

Reprezentace a modelování těles

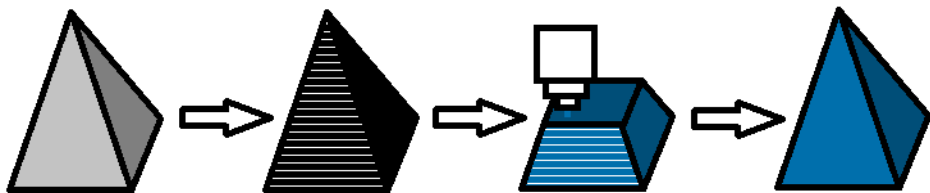
KMI/3DT 3D tisk

Mgr. Markéta Trnečková, Ph.D.

www.marketa-trneckova.cz



Palacký University, Olomouc

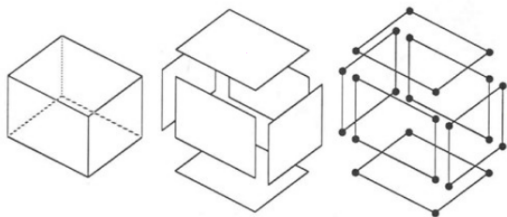




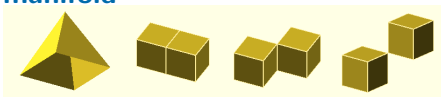
- těleso
- těleso
 - vnitřní body
 - hraniční body

Otázka

Jsou úsečky tělesa? A co roviny nebo křivky?



■ manifold



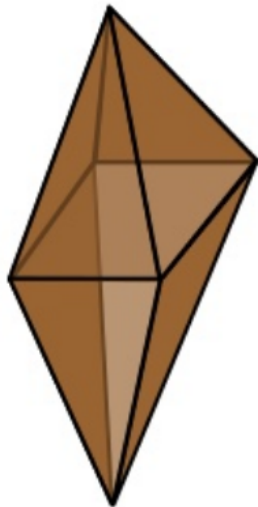
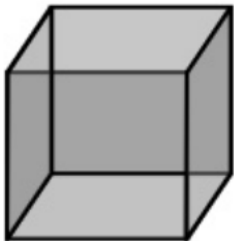
■ mnohostěn

- Eulerova formule $F + V = E + 2$
- F (face), V (vertex), E (edge)

Ověřte Eulerovu formuli pro tyto tělesa



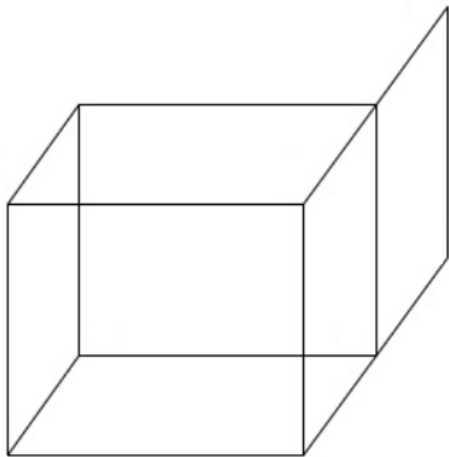
$$F + V = E + 2$$



Ověřte Eulerovu formuli pro tyto tělesa



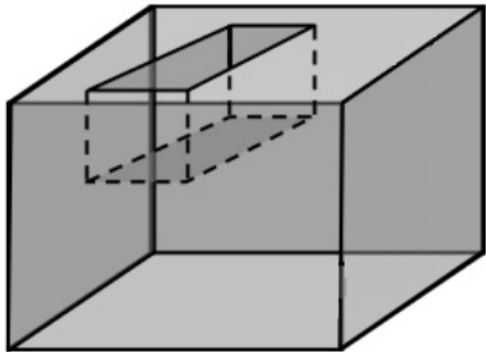
$$F + V = E + 2$$



Ověřte Eulerovu formuli pro tyto tělesa



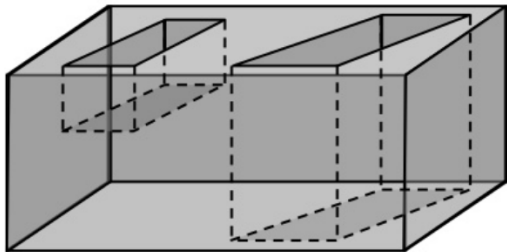
$$F + V = E + 2$$



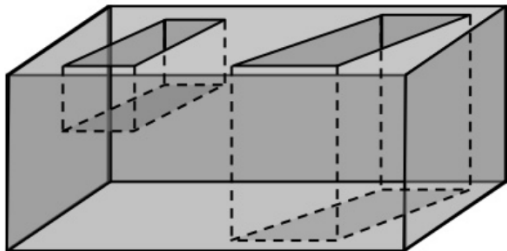
Ověřte Eulerovu formuli pro tyto tělesa



$$F + V = E + 2$$



$$F + V = E + 2(C - H) + R$$

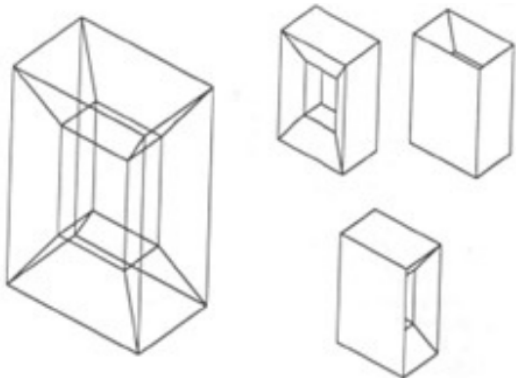


R (ring) - počet vnitřních smyček

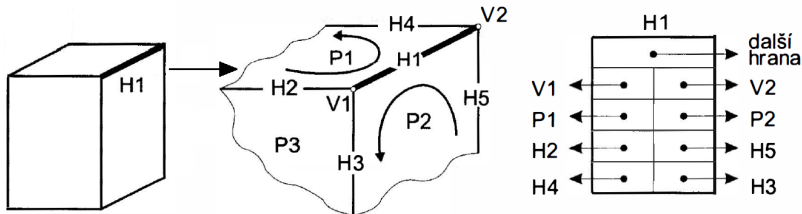
C (component) - počet samostatných komponent

H (hole) - počet otvorů procházejících tělesem

- drátový model tělesa

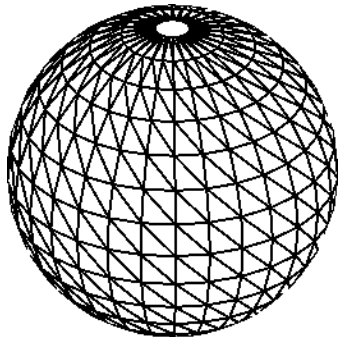


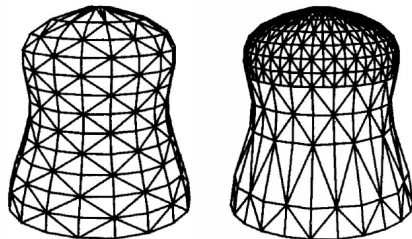
- jednoduchá
- strukturovaná - okřídlená hrana (winged edge)





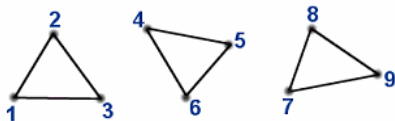
- **sítě trojúhelníků** (triangle mesh)
 - geometrická část
 - topologická část



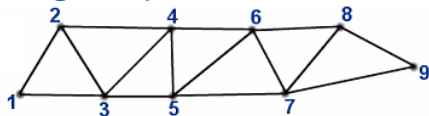


Trojúhelníky a sítě trojúhelníků

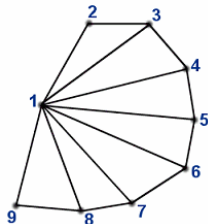
■ triangle list

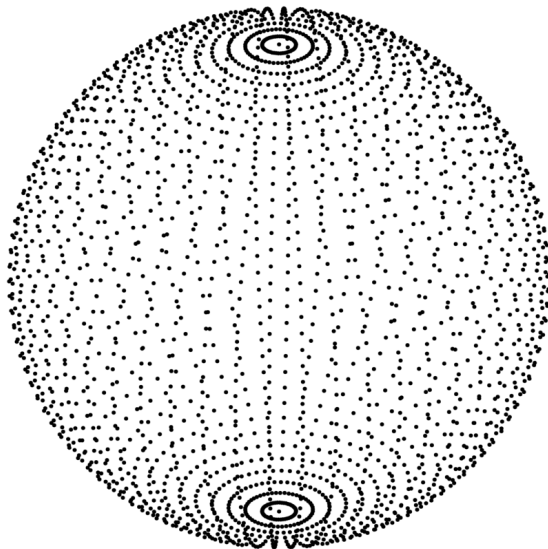


■ triangle strip

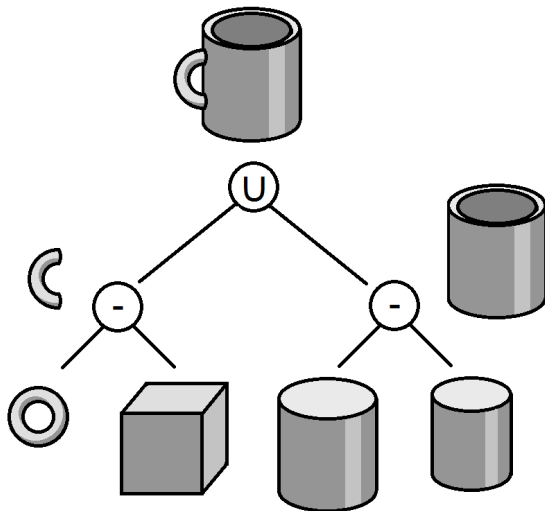


■ triangle fan

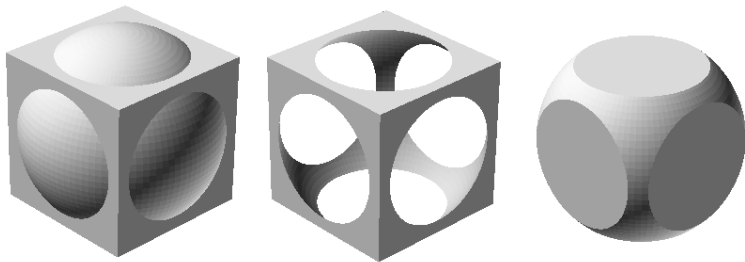




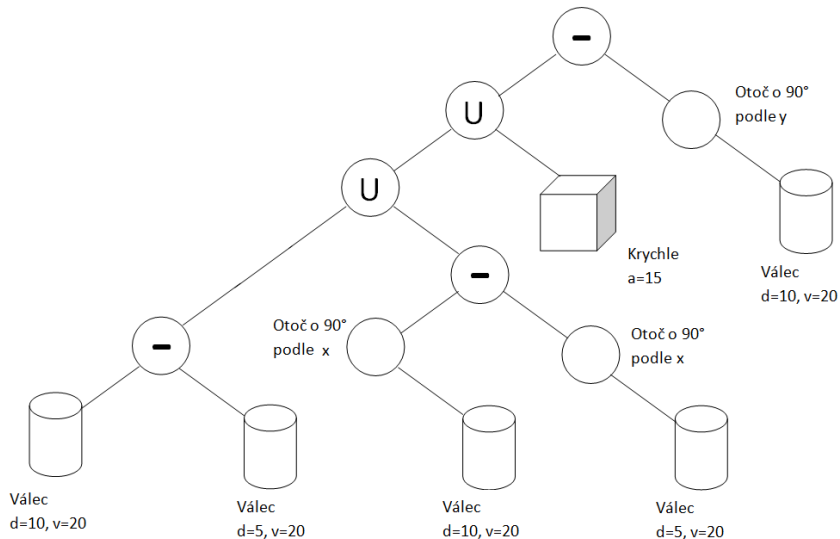
- **CSG** constructive solid geometry



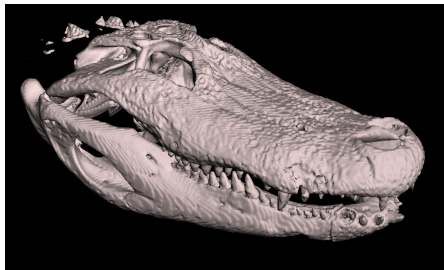
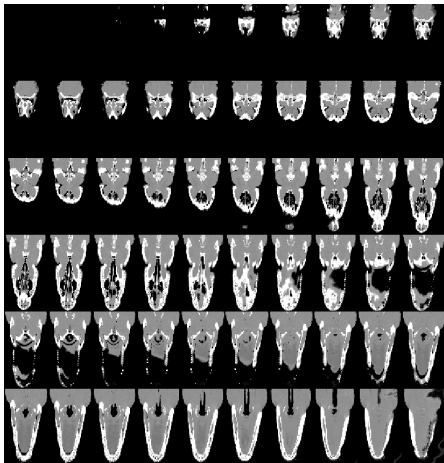
- **CSG strom**



Vytvořte těleso



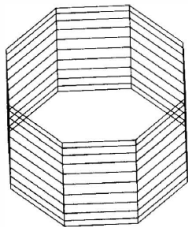
- Vzorokv v diskretní mřížce
- V našem případě se nehodí → převod do hraniční reprezentace





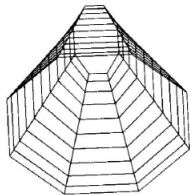
- Globální deformace
- Lokální deformace

■ Deformace změnou měřítka



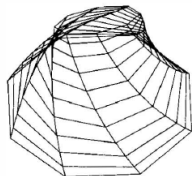
■ $X = s_x * x, Y = s_y * y, Z = s_z * z$

■ Deformace zeslabování, zašpičatění (tapering)



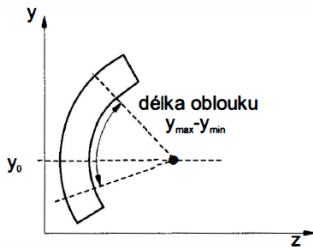
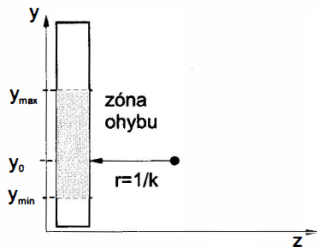
■ $X = r_x * x, Y = r_y * y, Z = z$

■ Deformace zkroucením (twisting)



■ $X = x * \cos(f(z)) - y * \sin(f(z)), Y = x * \sin(f(z)) + y * \cos(f(z)), Z = z$

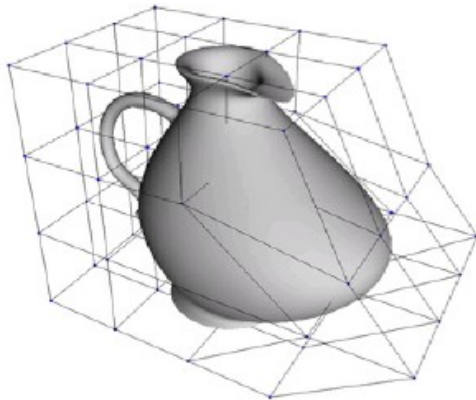
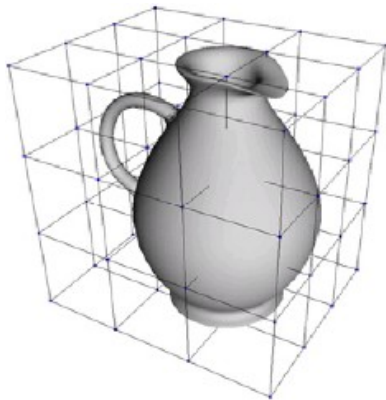
■ Deformace ohýbáním



■ $X = x$

$$Y = \begin{cases} -\sin(\theta)(z - 1/k) + y_0 + \cos(\theta)(y - y_{min}) & \text{if } y < y_{min} \\ -\sin(\theta)(z - 1/k) + y_0 & \text{if } y_{min} \leq y \leq y_{max} \\ -\sin(\theta)(z - 1/k) + y_0 + \cos(\theta)(y - y_{max}) & \text{if } y_{max} < y \end{cases}$$

$$Z = \begin{cases} \cos(\theta)(z - 1/k) + 1/k + \sin(\theta)(y - y_{min}) & \text{if } y < y_{min} \\ \cos(\theta)(z - 1/k) + 1/k & \text{if } y_{min} \leq y \leq y_{max} \\ \cos(\theta)(z - 1/k) + 1/k + \sin(\theta)(y - y_{max}) & \text{if } y_{max} < y \end{cases}$$



■ Afinní transformace

$$\begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & 0 \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & 0 \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & 0 \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & 1 \end{pmatrix}$$

■ Rotace kolem osy z

$$\begin{pmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

■ Rotace kolem osy x

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ 0 & -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

■ Rotace kolem osy y

$$\begin{pmatrix} \cos(\theta) & 0 & -\sin(\theta) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

■ Změna měřítka v ose x

$$\begin{pmatrix} d_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

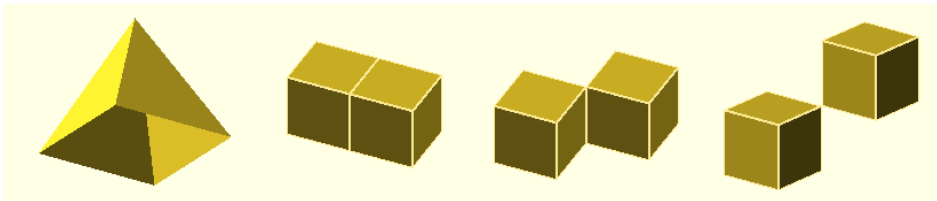
■ Posun v ose x

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ d_x & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



- stáhnout již existující
- použít 3D skenner
- vytvořit vlastní model
 - CAD, 3D modelovací program
 - parametrický CAD

- 3D počítačový model
- manifold
- watertight





- **STL** - STereoLitography, Surface Tessellation Language
- textová, nebo binární reprezentace



```
solid jmeno
  facet normal  $n_i$   $n_j$   $n_k$ 
    outer loop
      vertex  $v1_x$   $v1_y$   $v1_z$ 
      vertex  $v2_x$   $v2_y$   $v2_z$ 
      vertex  $v3_x$   $v3_y$   $v3_z$ 
    end loop
  end facet
end solid jmeno
```






Example

Jak by vypadal soubor který by popisoval krychli o velikosti 1 jednotka?



```
uint[80] hlavicka
uint32 pocet trojuhelniku
real32[3] normlovy vektor
real32[3] vrchol 1
real32[3] vrchol 2
real32[3] vrchol 3
uint16 attribute byte count
```

- textová, nebo binární reprezentace
- informace o textuře a barvě - MTL (material template library)
- **geometrické vrcholy**
`v x y z [w]`
- **souřadnice textury**
`vt u v [w]`
- **normálové vektory**
`vn x y z`
- **vrcholy volných tvarů**
`vp u [v] [w]`
- **elementy stěn polygonů**
`f v1 v2 v3 ...`
`f v1/vt1 v2/vt2 v3/vt3 ...`
`f v1/vt1/vn1 v2/vt2/vn2 v3/vt3/vn3 ...`
- **lomené čáry**
`l v1 v2 v3 ...`



- AMF 2011 STL 2.0
- Microsoft 3MF

AMF

- XML formát
- objekt, materiál, textura, konstalace, metadata

3MF

- XML formát



- VRML
- X3D
- FBX
- IGES
- STEP

Cca 63 000 trojúhelníků

PLY	bin	1.1M
X3DB	bin	1.3M
OBJ	text	2M
PLY	text	2M
X3DB	text	2.1M
VRML	text	2.7M
STL	bin	3M
STL	text	11M

Jaký vybrat formát?



- STL
- OBJ
- AFM
- 3MF



- repositáře (repositories)
 - modelová tržiště (marketplace)
 - vyhledávače (search engines)
-
- 3D Warehouse
 - Thingiverse
 - MyMiniFactory
 - PrusaPrinters
 - Cults
 - Pinshape
 - STL finder, Yeggi



- Cults
- Pinshape
- Threeding
- Patreon