

# NANOFYZIKA (NF)

**Specializace:** Navazující magisterské studium - **Fyzikální elektronika - Laserová fyzika a technika, Fotonika**, Počítačová fyzika, resp. další fyzikální zaměření, 2. ročník

**Semestr:** zimní 2023/2024

**Rozsah:** 2, zk, 13 týdnů (**pátek – 10.00 -11.40 – Trojanova 121**, resp. dle domluvy)

**Vyučující:** Ivan Richter ([richter@fjfi.cvut.cz](mailto:richter@fjfi.cvut.cz)), Trojanova 119, Troja TL L221, Tel: 778 533 012, 2 2191 2826 (Troja)  
Milan Šinor ([sinor@fjfi.cvut.cz](mailto:sinor@fjfi.cvut.cz)), Trojanova 123, Tel: 2 2435 8613

**Předpoklady:** absolvování předmětů - Kvantová mechanika, Elektrodynamika, Fyzikální optika, (Fyzika pevných látek)

**Požadavky pro zápočet:** úspěšný test (zápočtový), aktivní účast ☺, referát

**MS Team – 12NF – ZS 2023 / 2024 –** Výukové materiály

=====

\_ 1. týden (25-23/09)

**0) Děkanské volno - Samostudium :-)** → náhradní termín?

\_ 2. týden (02/-06/10)

**1) Pá 06/10 – Úvodní setkání (I.R. + M.Š.)**

Úvodní organizační setkání, sylabus, literatura, referáty + co nás bude čekat, motivace...

**Přednáška 1 (M.Š. - 1)**

Úvod - makrostruktury, mikrostruktury, nanostruktury - dielektrické, polovodičové, metalické. Možnosti popisu - klasický vs. kvantový pohled, specifika, unikátní vlastnosti.

\_ 3. týden (09-13/10)

**2) Pá 13/10 – Přednáška 2 (M.Š. - 2)**

Fyzika – nanofyzika, elektronové vs. fotonické struktury. Obecný popis pevné látky - kvantový popis nanostruktur.

Řešení Schrödingerovy rovnice – pevná látka vs. nanostruktura, obecný popis. Energetické rozvahy, elektrony v pevné látce, elektrony a díry.

\_ 4. týden (16-20/10)

**3) Pá 20/10 – Přednáška 3 (M.Š. - 3)**

Fermiho plyn, Fermiho pravidlo, hustota stavů, potencialové jámy. Metody popisu nanostruktur: mikroskopické vs. makroskopické metody, aproximace efektivní hmotnosti, metoda empirického pseudopotenciálu, rigorózní metody.

\_ 5. týden (23-27/10)

**4) Pá 27/10 – Přednáška 4 (M.Š. - 4)**

Kvantově omezené struktury. 1D struktury - kvantové jámy (*quantum wells*), planární struktury, heteropřechody, mnohonásobné kvantové jámy (*multiple quantum wells*), symetrický / asymetrický případ, supermřížky; 2 D struktury - kvantové dráty (*quantum wires*); 3 D struktury - kvantové tečky (*quantum dots*).

\_ 6. týden (30/10-03/11)

**5) Pá 03/11 – Přednáška 5 (M.Š. - 5)**

Krystalová mříž, rozptyl nosičů náboje, fonony, energie fononů, akustický / optický fonon, objemová látka vs. nanostruktura. Tunelový efekt, tunelování přes bariéru (jednoduchá, dvojitá), vliv elektrického pole. Excitony, matematický popis: Mottův-Wannierův a Frenkelův exciton.

\_ 7. týden (06-10/11)

**6) Pá 10/11 – Přednáška 6 (I.R. - 1)**

Úvod – fotonické a plazmonické nanostruktury. Plazmonika, elektromagnetismus kovů, specifika, disperzní modely (Drudeho, Drude-Lorentzův), reálné kovy. Povrchové plazmony – polaritony – rozhraní, vícevrstvé systémy, lokalizace.

\_ 8. týden (13-17/11)

**7) Pá 17/11 – Státní svátek - Samostudium :-)** → náhradní termín?

\_ 9. týden (20-24/11)

**8) Pá 24/11 – Přednáška 7 (I.R. - 2)**

Povrchové plazmony – polaritony – rozhraní, vícevrstvé systémy, lokalizace. Metody excitace povrchových plazmonů. Lokalizované povrchové plazmony, možnosti popisu (statický, kvazistatický, Mie). Struktury s plasmonovou resonancí. Metalické a metalo-dielektrické nanočástice.

\_ 10. týden (27/11-01/12)

**9) Pá 01/12 – Přednáška 8 (I.R. - 3)**

Fotonické periodické struktury, přehled, klasifikace (1D, 2D, 3D); fotonické krystaly - charakteristika, fyzikální vlastnosti.

Pásová struktura, zakázaný fotonický pás, metody popisu, optické vlastnosti.

\_ 11. týden (04-08/12)

**10) Pá 08/12 – Přednáška 9 (I.R. - 4)**

Příklady struktur: vlnovodné fotonické struktury, mikrodutiny a rezonátory, přírodní fotonické struktury, vlastnosti, přehled aplikací. Speciality – nonlinearity, struktury s pomalým světlem (CROW), aj.

\_ 12. týden (11-15/12)

**11) Pá 15/12 – Přednáška 10 (I.R. - 5)**

Uměle vytvářené materiály a struktury – metamateriály, záporný index lomu, inverzní efekty, hyperbolická prostředí, prostředí s extrémními parametry, topologická nanofotonika.

\_ 13. týden (18-22/12)

**12) Pá 22/12 – Přesun - Dokončení přednášek dle potřeby (I.R. / M.Š.)**

**13) Pá 05/01 – Referáty studentů + diskuze (I.R. + M.Š.) + TEST (termín dle domluvy – leden 24)**

**Doporučená literatura:**

**Fyzika pevných látek, elektronové (kvantově omezené) nanostruktury:**

- 1) C. Kittel, *Úvod do fyziky pevných látek*, Academia, 1985.
- 2) P. Harrison, *Quantum Wells, Wires and Dots: Theoretical and Computational Physics*, John Wiley & Sons, 1999.
- 3) T. Harker, *Solid state physics*, výukový materiál  
[http://kfe.fjfi.cvut.cz/~sinor/tmp/edu/nf/pres/English\\_Solid\\_State\\_Physics\\_Course.pdf](http://kfe.fjfi.cvut.cz/~sinor/tmp/edu/nf/pres/English_Solid_State_Physics_Course.pdf)
- 4) P. Mitchel, *Solid state physics*, výukový materiál  
<http://porlhews.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/solidstatephysics.pdf>
- 5) J. Soubusta, *Fyzika pevných látek*, výukový materiál  
<http://jointlab.upol.cz/~soubusta/PL/FPLX.pdf>
- 6) P. N. Prasad: *Nanophotonics*, John Wiley & Sons, 2004.
- 7) C. P. Poole, F. J. Owens, *Introduction to Nanotechnology*, John Wiley & Sons, 2003.
- 8) P. Michler, *Single Quantum Dots: Fundamentals, Applications and New Concepts*,
- 9) A. Shik, *Quantum Wells: Physics and Electronics of Two-Dimensional Systems*, World Scientific Pub. Co., 1997.
- 10) U. Woggon, *Optical properties of semiconductor quantum dots*, Springer – Verlag, 1997.
- 11) M. Grundmann, *Nano-optoelectronics*, Springer – Verlag, 2002.

**Fotonické struktury a krystaly:**

- 12) J.D. Joannopoulos, S.G. Johnson, J.N. Winn, R.D. Meade, *Photonic crystals: Molding the flow of light*, 2nd Edition, Princeton University Press, 2008.
- 13) J.M. Lourtioz, H. Benisty, V. Berger, J.M. Gerard, D. Maystre, A. Tchelnokov, *Photonic crystals: Towards nanoscale photonic devices*, Springer - Verlag, 2005
- 14) K. Sakoda, *Optical Properties of Photonic Crystals*, Springer, 2001.
- 15) P. Yeh, *Optical waves in layered media*, John Wiley & Sons, 1988.

**Plazmonika:**

- 16) S.A. Maier, *Plasmonics: fundamentals and applications*, Springer Science + Business Media LLC, 2007.
- 17) L. Novotny, B. Hecht, *Principles of nanooptics*, Cambridge university press, 2006.
- 18) C.F. Bohren, D. R. Huffman, *Absorption and scattering of light by small particles*, Wiley-VCH, 2004.
- 19) H.C. Hulst, *Light scattering by small particles*, Dover, 1981.

**Metamateriály:**

- 20) G.V. Eleftheriades, K.G. Balmain, *Negative-Refractive Metamaterials: Fundamental Principles and Applications* Wiley-IEEE Press, 2005.
- 21) N. Engheta, R.W. Ziolkowski, *Metamaterials: Physics and Engineering Explorations*, John Wiley & Sons & IEEE Press, 2006.
- 22) W. Cai, V. Shalaev, *Optical Metamaterials Fundamentals and Applications*, Springer-Verlag, 2010
- 23) D. Werner, D.H. Kwon, *Transformation Electromagnetics and Metamaterials - Fundamental Principles and Applications*, Springer-Verlag, 2014
- 25) A.K. Sarychev, V.M. Shalaev, *Electrodynamics of Metamaterials*, World Scientific Publishing Company, 2007.

**Obecné – optika / fotonika:**

- 20) B.E.A. Saleh, M.C. Teich, *Fundamentals of Photonics*, J. Wiley & Sons, 1991; český překlad *Základy fotoniky*. Matfyzpress, Praha, 1995.
- 21) M. Bass, Ed., *Handbook of Optics I and II*, McGraw-Hill, 1995.
- 22) M. Born, E. Wolf, *Principles of Optics*, Pergamon Press, 1993 (sixth edition).
- 23) P. Fiala, I. Richter, *Fourierovská optika a optické zpracování signálů*, skriptum FJFI ČVUT, Praha 2004.
- 24) P. Fiala, I. Richter, *Fyzikální optika*, skriptum FJFI ČVUT, 2. vydání, Praha 2005.

## Nanofyzika – ZS 2023/2024

#	Jméno	Ročník, zaměření	Telefon	Email	Test	Zkouška
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						