

# Otázky k SZZ programu Fyzikální měření a modelování

## Principy a systémy měřících přístrojů (povinný společný základ I.)

1. Základní pojmy, typy měřících přístrojů a jejich základní vlastnosti.
2. Princip OZ (operační zesilovač), OZ jako měřící zesilovač.
3. A/D a D/A převodníky, vlastnosti a typické využití v měřících přístrojích (voltmetr, osciloskop, funkční generátor, ...).
4. Základní bloky měřícího řetězce, jejich vlastnosti a základní vlastnosti. Měřící přístroj řízený mikroprocesorem.
5. Základní principy a funkce kombinačních a sekvenčních logických obvodů a příklady jejich použití v měřící technice – čítače, registry (posuvné, vyrovnávající, ...), FIFO, LIFO. Základní principy a aplikace paměti SRAM, DRAM, EEPROM.
6. Mikroprocesory a komunikační sběrnice v měřící technice (RS 232 + varianty, USB, I2C, OneWire, SPI, ....

## Snímače, detektory, čidla (povinný společný základ I.)

1. Principy snímání polohy, měření vzdálenosti, snímání úhlu natočení (mechanické, kontaktní/bezkontaktní, další jiné).
2. Principy kontaktního snímání otáček, bezkontaktní snímání.
3. Kontaktní snímače hladiny kapalin, sypkých hmot, bezkontaktní snímače.
4. Snímače pro měření tlakové síly, tahové síly, točivého momentu, tlaku.
5. Principy měření teploty kontaktní/bezkontaktní.
6. Mechanické snímání rychlosti proudu kapaliny, plynu, bezkontaktní snímání rychlosti proudu.
7. Principy snímání magnetického pole statického, stacionárního v čase proměnného pole.
8. Principy snímání úrovně akustického tlaku, vibrací, infrazvuk, ultrazvuk (vzduch, voda, země).

## Počítačová fyzika – částicové modelování (povinný společný základ II.)

### 1. Molekulární dynamika – princip

Princip molekulární dynamiky, Verletův a Gearovy integrátory, volba integrátoru a integračního kroku.

Radiální distribuční funkce, vyjádření střední hodnoty veličiny (např. energie) pomocí integrálu párové funkce (např. potenciálu) a RDF, dosah potenciálu vs. velikost systému, dlouhodobá korekce energie.

### 2. Molekulární dynamika – molekulární simulace

Molekulární potenciály – intermolekulární a intramolekulární.

Teplota v MD, termostaty – přeskálování rychlostí, Berendsenův frikční, podstata dalších termostatů (Andersenův, v-rescale).

### 3. Metoda Monte Carlo

Integrace metodou MC – deterministické vs. náhodné vzorkování. Užití MC pro geometrické problémy – náhodné procházky.

Stochastické procesy, Markovovy řetězce, detailní rovnováha a mikroskopická reverzibilita, Metropolisův algoritmus.

## Počítačová fyzika – spojité modelování (povinný společný základ II.)

1. Matematický popis kontinua (Eulerův a Lagrangeův popis), klasifikace parciálních diferenciálních rovnic (eliptické, parabolické a hyperbolické) a jejich aplikace ve fyzice
2. Diskretizační metody a numerická řešení – metoda konečných diferencí, metoda konečných objemů, počáteční a okrajové podmínky, AMR – adaptivní zjemňování sítě, flux limitery
3. Řešení PDR, implicitní, explicitní metody, Crank-Nicholsonové schéma

## **Předměty volitelného okruhu (student volí dva z předmětů)**

### **Electron Microscopy**

1. Proč se používají elektrony jako zdroj záření v mikroskopech?
  - Vlastnosti elektronů
  - Rozlišovací schopnost elektronových mikroskopů,
  - Zdroje elektronů
  - Elektromagnetické čočky a jejich vady
  - Tvorba obrazu
  
2. Jak pracuje transmisní elektronový mikroskop?
  - Konstrukce TEM
  - Rozlišovací a zvětšovací schopnost TEM
  - Záznam obrazu v TEM
  - Požadavky na biologický preparát
  
3. Jak pracuje rastrovací elektronový mikroskop?
  - Konstrukce SEM
  - Rozlišovací a zvětšovací schopnost SEM
  - Tvorba obrazu (excitovaný objem, informace poskytované různými druhy detekovaných signálů)
  - Požadavky na biologický preparát podle typu SEM
  
4. Proč a jak se připravují preparáty pro TEM a SEM?
  - Chemická cesta přípravy preparátů
  - Kryo-postupy v přípravě preparátů
  - Artefakty
  
5. 3D elektronová mikroskopie a zpracování obrazu
  - Možnosti a principy 3D mikroskopie v SEM
  - Bitová hloubka, downsampling, binning – co to je a jak se to dá využít
  - Základní postup při rekonstrukci 3D obrazu v SEM
  - Základní postup při rekonstrukci obrazu v TEM metodou analýzy jednotlivých částic

## **Fyzika nízkých tlaků a technologie vakua**

1. **Fyzika nízkých tlaků – objemové procesy v plynu** – tepelná transpirace, difúze, přenos tepla, přenos impulzu, molekulové procesy v plynech.
2. **Interakce plynu s povrchem** – vazba částic, adsorpce, fyzikální a chemická adsorpce, kosinový zákon, pohyb adsorbovaných molekul, migrace molekul na stěně, vypařování, tlak nasycených par.
3. **Procesy ve stěnách vakuových systémů** – proudění plynu netěsnostmi, kapilární kondenzace, absorpce, difúze a pronikání plynu kompaktními látkami.
4. **Proudění plynů** – definice a typy proudění, Knudsenovo a Reynoldsovo číslo, viskózní a laminární proudění, vodivost potrubí, vztahy a výpočet proudění (trubice, diafragma, koleno, komplexní geometrie), měření vodivosti.
5. **Metody získávání nízkých tlaků – fyzika čerpání** – vakuový systém, pokles tlaku v čase, čerpací rychlost, efektivní čerpací rychlost, zpětný proud, mezní tlak, kompresní poměr, rozdělení tlaku ve vakuových systémech, analogie s elektrickým obvodem.
6. **Transportní vývěvy** – vývěvy s pracovní komorou (pístová, membránová, rotační a olejové vývěvy, suché vývěvy – scroll), vývěvy pracující na přenosu impulzu (molekulární, turbomolekulární, Rootsova, olejová difúzní) + okrajově metody získávání nízkých tlaků.
7. **Sorpční vývěvy** – vývěvy založené na vazbě molekul (adsorpce, kryosorpce, chemisorpce), kondenzační vývěvy, sorpční a kryosorpční vývěvy, metody getrování, vývěvy iontové + okrajově metody získávání nízkých tlaků.
8. **Měření tlaků** – absolutní měřicí metody, manometry kapalinové, membránové (baratrony), molekulární, nepřímé měřicí metody, manometry tepelné (pirani), manometry ionizační, Pennigovy manometry, sorpční měřicí metody.
9. **Vakuové systémy a vakuové technologie** – konstrukce vakuových systémů, vakuové komory, komponenty, design, pravidla, vakuově těsné spojování, vakuové komponenty (vývěvy, manometry, spojky, potrubí a rozvod plynů, tlakové lahve, nastavení tlaků a další).

Poznámka: Při státní zkoušce má student prokázat komplexní znalosti se schopností jejich syntézy; nejedná se o dílčí a detailní zkoušku. Z toho důvodu je potřeba jednotlivé otázky chápat spíše jako okruhy, které se vzájemně prolínají a mezi kterými není ostrá hranice.

## Fyzika plazmatu

- 1. Plazma – čtvrté skupenství hmot, definice** – ionizovaná prostředí, výskyt plazmatu, významné vlastnosti plazmatu, rozdělení a popis elektricky nabitých částic (elektron vs. iont), kinetická teorie plynů
- 2. Plazma jako ionizované prostředí, ionizace, struktura atomu** – model atomu, obsazování hladin, diferenciální ionizace, Penningova ionizace, ionizační potenciál, další ionizační procesy.
- 3. Molekuly v plazmatu** – struktura molekul, rotační, vibrační a elektronické stavy, molekulární ionty, klastry, základy spektrometrie, Franck-Condonův princip.
- 4. Srážkové procesy v plazmatu** – Ion-molekulové reakce, záření plazmatu ion-molekulová reakce, rekombinace, tvoření záporných iontů, relaxační procesy v dohasínajícím plazmatu, rychlostní koeficienty, disociace.
- 5. Nízkoteplotní plazma** – definice, Debyeova stínící délka, parametry plazmatu, vlivy difúze, ambipolární difúze, doutnavé výboje, Paschenův zákon.
- 6. Nízkoteplotní plazma a doutnavý výboj** – parametry plazmatu, přielektrodové ohlasti, plasma sheath (elektrická dvouvrstva) a její vlastnosti (koncentrace elektronů a iontů), Boltzmannovo rozdělení, Bohmovo kritérium
- 7. Teorie doutnavého výboje** – parametry výboje, I-V charakteristika, oblasti a vlastnosti doutnavého výboje, samostatný a nesamostatný výboj, průběhy potenciálu.
- 8. Laboratorní plazma a jeho zdroje** – plazma a jeho vlastnosti, druhy a zdroje plazmatu, experimentální aparatury, DC výboje, RF výboje, indukční a kapacitní výboj, jiskrové výboje, DBD, charakteristiky výbojů.
- 9. Diagnostika plazmatu** – parametry plazmatu, diagnostika invazivní, neinvazivní, Langmuirova elektrostatická sonda (princip, I-V charakteristika, vyhodnocení), optická emisní (absorpční) spektroskopie, korpuskulární diagnostika (hmotnostní spektrometrie), další diagnostické metody.
- 10. Vysokoteplotní plazma** – vysokoteplotní plazma, Lawsonovo kritérium, fúze, udržení plazmatu, tokamak, stellarátor.

Poznámka: Při státní zkoušce má student prokázat komplexní znalosti se schopností jejich syntézy; nejedná se o dílčí a detailní zkoušku. Z toho důvodu je potřeba jednotlivé otázky chápat spíše jako okruhy, které se vzájemně prolínají a mezi kterými není ostrá hranice.

## Kvantová teorie I.

1. **Experimentální základy kvantové mechaniky** – záření absolutně černého tělesa, fotoefekt, Comptonův jev, de Broglieovy vlny, vlnový balík, difrakce mikročástic, dualismus vlna-částice.
2. **Vlnová funkce** – statistická interpretace, princip superposice stavů, úplný systém ortonormálních vlnových funkcí.
3. **Operátory fyzikálních veličin** – vlastnosti operátorů, operátor souřadnice, impulsu, momentu hybnosti, energie, střední hodnota fyzikální veličiny, komutátory, vlastní funkce a vlastní hodnoty.
4. **Relace neurčitosti** – současná měřitelnost fyzikálních veličin, Heisenbergova relace neurčitosti, interakce aparatury s mikroobjekty.
5. **Schrödingerova rovnice** – obecná Schrödingerova rovnice, Hamiltonián, stacionární Schrödingerova rovnice.
6. **Základní řešení Schrödingerovy rovnice** – částice v krabici, tunelový jev, harmonický oscilátor.
7. **Pohyb částice v poli centrální síly** – atom vodíku – nástin řešení, energetické hladiny atomu vodíku, kvantová čísla, atomové orbitály.
8. **Spin** – experimentální zjištění spinu, struktura spekter, Zeemanův jev, spin jako relativistický jev.
9. **Víceelektronové atomy** – Pauliho vylučovací princip, princip nerozlišitelnosti částic, periodická tabulka prvků, chemické vazba, iontová a kovalentní vazba.

## **Modelování a simulace**

### **1. Základní pojmy a modelování:**

systemy, systémové myšlení, modely a jejich druhy, proces tvorby modelu, způsoby popisu modelu a jejich výhody a nevýhody.

### **2. Simulace:**

definice, způsoby zkoumání systému, proces simulace a jeho fáze, výhody a nevýhody, simulační spojité i diskrétní techniky, charakteristika a určení, příklad použití, užití dle úrovně abstrakce.

### **3. Modelování pomocí diskrétních událostí:**

základní pojmy, typy algoritmů, třífázový model zpracování událostí, práce s časem, příklad použití, procesní a stavový diagram, komponenty a jejich význam, příklady použití.

### **4. Modelování pomocí systémové dynamiky:**

základní pojmy, komponenty a východiska, příčinná a zpětná vazba a dopad na chování systému, PID regulátor, schéma a jeho popis, příklad použití v simulaci.

### **5. Multiagentní modelování:**

celulární automaty, hra života, agentový přístup, typy agentů, typy prostředí, vazba na jiné způsoby modelování, příklady použití.

### **6. Nastavení modelu a simulační experiment:**

nastavené modelu, práce s náhodnými proměnnými, typy experimentů a jejich charakteristika, příprava experimentů ve vazbě na cíle.

## Nanomateriály a technologie přípravy

1. Základní principy elektronové struktury pevných látek, pásová struktura a jejich vliv na vlastnosti látek. Základní představy o krystalová struktuře látky, krystalografické soustavy a poruchy mřížce.
2. Povrch pevné látky: definice, vlastnosti. Adsorpce, desorpce a metody čištění povrchů. Růst tenkých vrstev, nukleace, strukturní model tenké vrstvy a jeho ovlivnění dopadem těžkých částic nebo teplotou.
3. Příprava tenkých vrstev fyzikálními metodami: napařovací metody a odprašování. Příprava tenkých vrstev chemickými metodami z plynné a kapalné fáze: CVD, PECVD, MOCVD, ALD, galvanizace atp.
4. Termoemise elektronů, Richards-Dushmanův vztah, termokatody. Výstupní práce a metody měření výstupní práce. Tunelová emise, vliv vnějšího elektrického pole na pásovou strukturu, tunelová mikroskopie.
5. Vliv el. mag. záření na pevnou látku. Fotovodivost, fotoodpor, fotočlánek a principy jejich činnosti. Fotoefekt, fotoemise z pevné látky a fotokatody. Fotoelektronová spektroskopie – UPS, XPS, ESCA.
6. Dopad nabitých částic na pevnou látku. Augerův jev, spektroskopie emitovaných elektronů, charakteristické a brzdné RTG záření. Odraz a rozptyl elektronů. Metody REED a LEED. Elektron elektronová sekundární emise z pevné látky a její aplikace v měřicí technice.
7. Dopad iontů na povrch pevné látky. Sekundární ion elektronová emise, princip a aplikace. Emise neutrálních částic z povrchu. Sekundární iontová emise a metoda SIMS.
8. Tvrdé a otěruvzdorné vrstvy, fotokatalytické materiály a materiály pro palivové a solární články. Příklady a aplikace.

## **Numerická matematika I.**

1. Řešení nelineárních rovnic, metoda bisekce, rychlost bisekce, Newtonova metoda, kvadratická konvergence.
2. Řešení soustav lineárních rovnic, LU rozklad matice a jeho užití.
3. Interpolace funkcí, Lagrangeův a Newtonův interpolační polynom, aproximace funkcí (metoda nejmenších čtverců).
4. Integrovaní a derivování, integrační pravidla a řád chyby integrace, Rombergova interpolace, poměrné diference.

## **Numerická matematika II.**

1. Řešení systémů lineárních rovnic pomocí iteračních metod – srovnání s přímými metodami, příklady jejich použití, princip metody sdružených gradientů.
2. Řešení úloh na vlastní čísla a zobecnění na úlohu na singulární čísla, zavedení pseudoinverzní matice.
3. Řešení počátečních úloh pro obyčejné diferenciální rovnice a soustav diferenciálních rovnic, příklady metod a jejich implementace.
4. Řešení okrajových úloh pro diferenciální rovnice, příklady metod a jejich implementace.

## **Přenos a zpracování signálů**

1. Signály. Definice, parametry. Základní operace se signály: Změna časového měřítka, posunutí v čase, obrácení časové osy, zesílení a zeslabení, součet a součin, konvoluce, korelace.
2. Fourierova řada. Definice periodického signálu. Odvození zápisu harmonického signálu. Komplexní a goniometrický tvar Fourierovy řady. Přejít signálu z časové do frekvenční osy a zpět s využitím Fourierovy řady.
3. Spektrum. Poučky o spektrech. Spektrum součtu dvou signálů, signálu posunutého v čase, signálu se změnou časového měřítka, konvoluce dvou signálů. Spektrum vybraných signálů: stejnosměrný signál, jednotkový skok, Diracův impulz, harmonická funkce.
4. Diskrétní signály. Diskrétní Fourierova řada  $X(k)$  původního signálu  $x(n)$ . Zpětná diskrétní Fourierova řada  $x(n)$  původního signálu  $X(k)$ . Fyzikální význam koeficientů. Diskrétní Fourierova transformace (DFT).
5. Číslicová sdělovací soustava. Parametry, blokové schéma, kódování, dekódování. Popis funkčních bloků, definice, příklady využití. Binární a čtyřstavový signál. Šířka spektra. Signál a rušení. Modulace a demodulace AM, FM, PM, ASK, PSK, QPSK.
6. Systém GSM. Obecný přehled o systému. Kmitočtová pásma. Architektura systému GSM, základní blokové schéma, BTS, BSC, MSC. Zabezpečení informací. Vytváření spojení, žádost o spojení, proces identifikace, spojení MS-BS. Vysvětlení pojmů kódování, prokládání, burst. Struktura rámců.

**Další předměty zařaditelné do volitelného okruhu** (otázky budou připraveny na vyžádání)

**Diferenciální rovnice**

**Lasery a nelineární optika**

**Optická měření**

**Optická spektroskopie**

**Plazmové povrchové nanoinženýrství**

**Pokročilé simulace ve fyzice mnoha částic**

**Procesy přenosu náboje a jejich simulace**