

BEVEZETÉS A VÉGESELEM MÓDSZERBE APDL BEVEZETŐ

Széchenyi István Egyetem
Alkalmaozott Mechanika Tanszék

Végeselem Módszer Alapjai 1. gyakorlat



TARTALOM

1. Végeselem módszer alapjai
2. Végeselem szimuláció folyamata
3. Végeselem programok, ANSYS APDL
4. APDL alapjai

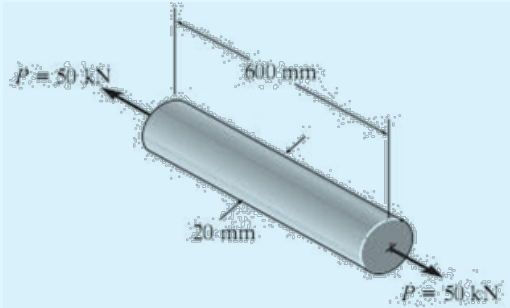
1

VÉGESELEM MÓDSZER ALAPJAI



MIÉRT VAN SZÜKSÉGÜNK VÉGESELEM MÓDSZERRE?

Egy egyszerű rúdfeladat:



A problémát leíró parc.diff egyenletekből egyszerű analitikus összefüggések vezethetők le, melyekből számítható a feszültség és deformáció:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{4P}{d^2\pi} = \frac{50000}{20^2\pi} = 39.8 \text{ MPa}$$

$$\Delta l = \varepsilon l = \frac{\sigma}{E} l = \frac{39.8}{210000} 600 = 0.113 \text{ mm}$$

Egy picit összetettebb feladat:



Ez a probléma nem egyszerűsíthető, csak parc. diff. egyenletekkel írható le.

Ez analitikusan nem megoldható



Numerikus módszer szükséges

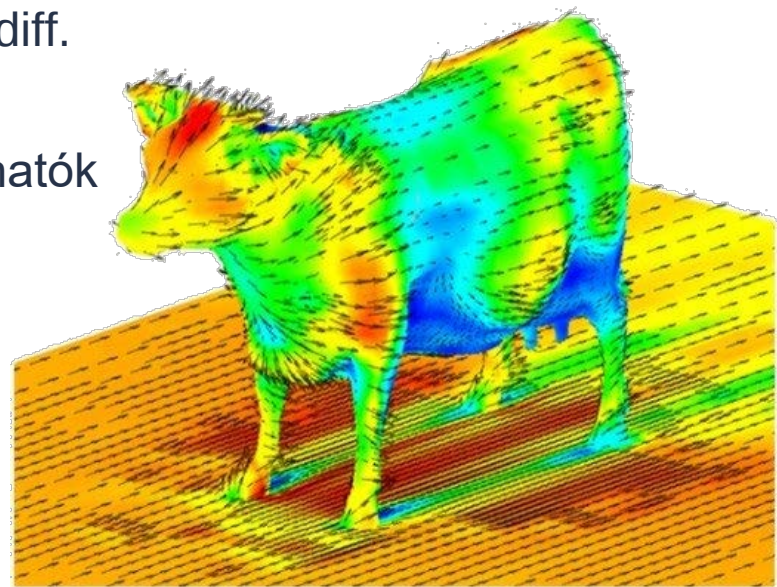


MI A VÉGESELEM MÓDSZER?

A végeselem módszer egy numerikus módszer parc.diff. egyenletek közelítő megoldására

→ Szinte bármely mérnöki terület problémái megoldhatók vele:

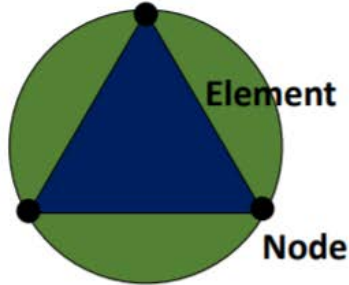
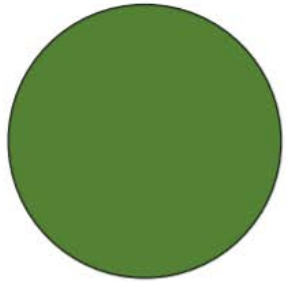
- Szilárdságtan
- Termomechanika
- Áramlástan
- Elektromágneses feladatok



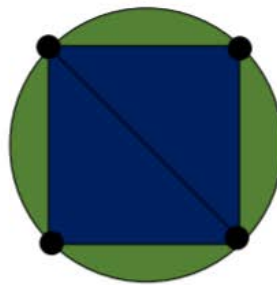


A VÉGESELEM MÓDSZER ALAPÖTLETE:

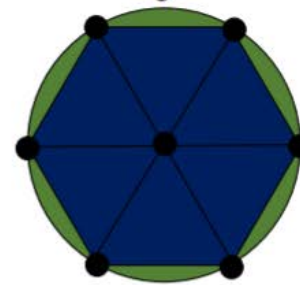
No. of Elem → 1



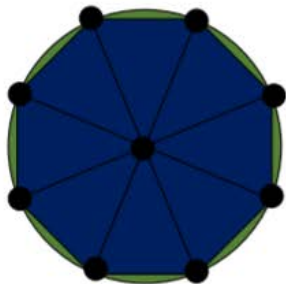
2



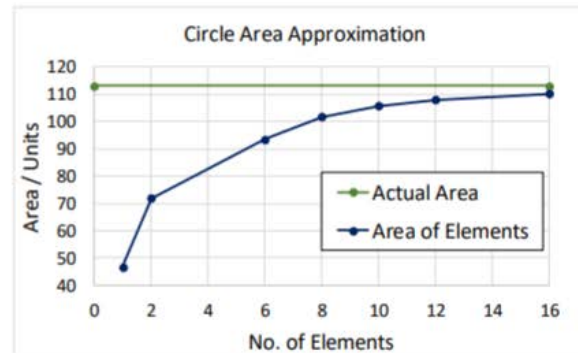
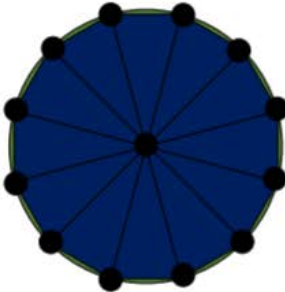
6



8



12

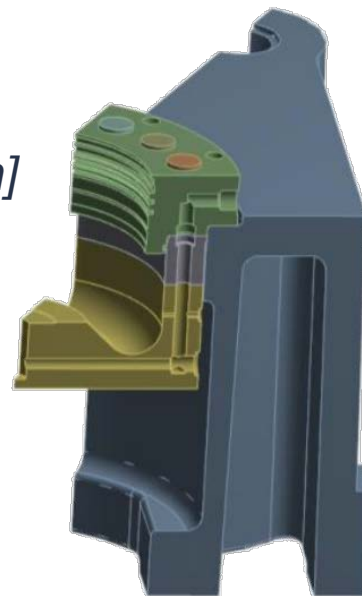




VÉGESELEM MÓDSZER GONDOLATMENETE

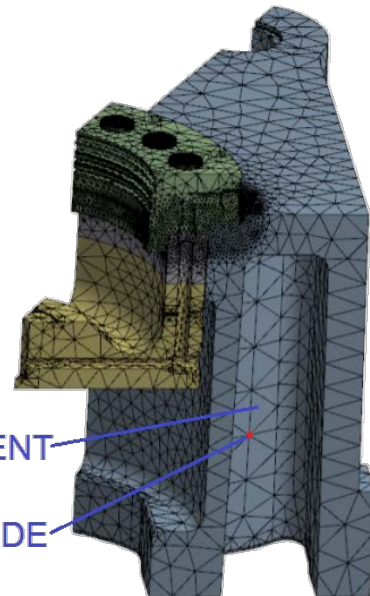
- Az alkatrészt bontsuk fel apró térfogat tartományokra → *Elemek* [Element]
- Az elemek a csúcspontjaikban kapcsolódnak egymáshoz → *Csomópontok* [Nodes]
- Közelítsük az elmozdulást (u) (és a geometriát) minden elemben polinomokkal, melyek a csúcspontokban kapcsolódnak egymáshoz
- Definiáljuk az anyagjellemzőket

Háló
[Mesh]



ELEMENT

NODE





VÉGESELEM MÓDSZER GONDOLATMENETE

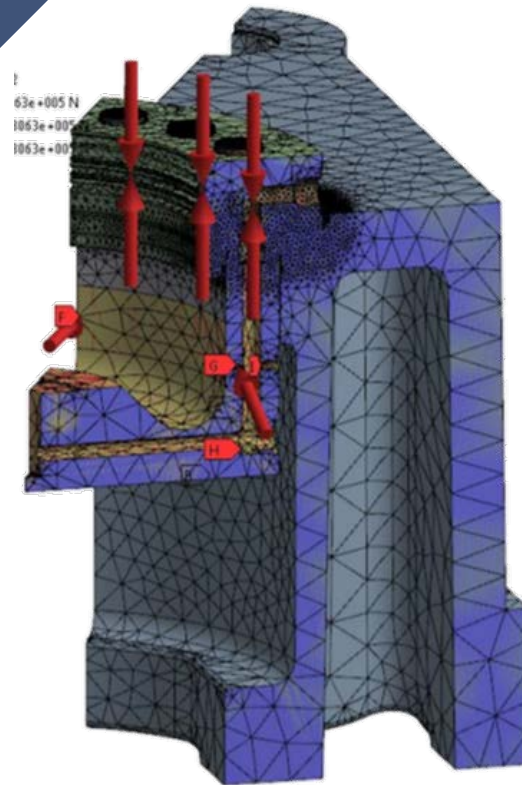
- Számítsuk ki minden elem merevségi mátrixát
- Állítsuk elő a globális merevségi mátrixot (**K**)
- Alkalmazzuk a terheléseket ($\rightarrow \mathbf{f}$) és megfogásokat ($\rightarrow$ sorok és oszlopok törlése **K** és **f** mátrixokból)
- Oldjuk meg az alábbi egyenletet:

$$\mathbf{Ku} = \mathbf{f}$$

merevség

elmozdulás

terhelés





A MEREVSÉGI MÁTRIX FIZIKAI TARALMA EGY HÚZOTT-NYOMOTT RÚD ESETÉN

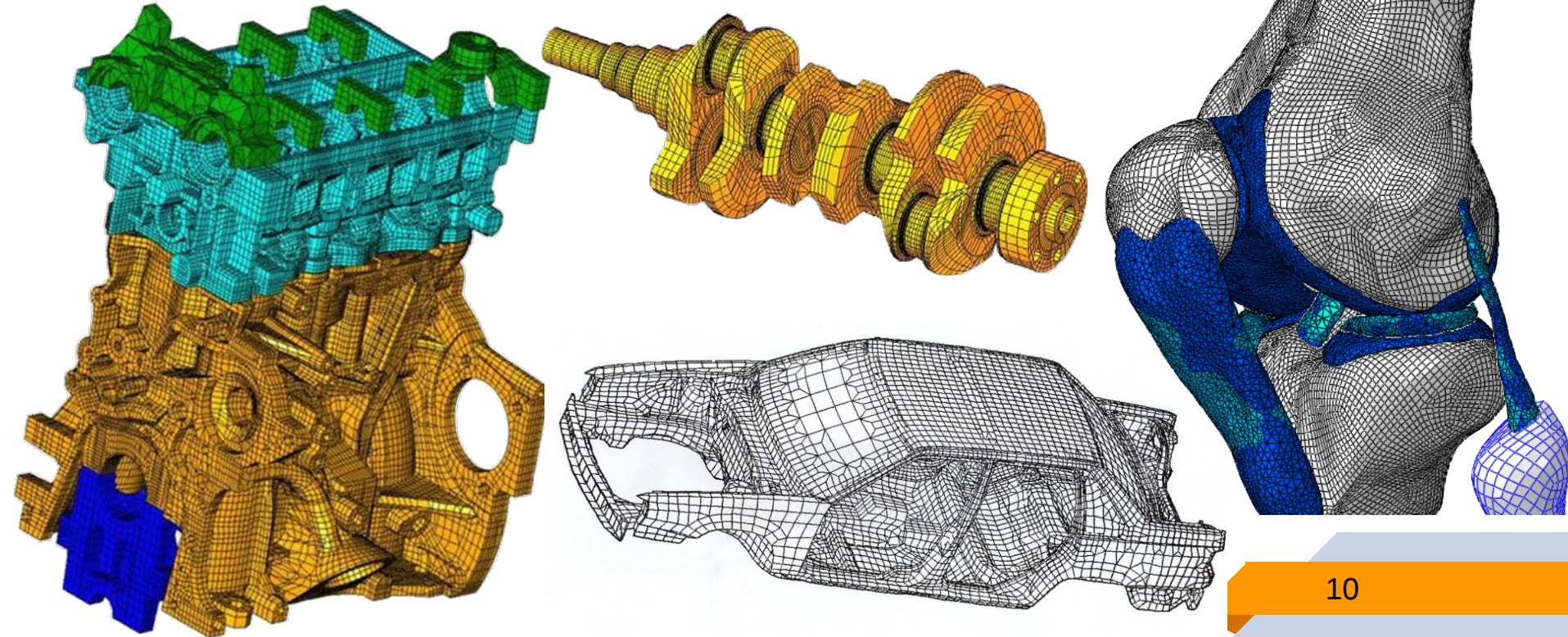

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & -\frac{AE}{L} \\ -\frac{AE}{L} & \frac{AE}{L} \end{bmatrix}$$

- A : keresztmetszet területe
- E : rugalmassági modulusz
- L : rúdelem hossza

- K_{11} : Az 1. node egységnyi elmozdulása esetén mekkora erő ébred az 1. node-ban
- K_{12} : A 2. node egységnyi elmozdulása esetén mekkora erő ébred az 1. node-ban
- K_{21} : Az 1. node egységnyi elmozdulása esetén mekkora erő ébres a 2. node-ban
- K_{22} : A 2. node egységnyi elmozdulása esetén mekkora erő ébred a 2. node-ban

1. VÉGESELEM MÓDSZER ALAPJAI

PÉLDÁK VÉGESELEM MODELLEKRE



2

VÉGESELEM SZIMULÁCIÓ FOLYAMATA



VÉGESELEM SZIMULÁCIÓ FŐ LÉPÉSEI

0. DÖNTÉSI SZAKASZ

1. PREPROCESSING (előkészítés)

2. SOLVING (megoldás)

3. POSTPROCESSING (kiértékelés)



0. DÖNTÉSI SZAKASZ

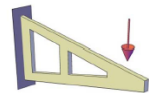
- Megfelelő analízis típus kiválasztása (statikus/tranziens/modálanalízis/hőtani/...)
- Megfelelő mechanikai modell kiválasztása → 3D modell elméletileg bármikor alkalmazható, de gyakran nem szerencsés → célszerűbb valamilyen egyszerűsített modellt alkalmazni.

1D modellek (beam/truss)

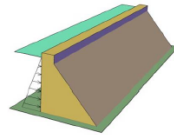


2D modellek

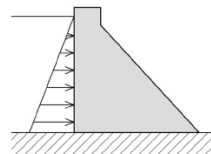
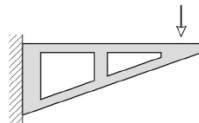
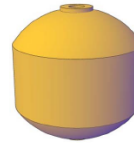
Plane stress



Plane strain

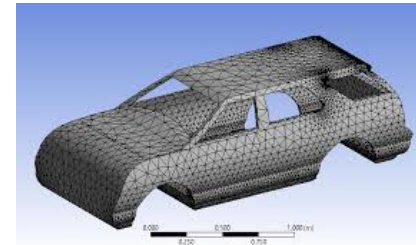


Axial symmetry



Felület modellek

Plate/Shell





1. PREPROCESSING

1. LÉPÉS: geometria létrehozása

- CAD programból importálva/VEM programban létrehozva
- A jó háló alapja a megfelelően előkészített geometria!
- Mechanikai modellnek megfelelően létrehozva

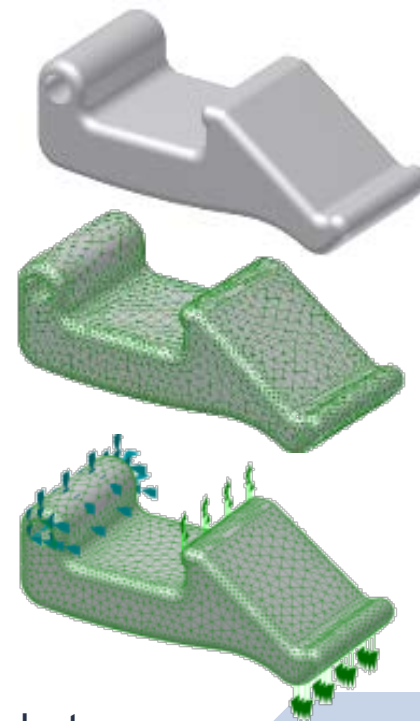
2. LÉPÉS: anyagjellemzők definiálása, hozzárendelése

3. LÉPÉS: háló elkészítése

- mechanikai modellnek megfelelő elemtípus
- elemméret megadása
- elem alakja és fokszáma
- hálózási technika megadása (szabad/struktúrált)

4. LÉPÉS: peremfeltételek alkalmazása (megfogás, terhelés)

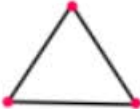
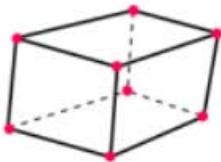
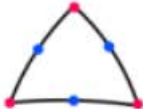
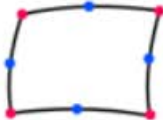
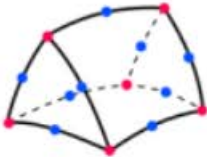
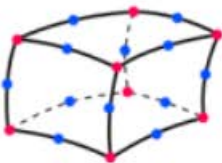
Amennyiben nem alkalmazunk megfelelő megfogást, a test mozoghat, ekkor a merevségi mátrix szinguláris, a feladat nem megoldható





1. PREPROCESSING

Elemtípusok:

	Line	Triangle	Quadrilateral	Tetrahedron	Piramid	Pentahedral Prism, Wedge	Hexahedron
Linear	 2	 3	 4	 4	 5	 6	 8
Quadratic	 3	 6	 8	 10	 13	 15	 20



2. SOLVING AND 3. POSTPROCESSING

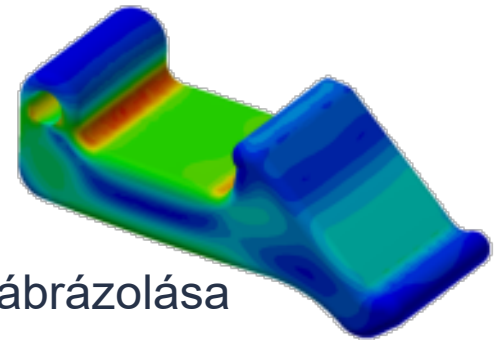
2. SOLVING:

A végeelem program megoldja az általunk definiált feladatot

3. POSTPROCESSING:

Eredmények áttekintése

- Deformált alak megjelenítése, animálása
- Különböző jellemzők színskálával vagy függvényként való ábrázolása
- Diagramok készítése



3

VÉGESELEM PROGRAMOK ANSYS APDL

3. VÉGESELEM PROGRAMOK, ANSYS APDL



LEGNÉPSZERŰBB VÉGESELEM PROGRAMOK

PREPROCESSOR



Altair **HyperMesh**™

POSTPROCESSOR



PREPROCESSOR + SOLVER + POSTPROCESSOR



Ansys

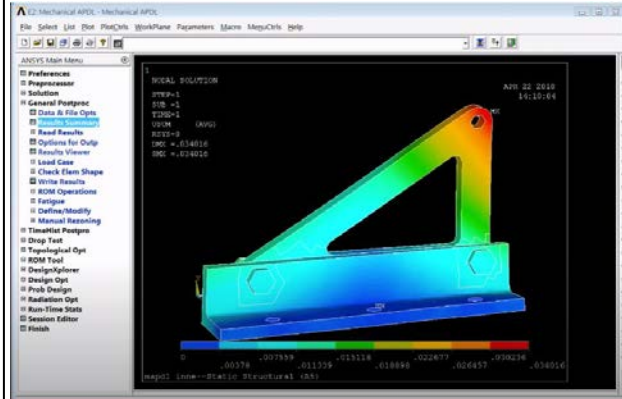
MSC Software
Nastran™
Patran™

3. VÉGESELEM PROGRAMOK, ANSYS APDL

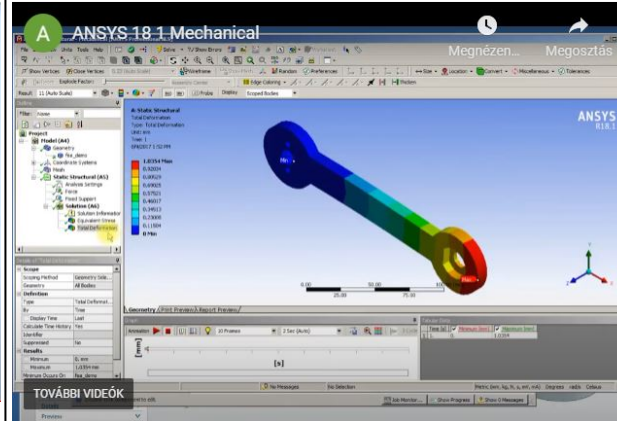


ANSYS FELHASZNÁLÓI FELÜLETEK (GUI)

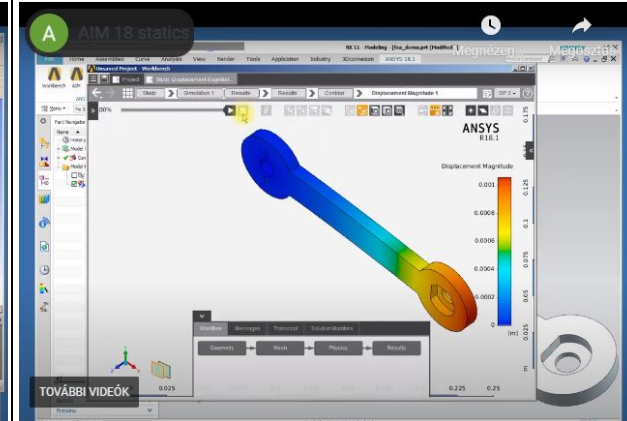
Mechanical APDL



Workbench



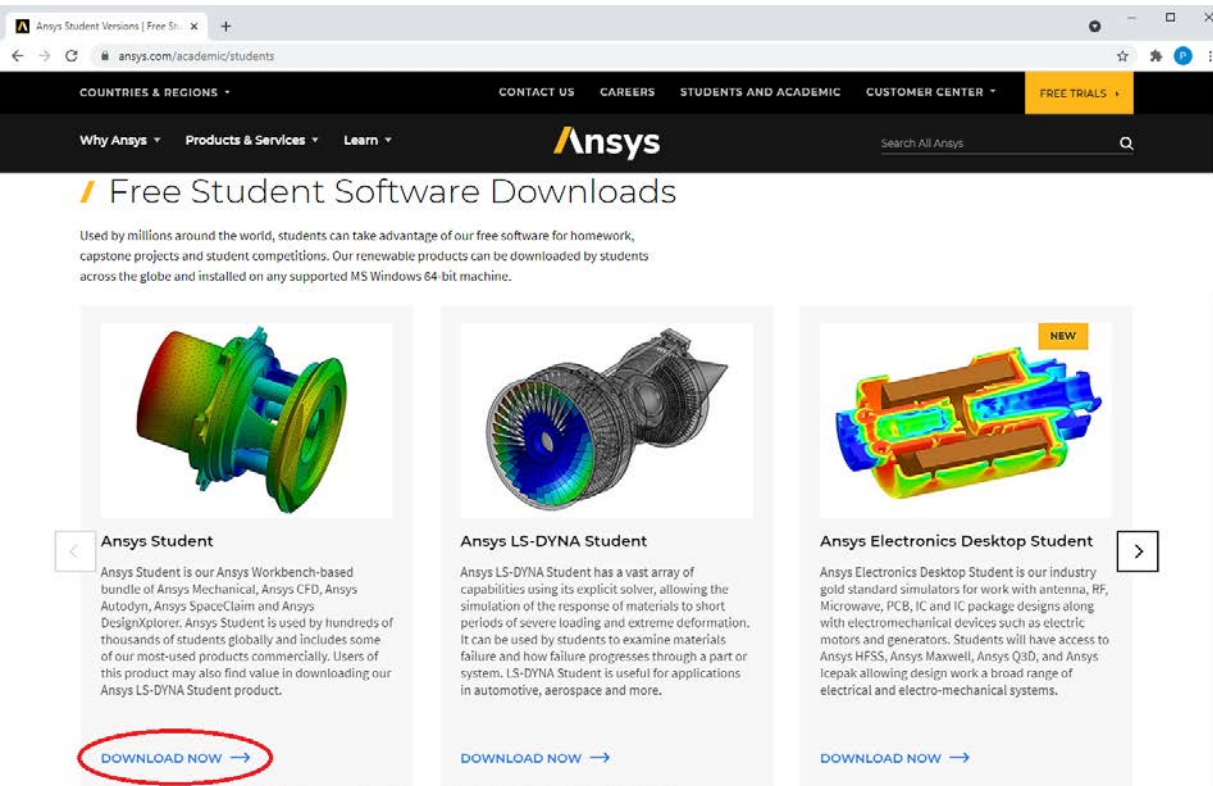
AIM



3. VÉGESELEM PROGRAMOK, ANSYS APDL



ANSYS LETÖLTÉSE



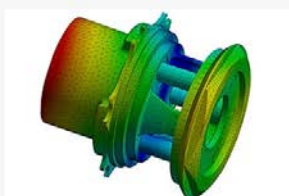
Ansyes Student Versions | Free Student Downloads

countries & regions CONTACT US CAREERS STUDENTS AND ACADEMIC CUSTOMER CENTER FREE TRIALS

Why Ansys Products & Services Learn

Free Student Software Downloads

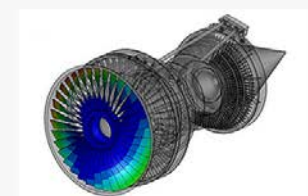
Used by millions around the world, students can take advantage of our free software for homework, capstone projects and student competitions. Our renewable products can be downloaded by students across the globe and installed on any supported MS Windows 64-bit machine.



Ansys Student

Ansys Student is our Ansys Workbench-based bundle of Ansys Mechanical, Ansys CFD, Ansys Autodyn, Ansys SpaceClaim and Ansys DesignXplorer. Ansys Student is used by hundreds of thousands of students globally and includes some of our most-used products commercially. Users of this product may also find value in downloading our Ansys LS-DYNA Student product.

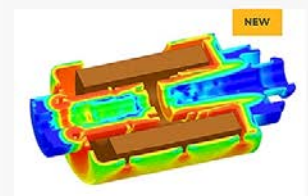
DOWNLOAD NOW →



Ansys LS-DYNA Student

Ansys LS-DYNA Student has a vast array of capabilities using its explicit solver, allowing the simulation of the response of materials to short periods of severe loading and extreme deformation. It can be used by students to examine materials failure and how failure progresses through a part or system. LS-DYNA Student is useful for applications in automotive, aerospace and more.

DOWNLOAD NOW →



Ansys Electronics Desktop Student

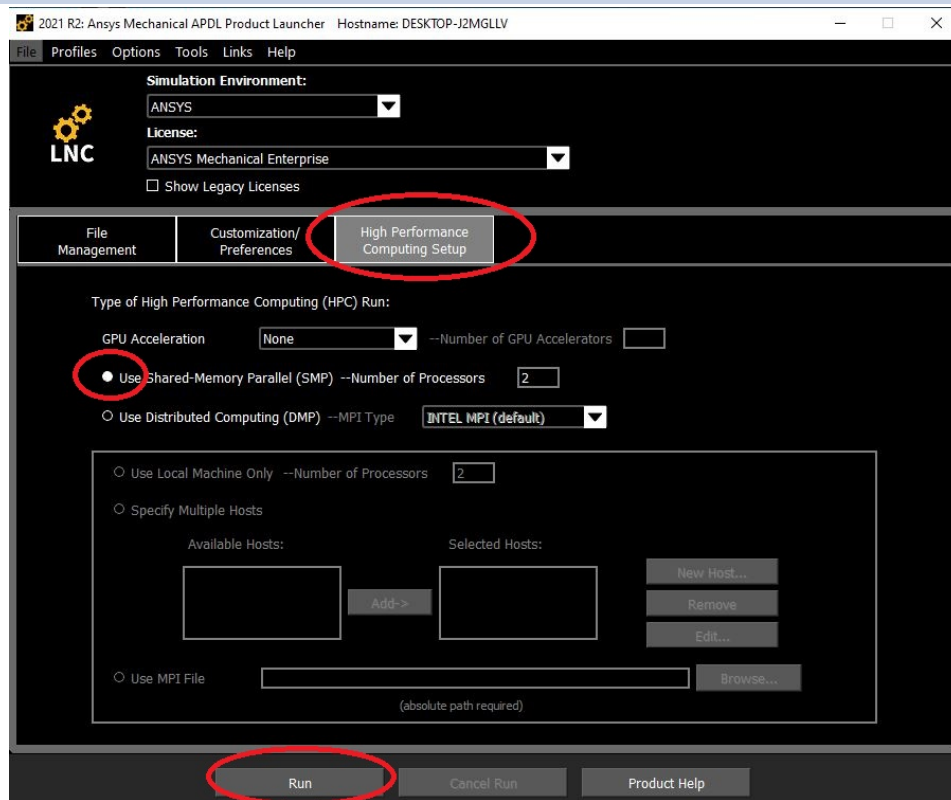
Ansys Electronics Desktop Student is our industry gold standard simulators for work with antenna, RF, Microwave, PCB, IC and IC package designs along with electromechanical devices such as electric motors and generators. Students will have access to Ansys HFSS, Ansys Maxwell, Ansys Q3D, and Ansys Icepak allowing design work a broad range of electrical and electro-mechanical systems.

DOWNLOAD NOW →

3. VÉGESELEM PROGRAMOK, ANSYS APDL



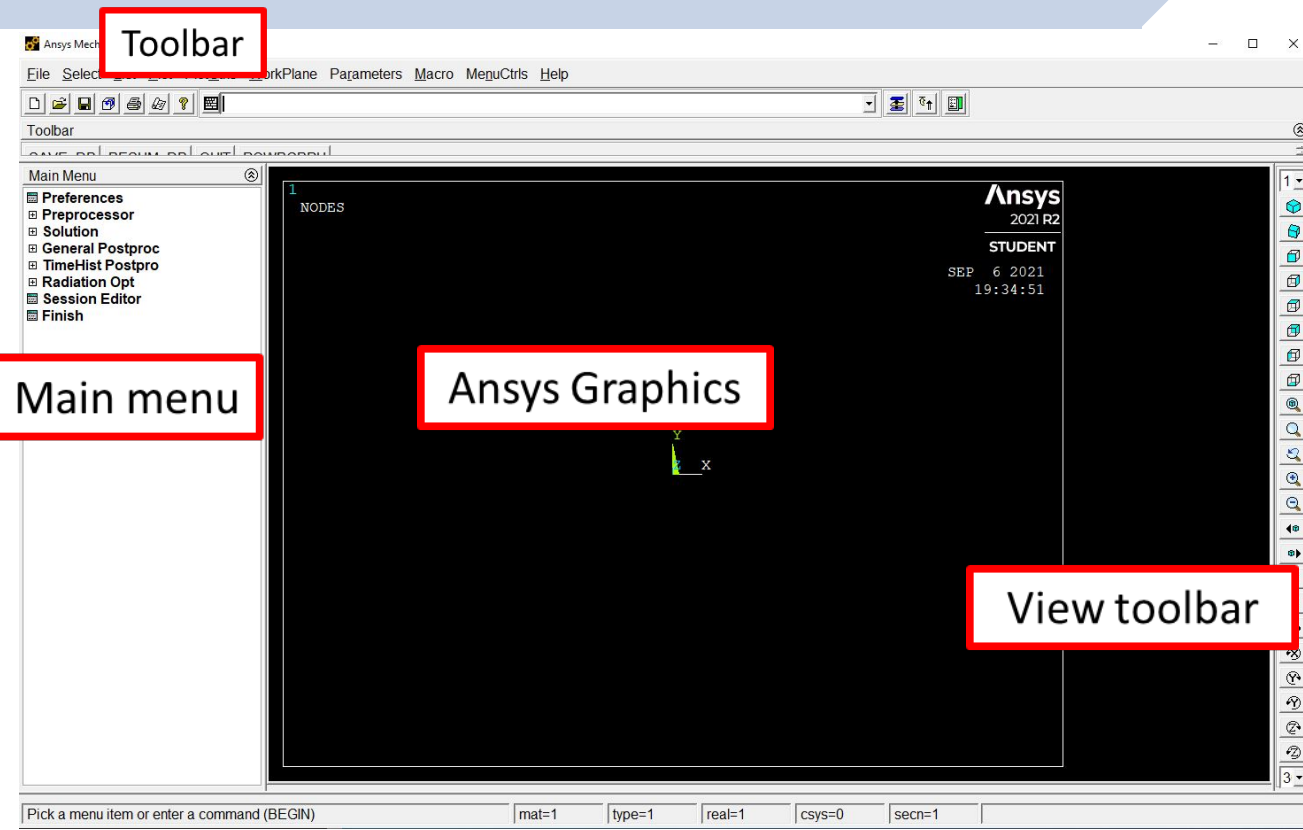
MECHANICAL APDL ELSŐ INDÍTÁS



3. VÉGESELEM PROGRAMOK, ANSY APDL



MECHANICAL APDL GUI



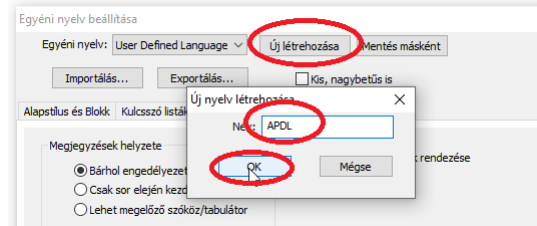
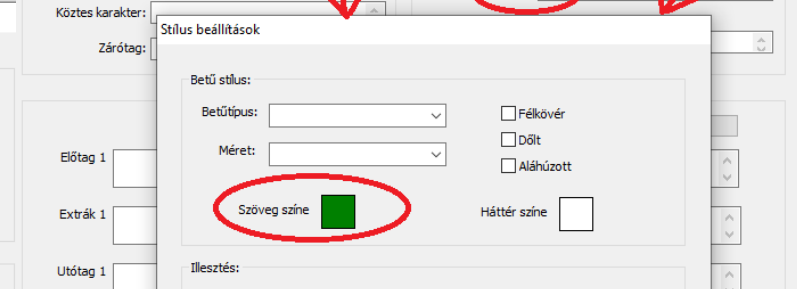
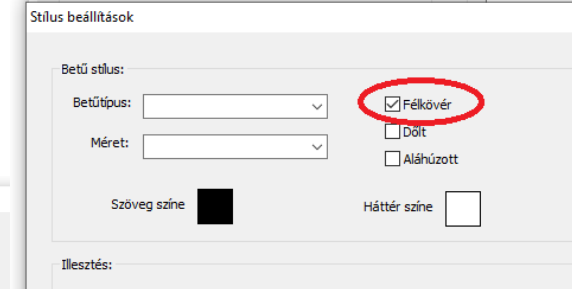
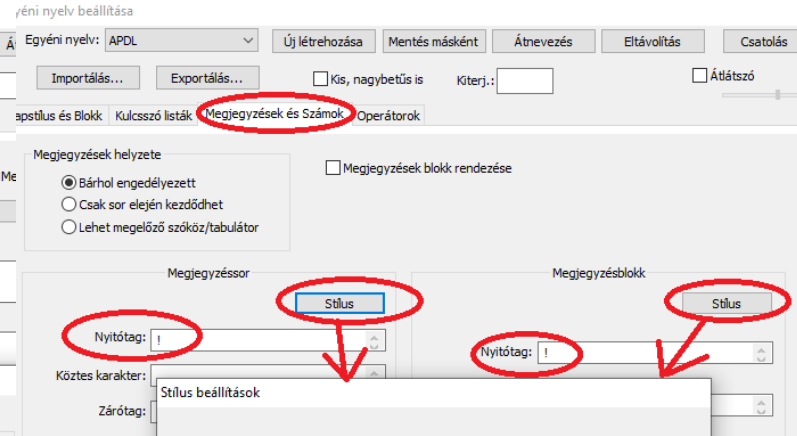
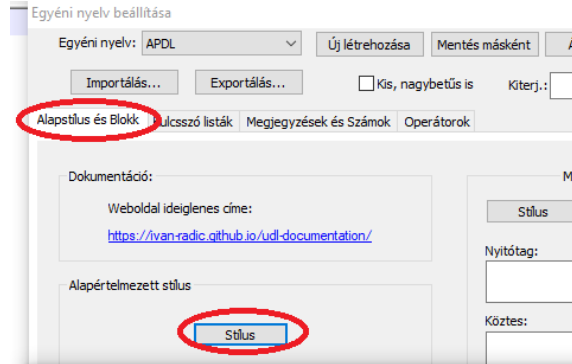
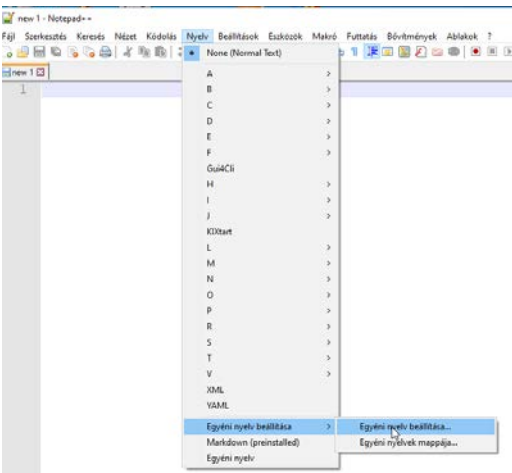
Egér gombok használata APDL-ben:

- ▶ Ctrl + jobb gomb ⇒ mozgatás
- ▶ Ctrl + bal gomb ⇒ forgatás
- ▶ Ctrl + középső gomb ⇒ nagyítás, kicsinyítés és síkban forgatás

3. VÉGESELEM PROGRAMOK, ANSY APDL



APDL NYELV HOZZÁADÁSA NOTEPAD++ -HOZ



4

APDL ALAPJAI



PROGRAM ELEJE

- **FINISH** ! kilépés minden folyamatból
- **/CLEAR** ! memória törlése
- **/CWD , 'D:\Google_Drive\01_education\05A_VEMA\gyakok21221\gyak1'**
- ***ABBR, START, /input, rud, ans** ! indítógomb létrehozása
- **/PNUM, node, 1** ! node sorszámozás bekapcsolása
- **/PNUM, elem, 1** ! elem sorszámozás bekapcsolása



PREPROCESSOR – HÁLÓ ELKÉSZÍTÉSE

- **/PREP7** ! belépés a preprocessorba
- **ET,1,link180** ! elem típus: link180 (húzott-nyomott rúdelem)
- **SECTYPE,1,link** ! keresztmetszet típus: link (húzott-nyomott keresztmetszet)
- **SECDATA,100** ! keresztmetszet jellemzők (keresztmetszet területe 100 mm²)
- **N,1,0,0** ! 1. node elhelyezése (x=0mm, y=0mm)
- **N,2,1000,0** ! 2. node elhelyezése (x=0mm, y=1000mm)
- **E,1,2** ! elem elhelyezése 1. és 2. node közé



PREPROCESSOR – ANYAGJELLEMZŐK, PEREMFELTÉTELEK

■ **MP, ex, 1, 2e5** ! rugalmassági modulusz megadása (200000MPa)

■ **D, 1, ux, 0** ! 1. node x irányú elémozdulása 0mm

■ **D, 1, uy, 0** ! 1. node y irányú elémozdulása 0mm

■ **D, 2, uy, 0** ! 2. node y irányú elémozdulása 0mm

■ **F, 2, fx, 2000** ! 2. node-ra ható x irányú erő: 2000N

■ **ALLSEL** ! Minden kiválasztása

■ **FINISH** ! kilépés a preprocessorból



SOLVER

- **/SOL** ! belépés a solver-be
- **SOLVE** ! számítás elvégzése
- **FINISH** ! kilépés a solver-ből



POSTPROCESSOR

- **/POST1** ! belépés a postprocessorba
- **PLNSOL, u, x** ! x irányú elmozdulás ábrázolása
- **PRNSOL, u, comp** ! elmozdulások listázása
- **PRESOL, s, comp** ! feszültségek listázása
- **ETABLE, Sxxi, ls, 1** ! szigma x rúdirányú normálfeszültségek a rudak i-edik csomópontjában -> Sxxi
- **ETABLE, Sxxj, ls, 2** ! szigma x rúdirányú normálfeszültségek a rudak j-edik csomópontjában -> Sxxj
- **ETABLE, N, smisc, 1** ! rúderő az egyes rudakban -> N
- **PLLS, Sxxi, Sxxj** ! szigma x rúdirányú normálfeszültségek ábrázolása
- **PLLS, N, N** ! rúderők ábrázolása