

## I. Subject Specification

### 1. Basic Data

#### 1.1 Title

Nemlineáris mechanika

#### 1.2 Code

BMEEOTMMN-2

#### 1.3 Type

Module with associated contact hours

#### 1.4 Contact hours

Type	Hours/week / (days)
Lecture	2
Seminar	1

#### 1.5 Evaluation

Exam

#### 1.6 Credits

4

#### 1.7 Coordinator

name	Dr. Bojtár Imre
academic rank	Professor
email	<a href="mailto:bojtar.imre@emk.bme.hu">bojtar.imre@emk.bme.hu</a>

#### 1.8 Department

Department of Structural Mechanics

#### 1.9 Website

<https://epito.bme.hu/BMEEOTMMN-2>  
<https://fiek2.mywire.org/course/view.php?id=2012>

#### 1.10 Language of instruction

hungarian and english

## 1.11 Curriculum requirements

Compulsory in the Specialization in Numerical modelling, Structural Engineering (MSc) programme

## 1.12 Prerequisites

Ajánlott előkövetelmény:

- Általános szilárdságtan (BMEEOTMAS41)

## 1.13 Effective date

5 February 2020

## 2. Objectives and learning outcomes

### 2.1 Objectives

A tantárgy az építőmérnöki BSc képzésben tanított Elemi Szilárdságtan és Általános Szilárdságtan folytatása, azok lineáris modelljeinek kiterjesztése és általánosítása. Két fontos célja van:

A./ A hallgató megismeri a nemlineáris mechanika szemléletmódját, az elméleti és numerikus modellezésben használatos változóit, továbbá azokat az alapvető egyenleteket, amelyek a nemlineáris viselkedésű mechanikai feladatok megfogalmazásához szükségesek. A tárgy elemzi a különböző nemlineáris alakváltozás- és feszültségi tenzorok használatát, valamint az általános perem- és/vagy kezdetiérték típusú, illetve variációs mechanikai egyenletek létrehozását általános esetben, illetve néhány fontos mérnöki szerkezetfajta esetén.

B./ A másik fontos cél megismertetni a nemlineáris feladatok vizsgálatához – elsősorban végeselemes számításokhoz – szükséges elméleti háttérrel, hangsúlyozva a lineáris és nemlineáris feladatok vizsgálata közötti elméleti és gyakorlati különbségeket.

### 2.2 Learning outcomes

Upon successful completion of this subject, the student:

#### A. Knowledge

1. ismeri a nemlineáris mechanika alapvető leírás módjait, és matematikai eszköztárának fontosabb műveleteit,
2. ismeri a különböző nyúlás-, alakváltozás- és feszültségtenzorok fogalmát, számítási módjait és megfelelő párokba való kapcsolási módját,
3. ismeri az alapvető mechanikai egyenletek erős- és gyenge alakjait,
4. ismeri az energia- és munkatételek különböző változatainak elméleti háttérét és előnyös alkalmazási lehetőségeit,
5. ismeri a többmezős variációs elvek előállítás módjait, és numerikus használatuk fontosabb elveit,
6. ismeri a nemlineáris mechanikai feladatok – matematikai és mechanikai elvek szerinti – megoldási technikáinak fontosabb változatait, beleértve a klasszikus mechanika néhány alapvető feladatának számítását,
7. ismeri a termoelasztikus és a rugalmas-képlékeny anyagmodellek előállításának fizikai alapjait,
8. ismeri a fontosabb gerenda-, lemez- és héjmodellek lineáris és nemlineáris vizsgálatához szükséges egyenletek megfogalmazásához szükséges módszereket, beleértve a tetszőleges alakú héjak görbületi tenzorainak számítási módját,

#### B. Skills

1. egy tetszőleges szerkezet terhelése során képes – numerikus modellekből nyert adatok segítségével – a deformációgradiens-tenzor számítására, vagyis a merevtestszerű elfordulás és nyúlás jellemzésére,
2. kiszámítja a laboratóriumi mérésekből nyert nyúlási adatok segítségével a szerkezet adott pontjában – nagy mozgások esetén is – az alakváltozásokat és feszültségeket,
3. önállóan felépít egyszerűbb nemlineárisan rugalmas, rugalmas-képlékeny és időfüggő anyagmodelleket,
4. önállóan és hatékonyan használja a munka- és energiatételek többféle változatát,
5. tetszőleges keresztmetszetű gerendák csavarásból keletkező feszültségeit számítja többféle modell alapján,
6. tetszőleges keresztmetszetű és görbületű gerendák hajlításból és nyírásból keletkező feszültségeit

számítja többféle modell alapján,

7. magasabbrendű nyírási modelleket alkalmaz gerendáknál és lemezeknél történő numerikus vizsgálatára,
8. előállítja egy adott héjszerkezetnél a numerikus modellezéshez szükséges görbületi tenzorait,
9. képes a szakirodalom önálló feldolgozására és kritikus értelmezésére,
10. gondolatait rendezett formában fejezi ki szóban és/vagy írásban,

### C. Attitudes

1. törekszik a nemlineáris mechanikai feladatainak megoldásához szükséges eszközrendszer megismerésére, és rutinszerű használatára,
2. törekszik a pontos és hibamentes feladatmegoldásra,
3. szóbeli kommunikációban törekszik az érthető, szabatos fogalmazásra, írásbeli megnyilvánulásaiban törekszik az igényes, rendezett, a mérnöki szakma által elvárható színvonalú dokumentáció készítésére,

### D. Autonomy and Responsibility

1. önállóan végzi a nemlineáris mechanikai feladatok elemzését és a vizsgálatokhoz szükséges numerikus modellváltozatok kiválasztását,
2. nyitottan fogadja a megalapozott kritikai észrevételeket,

## 2.3 Methods

Előadások elméleti ismeretekkel és számítási feladatokkal, kommunikáció írásban és szóban, IT eszközök és technikák használata, önállóan készített gyakorlófeladatok (opcionális), szakcikkek feldolgozása (opcionális).

## 2.4 Course outline

Hét	Előadások és gyakorlatok témaköre
1.	Alapfogalmak, mozgásegyenletek, gradienstenzor számítása
2.	Alakváltozástenzorok különböző bázisokban
3.	Alakváltozások és nyúlások főértékei. Gradienstenzor poláris felbontása. Görbevonaltú bázisokhoz rendelt alakváltozások számítása.
4.	Különböző feszültségtenzorok számítása. Alakváltozás- és feszültségtenzor párok termodinamikai főtörvények alapján.
5.	Az anyagmodell fogalma, termoelasztikus anyag modellje.
6.	Képlékeny és viszkózus anyagi viselkedés jellemzése.
7.	A mechanika alapvető egyenletei, erős és gyenge változatok
8.	Munkatételek, felcserélhetőségi tételek.
9.	Többmezős variációs elvek, az energiatételek különböző

## Nemlineáris mechanika - BMEEOTMMN-2

	változatai.
10.	Peremérték-feladat és variációs feladat-típusú felírási módok közötti kapcsolat, a mechanikai egyenletek fő megoldási módszerei.
11.	Feszültségfüggvények és alkalmazási módjuk.
12.	Egyenes és görbült hajlított/nyírt gerendák különböző mechanikai modelljei.
13.	Felületszerkezetek görbületeinek számítása. Hajlított lemezek különböző mechanikai modelljei.
14.	Héjak mechanikai modelljei lineáris és nemlineáris vizsgálatokra.

The above programme is tentative and subject to changes due to calendar variations and other reasons specific to the actual semester. Consult the effective detailed course schedule of the course on the subject website.

### 2.5 Study materials

Jegyzet(ek):

- Bojtár Imre: Nemlineáris Mechanika.
- Gábor Edit: Példatár.

Letölthető anyag(ok): Interneten elérhető szakkönyvek és folyóiratcikkek.

### 2.6 Other information

- Az előadásokon a részvétel kötelező.
- A teljesítményértékelésen résztvevő hallgató a teljesítményértékelés ideje alatt külön engedély nélkül nem kommunikálhat másokkal, és nem lehet nála kommunikációra alkalmas elektronikus, vagy egyéb eszköz bekapcsolt állapotban.
- Az az érvényes aláírással rendelkező hallgató, aki nem vizsgakurzusra veszi fel a tárgyat, aláírását és vizsgajogát nem veszheti el, de a végeredmény számításánál az újonnan elért zárthelyi eredményeket vesszük alapul.

### 2.7 Consultation

Konzultációs időpontok:

- a tárgy oktatója által a tanszéki honlapon meghirdetett időpontban, VAGY
- előzetes egyeztetés szerint (email: bojt.ar.imre@epito.bme.hu )

This Subject Datasheet is valid for:

Nem induló tárgyak

**II. Subject requirements**

Assessment and evaluation of the learning outcomes

**3.1 General rules**

- A 2.2. pontban megfogalmazott tanulási eredmények értékelése két évközi írásbeli teljesítménymérés, egy házi feladat, és a vizsgaidőszakban tett szóbeli teljesítménymérés alapján történik.
- Az egyes félévközi zárthelyi dolgozatok időtartama 60 perc.
- Az egyes értékelések időpontját és a házi feladat beadási határidejét a tárgy honlapján elérhető "Részletes féléves ütemterv" tartalmazza.

**3.2 Assessment methods**

<b>Teljesítményértékelés neve (típus)</b>	<b>Jele</b>	<b>Értékelt tanulási eredmények</b>
1. zárthelyi dolgozat (összegző értékelés)	ZH1	A.1-A.4; B.1-B.4, B.10; C.2
1. zárthelyi dolgozat (összegző értékelés)	ZH2	A.5-A.8; B.5-B.10; C.2
Házi feladat (folyamatos részteljesítmény értékelés)	HF	A.1-A.8; B.1-B.8; C.1-C.3; D.1-D.2
Szóbeli vizsga (összegző értékelés)	V	A.1-A.8; B.1-B.8; C.1-C.3; D.1-D.2

The dates of deadlines of assignments/homework can be found in the detailed course schedule on the subject's website.

**3.3 Evaluation system**

<b>Jele</b>	<b>Részarány</b>
ZH1	25%
ZH2	25%
HF	15%
V	60%
Összesen	100%

A zárthelyik közül csak a legjobb eredménye számít.

**3.4 Requirements and validity of signature**

- Nem kaphat a "Megtagadva", ill. "Nem teljesítette" eredménytől különböző bejegyzést az a hallgató, aki hiányzásai alapján nem vett részt az előadások legalább 70%-án.
- Alírást kaphat és vizsgára bocsátható, akinek a legmagasabb pontértékkel rendelkező zárthelyi eredmény eléri, vagy meghaladja az 50%-ot.
- A korábban megszerzett aláírás a tárgy újrafelvételekor nem vész el, de mindenképpen az új eredmény számít.

### 3.5 Grading system

- A jelenléti feltételeket teljesítő eredményét az alábbi szempontok szerint határozzuk meg.
- A zárthelyi dolgozatok sikerességére nem írunk elő feltételt.
- A féléves eredményt a legjobb zárthelyi dolgozat és a beadott házi feladat eredménye határozza meg.
- A végső eredményt a legjobb zárthelyi eredménye, a féléves házi feladat és a szóbeli vizsga 3.3. pont szerinti „Á” átlaga alapján számítjuk:

<b>Érdemjegy</b>	<b>Pontszám (Á)</b>
jeges (5)	$85\% \leq \text{Á}$
jó (4)	$72,5\% \leq \text{Á} < 85\%$
közepes (3)	$65\% \leq \text{Á} < 72,5\%$
elégsgés (2)	$50\% \leq \text{Á} < 65\%$
elégtelen (1)	$\text{Á} < 50\%$

### 3.6 Retake and repeat

- A tárgyból írt zárthelyik nem pótolhatók.
- A tárgyból második pótlás nincs.
- A házi feladat pótbodyadására különjárási díj ellenében a szorgalmi időszak utolsó órarendi foglalkozásáig van lehetőség.

### 3.7 Estimated workload

<b>Tevékenység</b>	<b>Óra/félév</b>
kontakt óra	$14 \times 3 = 42$
félévközi felkészülés az órákra	$14 \times 2 = 28$
felkészülés a teljesítményértékelésekre	$2 \times 10 = 20$
házi feladat elkészítése	12
vizsgafelkészülés	18
<b>Összesen</b>	<b>120</b>

### 3.8 Effective date

5 February 2020

This Subject Datasheet is valid for:

Nem induló tárgyak