

Okruhy státní závěrečné zkoušky pro 3901T052 Biomechanika a lékařské přístroje s DP na 12105

Pružnost a pevnost

1. Napjatost a deformace těles. Napětí, poměrná deformace, zkos při základních typech namáhání (tah - tlak, ohyb, krut, smyk). Znázornit průběh napětí v namáhaném průřezu. Vliv setrvačných a tíhových účinků na namáhání. Vliv teploty na deformaci a napětí.
2. Fyzikální závislost mezi napětími a deformacemi: Hookův a rozšířený Hookův zákon pro izotropní i anizotropní materiály. Základní elastické konstanty. Souvislost E , G , ν pro izotropní materiály.
3. Rovinná a prostorová napjatost, napětí v obecné rovině, invarianty napětí, kubická rovnice pro řešení hlavní napětí, hlavní roviny. Mohrovy kružnice.
4. Napětí a deformace ve vrstvených laminátech. Význam matic tahové, ohybové a vazbové tuhosti v konstitutivním vztahu laminační teorie. Příklady zatížení a deformace laminátů.
5. Experimentální metody v pružnosti a pevnosti. Metody měření poměrných deformací. Mohrova kružnice pro poměrné deformace. Výpočet napětí z naměřených poměrných deformací.
6. Deformační energie U při základních typech namáhání (tah - tlak, ohyb, krut, smyk), Castiglianův princip, Mohrův integrál - aplikace. Hustota deformační energie.
7. Úlohy staticky neurčitě: zjištění stupně statické neurčitosti. Metody řešení staticky neurčitých úloh při základních typech namáhání (tah - tlak, ohyb, krut) - silová metoda, užití deformační energie. Aplikace na jednoduché případy.
8. Pevnostní hypotézy pro houževnaté i křehké izotropní a anizotropní materiály, teorie pevnosti, pevnostní podmínky, mezní plocha a mezní čára, výpočet součinitele bezpečnosti.
9. Základní a kombinované případy namáhání (tah, tlak, ohyb, smyk (krut) a jejich kombinace, prostorový /šikmý/ ohyb. Průběh(y) napětí v průřezu, redukované napětí, dimenzování.
10. Průběhy posouvající síly $T(x)$ a ohybového momentu $M_0(x)$ u přímých nosníků a tenkých křivých prutů různě uložených (vč. staticky neurčitých) a různě zatížených na ohyb: metody řešení (metoda řezu, Schwedlerova věta), závislost mezi $q(x)$, $T(x)$, $M_0(x)$. Určení $M_0(\max)$. Dimenzování na ohyb.
11. Volný krut prutů obecných průřezů. Prandtlův vrchlík, funkce napětí, vlastnosti funkce napětí a její souvislost se smykovými napětími. Tenkostěnné průřezy uzavřené a otevřené.

12. Tenkostěnné skořepiny, napjatost tenkostěnných nádob, podmínky membránového stavu, deformace nádoby, dimenzování. Tlustostěnné tlakové nádoby, průběhy napětí po tloušťce. Nalisované spoje, kontrola, dimenzování.
13. Stabilita přímých prutů - řešení dle Eulera a Tetmajera. Kritická (mezí) síla. Závislost kritického napětí a štíhlosti. Dimenzování. Součinitel bezpečnosti. Kombinace ohybu a tlaku (vzpěru). Řešení přes momenty a řešení přes deformace. Dimenzování.
14. Metoda konečných prvků. Princip minima celkové potenciální energie ve staticce poddajného tělesa. MKP v pružnosti jako Ritzova metoda se speciální volbou bázevých funkcí. Vyjádření posuvu v elementu (matice tvarových funkcí). Vyjádření deformace v elementu (matice uzlové posuvy-deformace). Deformační energie elementu pomocí matice tuhosti elementu.
15. Metoda konečných prvků. Deformační energie tělesa jako součet deformačních energií elementů, sestavení globální matice tuhosti. Potenciál vnějších sil elementu, resp. tělesa pomocí vektoru ekvivalentních uzlových sil elementu, resp. tělesa. To vše buď na příkladu 1D tyčového elementu nebo obecně.
16. Metoda konečných prvků. Celková potenciální energie elementu a tělesa. Podmínky minima a diskretizovaná rovnice rovnováhy. Vlastnosti matice tuhosti (symetrie, singularita, pozitivní semidefinitnost). Kinematické okrajové podmínky a modifikace matice tuhosti. To vše buď na příkladu 1D tyčového elementu nebo obecně.
17. Vliv teploty na přetvoření a namáhání strojních součástí a konstrukcí. Předpětí konstrukcí při ohřátí, aplikace. Mezní stav tečení materiálu (creepu) za vysokých teplot. Křivky tečení a jejich popis. Predikce životnosti. Kombinace creepu a únavy.
18. Základní rovnice matematické teorie pružnosti. Rovnice rovnováhy elementu při statickém namáhání, vztahy mezi tenzorem deformace a přetvoření, konstitutivní vztahy pro izotropní (anizotropní) materiál, vysvětlení podmínek kompatibility, diferenciálních rovnic popisu stavu v bodě tělesa vyjádřených v posuvech nebo v napětích.

Mechanika těles a soustav:

1. Podmínky rovnováhy silových soustav
2. Kinematické vazby, reakce vazeb, princip uvolňování
3. Mechanická práce, práce v potenciálním silovém poli
4. Drsnost a pasivní odpory
5. Princip virtuálních prací
6. Kinematické charakteristiky základních druhů pohybu tělesa
7. Kinematika současných pohybů
8. Metody kinematického vyšetřování pohyblivých soustav
9. Geometrie hmot (těžiště, momenty setrvačnosti, deviační momenty)
10. Newtonovy zákony, princip d'Alambertův
11. Základní věty dynamiky soustav hmotných bodů a těles
12. Sestavování pohybových rovnic metodou uvolňování
13. Analytické metody sestavování pohybových rovnic
14. Lagrangeovy rovnice 2. druhu
15. Dynamické poměry při současných pohybech
16. Volné kmity lineárních soustav s 1 a více stupňů volnosti
17. Vynucené kmitání s 1 a více stupňů volnosti
18. Torzní kmitání soustav
19. Podélné kmitání tyčí
20. Ohybové (příčné) kmitání nosníků
21. Nelineární kmitání systémů s 1 stupněm volnosti
22. Dynamická stabilita pohybu
23. Kritické otáčky
24. Dynamické vyvažování tuhých rotorů
25. Ukládání strojů
26. Pravidla pro sestavování dynamických modelů

Biomechanika člověka:

1. Biomechanika kosti: makro a mikrostruktura, chemické složení, remodelace a její buněčný základ, principy modelů adaptace kosti
2. Biomechanika vazů: makro a mikrostruktura, chemické složení, mechanické vlastnosti v tahu, viskoelasticita
3. Aparát nelineární biomechaniky: nelineární elasticita, deformační gradient, tenzory napětí a konečných deformací, hyperelasticita
4. Biomechanika cév: struktura, mechanická odezva, vliv stáří, patologické stavy
5. Biomechanika chrupavky: struktura, složení, vlastnosti, poroelasticita
6. Modelování napjatosti cév: tenkostěnná nádoba, silnostěnná nádoba, zbytkové napětí, okrajové podmínky
7. Mechanika kosterního svalu: mechanismus kontrakce svalu, závislost síla - délka svalu, závislost síla - rychlost kontrakce svalu, aktivace svalu
8. Stanovení síly kontrakce kosterního svalu: modely kosterního svalu hillova typu, výpočet svalové síly optimalizačním přístupem a vhodná optimalizační kritéria,
9. Biomechanika velkých kloubů: pohyblivost a stavba kloubů, funkce jednotlivých struktur, působící silové účinky
10. Biomechanika páteře a dentální biomechanika: pohyblivost a stavba, funkce jednotlivých struktur, působící silové účinky
11. Experimentální metody v biomechanice: experimentální testování zdravotnických prostředků a biologických tkání, metody, možnosti a omezení
12. Konstrukční materiály pro zdravotnické prostředky: kovovy, plasty, kompozity, keramika. Mechanické vlastnosti, limity a omezení
13. Návrh a vývoj implantátů: návrh konstrukce, působící síly, optimalizace tvaru a rozměru, plánování operačního výkonu, vývoj instrumentária
14. Vliv implantace na zatížení organismu: kritéria hodnocení, interakce implantátu s tkáněmi, plánování zákroků
15. Forenzní biomechanika: analýza kinematiky pohybu, pády z výšky, vznik zranění
16. Principy samospořádání molekul: Entropie vs. entalpie, fosfolipidické vrstvy, tvarový faktor, polymorfismus membrán
17. Mechanika biologických membrán: Typy namáhání, izotropní tah, smyk, ohyb, Helfrichova deformační energie
18. Mechanika buněk: Tvarová optimalizace, využití mechaniky tenkostěnných nádob, tenzegrity, pohyb buněk
19. Mechanika polymerů: Model ideálního řetězce, autokorelační funkce, perzistentní délka
20. Entropická elasticita: Deformační energie řetězce, vztah mezi strukturou a tuhostí polymeru, projevy entropické elasticity