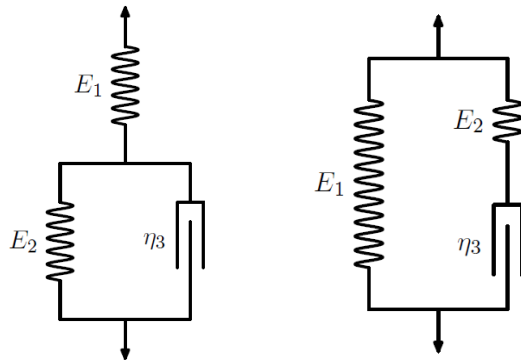


Požadavky ke zkoušce z Biomechaniky 1
od r. 2023

- (1) Kinematika deformace: konfigurace tělesa, deformace jako zobrazení, materiálové vs. prostorové souřadnice, deformační gradient \mathbf{F} , polární rozklad $\mathbf{F} = \mathbf{R}\mathbf{U} = \mathbf{v}\mathbf{R}$, tenzory deformace (\mathbf{U} , \mathbf{C} , \mathbf{E} , \mathbf{v} , \mathbf{b} , \mathbf{e} , $\ln\mathbf{U}$, $\ln\mathbf{v}$), úloha o vlastních číslech (vlastní směry a spektrální rozklad, zejména pro \mathbf{C} a \mathbf{U}), invarianty tenzorů druhého řádu, invarianty deformace pro kontinuum s preferovaným směrem (anizotropní materiál).
- (2) Napjatost v bodě tělesa: metoda řezu a Cauchyův tenzor napětí $\boldsymbol{\sigma}$, 1. a 2. Piolův-Kirchhoffův tenzor napětí \mathbf{P} a \mathbf{S} .
- (3) Konstitutivní rovnice pro nelineárně pružný materiál: hustota deformační energie W jako potenciálová funkce pro napětí (izochorická i obecná varianta), modely pro W (neo-Hooke, Mooney-Rivlin, zobecněný Rivlinův model, Ogdenův model, Gentův model, exponenciální model Fungova typu), W pro anizotropní materiál (izotropní funkce více tenzorových proměnných a přidružené invarianty I_4, I_5).
- (4) Lineární viskoelasticita: konstitutivní model lineární pružiny, konstitutivní model lineárního tlumiče, popis fenoménu relaxace napětí (Maxwellův model) a creepu (tečení, Kelvinův model) pomocí sériového a paralelního uspořádání tlumiče a pružiny (odvození diferenciální rovnice, znalost řešení), vysvětlení pojmu zotavení a závislosti napětí na rychlosti deformace pomocí grafu $\sigma - \varepsilon$, odezva 1D lineárně viskoelastického materiálu na harmonické buzení, obecná formulace pomocí integrálního přístupu (obecný stav napjatosti a deformace).
- (5) Krevní oběhová soustava: základní anatomický popis, funkce krevního oběhu, stavba cévní a srdeční stěny, buňky myokardu a cév, kolagen (jeho struktura, funkce a hierarchické uspořádání), elastické vlákno (struktura, funkce).
- (6) Kvalitativní popis mechanických vlastností cév (nelinearita a její důvody, anizotropie a její důvody, elastické chování vs. projevy viskoelasticity, preconditioning, Mullinsův efekt), chování cévy při tahové zkoušce a inflačně-extenzním experimentu.
- (7) Podélné předpětí cév: biomechanické vysvětlení jeho fyziologické funkce.
- (8) Zbytkové napětí a deformace: důkaz existence u cév a srdce, biomechanické vysvětlení jejich fyziologické funkce (vliv na napjatost a deformaci v různých stavech, homogenizace napětí/deformace).
- (9) Šlachy a vazy: anatomická funkce a druhy, stavba (buněčná a nebuněčná hmota), uspořádání kolagenu, mechanické vlastnosti (odezva v tahové zkoušce, tažnost, přibližné hodnoty modulu pružnosti v lineární části tahového diagramu, přibližná hodnota meze pevnosti), viskoelastické projevy (creep, relaxace, tlumení), vliv stárnutí na mechanické vlastnosti.
- (10) Chrupavka: druhy chrupavky, anatomická funkce (podle druhu), vnitřní stavba (buněčná a nebuněčná hmota), mechanické vlastnosti (viskoelastické projevy redistribuce kapaliny v porézním elastickém materiálu [poroelasticita] - creep a relaxace, Darcyho zákon a pojem permeability).
- (11) Kost: kostní tkáň (druhy kostní tkáně = kompaktní vs. spongiózní, vnitřní stavba z pohledu lamel = fibrilární vs. uspořádané lamely [osteon], organické a anorganické stavební látky, souvislost s funkcí a růstem), mechanické vlastnosti kosti (tahový diagram, přibližné hodnoty modulů pružnosti pro kompaktní a spongiózní kost, pevnost v tlaku, tahu, smyku, anizotropie, závislost na rychlosti deformace), souvislost mezi mírou mineralizace a mechanickými vlastnostmi, kolagen a mechanické vlastnosti demineralizované kosti, způsoby namáhání kostí a jejich anatomické uspořádání (dutá kost vs. plochá kost), růst a přestavba kosti (růstová chrupavka, apozice, funkce osteocytu, osteoklastu, osteoblastu, modelace a remodelace)

Úlohy, které je nutné umět formálně odvodit a řešit:

- odvození výrazu pro napětí při jednoosém tahu nestlačitelného materiálu popsaného neo-hookeovským a izotropním exponenciálním (Fung závislý pouze na I_1) modelem W
- odvození diferenciální rovnice a její řešení pro paralelní a sériové uspořádání pružiny a tlumiče (relaxace, creep)
- odvození diferenciální rovnice pro napětí a deformaci pro 1D případy napjatosti a deformace podle následujících obrázků:



Zkouška probíhá písemnou (cca 60 minut na odpovědi na otázky a řešení úloh) a ústní formou (cca 10 minut rozhovor nad písemkou + doplňující otázky).

Materiály k přípravě na zkoušku:

ČAPEK, Lukáš a kol. Biomechanika člověka. Grada Publishing, 2018.

VALENTA, Jaroslav, KONVIČKOVÁ, Svatava. Biomechanika srdečně cévního systému člověka. Vydavatelství ČVUT, 1997 (dotisky 2007 a dále).

KONVIČKOVÁ, Svatava, VALENTA, Jaroslav. Biomechanika člověka. Svalově kosterní systém I. a II. díl. ČVUT v Praze, Fakulta strojní (skriptum), 1996 (dotisky 2007).

KŘEN, Jiří, Josef ROSENBERG a Přemysl JANÍČEK. Biomechanika. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-792-0. (dostupné v NTK)

DANIEL, Matej a Tomáš MAREŠ. Experimentální biomechanika. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-03982-3. (dostupné v NTK)

PRAŽÁK, Josef. Úvod do biomechaniky. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03034-2. (dostupné v NTK)

VALENTA, Jaroslav, Vladimír BÍNA, Vratislav KAFKA, et al. Biomechanika. Praha: Academia, 1985. (dostupné v NTK)

<http://users.fs.cvut.cz/~hornyluk/files/Nelinearni-pruznost-projekt-I.pdf>

<http://users.fs.cvut.cz/~hornyluk/files/Biomechanika-I-Krevni-obeh-a-mechanika-cev.pdf>

http://users.fs.cvut.cz/~hornyluk/files/Biomechanika_II_2016.pdf

<http://users.fs.cvut.cz/tomas.mares/rheology.pdf>

<http://users.fs.cvut.cz/~hornyluk/files/Viskoelasticka.pdf>

Určitě může být užitečné projít si slovníková hesla pro kost, šlachy, vaz, chrupavku na české a anglické https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana

Totéž platí pro hesla o stavbě kosti, chrupavkách, vazy, šlache a částech oběhové soustavy na <https://www.wikiskripta.eu/w/Home>

Případné dotazy: doc. Ing. Lukáš Horný, Ph.D. lukas.horny@fs.cvut.cz