

# Elastsusõpetus, EMD0020

## Programm

### Õppeaine eesmärk

- A. Ainekeskne.** Elastusteooria on mehaanika osa, mis uurib elastsete kehade ja keskkondade deformatsioone ja liikumist. Kursuse eesmärgiks on anda ülevaade lineaarses elastusteooras kasutatavatest printsiipidest, hüpoteesidest ja meetoditest ning esitada mõningate klassikaliste elastusteooriaülesannete lahendused (näit. talade ja plaatide paine, koondatud jõu mõju poolruumile jne.).
- B. Hariduskeskne.** Elastusteooria kursus on loogiliseks jätkuks õppeainetele tehniline mehaanika (staatika + tugevusõpetus) ja ehitusmehaanika. Kui tugevusõpetus annab elastsete kehade käitumise kohta maksimaalselt lihtsustatud käsitluse ja mittelineaarne elastusteooria vastupidi, maksimaalselt täpse käsitluse, siis lineaarne elastusteooria (mida käsitletakse käesolevas kursuses) kujutab endast nende kahe käsitluse vahelist kompromissi, mis on võimaldanud ja võimaldab ka edaspidi lahendada väga suure osa inseneripraktikas olulistest ülesannetest.

**Maht:** 4,0 EAP, loenguid 1,5; praktikume 0; harjutusi 1,5;

**Kontrollivorm:** eksam

**Õpetamise semester:** kevad

**Õppejõud:** prof. Andrus Salupere

### **Eeldused:**

inseneriõppes tehniline mehaanika II EMD0012;

magistriõppes eeldatakse, et bakalaureuseõppes on läbitud tugevusõpetuse või tehnilise mehaanika kursus.

**Õppeaine sisu ja orienteeruv ajakava (sh. harjutused) õppenädalate lõikes:**

Teema	Nädal
1. Sisejuhatus 2. Pinge, tasakaaluvõrrandid, peapinged 3. Deformatsioon, Cauchy seosed, pidevustingimused, üldistatud Hooke'i seadus, elastsusjõu töö.	1-4
4. Elastsusteooria põhivõrrandid, nende lahendusmeetodid ja lihtsamad ruumilised ülesanded. 5. Elastsusteooria tasandülesanne. Tasapinnaline deformatsioon, tasapinnaline pinge, pingefunktsiooni kasutamine tasapinnaliste ülesannete lahendamiseks. Tasandülesanne ristkoordinaatides: tala ja konsooli paine, tugiseina arvutus jne. Tasandülesanne polaarkoordinaatides, telgsümmeetrilised ülesanded, kiilu surve, koondatud jõu mõju pooltasandile ja poolruumile jne.	5-9
6. Õhukeste plaatide paine. Plaatide paindeteooria põhimõisted ja hüpoteesid. Plaadi elastse pinna võrrand ja selle lahendusmeetodid. Ristkülikplaatide paindeülesande lahendamine, Navier' meetod, Võrgumeetod,	10-12
7. Telgsümmeetrilised pinged ja deformatsioonid pöördkehades. Ümar- ja rõngasplaatide paindeülesanded. 8. Plaatide stabiilsus Kursuse kokkuvõte	14-16

**Teadmiste kontroll ja iseseisva töö korraldus**

- ◆ Eksam koosneb järgmistest osadest:
  - ◆ 3 kodutööd, mida vajadusel tuleb kaitsta ja mida hinnatakse
  - ◆ teooria- ja ülesannetöö (peale auditoorse õppetöö lõppu)
  - ◆ Kodutööd tuleb esitada paberandjal
  - ◆ tähtjaks esitatud kodutöö annab boonuspunkte 5% maksimaalsest punktisummast
  - ◆ 1. ja 2. kodutöö osatähtsus saab olema ca 25%, 3. kodutööl 17% ja teooriatööl 33%
  
- ◆ Eksami hinde saamiseks summeeritakse kõigi nelja töö punktid ja leitakse mitu protsenti on saadud tulemus maksimaalsest võimalikust punktisummast. Seejärel ümardatakse saadud protsent täisarvuks ning määratakse hinne vastavalt allpool toodud tabelile:

- "5" —  $91 \leq \text{protsent} \leq 100$ ,
- "4" —  $81 \leq \text{protsent} \leq 90$ ,
- "3" —  $71 \leq \text{protsent} \leq 80$ ,
- "2" —  $61 \leq \text{protsent} \leq 70$ ,
- "1" —  $51 \leq \text{protsent} \leq 60$ ,
- "0" —  $0 \leq \text{protsent} \leq 50$ .

### **Põhiõpikud**

1. A. Salupere. *Elastsusõpetus (Lineaarne elastsusteooria)*. Loengukonspekt. Tallinn, 2013–2016, (pole kirjastatud, üliõpilased saavad kasutada interneti väljaannet aadressil <http://www.ioc.ee/~salupere/loko.html>).
2. R. Eek, L. Poverus. *Ehitusmehaanika. 2. osa*, Tallinn, Valgus, 1967.

### **Täiendav kirjandus**

1. J. R. Barber. *Elasticity*. Dordrecht et al., Kluwer, 2002.
2. R. Parnes. *Solid mechanics in engineering*. Chichester et al., Wiley, 2001.
3. J. N. Reddy. *Theory and analysis of elastic plates*. Philadelphia, Taylor & Francis, 1999.
4. S. Timošenko, J. N. Goodier. *Theory of Elasticity*. McGraw-Hill, 1970.  
Vene keeles: *Teoria uprugosti*. Moskva, Nauka, 1975.
5. A. C. Ugural. *Stresses in plates and shells*. Boston et al., McGraw-Hill, 1999.
6. E. J. Hearn, *Mechanics of materials : an introduction to the mechanics of elastic and plastic deformation of solids and structural components*. Oxford et al., Pergamon, 1985.
7. B. N. Žemotškin. *Teorija uprugosti /Elastsusteooria/*. Moskva, Gos. izdat. literaturõ po stroitelstvu i arhitektуре, 1957, (vene keeles).
8. V. I. Samul. *Osnovõ teorii uprugosti i plastitšnosti /Elastsus- ja plastsusteooria alused/*. Moskva, Võšaja Škola, 1982, (vene keeles).
9. S. Timoshenko. *Theory of plates and shells*. New York et al., McGraw-Hill, 1959.
10. Chi-Teh Wang. *Applied elasticity*. New York et al. McGraw-Hill, 1953.  
Vene keeles: Van Tszı-De. *Prikladnaja teorija uprugosti*. Moskva, Gos. Izdat. fiziko-matematičeskoi literaturõ, 1959.
11. J. Engelbrecht. *Sissejuhatus deformeeruva keha mehaanikasse*. Tallinn, TPI kirjastus, 1984.
12. K. Kenk. *Sissejuhatus elastsusteooriasse*. Tallinn, TTÜ kirjastus, 1997.
13. J. Metsaveer *Plaatide arvutus ja tasandülesanne. meetodiline materjal*. Tallinn, TPI kirjastus, 1987.

Koostaja: Prof. Andrus Salupere, küberneetika instituudi direktor