Tematické okruhy ke státní závěrečné zkoušce 2021/2022

pro studenty magisterského oboru **Aplikované vědy v inženýrství** FM TUL

Společné okruhy otázek

Mechanický oscilátor, vlastní frekvence a energie mechanického oscilátoru. Vázané oscilátory, vznik mechanického vlnění, Huygensův princip, vlnová rovnice v ideálním plynu. Obecné řešení vlnové rovnice, fázová a grupová rychlost, Dopplerův jev. Šíření zvuku v akustických trubicích, stavové veličiny, Helmholtzův rezonátor. Elektroakustický měnič – obecné vlastnosti, základní principy konstrukce. Akcelerometry.

Vnitřní silové účinky, napětí, přetvoření a deformace v poddajných elastických tělesech. Případy tahu, tlaku, krutu a ohybu. Příklady interpretace víceosé napjatosti. Pevnostní podmínky a mezní stavy napjatosti. Zohlednění vlivu teploty. Dynamika poddajných těles. Materiálové modely poddajných prostředí. Teoretická mechanika poddajného kontinua. Experimentální mechanika.

Druhy chyb při numerických výpočtech a jejich vztah k diskretizačnímu kroku. Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic. Parciální diferenciální rovnice, druhy, příklady fyzikálních dějů popsaných PDR. Metody numerického řešení PDR – MKD, MKP, principy, vlastnosti. Data potřebná pro numerické modelování úlohy popsané PDR, okrajové podmínky, jejich druhy.

Technické prostředky pro mnohokanálová měření s vysokou dynamikou a přesností. Zpracování signálu v časové a frekvenční oblasti. Strukturálně-dynamická analýza mechanických soustav. Měření akustických veličin a akustických polí, mapování zdrojů hluku. Měření na rotačních soustavách, měření a vyhodnocení signálů s úhlovou základnou. Měření na soustavách se servopohony. Měření pro matematické modely.

Zaměření Optické a laserové technologie a měření

Rozdělení senzorů – klasické, integrované a inteligentní senzory. Přeměna fyzikálních veličin na elektrický signál. Mikrosenzory a mikromechanika. Konstrukce senzorů. Kalibrace senzorů. Senzory fyzikálních veličin (teplota, tlak, hmotnost, rychlost, zrychlení, ...). Senzory chemických veličin (pH, detekce plynů, ...) a biosenzory. Optické a IR senzory. Magnetické senzory. Senzory pro zabezpečovací systémy. Stabilita, stárnutí a spolehlivost senzorů.

Základy interferometrie, typy interferometrů a jejich užití k měření indexu lomu, délky, polohy a tvarů povrchů. Polarizace světla, metody získání polarizovaného světla, měření polarizačního stavu, měření dvojlomu. Optická mikroskopie, polarizační mikroskop, moderní optické mikroskopické metody. Holografie a holografická interferometrie.

Interference na osamocené tenké vrstvě – podmínky vzniku, minima a maxima. Metoda “Transfer Matrix” pro výpočet odezvy soustavy vrstev. Materiály tenkých vrstev – interakce elektromagnetické vlny s materiálem, index lomu, disperze, absorpce. Základní metody depozice tenkých vrstev – principy, vlastnosti, deponované materiály. Metody určení optických vlastností tenkých vrstev. Metody chemické, mechanické a elektrické charakterizace tenkých vrstev.

Princip LDA (Dopplerovský a interferenční model). Dvou a tří složkové LDA, Braggova cela a její využití v LDA. Analýza dat LDA – momentová a spektrální analýza. Faktory ovlivňující LDA měření, limity LDA a systematické chyby. Princip metody Particle image velocimetry – principy záznamu a analýzy PIV obrazů, uspořádání komponent systému. Metody zpracování PIV záznamů. Limity a systematické chyby PIV metody. 3D PIV, microPIV, Time resolved PIV.

Koherentní vs. nekoherentní světlo – časová a prostorová koherence. Principy fungování laseru – stimulovaná emise, populační inverze, rezonátor. Laserové rezonátory – módy rezonátoru, podmínky stability. Typy laserových systémů podle aktivního prostředí a jejich specifika – plynové, pevnolátkové, barvivové a diodové lasery, atd. Aplikace laseru ve vědě - laserová spektroskopie, interferometrie, ultrakrátké pulsy a další. Nelineární optika – konverze vlnové délky laseru, nelineární odezva materiálu.

Zaměření Počítačové simulace ve fyzice a technice

Klasifikace parciálních diferenciálních rovnic. Prostory L^2, H^1. Slabá formulace pro eliptické úlohy, Lax-Milgramova věta a existence řešení, Galerkinova metoda, obecný konečný prvek, konformní P1 a P2 konečné prvky, chyba numerického řešení a její závislost na konečném prvku a vlastnostech řešení. Postup asemblace matice tuhosti a její vlastnosti. Výpočetní sítě a adaptivní metody.

Koncept reprezentativního elementárního objemu (REV) v porézním prostředí. Rovnice a veličiny filtračního proudění – Darcyho zákon. Rovnice advekčně-difúzního transportu, hydrodynamická disperze, Pecletovo číslo. Sdružené úlohy – poroelasticita, vliv hustoty na proudění. Přirozené stopovače – vlastnosti, využití. Terénní měření propustnosti a hydraulických veličin. Formulace a řešení transportně-reakčních úloh, modelové případy chemických reakcí v podzemní vodě.

Tekutiny a jejich vlastnosti. Pojmy, veličiny a jednotky v mechanice tekutin. Základní rovnice hydrostatiky a proudění. Silové působení tekutiny. Integrace rychlostního profilu, hmotnostní průtok, průtočná hybnost a energie. Laminární a turbulentní proudění. Principy měření rychlosti proudění tekutiny a srovnání různých metod: Prandtlova a Pitotova sonda, anemometr se žhaveným drátkem, PIV. Chyby a nejistoty měření, zákon přenosu chyb.

Koncept zápisu vektorových a tenzorových vztahů s číselnými indexy. Zobecněný Hookeův zákon v izotropním a anizotropním prostředí. Laméovy rovnice, formulace okrajových úloh. Transformace tenzorů v souřadném systému, hlavní směry, grafické znázornění. Energetické metody – princip minima potenciální energie, Castiglianova věta, aplikace na inženýrské úlohy. Pevnostní podmínky. Základní vztahy teorie plasticity.

Zákony bilance a konstituční vztahy v mechanice tekutin. Metoda konečných objemů (MKO), metoda konečných prvků a nespojitá Galerkinova metoda pro lineární rovnici advekce-difúze, časová diskretizace. MKO pro Navier-Stokesovy rovnice na nestrukturovaných sítích. Matematické modely v CFD. Výpočetní sítě – typy, vlastnosti, kvalita.

Zaměření Materiály pro elektrotechniku

Základní experimenty, De Broglieova hypotéza, vlnová funkce a Bornova interpretace, Schrödingerova rovnice, stav systému v klasické a kvantové fyzice, popis vlastností kvantové částice, role a charakterisktiky operátorů, operátory rychlosti, polohy, energie a momentu hybnosti, princip korespondence, úplná množina pozorovatelných veličin, měření, harmonický a Coulombův potenciál, vývoj kvantové částice, stacionární a nestacionární stavy, částice v magnetickém poli, spin, systémy více rozlišitelných a nerozlišitelných částic, fermiony a bosony, Pauliho princip, atomární vodík, periodická tabulka chemických prvků, Heisenbergovy relace neurčitosti, tunelový jev.

Magnetické vlastnosti atomu, magnetické pole v prostředí, magnetizace, polarizace látky, látky diamagnetické a paramagnetické, feromagnetikcé, antiferomagnetické a ferimagnetické látky. Doménová struktura, pohyb doménových stěn, a její vlastnosti. Makroskopické projevy feromagnetických látek: saturace, hystereze, permeabilita, Barkhausenův šum, vířivé proudy, magnetická viskozita, magnetostrikce, magnetizační ztráty. Magnetizační smyčka: popis, měření na uzavřených a otevřených vzorcích, magnetické modely hystereze. Technické materiály mag. měkké a tvrdé: vlastnosti, návrh elektromagnetu, návrh perm. magnetu.

Polovodičové materiály - odlišnost od vodičů a izolantů, zakázané pásmo, příměsový polovodič a jeho vlastnosti - koncentrace nosičů, pohyblivost, generace a rekombinace nosičů, přechody - PN, kov polovodič - vlastnosti, Peltierův jev, Hallův jev;
Zesilovací jev – bipolární, polem řízený tranzistor – druhy, princip, vliv technologie na parametry;
Diskrétní prvky – dioda, tranzistor – bipolární, FET, tyristor, triak – funkce, vlastnosti, chlazení;
Integrované obvody – druhy, technologie, hustota;
Polovodičové senzory – mechanických veličin, teploty, pole, senzory částic a záření;
Optoelektronické prvky – LED a lasery, Fotovoltaické prvky;
Organické polovodiče – princip funkce, prvky z organických polovodičů a jejich vlastnosti, OLED;

Inteligentní materiály a jejich využití pro senzorické a aktuační funkce. Stavové veličiny v pevných a plynných látkách, materiálové konstanty, lineární stavové rovnice. Okrajové podmínky fyzikálních dějů a procesů. Vnitřní energie systému. Nezávislé a závislé termodynamické stavové veličiny. Termodynamické potenciály. Legenderova transformace. Piezoelektrické senzory a jejich využití pro měření vybraných fyzikálních veličin, zvláště v mechanice tuhých a poddajných těles (měření síly, tlaku, zrychlení). Piezoelektrický rezonátor. Aktivní potlačování hluku a vibrací. Feroelekrické a pyroelektrické materiály. Základní principy Landauovy teorie fázových přechodů.

Vlnová rovnice pro elektromagnetickou a akustickou vlnu v materiálovém prostředí. Odraz a lom elektromagnetického a akustického vlnění na rozhraní materiálů. Základní charakteristika metamateriálu. Dělení metamateriálů. Vlastnosti double-negative metamateriálu. Základní charakteristiky elektromagnetických a akustických metamateriálů. Základní experimentální zhotovení elektromagnetického metamateriálu, permitivita systému drátků, permeabilita split-ring rezonátorů. Snellův zákon pro lom vlnění na rozhraní klasického materiálu a metamateriálu. Zobecněný Snellův zákon na metapovrchu.