

*A1/1916 Ústav matematiky FSI VUT Brno*

***Doc. PaedDr. Dalibor Martišek, Ph.D.***

***Počítačová geometrie a grafika***

***Dotace:*** 0/2 KZ

***Cvičení:*** 3D modelování (Design CAD)

*Grafické algoritmy (Borland Delphi)*

***Prameny:*** *Martišek, D.: Počítačová geometrie a grafika*

*PC DIR, Brno 1999*

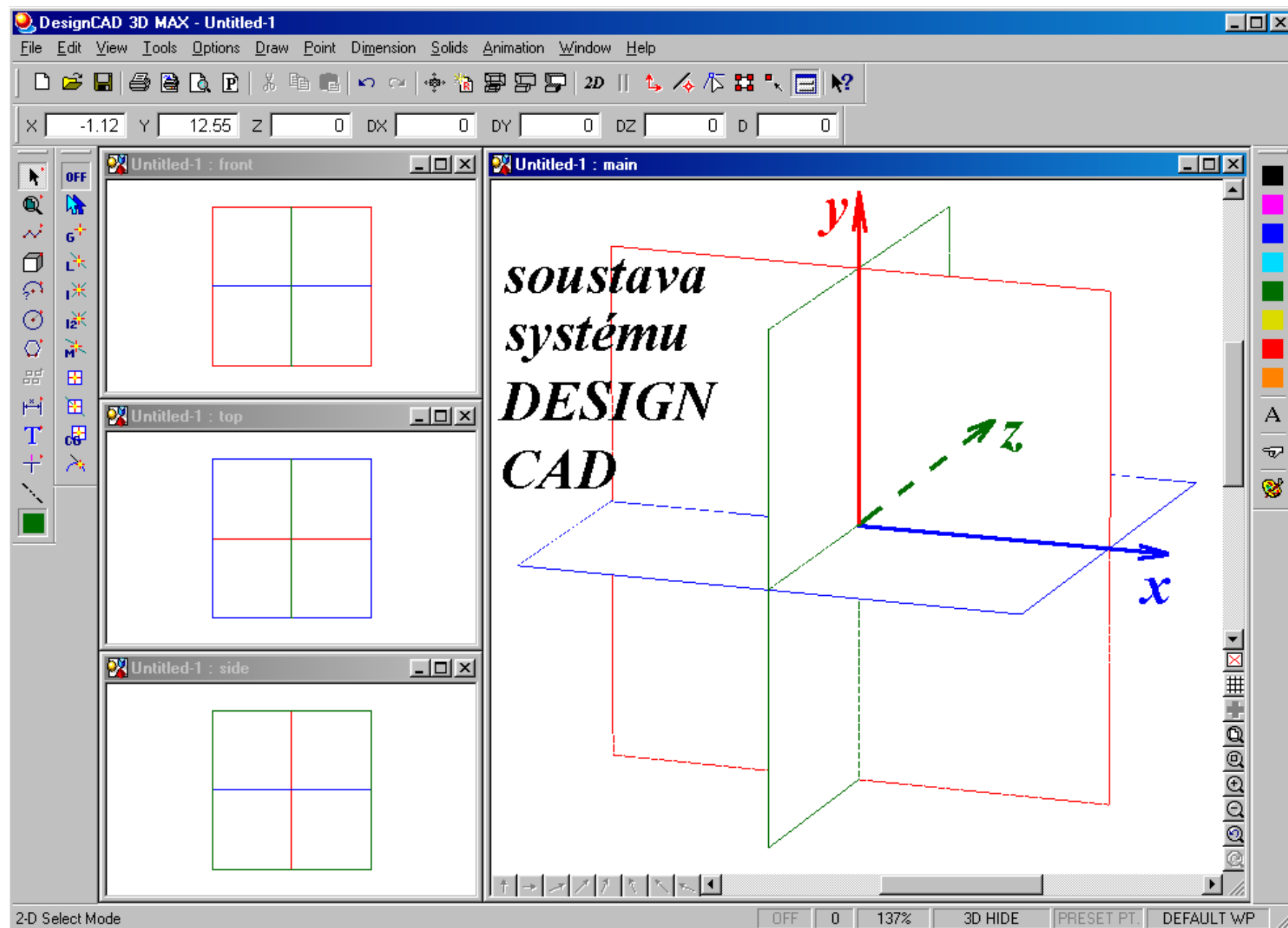
*Martišek, D.: Matematické principy*

*grafických systémů,*

*Littera, Brno 2002*

*sada výukových programů*

## Kreslicí plocha systému DESIGN CAD



## Nastavení systému (Options)

Systém nastavujeme z menu volbou **Options/Options**. Otevře se nám pořadač s osmi lístky, na kterých nalezneme:

- a) **View** - volba skupin nástrojů, které chceme mít na pracovní ploše zobrazeny.
- b) **General** - nastavení souřadné soustavy a přesnosti souřadnic
- c) **Grid** - nastavení kroku myši a orientační mřížky na obrazovce
- d) **Layer** - nastavení pracovní vrstvy
- e) **Material** - volba materiálu pro zobrazované objekty
- f) **Light Source** - volba osvětlení objektů
- g) **Toolbox** - umožňuje editaci skupin pracovních nástrojů
- h) **Cursor** - nastavení typu, velikosti a kroku kurzoru

a) **View** obsahuje seznam skupin nástrojů (-bar nebo -box), které můžeme a nemusíme mít zobrazeny. Volba se provádí zatržením. Význam jednotlivých skupin je následující:

**Toolbar** - pruh obsahuje ikony umožňující základní operace s editovaným souborem

**Coordinate Bar** - informace o pracovní vrstvě a aktuální pozici kurzoru

**Status Bar** - informace o aktuální akci prováděné systémem

**Main Toolbox** - ikony umožňující většinu geometrických konstrukcí

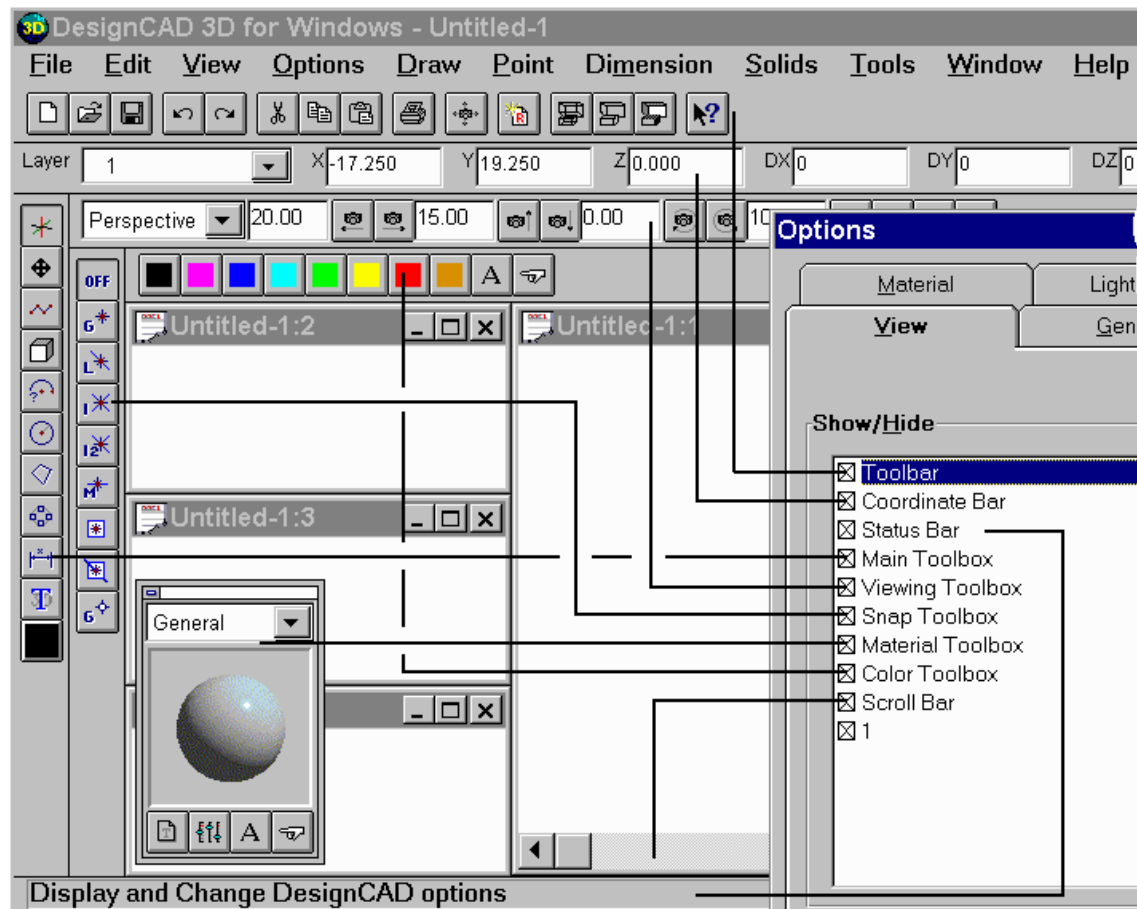
**Viewing Toolbox** - informace o nastaveném promítání a jeho parametrech

**Snap Toolbox** - ikony umožňující uchopení objektu

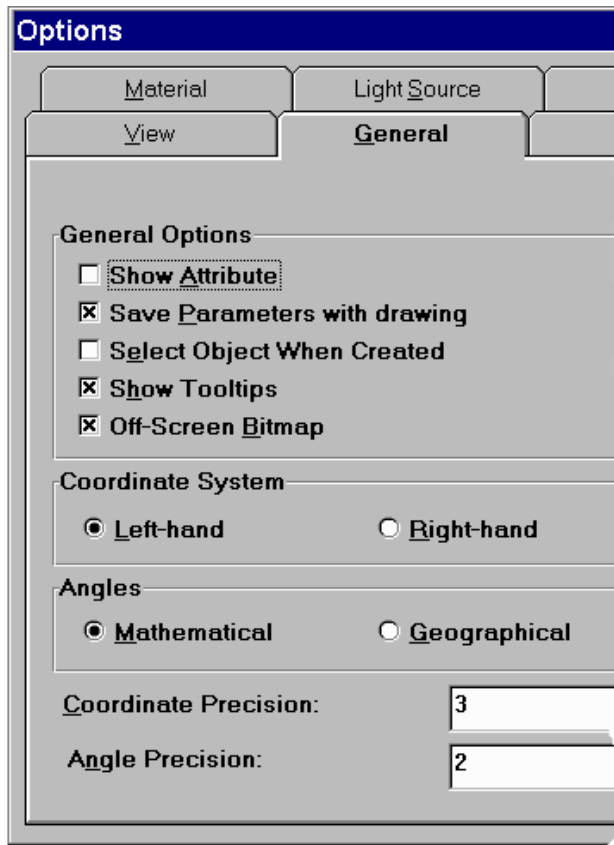
**Material Toolbox** - umožňuje volbu materiálu

**Color Toolbox** - umožňuje volbu pracovní barvy

**Scroll Bar** - zobrazení rolovacích proužků

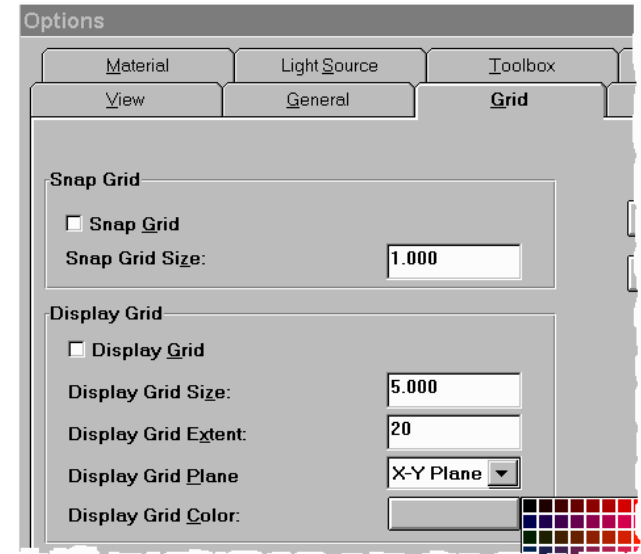






**b) General** umožňuje měnit přesnost zobrazování souřadnic v souřadnicovém pruhu, volbu mezi levotočivou a pravotočivou souřadnou soustavou, přesnost měření úhlů, přepínat mezi matematickým a geografickým měřením a některé další položky. Podrobněji v části věnované volbě pohledu pomocí Viewing toolbox.

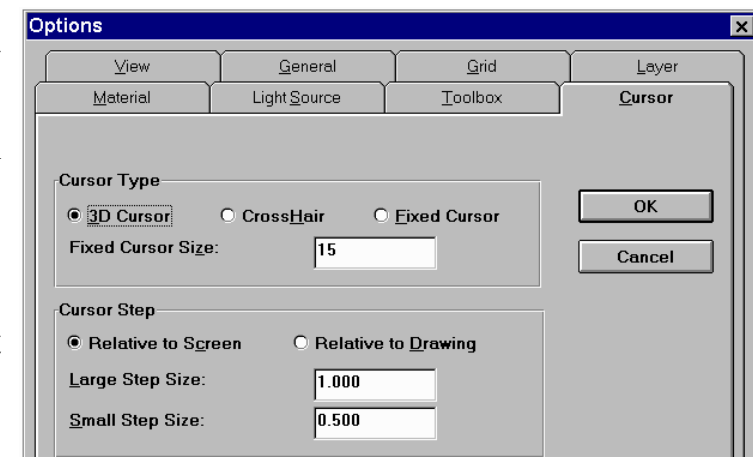
**c) Grid** umožňuje nastavit krok myši a parametry orientační mřížky (rastru) na obrazovce. **Snap Grid** je přepínač, který zapíná či vypíná krok myši na obrazovce. Jeho velikost lze nastavit pomocí **Snap Grid Size**. Při vypnutém přepínači se myši pohybujeme po obrazovce spojitě. Pozor! Nastavení kroku myši stejně jako kroku kurzoru doporučuji až po nastavení jednotek na souřadných osách. Přepínač **Display Grid** zobrazuje či vypíná zobrazení orientační mřížky na obrazovce. Hodnota **Display Grid Size** určuje vzdálenost uzlů, **Display Grid Extent** celkovou velikost mřížky, **Display Grid Plane** vybírá rovinu, ve které má být mřížka sestrojena,



tlačítkem **Display Grid Color** můžeme volit její barvu. Přepínače **Snap Grid** a **Display Grid** i funkce **Snap Grid Size** jsou přístupné nejen z podmenu Options/Options, ale také přímo z menu Options.

**d) Layer e) Material f) Light Source g) Toolbox** - Těmito položkami se budeme zabývat později.

**h) Cursor** umožňuje nastavit parametry kurzoru. Typ kurzoru určuje, zda se má kurzor zobrazit jako nitkový kříž (CrossHair), nebo ve tvaru souřadné soustavy. Přitom zapnutý **Fixed Cursor** znamená stálou velikost určenou parametrem **Fixed Cursor Size**, kdežto velikost 3D kurzoru závisí na jeho poloze (vzdaluje-li se od uživatele po ose z, zmenšuje se v závislosti na parametrech nastaveného perspektivního promítání - viz dále). Je možné nastavit velikost velkého a malého kroku kurzoru (platí při ovládání kurzoru klávesnicí) a dále zda tento krok má být



vázán na obrazovku, nebo sestrojovaný model. To je důležité při zvětšování či zmenšování modelu.

**Ovládání kurzoru:** **Myší** se pohybujeme v rovině **xy**, pro pohyb ve směru osy **z** je třeba stisknout **Ctrl-Alt-Shift**. Při vypnutém **Snap Grid** se pohybujeme spojitě, při zapnutém pak zadaným krokem. **Z klávesnice** ovládáme kurzor šipkami v rovině **x,y**, ve směru osy **z** pomocí **Ctrl-Home** resp. **Ctrl-End**. Pro pohyb malým krokem nutno současně stisknout **Shift**.

**Nastavení počátku souřadné soustavy** - příkaz **Point/Origin** očekává bod, ve kterém má nastavit počátek souřadné soustavy. Bod zadáme levým tlačítkem myši nebo klávesou Insert.

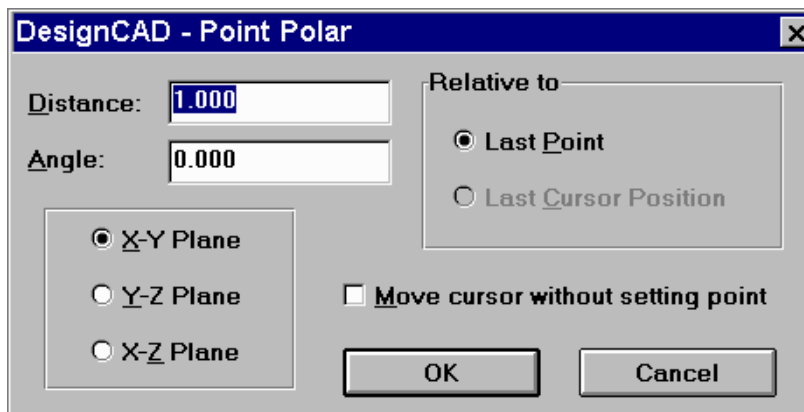
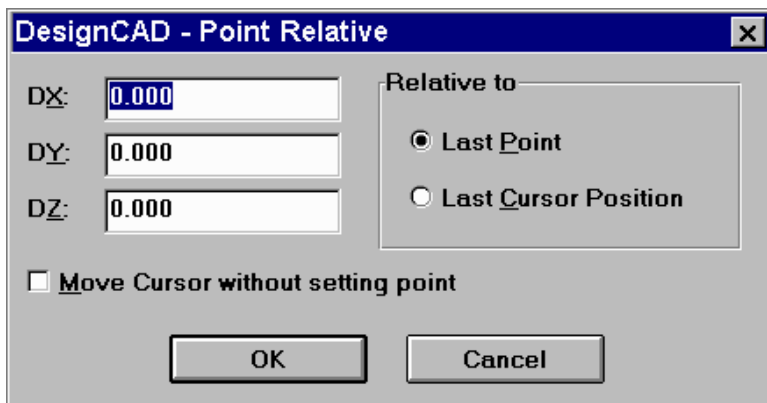
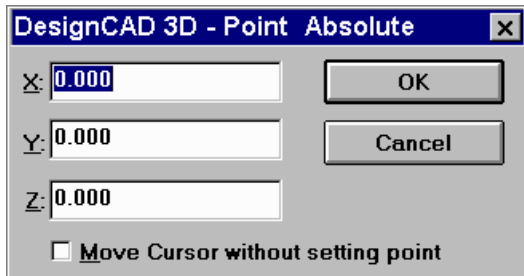
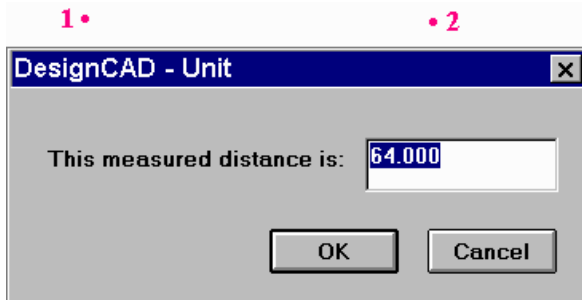
**Nastavení velikosti jednotky** - příkaz **Dimension /Units** očekává zadání dvou bodů a vzdálenosti, kterou mají tyto body mít. K nastavení velikosti jednotky lze tímto příkazem např. ocejchovat osu **y**, a to tak, že první bod zadáme těsně u spodního okraje okna a druhý na vertikále těsně u horního okraje (k pohybu kurzoru použít výhradně šipky, abychom zabránili pohybu mimo svislý směr). Po změně velikosti měřítka tímto způsobem je automaticky přepočítán krok kurzoru a krok myši, je tedy třeba nejdříve cejchovat osy, pak teprve nastavovat krok.

**Synchronizace počátku a nastavených kroků:** Po nastavení jednotek a kroků se pravděpodobně stane, že se kurzor sice pohybuje zadaným krokem, ale v neceločíselných souřadnicích. V tom případě využijeme příkaz **Point/Point XYZ**, který umožňuje zadat bod v absolutních kartézských souřadnicích a zadáme celočíselné souřadnice (popř. jednoduše potvrdíme implicitně nastavený počátek). Nedoporučuji potvrzovat myší při vypnutém kroku, neboť sebemenší pohyb myši může souřadnice opět rozhodit. Je třeba buď zapnout krok (zaškrtnout Options/Snap Grid), nebo na OK "doskákat" tabelátorem a volbu potvrdit z klávesnice. Konečně je třeba synchronizovat se souřadnicemi orientační mřížku (Display Grid), a to příkazem **Options/Set Grid Center**, který očekává zadání polohy středu mřížky. To lze udělat levým tlačítkem myši, klávesou Inset, nebo opět příkazem Point/Point XYZ.

# Hranové modelování

V počítačové grafice rozlišujeme čtyři druhy modelů:

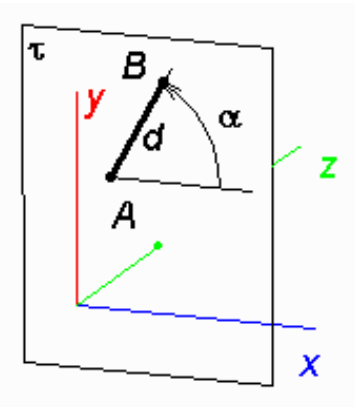
- a) **hranové**, které se skládají z úseček a křivek (hran ploch a těles)
- b) **stěnové (plošné)**, které se skládají z ploch a stěn těles
- c) **objemové**, které se skládají z těles
- d) **hybridní**, které se mohou skládat z křivek, ploch i těles.



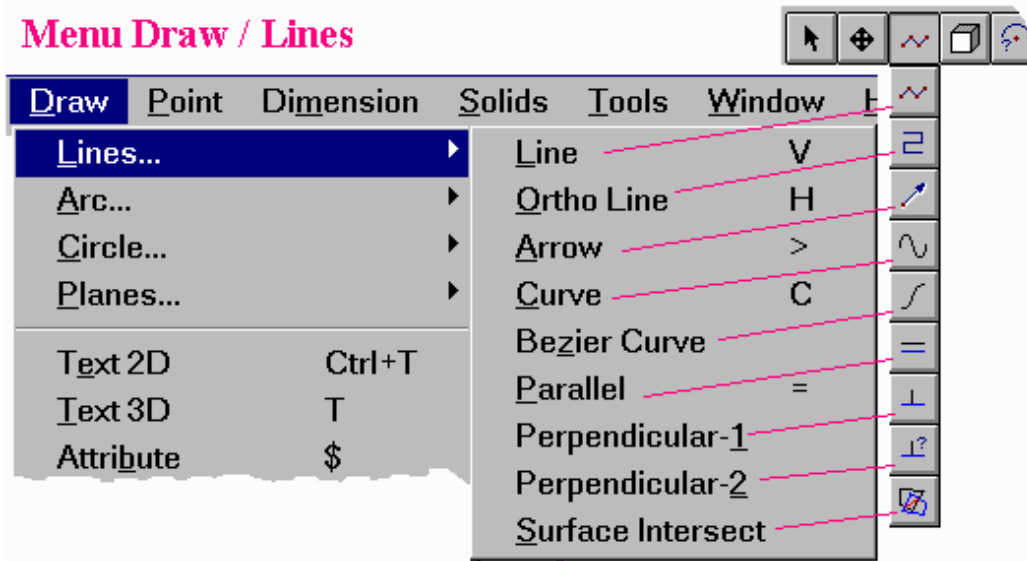
Každý model je tvořen ze základních prvků (primitivů) pomocí operací s nimi. Podívejme se nejprve na primitivy hranového modelování.

## Primitivy hranového modelování

**Bod** je základním konstrukčním prvkem, v DESIGN CADU ho však nelze sestavovat samostatně, jeho určení je vždy součástí jiné konstrukce. K vyzkoušení jeho zadávání je třeba být "uvnitř" jiné konstrukce, která vyžaduje zadávání bodů. Zadáním příkazu **Draw/Lines/Line** z menu popř. kliknutím na ikonu 1 podle obrázku nebo konečně horkou klávesou **V** vyvoláme příkaz Line. Jedná se o sestrojení lomené čáry procházející zadanými body. Ty lze nyní zadávat **myší (levým tlačítkem) nebo klávesou Insert**, v těchto případech zadáváme bod aktuální polohou kurzoru. Dále je možno příkazem **Point/Point XYZ** (kláv. zkratka : )

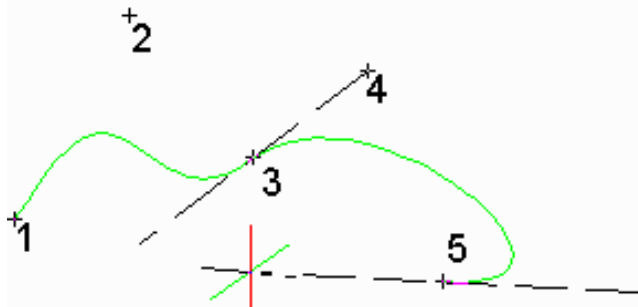


## Menu Draw / Lines



z **Main Toolbox**. Na dalším obrázku jsou ikonám z Main Toolbox přiřazeny příkazy z menu. V závorkách jsou zároveň uvedeny horké klávesy.

## Zadáání Beziérovky

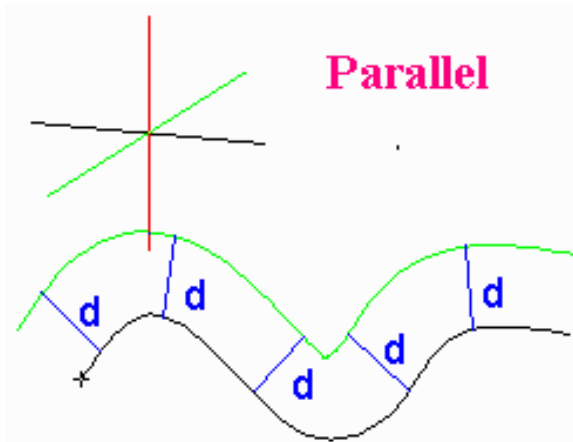


**Line - úsečka a lomená čára** očekává se zadání nejméně dvou bodů, kterými má čára procházet. Příkaz ukončíme Entrem.

**Ortholine** lomená čára, jejíž segmenty jsou rovnoběžné se souřadnými osami

**Arrow - šipka** funguje jako Line, koncový bod lomené čáry opatří šipkou. Tvar a velikost zakončení můžeme volit v proužku, který se dočasně objeví pod proužkem Menu (obecná vlastnost všech příkazů, u nichž lze volit kromě bodů i jiné parametry).

určovat bod absolutními kartézskými souřadnicemi a příkazem **Point Relative** relativními kart. souřadnicemi (měřenými podle výběru od posledního zadaného bodu nebo poslední pozice kurzoru). Další možností je příkaz **Point Polar** (viz obr.) Zadávaný bod B je určen podle výběru posledním zadaným bodem nebo poslední pozicí kurzoru (bod A), vzdáleností  $d$  od tohoto bodu, rovinou  $\tau$  rovnoběžnou se zvolenou souřadnou rovinou a odchylkou  $\alpha$  (angle) úsečky AB od osy  $x$  (popř  $y$ , je-li zvolena  $Y-Z$  Plane). Všechny příkazy na zadání bodu souřadnicemi mohou buď nastavit hod nebo jen přesunout kurzor podle zaškrtnutí volby **Move cursor without setting point**. Další primitivy jsou přístupné z menu **Draw/Lines** nebo



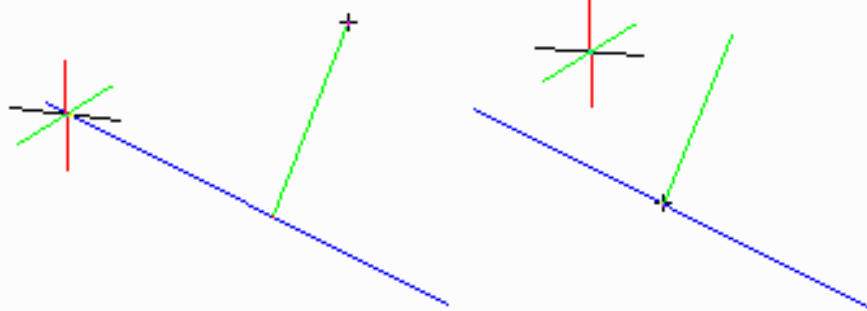
**Curve - křivka** zadanými body proloží kubický splajn

**Bezier Curve - Bezierova křivka** kromě bodů, kterými má křivka procházet, zadáváme i tečny v jednotlivých bodech tak, jak je patrné z připojeného obrázku (šestým bodem právě zadáváme tečnu v bodě 5, tečna určená body 1, 2 již není zobrazena)

**Parallel - paralelní křivka** ke křivce označené bodem sestrojí křivku - množinu bodů, které mají od bodů na dané křivce konstantní vzdálenost  $d$ . Tato vzdálenost závisí (blíže bohužel nespecifikovaným způsobem) na aktuální poloze kurzoru.

**Perpendicular - 1**

**Perpendicular - 2**



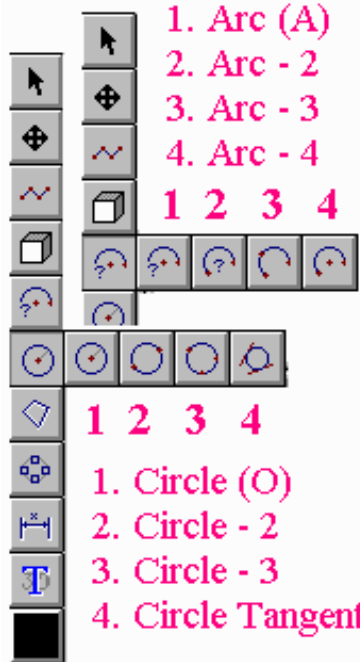
**Perpendicular - 1** z daného bodu spustí kolmici k úsečce nebo normálu ke křivce. Prvním bodem zadáváme počátek kolmice, druhým označujeme čáru, ke které má být spuštěna.

**Perpendicular - 2** z daného bodu vztyčí kolmici. Prvním bodem zadáváme patu kolmice, směr je určen směrem kolmice spuštěné z druhého bodu k dané úsečce. Délku kolmé úsečky zadáváme uvnitř příkazu číselně.

**Surface Intersect** - určí křivku jako průsečnici dvou ploch (viz stěnové modelování). Další primitivy - oblouky - jsou přístupné z menu **Draw/Circle**



## Menu Draw / Arc



## Menu Draw / Circle

### Save in Vector Form

**Circle - kružnice** určená středem a poloměrem. Třetím nepovinným bodem lze určit rovinu, ve které má být kružnice sestrojena.

**Circle - 2** kružnice určena poloměrem (1. a 2. bod), třetí bod opět určuje rovinu.

**Circle - 3** kružnice určená třemi body

**Circle Tangent** kružnice určená dvěma tečnami a poloměrem (zadávaným číselně). U kružnic máme možnost uložit objekt jako **circle - kružnice** (uchovává se jen informace o středu, poloměru a rovině konstrukce), nebo jako **plane - kruh** (objekt je považován za část roviny), nebo jako **line - křivka** (uchovává informace o jednotlivých bodech křivky, se kterými lze později samostatně manipulovat).

### Oblouky - menu Draw/Arc:

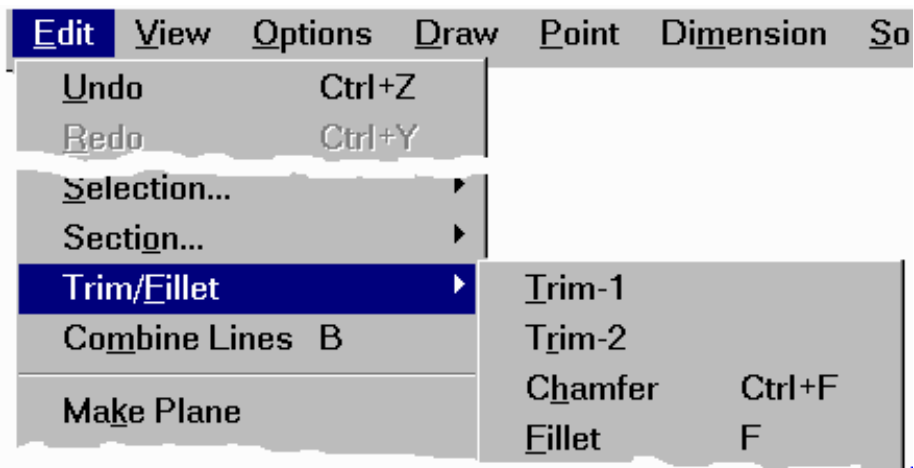
**Arc** oblouk určený středem, počátečním bodem a číselně zadávaným středovým úhlem.

**Arc - 2**, oblouk určený počátečním a koncovým bodem a číselně zadaným poloměrem

**Arc - 3** oblouk určený středem, počátečním bodem a středovým úhlem, jehož koncové rameno zadáme třetím bodem.

U příkazů Arc a Arc - 2 lze opět třetím bodem zadat rovinu, ve které má být oblouk sestrojen. Volba dává opět možnost pozdější manipulace s jednotlivými body oblouků.

## Operace s hranovými primitivy



Operace jsou přístupné z menu **Edit**:

**Join Endpoints** spojení koncových bodů dvou křivek. Přes toto spojení považuje však systém výsledek nadále za dvě křivky.

**Combine Lines** sjednocení dvou nebo více křivek. Křivky musí být označeny a musí na sebe navazovat

Následující příkazy jsou přístupné z podmenu **Edit - Trim/Fillet**:

**Trim-1** ořezání: Čára, označená prvním bodem bude ukončena průsečíkem s čarou, označenou druhým bodem.

**Trim-2** ořezání: Budou ořezány dvě označené čáry, a to tak, že jsou odstraněny kratší úseky označených segmentů.

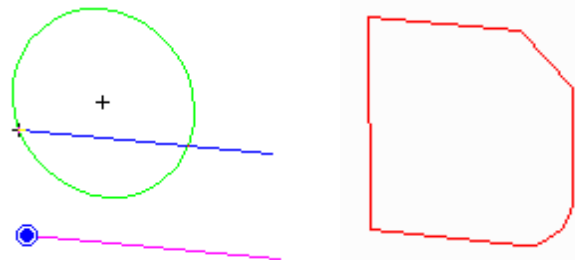
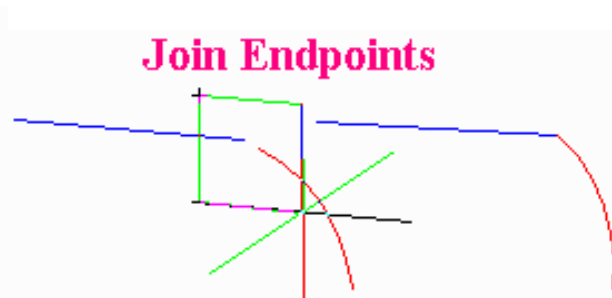
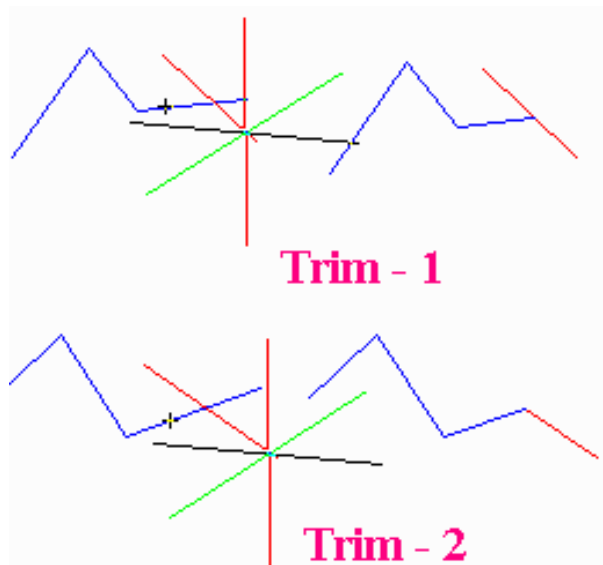
Oba příkazy pracují tak, že je odříznuta vždy úsečka na polopřímce opačné k polopřímce s počátkem v průsečíku čar a označným vnitřním bodem (viz. obr.). Umožňuje však volbu **Trim Shorter End**, která odstraňuje vždy kratší z úseček.

**Chamfer** - zkosení rohu, uvnitř příkazu lze zadat hloubku zkosení

**Fillet** - zaoblení rohu, uvnitř příkazu lze zadat poloměr oblouku. Na připojeném obrázku byl pravoúhelník upraven příkazy Fillet a Chamfer.

**Point Move** - umožňuje manipulaci s jednotlivými body křivek sestavených pomocí **Line** a **OrthoLine**, také s **kružnicemi** a **oblouky** v případě, že byly uloženy jako **Line** resp. **Vector Form**. V případě, že máme zapnutý **Point Select Mode** v Menu **Options**, pak se při označení objektu objeví nejen "býčí oko", ale jsou označeny všechny body, se kterými lze manipulovat. V tom případě je můžeme přímo "tahat" myší. Hlavička na

připojeném obrázku byla původně kružnicí.



## Konstrukce hranových modelů

Ikony uchopení nebo menu **Point** poskytuje nástroje na hledání bodů v konstrukcích

**Gravity Move** přiskočí k nejbližšímu bodu.

**Gravity** přiskočí k nejbližšímu bodu a nastaví zde bod. Je - li volán uvnitř jiného příkazu, nastaví bod podle aktuálních požadavků tohoto příkazu. Na obrázku byl zavolán příkaz Circle: střed nastaven myší mimo sestrojenou úsečku, bod určující poloměr sestrojen přiskočením k levému krajnímu bodu úsečky. Je-li přiskočení voláno samostatně, dojde k označení objektu. Objekt zružoví a na místě přiskočení je nastaven manipulační bod (handle) ve tvaru modrého oka. S takto označeným objektem lze samostatně manipulovat (např. smazat klávesou Del). Tyto manipulace budou probrány později. Stejně se chovají i následující příkazy uchopení :

**Line Snap** přiskočení na nejbližší čáru

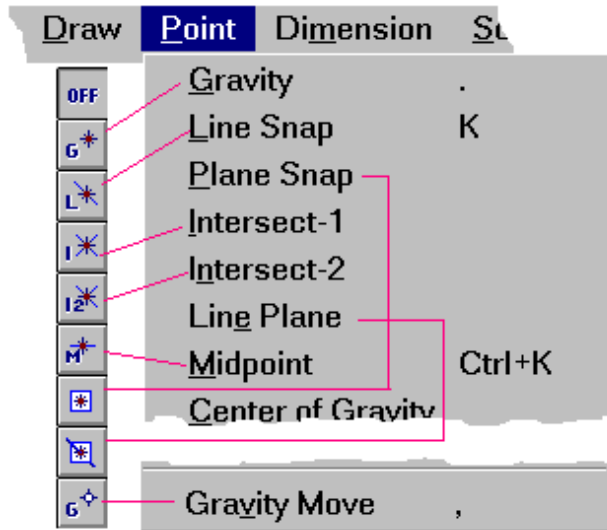
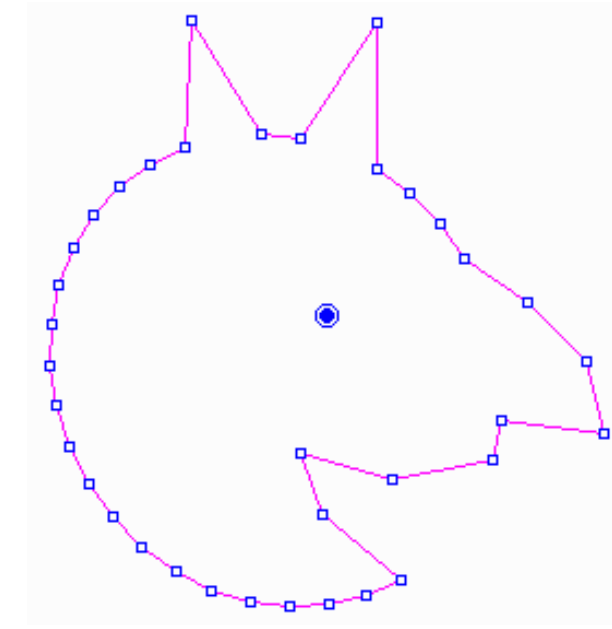
**Intersect - 1** přiskočení k nejbližšímu průsečíku na dané čáře. Příkaz očekává označení čáry, na které má průsečík vyhledat.

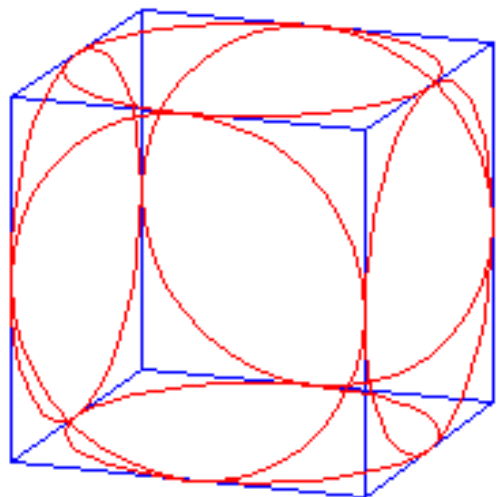
**Intersect - 2** přiskočení k nejbližšímu průsečíku dvou čar. Příkaz očekává označení dvou čar, jejichž průsečík má vyhledat.

**Midpoint** přiskočení na střed úsečky

**Plane Snap** přiskočení na nejbližší plochu (bude potřeba později)

**Line Plane** přiskočení k průsečíku plochy a čáry (využijeme opět později)



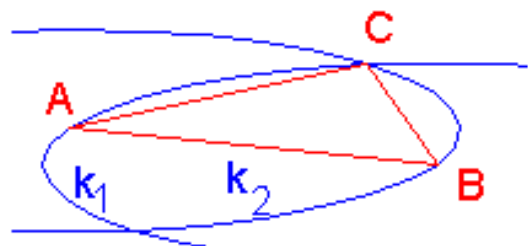


**Cvičení:** Sestrojte hranový model krychle, do každé "stěny" vepište kružnici

Model v DESIGN CAD

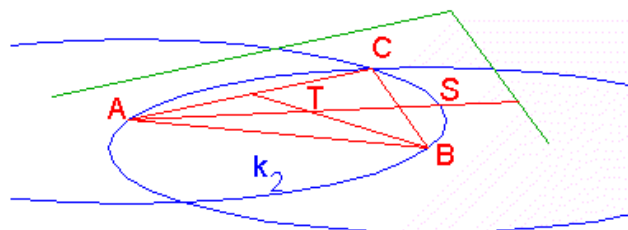
**Cvičení:** Sestrojte hranový model pravidelného čtyřstěnu. Do každé jeho stěny vepište kružnici (postup konstrukce viz obrázky na pavém okraji stránky)..

**Řešení:**



### 1. Konstrukce podstavy:

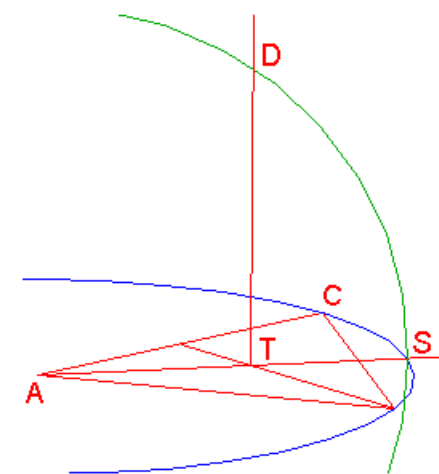
Sestrojíme hranu AB (Line) a kružnice  $k_1=(A,AB)$ ,  $k_2=(B,AB)$  v rovině xz (Circle, Gravity). Nakonec lomenou čáru ACB (Line, Intersect -1).

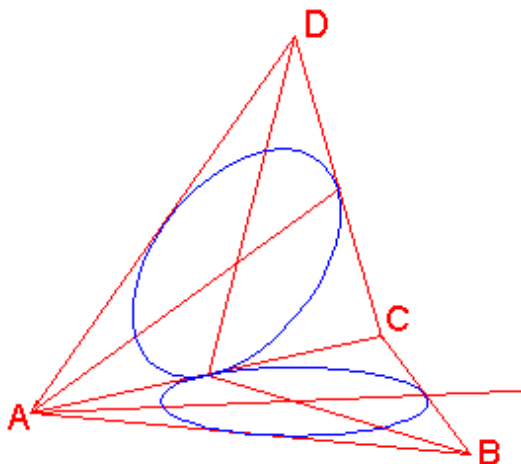


průsečík  $v_a$  s kružnicí  $k_2$ , posuneme čáru ABC (parallel) a z vrcholu A sestrojujeme kolmici až k ní. Sestrojíme kružnici  $k_3=(A,AS)$  v rovině kolmé k podstavě (Circle, bod S najdeme pomocí Intersect -1, popř. Intersect - 2). Dále kolmici k podstavě bodem T (Line, Intersect), konečně lomenou čáru ACD (Line, bod D najdeme jako průsečík kružnice a přímky - Intersect). Kružnice a tělesovou výšku můžeme nyní jako již nepotřebné vymazat. Dále spojnici BD (Line) .

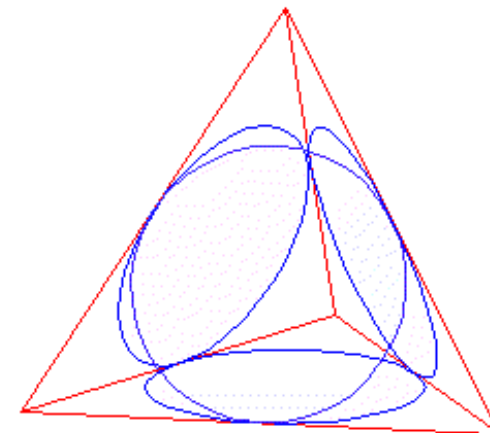
### 2. Konstrukce vrcholu

**D:** V podstavě ABC sestrojíme výšky (Perpendicular - 1, popř. Line + MidPoint). Protože budeme potřebovat





**3. Vepisování kružnic:** Ve stěně, které chceme vepsat kružnici, sestrojíme dříve popsáním způsobem dvě výšky. Kružnice (Circle) má pak střed v jejich průsečíku (Intersect), poloměr zjistíme přiskočením ke středu strany (MidPoint). Rovinu konstrukce kružnice určíme přiskočením k vrcholu (Gravity).



[Model v DESIGN CAD](#)

[2. cvičení](#)