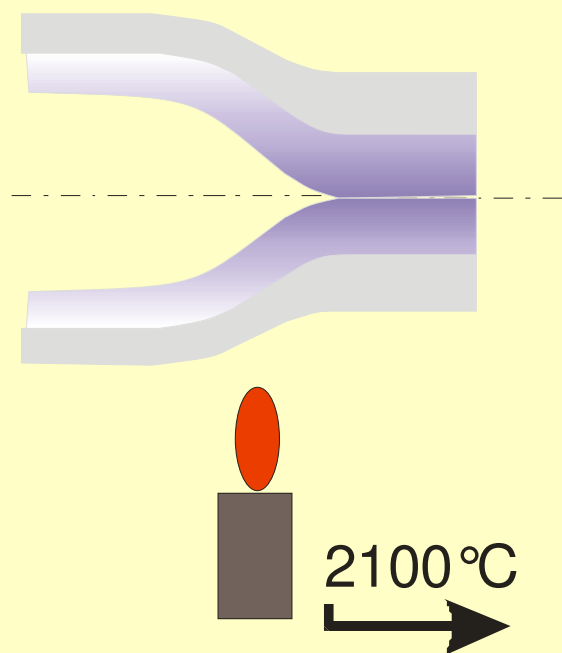
1. Depozice vrstev

SMĚS PLYNŮ



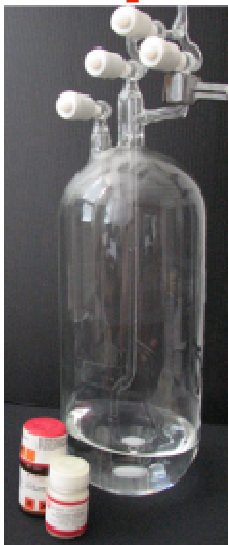
2. Kolaps

SKLO - PREFORMA



- Depozice z plynné fáze : destilované (čisté) výchozí látky
- **Vysoká čistota** ($\sim 10^1$ ppb nečistot), **vysoká přesnost** (>1 %)

MCVD → Preforma

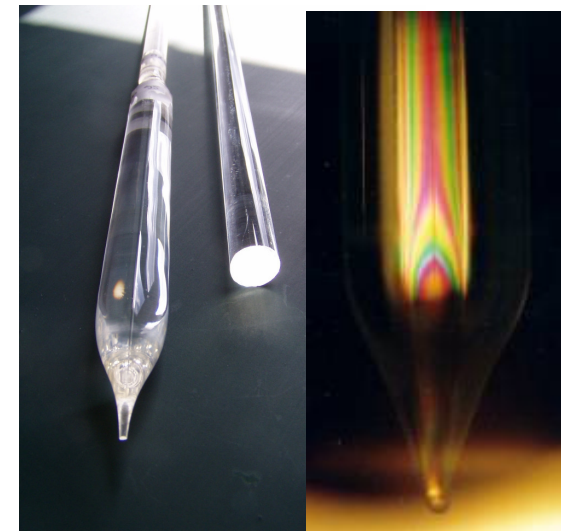


Depozice
vrstev

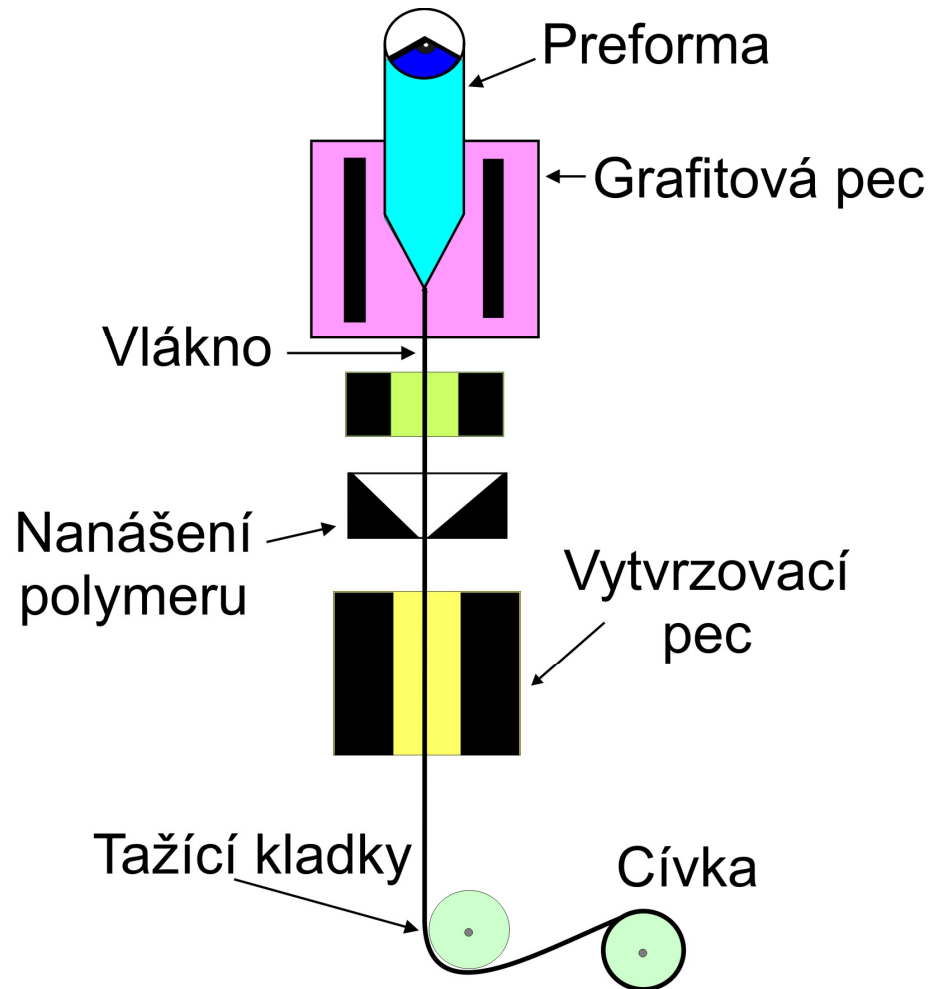
Destilované
halogenidy

Kolaps
preformy

Preformy



Tažení optického vlákna z preformy

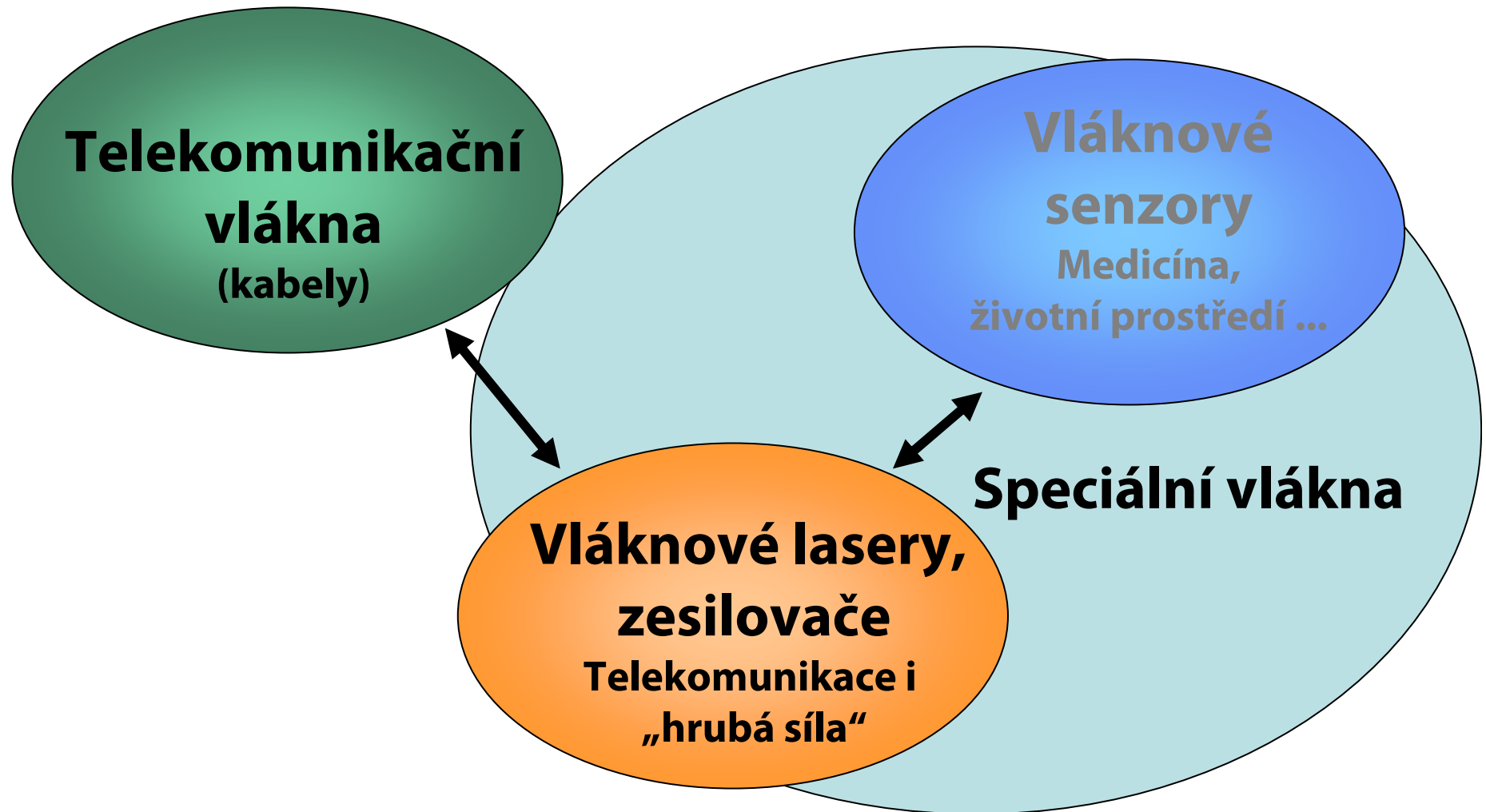


- Průměr vlákna
80-1000 μm

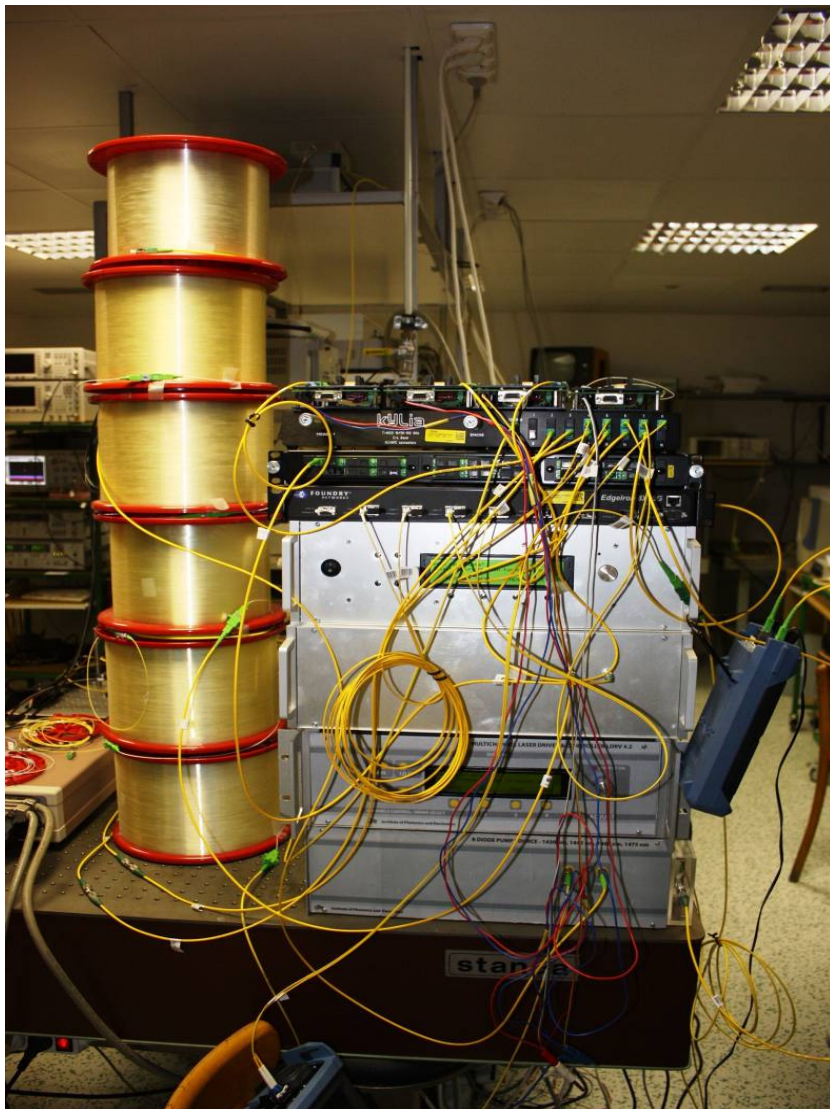
- Teplota
1800-2000°C

- **NE tkaní**
 - (textil)
- **NE rozvlákňování**
 - (skelná vata, nanovlákna)

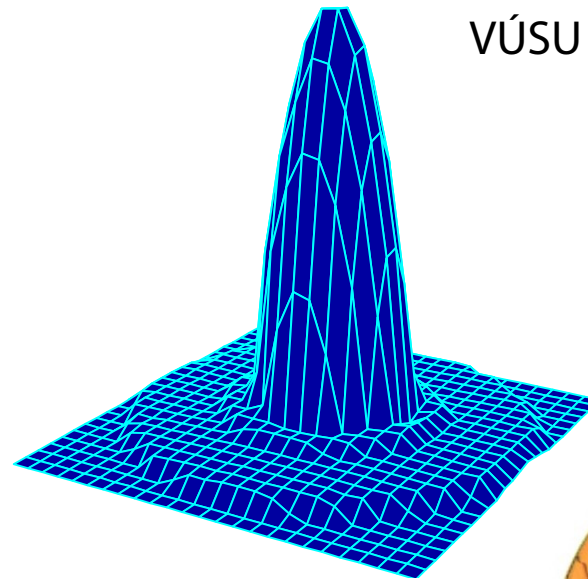
Použití optických vláken



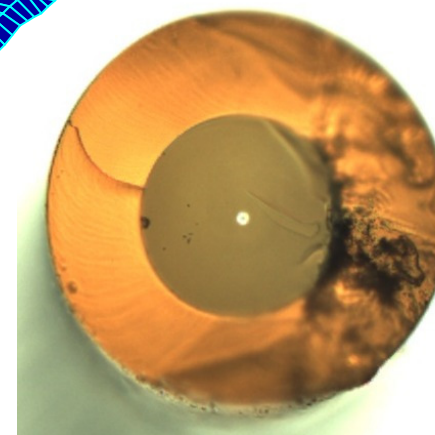
Telekomunikace



VÚSU Teplice, Hesfibel



GI - mnohavidové

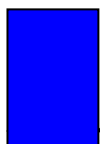


SM - jednovidové

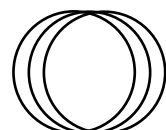
200 km komunikační linka - test

Speciální vlákna pro telekomunikace : Vláknové lasery a zesilovače

zdroj signálu

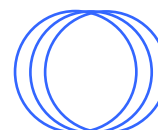


vlákno

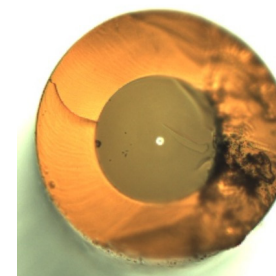
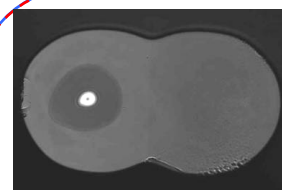
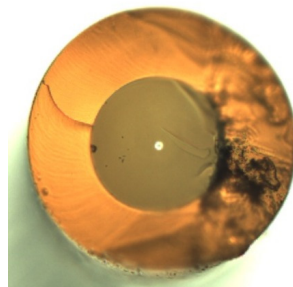


100 km

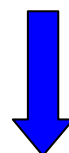
zesilovač



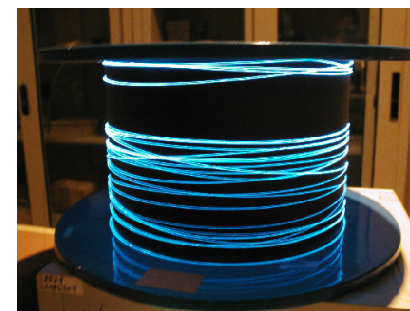
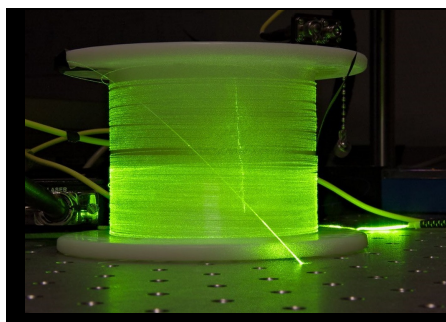
detektor



čerpací zdroj



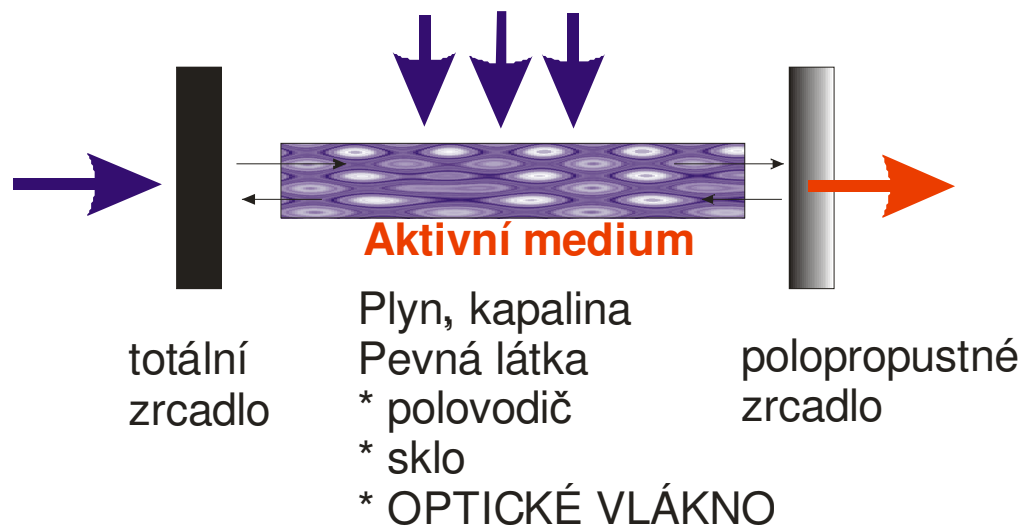
Vláknový laser



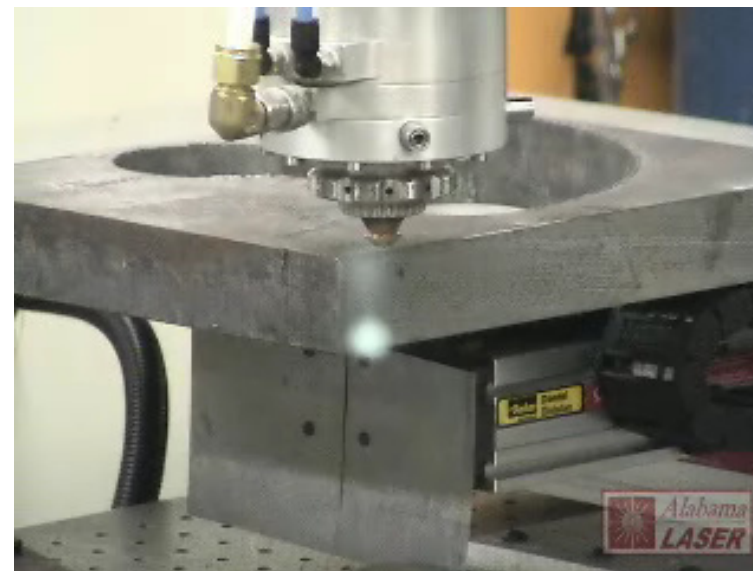
Vláknové lasery

-telekomunikace

-s vysokým výkonem



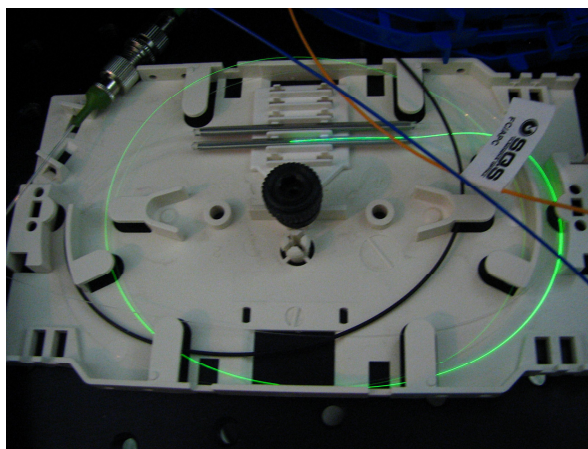
Svařování a řezání < 2kW



Intenzita světla

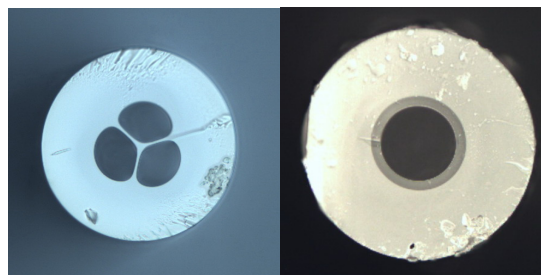
Slunce	63 MW/m ²
O. vlákno	12.7 GW/m ²

Er- fiber laser,
pulzní 197 fs,
5m rezonátor
Liekki



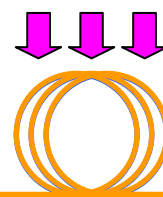
Vláknové sensory

Zdroj



Detektor

Malá zařízení pro kontinuální monitorování (bio)chemických látek a jejich koncentrace



+ na nepřístupných místech, („remote sensing“)

+ rozprostřená, mnohabodová nebo lokální

+ vhodná pro explozivní, snadno hořlavé látky

+ v místech s VN

Zdroj

Detektor



1. Refraktometrický sensor uhlovodíků



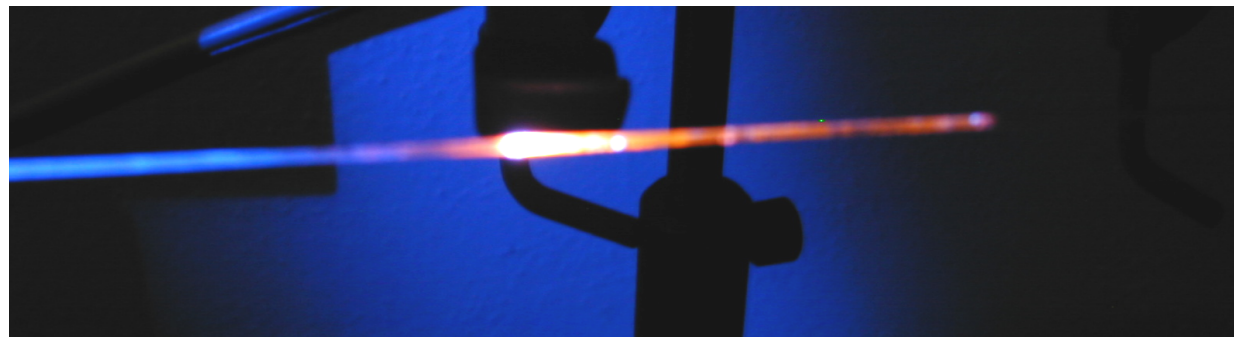
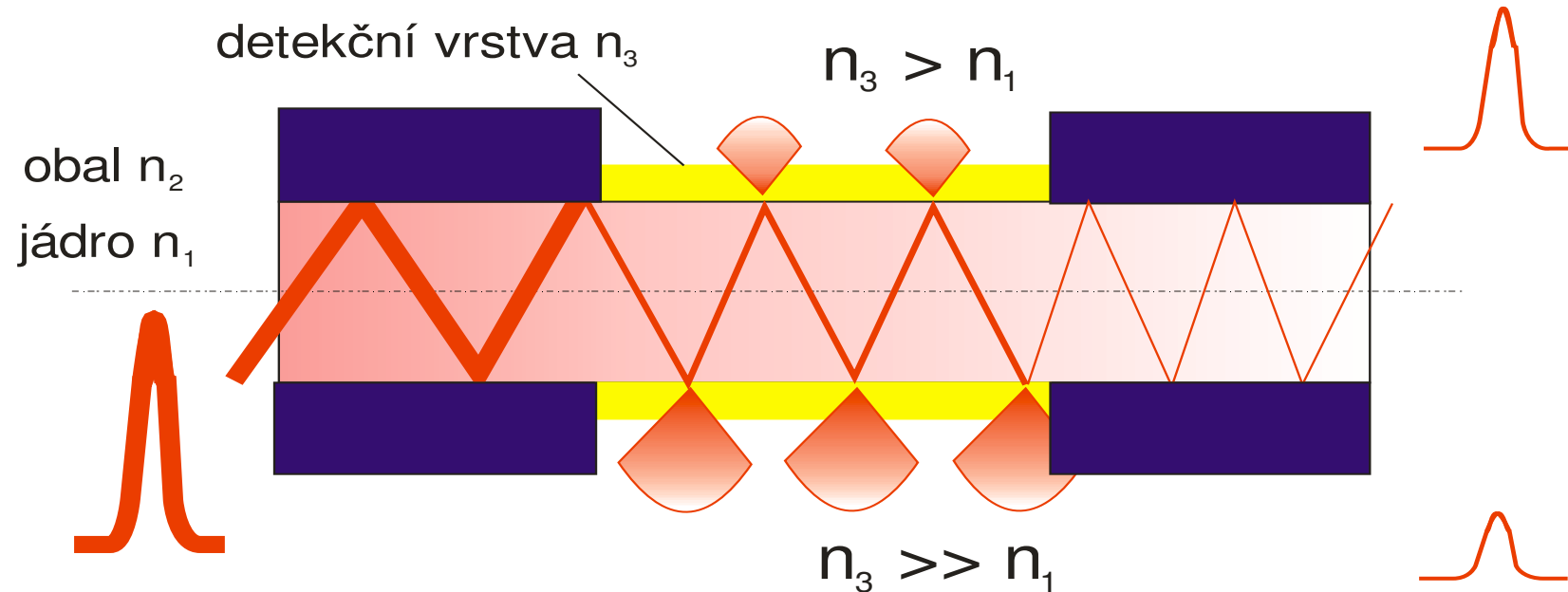
- **Systemy včasného varování**
 - havárie
 - trvalé úniky, eko-zátěže
 - přehřátí, požáry

Detekce :

1. kontinuální (24/7)
 2. rozprostřená – mnohabodová
 3. požárně bezpečná
 4. rychlá
 5. cenově přijatelná
- => vláknově-optická



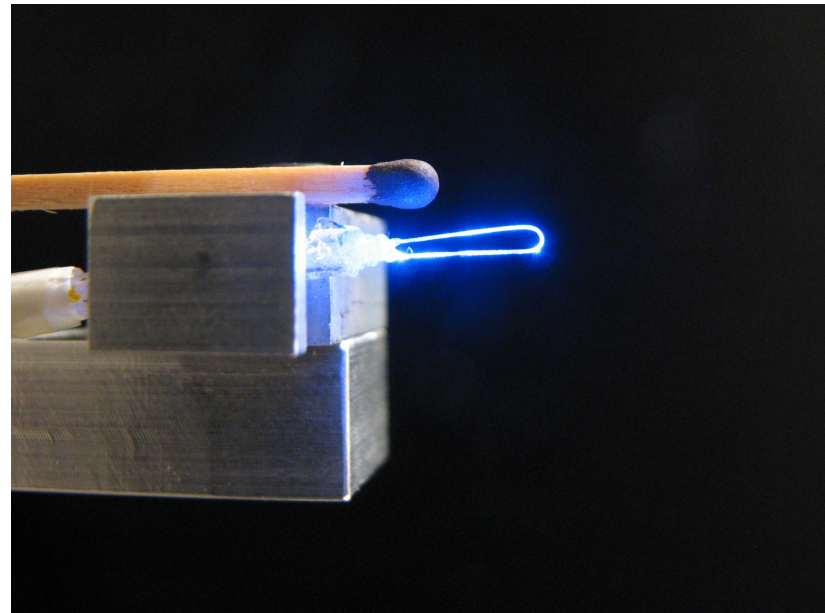
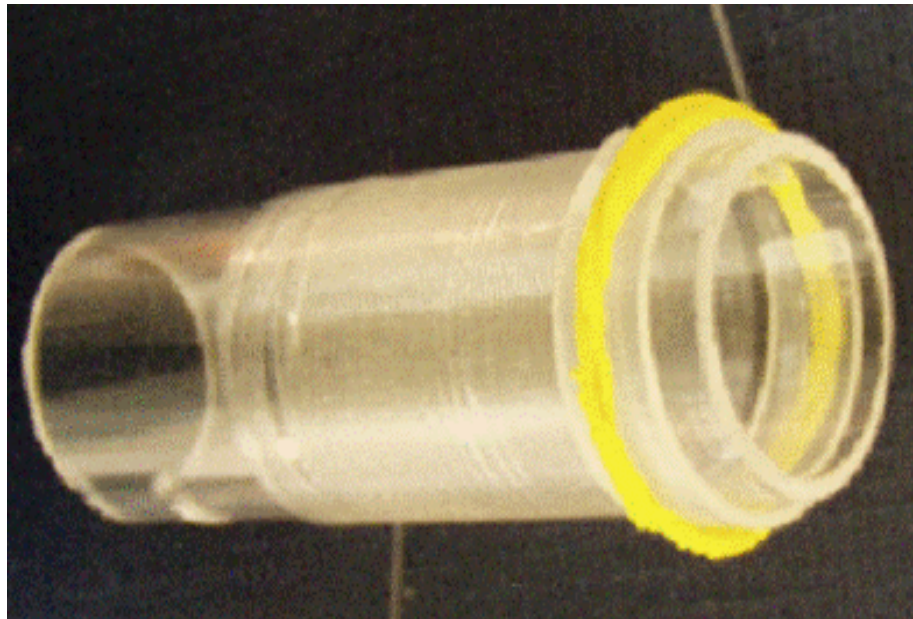
1. Refraktometrický sensor uhlovodíků



Čím větší index lomu detekované látky, tím méně prošlého světla

1. Refraktometrický sensor uhlovodíků

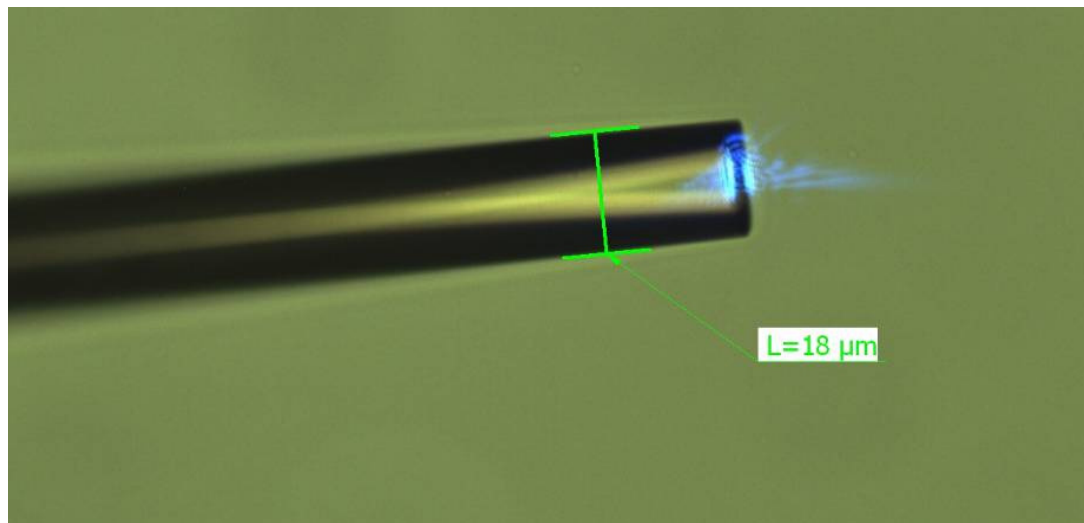
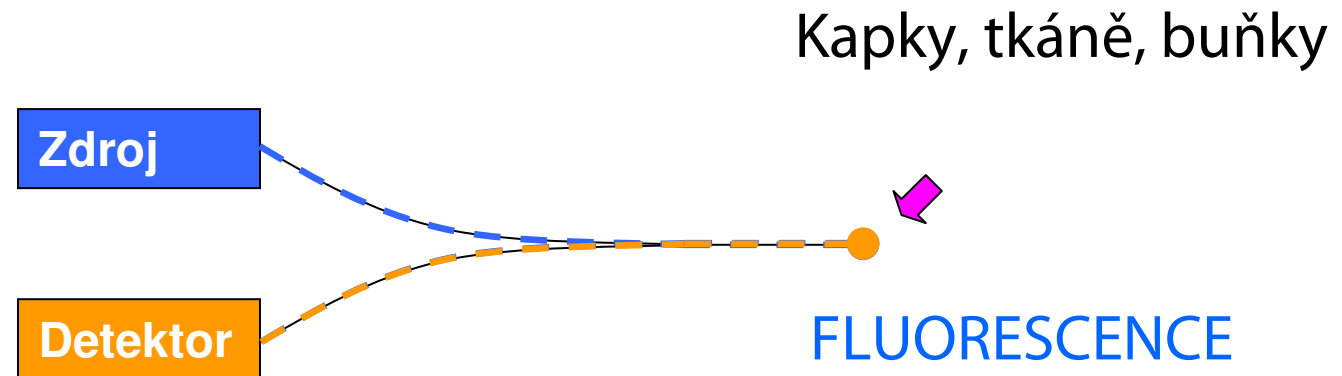
Speciální vláknové povlaky a struktury



Limit detekce ~ 3-5 mg/l (EU normy)

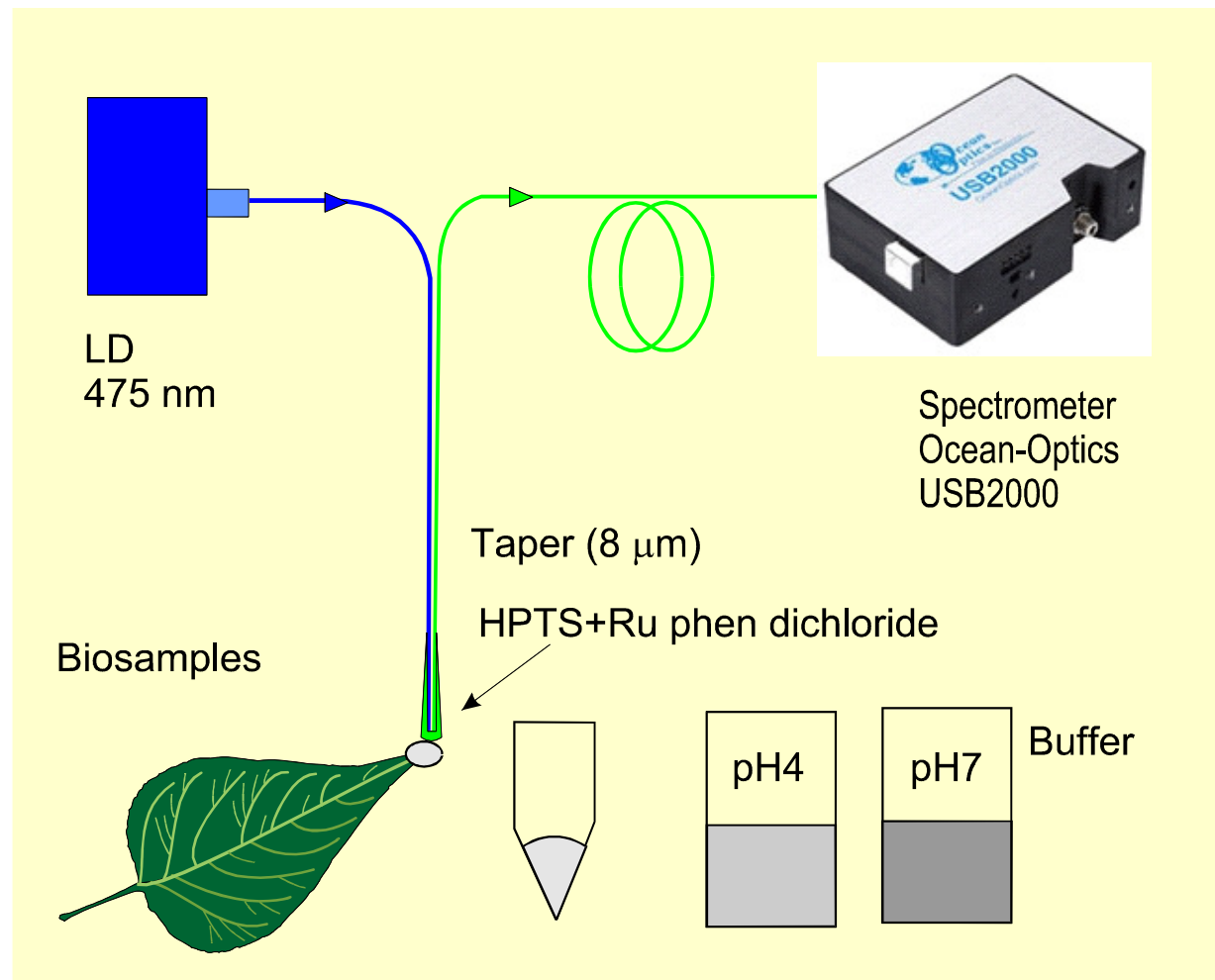
Časová odezva ~sekundy

2. Detekce pH *in vivo* v bio-vzorcích



Detekce pH pomocí fluorescenčního převodníku

2. Detekce pH *in vivo* v bio-vzorcích



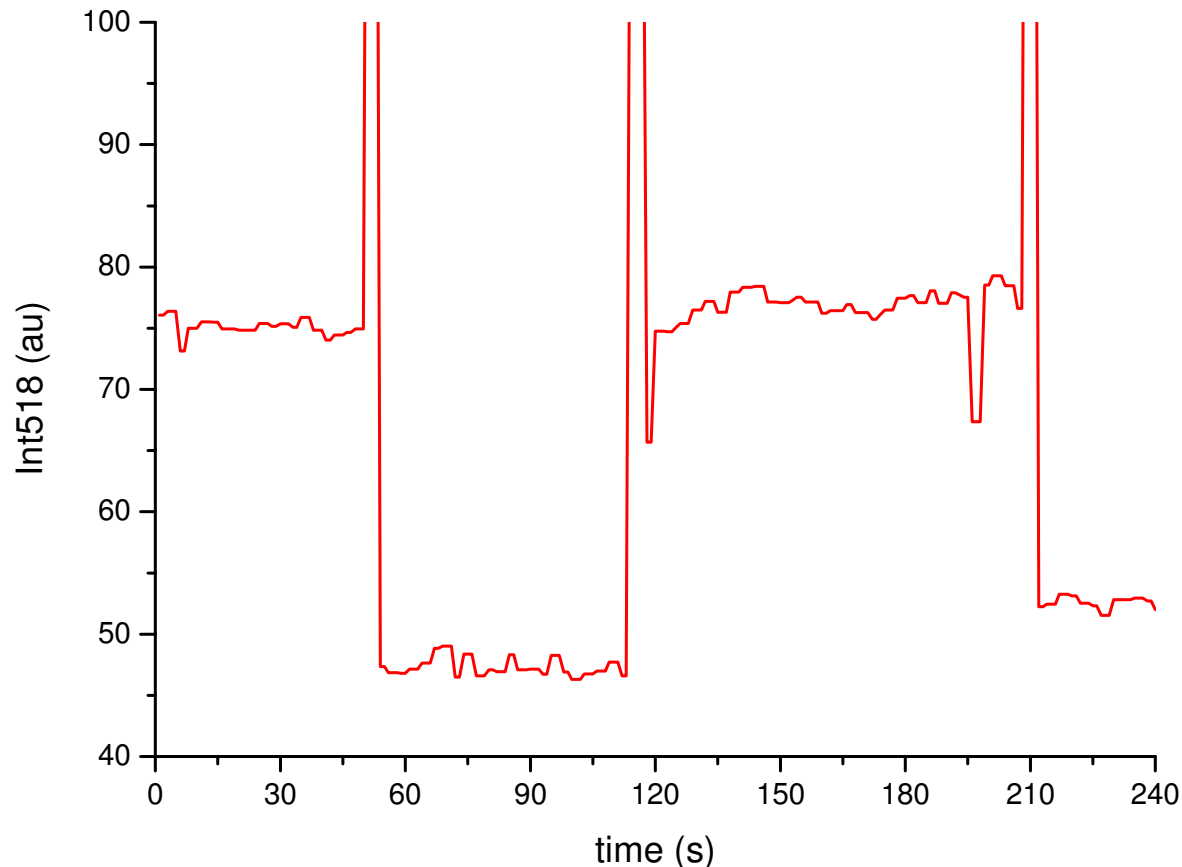
Fluorescence
HPTS + Ru-phen

Excitace $\lambda=475$ nm

Chyba stanovení pro pH <6; 9> je **0.2** (pH metr $\pm 0,08$)

2. Detekce pH *in vivo* v bio-vzorcích

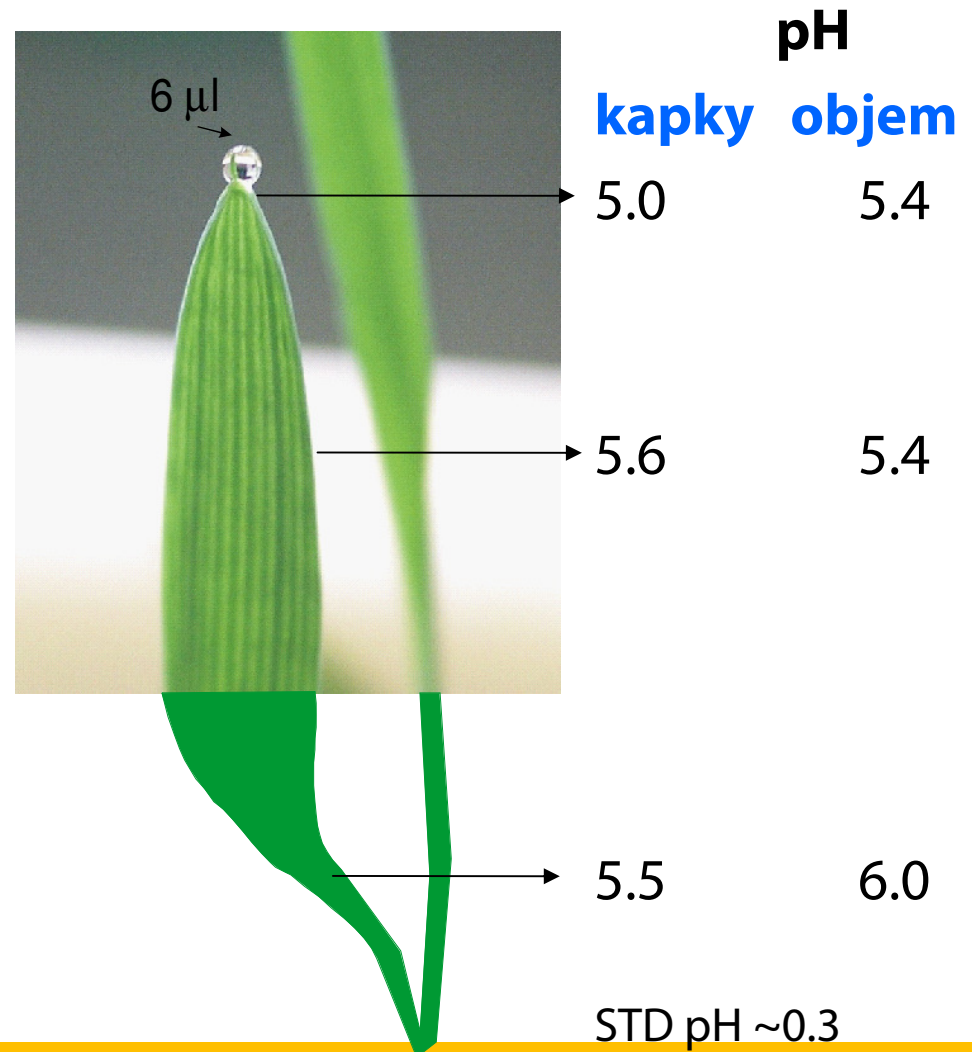
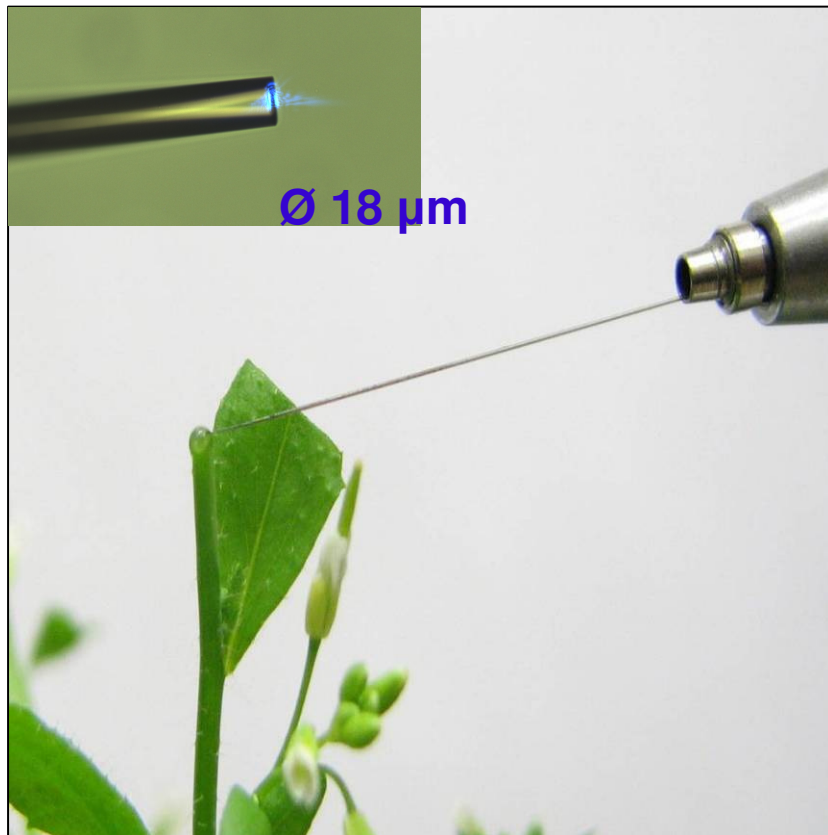
Excitace 450 nm



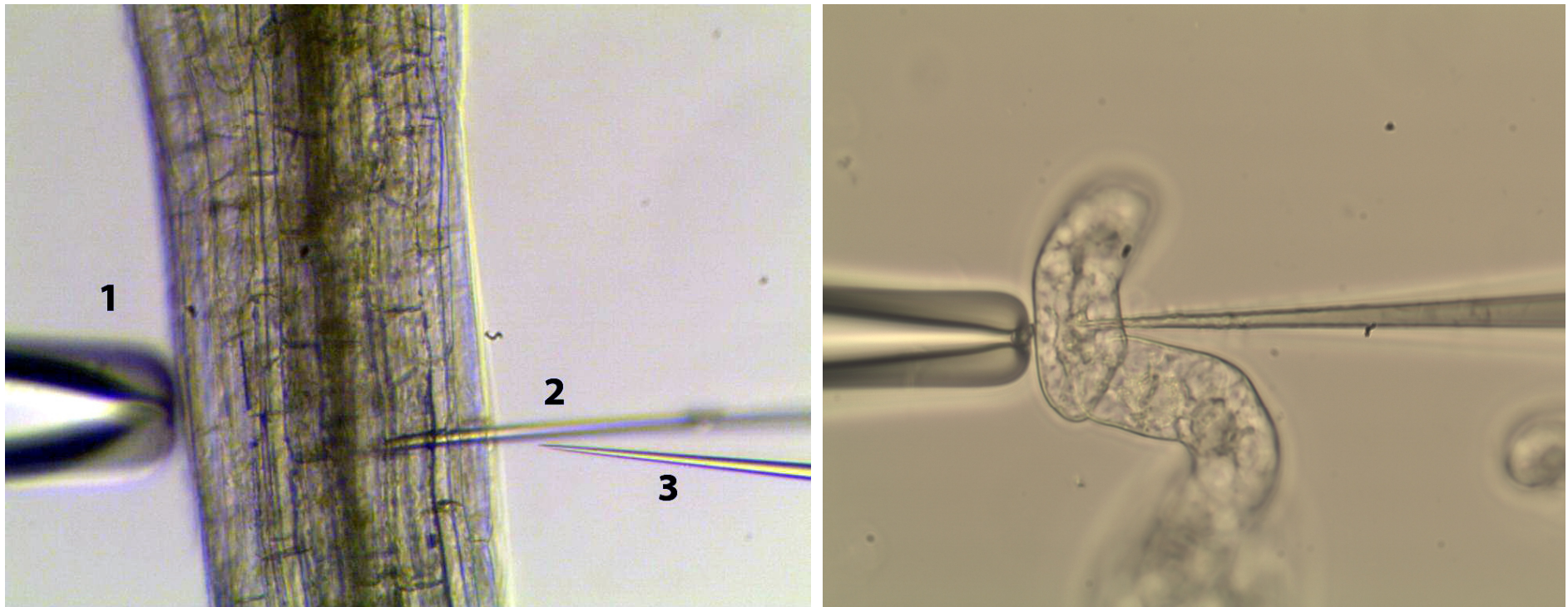
Časová odezva ~15-20 s, stabilita v rámci hodin. Upgrade.

2. Detekce pH *in vivo* v bio-vzorcích

Exudát ovsa

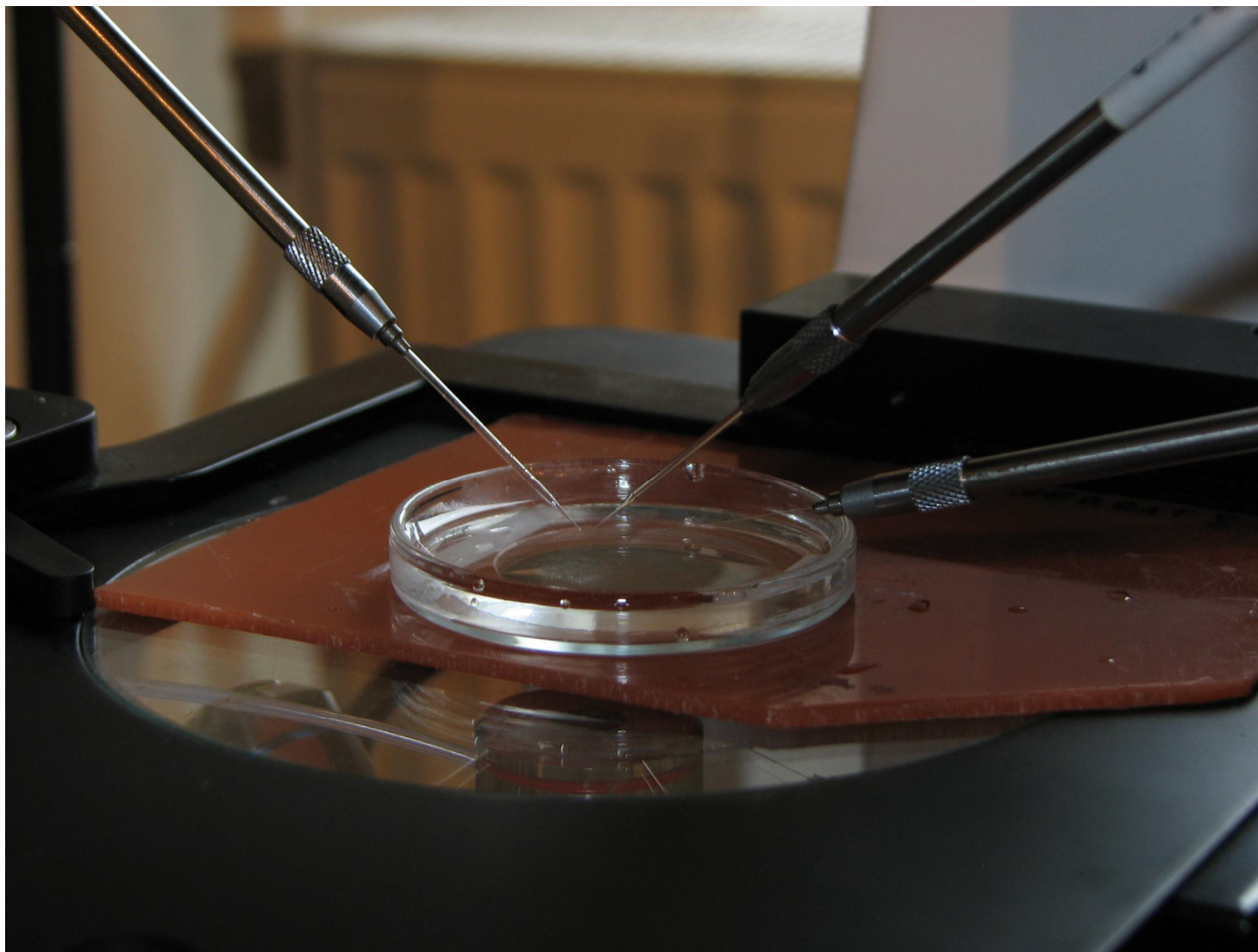


2. Detekce pH *in vivo* v bio-vzorcích



Kořen *Arabidopsis Thaliana* a buňky BY-2.

2. Detekce pH *in vivo* v bio-vzorcích



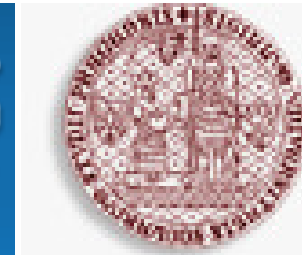
I TY se staň UFEm !

- **STUDIUM** (PGS, post-doc)

ČVUT – FJFI, FEL

UK – MFF, PŘF

VŠCHT



- **PROJEKTY** - partneři CZ



- **MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE**



Literatura - vláknové sensory

- **J.Dakin, B.Culshaw** : „Optical Fiber Sensors“, Artech House, 1997
- **G.Boisdé, A.Harmer** : „Chemical and Biochemical Sensing With Optical Fibers and Waveguides“, Artech House, London, 1996
- **K.T.V.Grattan, B.T.Meggitt** : Optical Fiber Sensor Technology, Vol.4, Kluwer, 1999
- **F.Baldini, A.N.Chester, J.Homola, S.Martelluci**, *Optical chemical sensors*, Springer 2006

Literatura & média

- **J. M. Senior** : Optical fiber communications - Principle and practise, Pearson Education Limited, Harlow, England, 2009.
- **A. Mendez, F.T. Morse** : Specialty optical fibers handbook, Elsevier Science & Technol, USA, 2006
- **J. Schrofel, K. Novotný** : Optické vlnovody, SNTL, 1986
- **Saaleh, Fotonika** (1 - 4), Matfyzpres
- **Československý časopis pro fyziku** 1/2010, 4-5/2010, 1/2011
- **Jemná mechanika a optika** 55 (2010)
- **Sdělovací technika** 3/2011
- **Panorama 21. století** 3/2012
- **ČT2 – PORT : Co dokážou lasery** - 29/9/2010
- **ČT2 – Věda a vědci : Zkrocené světlo** - 6/10/2010
- **ČT1 – České hlavy** – 10/2/2006
- <http://cas.msite.cesnet.cz/CESNET/Catalog/catalogs/default.aspx>
Optická detekce ... (2012)



Poděkování

Děkuji za pozornost

Týmu UFE a
za finanční podporu

- EU Commission
- Akademie věd ČR
- Grantová agentura ČR
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR

