FAKULTA STAVEBNÍ ústav matematiky a deskriptivní geometrie

# Deskriptivní geometrie

pro 1. ročník stavební fakulty VUT

obor ARCHITEKTURA POZEMNÍCH STAVEB

cvičení předmětu BAA015

Brno 2019

kolektiv ústavu matematiky a deskriptivní geometrie

Další materiály a příklady (některá řešení lze krokovat) jsou na disku ***Soubor CD-ROMů*** **Deskriptivní geometrie**

- pro kombinované studium pro I. ročník Stavební fakulty VUT v Brně

  2. **Kuželosečky**
  5. **Mongeova projekce** [čti monžova]
  6. **Kolmá axonometrie**
  7. **Lineární perspektiva**
  8. **Šroubovice** a šroubové plochy
  12. Zborcené plochy
      12.3.1. **Konoidy**

- verze 1.3. (používalo se v letech 2001 - 2004)

  XII. Rotační plochy. Algebraické plochy
  33. **Rotační plochy** a jejich řezy

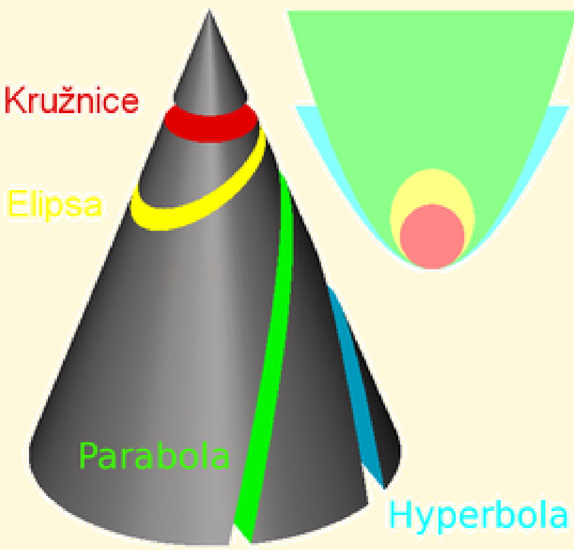
- Další sbírky a výukové programy deskriptivní geometrie

  Úlohy v **kosoúhlé**m **promítání**

# Obsah

# 1. Kuželosečky

**Citace Wikipedie:** ***Kuželosečka*** je rovinná křivka, která vznikne jako průnik roviny s rotační kuželovou plochou, přičemž rovina neprochází jejím vrcholem.




Seznámíme se se základními vlastnostmi elipsy, hyperboly a paraboly, pro které (spolu s kružnicí) užíváme společný název ***kuželosečky***. Každou z nich je možné sestrojit jako průsečnou křivku rotační kuželové plochy rovinou. Pokud rovina řezu neprochází vrcholem, je řezem tzv. jednoduchá (vlastní, regulární) kuželosečka. Řezy rovinou procházející vrcholem označujeme jako složené (degenerované, nevlastní, singulární) kuželosečky (dvě přímky různoběžné, dvě přímky totožné, jeden bod). Ke složeným kuželosečkám patří i dvě přímky rovnoběžné.

**Jednoduchou** kuželosečkou rozumíme elipsu (kružnici), hyperbolu nebo parabolu.

Zdůrazněme ještě, že kuželosečky jsou křivky rovinné (jsou to řezy rovinou).

## 1.1. Elipsa

je množina všech bodů roviny, které mají od dvou různých pevných bodů $F_1, F_2$ této roviny (ohnisek) stálý (konstantní) součet vzdáleností $2a$, přičemž platí: $2a > |F_1F_2|$.

Pro body $M$ elipsy platí rovnice:

$$|F_1M| + |F_2M| = 2a$$

### 1.1.1. Proužková konstrukce Wikipedie

Vezmeme proužek papíru (po spuštění **ODKAZU** zatrhněte **PROUŽEK PAPÍRU** a jednu z konstrukcí), na který naneseme velikosti obou poloos elipsy, vyznačené body ($K$, $L$ – rozdílová k.; $K'$, $L'$ – součtová konstrukce) přiložíme na osy elispy a pokud papírem pohybujeme, pak bod $M$ opisuje elipsu.

### 1.1.2. Oskulační kružnice (Citace **Wikipedie:**)

rovinné křivky v určitém bodě je kružnice, která tímto bodem prochází, má zde s danou rovinnou křivkou společnou první derivaci (společnou tečnu v tomto bodě) a rovněž i druhou derivaci (co nejvíce se v okolí tohoto bodu křivce přimyká).

***V okolí vrcholu*** (ať již hlavního, či vedlejšího) ji často nazýváme hyperoskulační kružnicí.

### 1.1.3. Rytzova konstrukce os elipsy (Wikipedie kap 4.4) známe-li její sdružené průměry.

Každá přímka procházející středem elipsy je jejím **průměrem**. Tečny sestrojené v koncových bodech jednoho sdruženého průměru jsou ***rovnoběžné*** s druhým sdruženým průměrem. Zmíněnou konstrukcí získáme **osy** elipsy.

Rytzova konstrukce s krokováním (pomocí tlačítek << a >>)

### 1.1.4. Tečny elipsy

**Tečny elipsy z vnějšího bodu**

Rozbor, konstrukce.

**Tečny elipsy rovnoběžné se směrem**

### 1.1.5. Elipsa jako afinní obraz kružnice

## 1.2. Parabola

je množina všech bodů roviny, které mají od pevného bodu $F$ a od pevné přímky $d$, která tímto bodem neprochází, stejnou vzdálenost.

Pro body $M$ paraboly platí rovnice:

$$|FM| = |dM|$$

### 1.2.1. Subtangenta a subnormála

### 1.2.2. Konstrukce s krokováním pomocí tlačítek << a >>

ve spodní části odkazů (Konstrukce nebo krokováním) spuštěného internetového prohlížeče.

### 1.2.3. Ohniskové vlastnosti

### 1.2.4. (Hyper)oskulační kružnice paraboly s krokováním pomocí tlačítek << a >>

### 1.2.5. Tečny paraboly

**Tečny paraboly z vnějšího bodu**

**Tečny paraboly daného směru**

## 1.3. Hyperbola

je množina všech bodů roviny, které mají od dvou pevných různých bodů $E, F$ této roviny (ohnisek) stálý (konstantní) rozdíl vzdáleností $2a$ menší, než je vzdálenost obou bodů.

Pro body $X$ hyperboly platí rovnice:

$$|EX| - |FX| = 2a$$

### 1.3.1. (Hyper)oskulační kružnice hyperboly

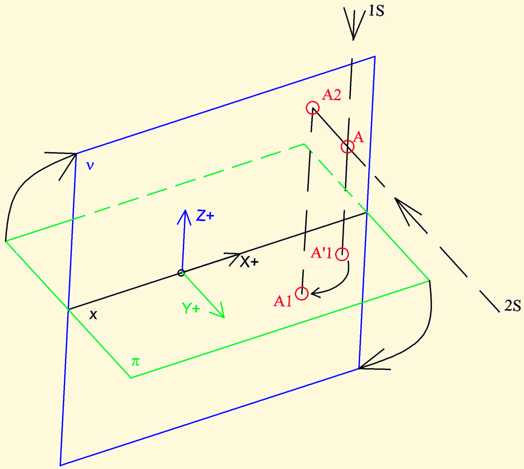
s krokováním pomocí tlačítek << a >>

### 1.3.2. Tečny hyperboly

# 2. Mongeovo promítání



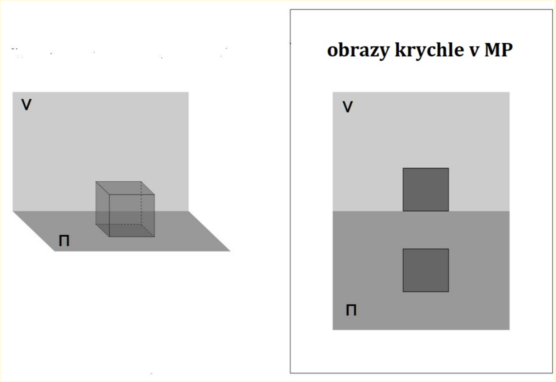
**Citace WikipediE:** Mongeovo promítání ... využívá rovnoběžného pravoúhlého promítání objektu do dvou na sebe kolmých rovin (průměten) — půdorysny $\pi$ (ve vodorovné poloze) a nárysny $\nu$ (ve svislé poloze).




Půdorysna $\pi$ je na vedlejším obrázku vodorovná a nárysna $\nu$ svislá. Zároveň jsou pomocí šipek naznačeny kladné směry jednotlivých os $x^+, y^+, z^+$ (využíváme pro určování souřadnic).
Libovolný bod $\boldsymbol{A}$ v prostoru nejprve promítneme směrem $^1S$ kolmo do půdorysny $\pi$ a dostaneme průmět $A_1'$. Potom směrem $^2S$ kolmo do nárysny $\nu$ a dostaneme průmět $A_2$. Ovšem oba tyto průměty jsou v rovinách navzájem kolmých. Proto „vodorovnou“ půdorysnu sklopíme podle naznačených černých čtvrtkružnic se šipkou do nárysny, aby obě ležely ve stejné rovině (na jednom papíru). Tím nám průmět $A_1'$ přejde do bodu $A_1$.

Bod $A_1$ je ***půdorysem*** bodu $\boldsymbol{A}$ v mongeově promítání a bod $A_2$ je ***nárysem*** bodu $\boldsymbol{A}$.

Jméno této metodě dal francouzský přírodovědec, revoluční politik a matematik Gaspard Monge (1746 – 1818), jenž je pokládán za otce deskriptivní geometrie.



## 2.1. Zobrazení bodů a přímky

CD 5. 2. (př. 5. 1. / obr. 5. 5.) V Mongeově projekci dané základnicí $x_{12}$ a počátkem $O$ vyneste body, $A = [-15; 23; 45]$, $B = [20; -38; 17]$ .

CD 5. 3. (př. 5. 2. / obr. 5. 8.) Přímka $m$ je dána svými sdruženými průměty $m_1, m_2$ . Nalezněte její stopníky. ***Stopník přímky*** je průsečík dané přímky s některou průmětnou.

CD 5. 3. (př. 5. 3. / obr. 5. 12.) Přímka $k$ a bod $M$ jsou dány svými sdruženými průměty. Bodem $M$ veďte libovolnou různoběžku s přímkou $k$ .

## 2.2. Zobrazení roviny

CD 5. 4. (př. 5. 4. / obr. 5. 15.) Rovina $\varrho$ je dána bodem $A$ a přímkou $a$ , která bodem $A$ neprochází. K danému půdorysu $M_1$ bodu $M$ sestrojte nárys $M_2$ tak, aby bod $M$ ležel v rovině $\varrho$ .

CD 5. 4. (př. 5. 5. / obr. 5. 18.) Sestrojte stopy roviny $\varrho = (-20; -42; 15)$ .

CD 5. 4. (př. 5. 6. / obr. 5. 21.) Je dána rovina $\varrho = (20; -40; 15)$ a bod $M = [-10; 35; ?]$ který v rovině $\varrho$ leží. Sestrojte nárys bodu $M$ .

CD 5. 4. (př. 5. 7. / obr. 5. 23.) Rovina $\varrho$ je dána bodem $C = [15; 30; 40]$ a přímkou $a = (A, B)$ , kde $A = [-35; 35; 7], B = [-10; 23; 18]$. Sestrojte stopy roviny $\varrho$ .

## 2.3. Vzdálenost bodu od roviny

CD 5. 5. (př. 5. 11. / obr. 5. 46.) Určete vzdálenost bodu $M = [15; 40; 30]$ od roviny $\alpha = (25; 10; -35)$

## 2.4. Vzdálenost bodu od přímky

CD 5. 5. (cvičení 5. 16. a) *pomocí roviny jdoucí bodem kolmo k přímce.* Určete vzdálenost bodu $M = [45; 40; 20]$ od přímky $m = (P[25; 5; 45], Q[0; 50; 30])$.

- bod a přímka určují rovinu

## 2.5. Vzdálenost dvou rovnoběžných rovin

měříme na kolmici k těmto rovinám.

CD 5. 5. (cvičení 5. 16. b) Určete vzdálenost dvou rovnoběžných rovin $\alpha = (-40, 45, 30)$ a $\beta = (-10, ?, ?)$.

CD 5. 7. (př. 5. 19. / obr. 5. 59. — užitím třetí průmětny) Jsou dány dvě rovnoběžné roviny $\alpha$ a $\beta$ svými stopami. Užitím třetí průmětny sestrojte jejich vzdálenost $d$.

## 2.6. Zobrazení kružnice v obecné rovině

***Obecná rovina***, nebo také rovina v obecné poloze, je rovina, která není kolmá ani rovnoběžná se žádnou průmětnou. Z přednášek víte, že kolmým průmětem kružnice v obecné rovině je elipsa. Kružnice ležící v obecné rovině se tedy bude v Mongeově projekci promítat jako elipsa. A to i do půdorysu i do nárysu.

CD 5. 6. (př. 5. 14. / obr. 5. 53.) Sestrojte průměty kružnice $k(S = [20; 30; ?], r = 25)$, která leží v rovině $\varrho = (-40; 40; 30)$.

*Z rozboru příkladu plynou tyto poznatky o průmětech kružnice v Mongeově projekci:*

- Kružnice $k$ v obecné rovině se promítá do půdorysu i do nárysu jako elipsa, přitom **střed elipsy je průmětem středu kružnice**.
- Jako ***hlavní osa*** průměru kružnice se promítá průměr kružnice ležící na ***hlavní přímce*** roviny, v níž kružnice leží. Délka hlavní osy $2r$ je rovna průměru kružnice.
- Jako ***vedlejší osa*** se promítá průměr kružnice ležící na ***spádové přímce*** dané roviny. Délku vedlejší osy můžeme určit proužkovou konstrukcí ze známé hlavní osy a jednoho bodu elipsy (tj. průmětu bodu kružnice).

CD 5. 6. (př. 5. 15. / obr. 5. 54.) Stejné zadání, jiná konstrukce.

CD 5. 6. (př. 5. 16. / obr. 5. 55.) Obraz kružnice opsané trojúhelníku $\Delta ABC$ , kde

$A = [10; 30; 20], B = [-20; 45; 35], C = [0; 10; 50]$ .

## 2.7. Úlohy s tělesy

### 2.7.1. Zobrazení jehlanu a rotačního válce

Zobrazte

- pravidelný čtyřboký jehlan (rozbor) s podstavou v rovině $\alpha = (-60; 60; 70)$ , kde: bod $A = [25; ?; 70]$ je vrchol dolní podstavy, bod $S = [10; 30; ?]$ je střed dolní podstavy a výška jehlanu je $v = 60$ ;

- rotační válec (rozbor) o výšce $v = 80$ a ose $o = (P[-40; 15; 0], Q[30; 100; 100])$ , jehož bod $M = [-20; 60; 15]$ leží na kružnici spodní podstavy (část konstrukce).

## 2.7.2. Řezy těles rovinou — videozáznam

Řez

- kosého hranolu;
- pravidelného šestibokého jehlanu;
- kosého jehlanu;

CD 5. 9. (př. 5. 31. / obr. 5. 80.) šikmého válce.

## 2.7.3. Průnik přímky s tělesem

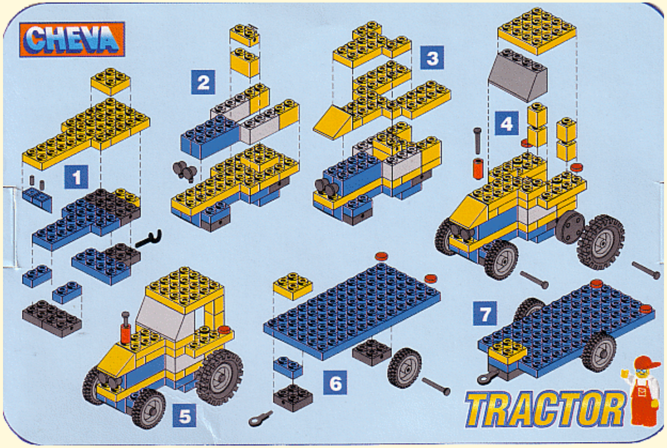
Průnik přímky

- s kosým hranolem
- s pravidelným čtyřbokým jehlanem
- se šikmým kruhovým válcem
- se šikmým kruhovým kuzelem

# 3. Kolmá axonometrie

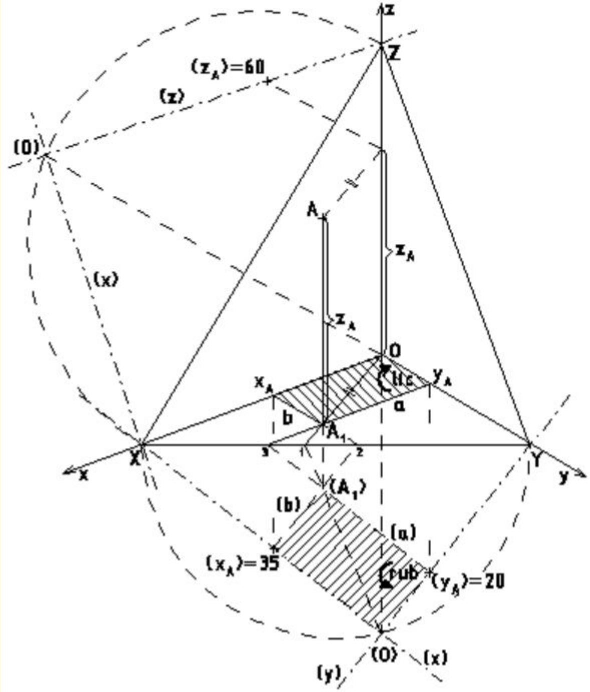


**Citace WikipediE:** **Axonometrie** nebo **axonometrická projekce** je jednoduchý způsob promítání prostorových těles a trojrozměrných struktur (3D) do roviny.




Axonometrie (axa = osa; odtud také název, doslova „odměřovat podél os“) je rovnoběžné promítání. Promítáme na průmětnu (obvykle svislou) kolmým nebo šikmým směrem a proto rozlišujeme axonometrii kolmou nebo šikmou. Technická praxe používá oba druhy axonometrií především pro jejich názornost. My budeme probírat pouze ***kolmou axonometrii***.

Souřadnicový systém má v axonometrii obecnou polohu vzhledem k průmětně.




Tedy osy $x, y, z$ jsou v axonometrii k průmětně šikmé (neleží v průmětně ani na ni nejsou kolmé). Úsečka na souřadnicové ose se promítáním zkrátí tím víc, čím větší úhel svírá osa s průmětnou. Rozměry těles se pak nanášejí v určitém měřítku rovnoběžně s těmito osami: Podstatnou roli v axonometrii bude hrát to, v jaké poloze si zvolíte systém souřadnic vzhledem k průmětně. Osy axonometrického promítání lze zvolit libovolně, obvykle se však osa $z$ (***„výška“***) volí jako svislá.

Hlavní výhoda axonometrie proti složitějším metodám promítání je v tom, že se průmět *snadno* konstruuje a že se z něho dají rozměry odečíst poté, co stanovíme měřítka na jednotlivých osách (viz obrázek vedle).

Nevýhoda může být v tom, že v axonometrické projekci se rovnoběžky nesbíhají a tak je perspektivní dojem nedokonalý.

## 3.1. Zobrazení bodů, rovin, přímek — videozáznam

- Zobrazte **bod** $A$, když $\Delta XYZ(90;100;110), A[35;20;60]$ (viz předchozí obrázek).

  Axonometrický trojúhelník $\Delta XYZ$ je dán délkami svých stran: $|XY| = 9$ cm, $|YZ| = 10$ cm, $|ZX| = 11$ cm. Průměty souřadnicových os $x, y, z$ se zobrazí jako výšky tohoto trojúhelníka. Průsečík výšek (průmětů os) je průmětem počátku $O$.

  Půdorysna $\pi$ je otočena kolem přímky $XY$ do axonometrické průmětny. Otočená poloha $(O)$ počátku $O$ leží na ose $z$ a na Thaletově kružnici nad průměrem $XY$.

CD 6. 1. (cv. 6. 2. 1.) Zobrazte **body** $A, B, C, D$, je-li dáno: $\Delta XYZ(90; 90; 80), A = [30; 40; 80]$, $B = [30; -40; 80], C = [-30; -40; -80], D = [-30; 40; 40]$.

CD 6. 2. (př. 6. 7. / obr. 6. 25.) Sestrojte **stopy rovin** $\alpha = (50; 90; 70), \beta = (-50; 90; 70)$.

CD 6. 2. (cv. 6. 5. 1.) Zobrazte **přímku** p(A,B) a její stopníky, je-li dáno: $\Delta XYZ(100; 110; 120), A = [55; 30; 40], B = [25; 50; 75]$.

CD 6. 2. (cv. 6. 5. 5.) **Přímka** $p(A, B)$ protíná osu $y$. Zvolte si libovolně: $\Delta XYZ, A, A_1, B$ a určete: $p_1, B_1, p_2, p_3$ a nárysný stopník (půdorysný stopník splývá s bokorysným, tedy $P = M$).

CD 6. 2. (cv. 6. 5. 6.) Určete $p_1, p_2, p_3$ je-li dána **přímka** $p(A, O)$. Zvolte si libovolně: $\Delta XYZ, A, A_1$.

CD 6. 2. (cv. 6. 7. 2.) Určete **průsečnici rovin** $\alpha, \beta$.

CD 6. 2. (IIb / obr. 6. 38.) Určete **průsečík přímky s rovinou** $\alpha$ zadanou stopami, jestliže je přímka $p$ dána *axonometrickým průmětem* a svým *půdorysem*.

- průsečík přímky s rovinou
- kružnice a rovnostranný trojúhelník v půdorysně

## 3.2. Úlohy s tělesy

### 3.2.1. Řezy těles rovinou

Řez

- kosého čtyřbokého hranolu
- pravidelného šestibokého hranolu;
- pravidelného čtyřbokého jehlanu;
- pravidelného pětibokého jehlanu;
- pravidelného čtyřbokého jehlanu;

### 3.2.2. Průnik přímky s tělesem

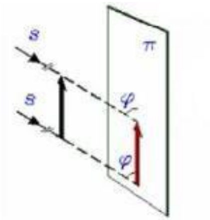
Průnik přímky se

- kosým čtyřbokým hranolem
- pravidelným čtyřbokým jehlanem;
- šikmým kruhovým válcem;
- rotačním kuželem;
- kosým čtyřbokým hranolem;

# 4. Kosoúhlé promítání



**Citace WikipediE:** ***Kosoúhlé*** *(šikmé)* promítání je rovnoběžné promítání na jednu průmětnu směrem, který má od průmětny odchylku φ jinou než 90°. Promítací paprsky S jsou tak rovnoběžné, ale ne kolmé k průmětně. Průmětna je rovnoběžná (nebo přímo ztotožněná) s některou z hlavních rovin.

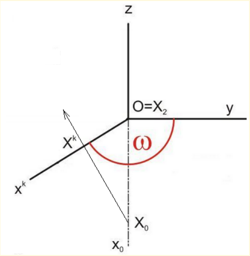



Výhodou tohoto způsobu zobrazení je skutečnost, že předměty, které se nacházejí v té souřadné rovině (půdorysna, nárysna, bokorysna), která je rovnoběžná s promítací rovinou, jsou zobrazeny v reálné velikosti.

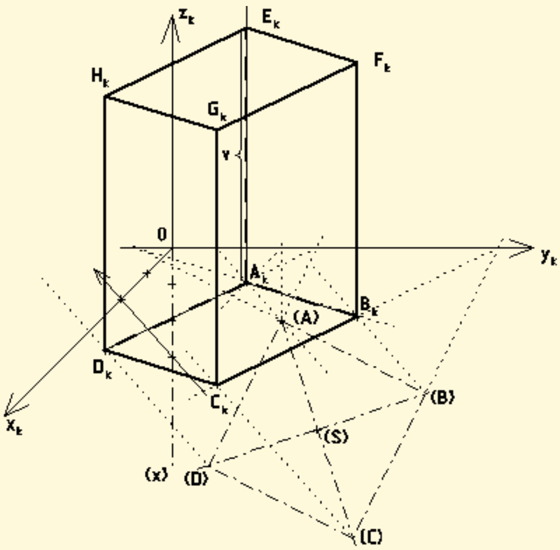
*Kosoúhlé promítání do obecné roviny se nazývá kosoúhlá axonometrie.*

Více o kosoúhlém promítání například v ***bakalářské práci***.

My budeme promítací rovinu umisťovat do **bokorysny** $\mu(y,z)$ (roviny určené osami $y$ a $z$).




- $\omega$ označuje úhel průmětů souřadnicových os $x$ , $y$
- zkracuje se osa $x$
- směr zkrácení je současně **směr afinity** mezi kosoúhlými půdorysy a jejich otočenými obrazy, při otočení půdorysny $\pi$ kolem osy $y$ , (která je **osou afinity**) do průmětny $\mu(y,z)$ .




## 4.1. Kružnice v půdorysně

Sestrojte šikmý průmět kružnice ležící v půdorysně $\pi$ , znáte-li její střed $S = [50; 78; 0]$ a jeden její bod $M = [75; 100; 0]$ , jestliže je promítací aparát **K**osoúhlého (šikmého) **P**romítání určen: KP (120°; 4/5):

- sdružené průměry (Rytzova konstrukce)
- průměty os elipsy

## 4.2. Průnik přímky s tělesem

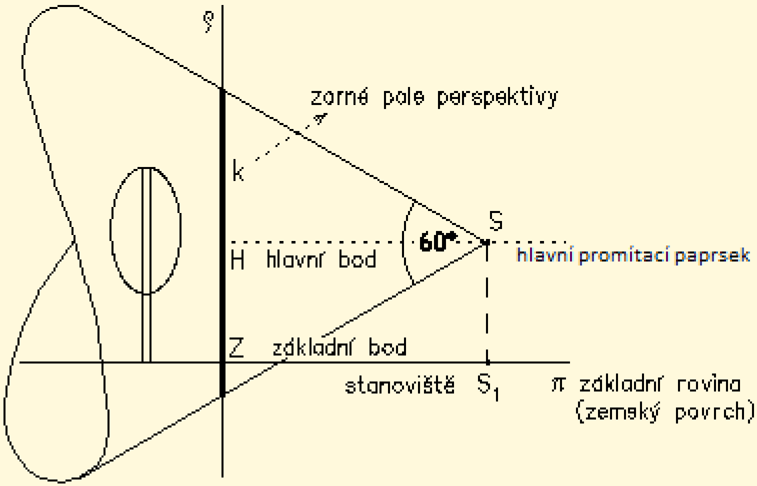
Sestrojte průnik přímky $q(P = [-10; 110; 0]$, $Q = [70; 30; 50])$ s pravidelným čtyřbokým jehlanem s podstavou v půdorysně $\pi$ a výškou $v = 100$, jestliže je promítací aparát **K**osoúhlého (šikmého) **P**romítání určen: KP (135°; 3/4).

## 4.3. Řezy těles

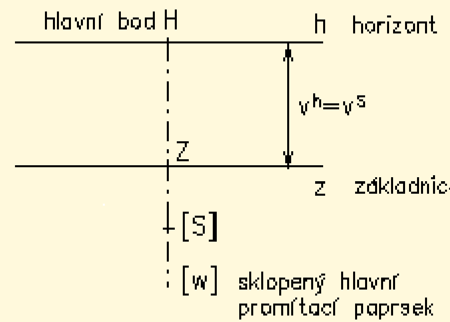
# 5. Lineární perspektiva

**Citace WikipediE:** ***Lineární perspektiva*** je středové promítání, které se snaží napodobit lidské oko. Cílem je zobrazit názorný obraz předmětu daného sdruženými pravoúhlými průměty tak, aby byl podobný obrazu předmětu vnímaného okem. Proto je třeba zavést na středové promítání omezující podmínky. V technické praxi se využívá především k zobrazování objektů větších rozměrů. Perspektivními obrazy jsou například fotografie.


Slovo perspektiva vzniklo z latinského slova PERSPICERE, což znamená „prohlížeti skrz něco“. Perspektiva zobrazuje prostor tak, jak ho vidíme lidským okem. Perspektivou můžeme také rozumět zobrazení trojrozměrného objektu skrz čočku objektivu do roviny filmu v případě fotografování. Při tomto způsobu zobrazení se každá přímka v prostoru (s výjimkou té co směřuje do oka pozorovatele, či čočky fotoaparátu) promítá jako přímka, proto název LINEÁRNÍ PERSPEKTIVA.

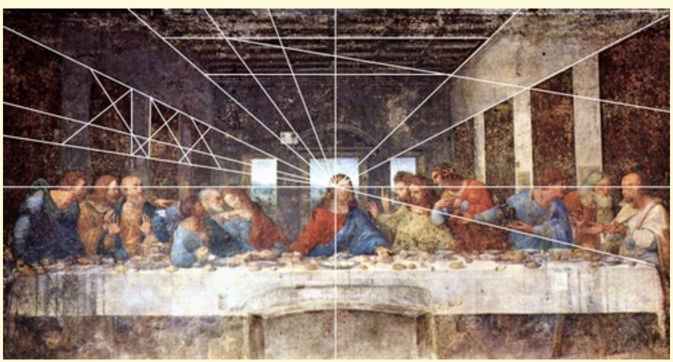



## Promítací aparát

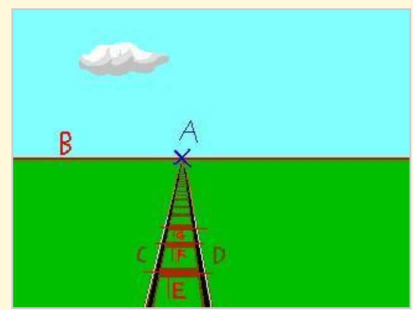



**LP ( h, z, H, d )**

d = |H[S]|



Leonardo da Vinci: Poslední večeře / zdroj: WikipediE




Bod A je úběžníkem linií C a D.
Přímka B je horizont. Pražce F a G
jsou si opticky blíže, než E a F.

## 5.1. Úlohy v základní rovině

### 5.1.1. Úběžníky

**Úběžník** je průmět nevlastního bodu (směru) přímky.

CD 7. 8. (př. 7. 9. / obr. 7. 45.) **třetin**ový úběžník;

Bodem $A$ prochází přímka $a$ rovnoběžně s daným směrem. Bod i přímka leží v základní rovině.

CD 7. 8. (příklad následující za př. 7. 9.) rovnoběžka k přímce $a$ procházející bodem $B$ při **poloviční distanci** (bod i přímka leží v základní rovině).

CD 7. 6. (př. 7. 2. / obr. 7. 30.) vynášení výšek (na **svislé** přímce).

CD 7. 6. (př. 7. 4. / obr. 7. 33.) — **hloubkové** a **průčelné** přímky;

Obdélník $ABCD$ v základní rovině, perspektivní průmětna je rovnoběžná se stranou $AB$ .

CD 7. 6. (cvičení následující za př. 7. 4.) hranol stojící na základní rovině.

### 5.1.2. Měřící body

**Měřící bod** je úběžník směru, kterým se úsečka $AB$ promítá do stejně dlouhé úsečky $A'B'$ na základ–nici $z$

CD 7. 7. (př. 7. 5. / obr. 7. 36.) použití měřícího bodu

CD 7. 7. (př. 7. 7. / obr. 7. 41.) trojúhelník $ABC$ v základní rovině; strana $AB$ leží na hloubkové přímce, strana $AC$ leží na průčelné přímce.

PDF trojúhelník v základní rovině

CD 7. 7. (cvičení následující za př. 7. 8.) půdorys čtvercové sítě v základní rovině (viz náčrtek).

CD 7. 8. (cvičení následující za př. 7. 14.) půdorys dvou čtverců v základní rovině (viz náčrtek).

## 5.1.3. Sklopený půdorys

- CD 7. 9. (př. 7. 15. / obr. 7. 53.a) přímka $a$ ležící v základní rovině je dána svým stopníkem $N^a$ a úběžníkem $U^a$. Bodem $A$, který také leží v základní rovině, veďte kolmici $c$ k přímce $a$.
- CD 7. 9. (př. 7. 15. / obr. 7. 53.b) – totéž v poloviční distanci.
- CD 7. 9. (př. 7. 16. / obr. 7. 54) přímka $b$ ležící v základní rovině je dána svým stopníkem $N^b$ a úběžníkem $U^b$ (viz náčrtek). Bodem $A$, který také leží v základní rovině, veďte přímku $m$, která s přímkou $b$ svírá úhel $30°$.
- CD 7. 11. (obr. 7. 64.) v základní rovině je dána přímka $a$ a bod $A \in a$ (viz náčrtek). Sestrojte jejich sklopené obrazy.
- CD 7. 11. (obr. 7. 66.) sklopený půdorys hloubkové přímky; jsou dány body $A$ a $[B]$ (viz náčrtek).
- CD 7. 11. (př. 7. 20. / obr. 7. 67) je dán sklopený půdorys objektu (viz náčrtek). Sestrojte odpovídající perspektivní půdorys.
- CD 7. 11. (př. 7. 21. / obr. 7. 68) je dán perspektivní průmět $AB$ strany čtverce v základní rovině (viz náčrtek). Sestrojte perspektivní průmět tohoto čtverce.

### 5.1.4. Přehled základních konstrukcí

## 5.2. krychle

CD 7. 9. (př. 7. 18. / obr. 7. 56.) zobrazte krychli $ABCDEFGI$ se stěnou $ABCD$ v základní rovině, je-li dána její hrana $AB$ (viz náčrtek).

## 5.3. jehlan

PDF pravidelný trojboký jehlan s podstavou v základní rovině

PDF pravidelný čtyřboký jehlan s podstavou v rovině $\alpha$ kolmé k (*půdorysně*) základní rovině

## 5.4. schody

CD 7. 9. (př. 7. 17. / obr. 7. 55.) sestrojte perspektivu schodiště zadaného náčrtkem.

Vhodné souřadnice: $d/2 = 72$ , $v^h = 33$ , $U^a = [78; -33]$ , $N^a = [12; 0]$ , $A = [-4; 8]$ ,

kde: počátek kartézské soustavy souřadnic je **základní bod** $Z$ a kladný směr osy $y$ směřuje dolů.

## 5.5. Kružnice

### 5.5.1. Kružnice v základní rovině

CD 7. 12. (př. 7. 23. / obr. 7. 70.) Je dána perspektiva středu $O$ kružnice $k$ , která má poloměr $r = 27$ a leží v základní rovině.

Vhodné souřadnice: $d/2 = 70$, $v^h = 56$, $O = [-42; -15]$

### 5.5.2. Kružnice ve svislé rovině

CD 7. 12. (př. 7. 24. / obr. 7. 71.) je dáno pravoúhlé nároží.
Ve svislé rovině (stěně) sestrojte perspektivu kružnice $k(O; r = 27)$.

Vhodné souřadnice: $d/2 = 70$, $v^h = 56$, $O = [-46; -48]$, $N^a = [-74; 0]$, $U^a = [20; -56]$.

Stejný příklad ve formátu PDF.

## 5.6. Další objekty

- Válec s jednou podstavou v základní rovině (CD – konec kapitoly 7. 12.) má střed spodní podstavy v bodě $Q$.

  Vhodné souřadnice: $d/2 = 75$, $v^h = 35$, $v = 50$, $Q = [-17; -10]$, $r = 40$.

- Šestiboký hranol s otvorem

PDF brána s půlobloukem.

## 5.7. Průsečná metoda

# 6. Rotační tělesa



**Citace WikipediE:** ***Rotační těleso*** … vznikne rotací rovinného útvaru kolem přímky, která se označuje jako osa rotace, přičemž tato osa rotace leží ve stejné rovině jako daný geometrický útvar.

## 6.1.

# 7. Šroubovice



**Citace WikipediE:** ***Šroubovice*** je trojrozměrná křivka, která má tu vlastnost, že tečny ve všech jejích bodech mají stejný úhel vzhledem k pevně dané přímce nazývané osa šroubovice. Odpovídá pohybu bodu, který se zároveň pohybuje rovnoměrně podél oné osy a zároveň ji rovnoměrně obíhá po kružnici. Úsek odpovídající jednomu oběhu kolem kružnice se přitom nazývá ***závit*** a vzdálenost jeho koncových bodů se nazývá ***výška závitu***.

## 7.1.

# 8. Konoidy



**Citace WikipediE:** ***Konoid*** je přímková plocha, která je určena dvěma řídícími křivkami a rovinou. Plocha je tvořena přímkami, které protínají obě řídící křivky a jsou rovnoběžné s řídící rovinou.

Příkladem konoidu je spirálové schodiště. Řídící křivky jsou šroubovice a její osa. Řídící rovina je kolmá k této ose.

## 8.1.