

# Otázky k SZZ programu Fyzikální měření a modelování

## **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).

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

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

## Počítačová fyzika – počítačové 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.

### 4) Spojité modelování

Popis problémů pomocí spojitěho modelování. Klasifikace parciálních diferenciálních rovnic (PDR), okrajové + počáteční podmínky, příklady PDR ve fyzice.

Numerická řešení (explicitní a implicitní schémata) PDR a soustav PDR. Řešení v blízkosti nespojitostí a skoků, „flux limitery“ a AMR. Spojité a hybridní modely (výhody a nevýhody).

## Numerická matematika I. (povinný společný základ II.)

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.

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

### **Modelování elektronických obvodů**

- 1) Stručný popis simulačního programu Multisim a příklady simulace pasivních lineárních obvodů s akumulacími prvky (kapacity a indukčnosti)
- 2) Popis simulačního programu Multisim z hlediska měření elektrických veličin na obvodech. Měření stejnosměrných veličin, střídavých veličin a časových průběhů v různých částech obvodů.
- 3) Popis simulace jednoduchého zesilovače střídavého signálu s NPN tranzistorem a měření polohy jeho pracovního bodu a vstupního a výstupního signálu v programu Multisim.
- 4) Popis simulace jednoduchého zesilovače střídavého signálu s unipolárním tranzistorem MOSFET a měření polohy jeho pracovního bodu a vstupního a výstupního signálu v programu Multisim.
- 5) Popis simulace jednoduchého zesilovače střídavého signálu s operačním zesilovačem a měření vstupního a výstupního signálu na zesilovači v programu Multisim.

### **Modelování a simulace**

- 1) Základní pojmy a modelování:  
systémy, 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:  
nastavení modelu, práce s náhodnými proměnnými, typy experimentů a jejich charakteristika, příprava experimentů ve vazbě na cíle.

## **Zpracování audiosignálů**

1. Fyzikální akustika. Jednorozměrná vlnová rovnice. Vyzařování zvuku ideální koule.
2. Fyziognomie lidského ucha, vnímání zvuku, psychoakustika. Weber-Flechnerovi křivky, hlasitost a hladina hlasitosti. Maskování. Hluk, hygienické předpisy.
3. Základní typy signálů, charakteristiky, střední hodnota. Frekvenční analýza signálů, Fourierova transformace, Diskrétní Fourierova transformace (FFT, DFT).
4. Akustické veličiny, základní a hladinové vyjádření. Akustický tlak, výkon a intenzita. Mechanismy pohlcování zvuku.
5. Prostorová a stavební akustika. Výpočty doby dozvuku. Akustické úpravy uzavřených prostor. Principy úpravy doby dozvuku.

## **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.

## Electron Microscopy I

- 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) Jak se připravují preparáty pro TEM?
  - Chemická cesta přípravy preparátů
  - Ultramikrotomie
  - Kryo-postupy v přípravě preparátů
  - Speciální metody a artefakty
  
- 5) Jak se připravují preparáty pro SEM?
  - Chemické postupy přípravy preparátů
  - Metody sušení
  - Kryo-postupy a jejich aplikace (freeze drying, freeze fracturing, freeze etching)
  - Speciální postupy a artefakty

## **Materiály 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 mřížky.
- 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 iont iontová emise a metoda SIMS.
- 8) Tvrdé a otěruvzdorné vrstvy, fotokatalytické materiály a materiály pro palivové a solární články. Příklady a aplikace.

## Plazmové a vakuové technologie

- 1) Fyzika nízkých tlaků – objemové procesy  
Klasifikace vakua pro technologické účely, vlastnosti plynů, kinetická teorie plynů, pohyb molekul, tepelná transpirace, difúze, přenos tepla, proudění plynu.
- 2) Procesy na površích a ve stěnách vakuových systémů  
Pobyt molekuly na stěně, adsorpční teplo, migrace – pohyb adsorbovaných molekul, chemisorpce, vypařování a tlak nasycených par, absorpce, difúze stěnou, pohlcování plynu porézními látkami.
- 3) Získávání nízkých tlaků – čerpání plynů  
Pokles tlaku v plynu, čerpací rychlost zpětný proud, mezní tlak, rozdělení tlaku při čerpání, základní přehled a rozdělení vývěv.
- 4) Vývěvy  
Mechanické vývěvy, rotační vývěvy, suché vývěvy scroll, Rootsovy vývěvy, difúzní vývěvy, omezování zpětného proudu, (kryo)sorpční vývěvy.
- 5) Měření nízkých tlaků  
Tlak plynů, kapalinové manometry, membránové manometry, ionizační manometry – se studenou a žhavenou katodou.
- 6) Plazma chemický reaktor  
Technologické řešení, parametry, uspořádání řešení pro technologické procesy, čerpání systému, objemové a povrchové procesy, čerpání reaktoru, měření tlaků, zdroje plazmatu.
- 7) Plazma a jeho výhody pro technologické aplikace  
Definice plazmatu, aktivní částice ve výbojích a jejich vlastnosti, povrchové interakce plazmatu.
- 8) Magnetron pro naprašování tenkých vrstev  
Princip magnetronu, jeho výhody a nevýhody, technické řešení, fyzikální princip naprašování tenkých vrstev, magnetrony v komerčních technologických procesech.

Poznámka: při statní 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 jako ionizovaný plyn  
definice plazmatu, nepružné srážky v nízkoteplotním plazmatu - excitace, deexcitace, ionizace, rekombinace, Penningova ionizace, přenos náboje
- 2) Záření plazmatu, difúze plazmatu  
fotoexcitace a fotoionizace atomů, funkce profilu čáry a její využití v diagnostice plazmatu, srovnání difúzního koeficientu pro elektrony a ionty, difúzní rozpadová doba a difúzní délka, ambipolární difúze
- 3) Oblast prostorového náboje na rozhraní plazma-pevná látka  
plovoucí elektroda v plazmatu; průběh funkce potenciálu před plovoucí elektrodou; Debyeův poloměr
- 4) Plazmová frekvence, šíření elektromagnetických vln v plazmatu  
oscilace elektronů a iontů v plazmatu, plazmová frekvence, doba odezvy plazmatu, šíření elektromagnetických vln v plazmatu, využití v diagnostice plazmatu
- 5) Sondová diagnostika plazmatu  
měřicí obvod s jednou sondou, VA charakteristika sondy a její jednotlivé oblasti, postup měření při sondové diagnostice plazmatu
- 6) Teorie doutnavého výboje  
Townsendova teorie výboje, T-koeficient ionizace a T-koeficient sekundární emise, průraz plynu, Paschenův zákon
- 7) Základní charakteristika výboje  
VA charakteristika v širokém rozsahu výbojových režimů, popis výbojových režimů, typická struktura doutnavého výboje, rozdělení potenciálu ve výbojích pro plazmové technologie, oblast katodového spádu
- 8) RF výboj  
výhody RF výboje, vhodná frekvence pro RF výboje, schéma obvodu RF výboje, časový průběh napětí na RF zdroji a na RF elektrodě, doba iontového bombardování terčové elektrody
- 9) Interakce iontů s povrchem v nízkoteplotním plazmatu  
možné procesy a jejich využití v průmyslu, závislost koeficientu odrazu, koeficientu zachycení iontů, koeficientu rozprašování na energii dopadajících iontů, závislost sekundární emise iontů na energii dopadajících elektronů, respektive iontů