## KAPITOLA I.

# Některé pojmy základní a úmluvy.

1. *Deskriptivní geometrie jest věda, která na základě konstrukce a pomocí rysův určuje útvary prostorové dle tvaru, velikosti a polohy jinými útvary prostorovými, vzájemné vztahy jejich zkoumá a úlohy k nim se vztahující řeší.*

Útvary, které se určují, nazýváme *útvary původními* čili *originály*, útvary, jimiž se určování to děje, nazýváme útvary odvozenými čili jejich *obrazy* v širším smyslu. Takový obraz odvozujeme tím způsobem, že prvkům útvaru původního přiřaďujeme dle určitého zákona mathematického prvky útvaru jiného, který volíme za útvar základní čili obrazný.

Je-li útvar obrazný plochou, a zvláště, jak bývá pravidlem, je-li rovinou, pak nazýváme jej *průmětnou* a obraz řečeným způsobem odvozený *průmětem* čili *projekcí* útvaru původního, kdežto výkon, jímž se odvozování průmětu děje, nazýváme *promítáním* Způsob odvozování průmětu sluje *methodou promítání.*

Avšak i v případě obecném vyjadřujeme vzájemné vztahy originálu a obrazu vždy prostřednictvím průmětů; promítáme totiž originál i obraz a ze souvislosti průmětů soudíme o jejich souvislosti.

Abychom pojmy o útvarech, jež jsme si prostřednictvím průmětů zjednali, zachovali trvale, používáme přesných modelů průměten zhotovených z těles fysických, na jejichž povrchu pak vyjadřujeme průměty s možnou a přípustnou věrností a přesností graficky pomocí rysů. Takové věrné spodobení průmětu nazýváme *grafickým obrazem* originálu čili krátce obrazem jeho v užším slova smyslu, a povrch tělesa fysického, pokud vyjadřuje průmětnu, nazýváme *nákresnou.*

Omezíme se zde, jak se dosud vůbec činí, na průměty rovinné a tedy na rysy, provedené na rovné nákresně.

**2.** Postup při provádění úkolů deskriptivní geometrií kladených můžeme vytknouti takto:

1. Zjednáme si údaje, které útvar prostorový a způsob odvozování určují, t. j. definici originálu a odvozování (methody promítání).

2. Sestrojíme průmět, dle potřeby i několik průmětů útvaru původního, a není-li průmětna útvarem základním, též útvaru odvozeného.

3. Vyjádříme průměty graficky.

Pojímáme-li deskriptivní geometrii ve vytčené všeobecnosti, jest vědou čistě geometrickou, beroucí se za stejným cílem jako každé geometrické badání vůbec. Od jiných druhů geometrie liší se toliko prostředky, jimiž cíle svého hledí dosíci, a jest omezena působností těch prostředků.

**3.** Deskriptivní geometrie vznikla z praktických potřeb technikových a jest zároveň mathematickou vědou užitou, sloužíc různým oborům věd technických a umění. V této příčině zabývá se

1. grafickým vyjadřováním předmětů skutečných čili hotovením *plánů*, z nichž tvar i rozměry předmětu jak v celku tak i v jednotlivostech způsobem snadným poznati lze;

2. sděláváním *návrhů* čili *projektů* předmětů myšlených, dle nichž by se provésti mohly.

K snadnějšímu vystižení předmětů buď pomocí grafických obrazův aneb pomocí modelů vyjadřujících útvary odvozené vyžaduje hlavně umění při těchto obrazích a modelech, aby působily dojmem pokud možno souhlasným s oním, jejž vzbuzují originály samy, jsou-li též fysickými tělesy aneb jejž by mohly vzbuditi, kdyby se pomocí těles fysických uskutečnily. Úkolem prvým zanáší se *perspektiva* v užším slova smyslu, úkolem druhým tak zvaná *perspektiva reliefní.* Poněvadž zjev tělesa fysického a tedy také dojem jeho podmíněn jest jeho osvětlením, jest *sestrojování stínu* a theorie *osvětlení ploch* též částí deskriptivní geometrie. Že však dojmy podmíněny jsou nejen zákony geometrickými, nýbrž i jistými zákony optickými a fysiologickými, dochází tím deskriptivní geometrie dalšího rozšíření svého rozsahu, tvoříc takto vědecký podklad umění výtvarného vůbec.

4. Z uvedených základů seznáváme, že hlavními a nejdůležitějšími methodami zobrazovacími jsou ty, které jsou odvozeny abstrakcí z průběhu vidění; methody ty se nazývají *elementárními methodami zobrazovacími*; jsou to: promítání centrální, klinogonální a orthogonální, jakož i prostorová homologie čili reliefní perspektiva v širším slova smyslu.

Předpokládáme-li pevnou rovinu za průmětnu, vznikne *průmět centrální* čili *středový* do této roviny, když daným bodem pevným, mimo rovinu ležícím, myslíme si pomocné přímky, procházející body útvaru původního a určíme jejich body průsečné s průmětnou; průmět *klinogonální* čili *šikmý*, též *kosoúhlý* vzniká, když pomocné přímky jsou stejnosměrné a v libovolném úhlu k průmětně nakloněny; jsou-li však k průmětně normální, vzniká promítání *orthogonální* čili *pravoúhlé*. Promítání klinogonální a orthogonální shrnujeme též společným názvem *promítání parallelního*. Pomocné přímky nazýváme *přímkami promítajícími*, pevný bod při promítání centrálním *středem promítání* a stálý směr při promítání parallelním *směrem promítání*.

Průmět přímky $p$ obdržíme jakožto souhrn průmětů jejích bodů. Veškeré promítající přímky těch bodů tvoří rovinu, kterou nazýváme *rovinou promítající přímky* $p$. Průmět přímky $p$ obdržíme tedy též jako průsek její roviny promítající s průmětnou. Je-li však přímka $p$ sama přímkou promítající, pak lze každou rovinu jí položenou považovati za její rovinu promítající, tak že průmětem jejím jest každá přímka v průmětně procházející bodem, v němž přímka $p$ průmětnu seče, kdežto bod ten jest průmětem veškerých bodů na $p$.

Promítání centrální, klinogonální a orthogonální jmenujeme pak důsledně *elementárními methodami promítání*.

Při prostorové homologii přiřaďujeme k bodům originálu body v prostoru též pomocí přímek z pevného středu $S$ vycházejících aneb přímek stálého směru tak, aby ku každé přímce útvaru původního přiřaděna byla opět přímka v útvaru odvozeném a naopak. Je-li dán pevný střed $S$, pak se odvozování obrazu děje pomocí dvou rovin R, U rovnoběžných, bodu $S$ neobsahujících; k libovolné přímce $p$ příslušná přímka $p^+$ prochází bodem, v níž $p$ seče rovinu R, a bodem, v němž přímka $p_\sigma$ bodem $S$ vedená a ku $p$ rovnoběžná seče rovinu U; k libovolnému bodu $A$ najdeme příslušný bod $A^+$, když vedeme bodem $A$ libovolnou přímku $p$ a odvodíme příslušnou jí přímku $p^+$. Přímka, která spojuje bod $S$ s bodem $A$, seče $p^+$ v bodě $A^+$.

Je-li však dán pevný směr, děje se odvozování pomocí pevné roviny R tak, že vedeme bodem $A$ přímku toho směru; seče-li R v bodě $A_\rho$, ustanovíme na přímce té bod $A^+$ tak, aby poměr $\frac{A_\varrho A}{A_\varrho A^+}$ měl stálou hodnotu.

V prvém případě nazýváme *homologii středovou* čili *centrální*, v druhém případě *parallelní*. Způsob odvozování obrazu z originálu různí se zde v obou případech. Abychom měli pro oba případy jednotné odvození, mysleme si roviny R, A, A$^+$ k sobě rovnoběžné aneb v téže přímce se protínající a nazveme přímky, které v prvém případě procházejí středem $S$, v druhém případě mají stálý daný směr, *paprsky homologie.*

K libovolné přímce $p$ sestrojíme pak odvozenou $p^+$ tím, že vedeme bodem $A\pi$, v němž $p$ rovinu A seče, paprsek homologie a protneme jej rovinou A$^+$ v bodě $A^+_\pi$; přímka $p^+$ spojuje bod, v kterémž $p$ rovinu R protíná s bodem $A^+_\pi$. K danému bodu $L$ sestrojíme příslušný $L^+$, když vedeme jím libovolnou přímku $l$ a sestrojíme k ní přímku příslušnou $l^+$, pak jest $L^+$ bodem, v němž paprsek homologie seče přímku $l^+$.

V jednom i druhém případě přísluší každému bodu, každé přímce nebo rovině útvaru původního jeden bod, jedna přímka nebo rovina útvaru odvozeného a naopak. *Korrespondenci* čili *souvztažnost* takovou nazýváme *jednoznačnou* čili *dokonalou.*

Příslušné konstrukce provádíme však i zde prostřednictvím průmětů výše uvedených: centrálního nebo parallelního.

V každém případě však jest nutno, aby nejen útvar odvozený dokonale určen byl z daného originálu, ale také naopak originál z útvaru odvozeného. Když tedy jediný průmět nemůže útvar původní určiti úplně, užívá se průmětů dalších; pravidlem děje se tak spojením dvou průmětů v téže průmětně aneb v různých průmětnách, z daného originálu odvozených.

**5.** K elementárním methodám promítání a k řešení úloh o útvarech prostorových pomocí takových průmětů jsme však též vedeni tenkráte, když se pokoušíme o to, abychom konstrukce, které se vztahují k útvarům prostoru, majícím tři hlavní rozměry na průmětech nezávisle, prakticky provedli tím, že je redukujeme na nejjednodušší, elementární operace konstruktivní, které nazýváme *konstruktivními postuláty.*

Euklid vytkl pro rovinu tři takové postuláty: 1. že jest možno každý bod s každým jiným bodem spojiti přímkou, 2. že jest možno omezené části přímek libovolně prodloužiti a 3. že jest možno kolem každého bodu jakožto středu opsati kružnice každého poloměru.

Pro prostor předpokládá, že jest možno třemi body v obecné poloze v prostoru ležícími položiti rovinu a v ní pak provésti konstrukce geometrie rovinné, kterýžto předpoklad nazývá se *postulátem stereometrickým.*

Realisování myšlených konstrukcí prostorových na základě těchto postulátů nesouvisí ovšem nikterak s postupem vidění. Tyto postuláty je však snadno upraviti a redukovati tak, že veškeré operace geometrie Euklidovy lze omeziti na jednu nebo dvě roviny pevné, čímž jsme přímo vedeni k elementárním methodám promítání. To nás pak vede ku poznání, že methody tyto jsou ze všech též nejpřirozenější.

Abychom se o řečených věcech přesvědčili, hleďme provésti vytčenou redukci, a to zde jen pro případ, že se omezíme na jedinou rovinu pevnou, kterou volíme jakožto *rovinu konstrukční.* Pak lze Euklidovy postuláty konstruktivní pro prostor omeziti těmito jednoduchými požadavky.

1. *Budiž v prostoru možno spojovati body spolu přímkami, přímky ty libovolně prodloužiti a úsečky na nich ležící libovolně přenášeti.*

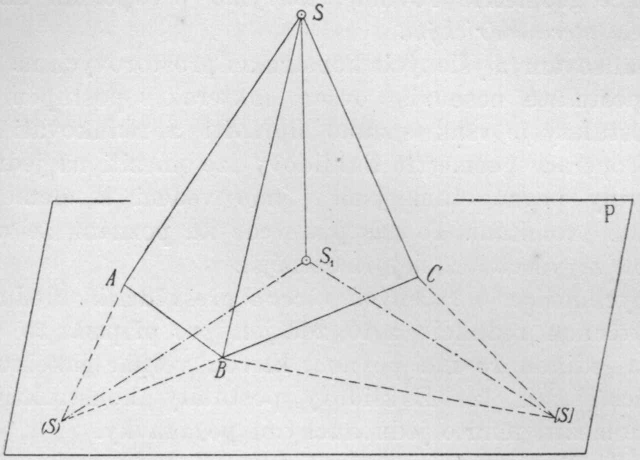
2. *Budiž možno konstruktivním postulátům rovinným v jediné pevné rovině konstrukční vyhověti.*

Základní konstrukce, pomocí jejíž se konstrukce prostorové převádějí na vytčené postuláty, jest sestrojení paty $S_1$ kolmice z libovolného bodu $S$ na rovinu konstrukční P spuštěné.

Především stačí postuláty uvedené ku provedení této konstrukce, jak patrno z toho co následuje. (Obr. 1.)

Abychom totiž $S_1$ sestrojili, můžeme zvoliti v P libovolné tři body $A$, $B$, $C$ a spojiti je přímkami s $S$. Úsečky $AS$, $BS$, $CS$ myslíme si přeneseny do P a opíšeme v rovině P kolem bodů $A$, $B$, $C$ kružnice, mající za poloměry příslušné délky $\overline{AS}$, $\overline{BS}$, $\overline{CS}$. Budiž $(S)$ jeden z průsečíků prvních dvou kružnic těchto a $[S]$ jeden z průsečíků kružnice druhé a třetí. Dále spusťme v rovině P kolmici z $(S)$ na $AB$ a z $[S]$ na $[BC]$, pak jest hledaný bod $S_1$ průsečíkem obou kolmic.

Neboť trojúhelník $AB(S)$ můžeme obdržeti, otočíme-li trojúhelník $ABS$ kolem přímky $AB$ přiměřeně tak, že zapadne do roviny P, rovněž tak můžeme trojúhelník $BC[S]$ obdržeti otočením trojúhelníku $BCS$ kolem $BC$. Při prvním otočení pohybuje se bod $S$ v rovině $SS_1(S)$, jejíž průsečnice $(S)S_1$ s P jest normální k $AB$; při otočení druhém $S$ pohybuje se v rovině $SS_1[S]$, jejíž průsečnice $[S]S_1$ s P jest normální k $BC$. Tím jest správnost naší konstrukce zřejmá.



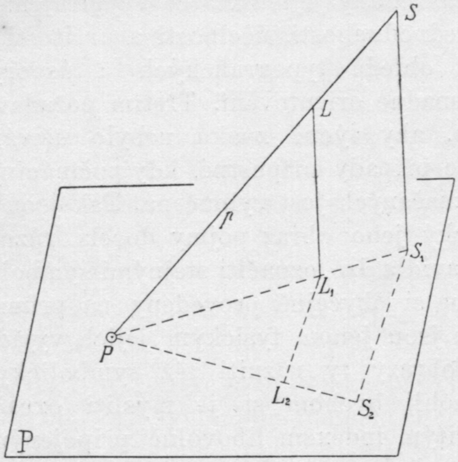

Obr. 1.

Při žádané redukci konstruktivních postulátů bude se zajisté zhusta vyskytovati úloha, žádající průsečík $P$ dané přímky $p$ mimo P ležící s touto rovinou konstrukční, kterou dlužno opět provésti s omezením na řečené postuláty (obr. 2.). To se stane tím, že zvolíme na přímce $p$ libovolné dva body $S$ a $L$, vyhledáme paty $S_1$, $L_1$ kolmic s bodů těch na P spuštěných dle konstrukce předcházející a pak v rovině P vztyčíme třeba ku přímce $S_1L_1$ kolmice v $S_1$ a $L_1$, na něž přeneseme úsečky $\overline{SS_1}$, $\overline{LL_1}$ do $S_1S_2$, $L_1L_2$ a to v stejném smyslu, leží-li body $S$, $L$ na téže straně roviny P, jinak v opačných smyslech. Konečně spojíme body $S_2$, $L_2$. Spojnice seče přímku $S_1L_1$ patrně v bodě hledaném $P$.

O správnosti této konstrukce přesvědčíme se opět, myslíme-li si rovinu $SLL_1S_1$ otočenu kolem $L_1S_1$ až zapadne do roviny P.

Konstrukci tuto bude nutno při přenášení konstrukcí do roviny P zajisté často prováděti; ale poněvadž jest sama o sobě dosti složitá, bude snahou naší konstrukce žádané tak uspořádati, abychom ji mohli omeziti na určité případy zvláštní.

I pokusíme se nejprvé o to, vystačíme-li s tím omezením, že konstrukce použijeme pouze pro přímky, procházející pevným bodem $S$ mimo P ležícím. Neboť když pro bod $S$ jednou pro vždy stanovíme patu $S_1$, postačí, když pro každou přímku $p$ bodem tím vedenou stanovíme jen pro jediný od $S_1$ různý bod $L$ příslušnou patu, abychom obdrželi průsečík $P$ přímky $p$ s rovinou P. Tím však jsme ihned vedeni ku pojmu elementárních projekcí, v našem případě především ku průmětu centrálnímu. Naopak konstrukce na této methodě promítání založené jsou toho druhu, že z nich možnost a správnost svrchu vytčené redukce ihned plyne.




Obr. 2.

**6.** Deskriptivní geometrie předpokládá pouze znalost elementární planimetrie a stereometrie. Proto se obírá též vyvozováním všech pojmův a pouček, které v nich nejsou obsaženy a jichž jest potřebí k vyšetření konstrukcí a k řešení úloh v ní se vyskytujících, čímž právě se stává vědou samostatnou, rozvoje schopnou. Vyvozování to provádí deskriptivní geometrie hlavně na základě method promítání a cestou po výtce geometrickou, zkoumajíc v prvé řadě ty vlastnosti útvarů geometrických, které se neruší promítáním. Vlastnosti takové nazýváme *promětnými* čili *projektivními.* Zkoumáním takových vlastností deskriptivní geometrie tvoří též základ *geometrie polohy*, která jest jejím rozšířením v tom směru, že přiřaďujeme jeden útvar prostorový ke druhému bezprostředně, aniž jsme je dříve vyjadřovali průměty rovinnými, ba ani k možnosti takového vyjadřování vůbec zření nemajíce.

Deskriptivní geometrie zabývá se též vyjadřováním a určováním metrických vlastností, přináležejících útvarům prostorovým, tak že analytické relace míry předem nevylučuje, ačkoli lze relacím těm dáti výraz ryze geometrický, protože geometrie polohy pojímá v sobě geometrii míry jako část. Užívání analytických relací omezuje se tu však jen na relace jednoduché a na případy, v nichž to jest přiměřeno povaze úlohy, která se řeší. Jinak užívá se těch relací jen mimochodem.

7. Pokud se týče znaků, jimiž útvary prostorové označujeme aneb jimiž různé vztahy jejich krátce vyjadřujeme, klademe na ně požadavek jednoduchosti, účelnosti a určitosti. První z nich jest žádoucí z ohledů typografických a úspory, druhý pro přehlednost a snadné orientování. Třetím požadavkem se může zabrániti tomu, aby týchž znaků nebylo užíváno pro různé pojmy, vyjímaje případy přípustné, kdy počínáním takovým záměna pojmů označených jest vyloučena. Tak jsou na př. průmět útvaru a grafický jeho obraz pojmy docela různé, které však bez závady zpravidla lze označiti stejnými symboly; vždyť konstrukce myslíme si obyčejně provedeny na průmětech, kdežto obrazy grafické jsou jenom fysickým jejich vyjádřením. Kdybychom chtěli obrazy ty různiti též symbolicky od průmětů příslušných, mohli bychom si je mysliti označeny symboly průmětů s určitým indexem libovolně připojeným, a poněvadž by pak každý symbol obrazu byl opatřen takovým indexem, nemusili bychom jej pokaždé zvlášť připisovati, nýbrž mohli bychom jej jednou pro vždy vyznačiti nápadně na některém místě obrazu a vztahovati jej ke všem ostatním znakům.

Abychom shora vytčeným požadavkům pohodlným způsobem učinili zadost, ponecháváme si jakousi volnost v označování od případu k případu, při čemž sluší podotknouti, že pohodlnost v označování a ve čtení znaků řídí se hlavně též zvykem.

Zde uvedeme jen takové znaky, jichž se v knize této zhusta užívá, a to pro orientaci hlavně těm, již jsou zvyklí jinému označování.

Budeme obyčejně označovati:
*body* velkými literami latinskými $A$, $B$, . . . ,
*přímky* malými literami latinskými $a$, $b$, . . . ,

*roviny* a *plochy* velkými literami písma, zvaného antikva A, B, . . ,

*úhly* malými literami řeckými $\alpha$, $\beta$ . . . , pravý úhel jakožto jednotku míry úhlové literou $\varrho$,

*délky*, nemůže-li tím vzniknouti žádný omyl, malými písmeny latinskými jako přímky; leží-li na přímce určitá úsečka hlavní, značíme s touž výhradou délku její týmž písmenem jako přímku.

Útvar, který jest určen útvary jinými, označujeme též tak, že znaky jejich napíšeme jednoduše vedle sebe. Zvláště pak značíme spojení několika prvků útvarem jimi určeným pouhým seřazením písmen je označujících a prvky průsečné tím, že mezi symboly je určující klademe tečky. Čteme tudíž symboly:

$p = AB$: přímka $p$ jest spojnicí bodů $A$, $B$,

$\mathrm{R} = ABC = Ab$: rovina R spojuje body $A$, $B$, $C$ aneb bod $A$ s přímkou $b$,

$\mathrm{S} = ab$: rovina S jest spojnicí přímek $a$, $b$,

$B = p \,.\, q = r \,.\, \mathrm{A} = \mathrm{L} \,.\, \mathrm{M} \,.\, \mathrm{N}$: bod $B$ jest průsečíkem přímek $p$, $q$, dále průsečíkem přímky $r$ s rovinou A a konečně průsečíkem rovin L, M, N,

$p = \mathrm{A} \,.\, \mathrm{B}$: přímka $p$ jest přímkou průsečnou rovin A, B.

Podle toho značí $AB \,.\, CD$ bod průsečný dvou přímek se protínajících, z nichž prvá spojuje body $A$, $B$, druhá body $C$, $D$.

Shrnujeme-li útvary, které mají nějaké prvky společné, pak je označujeme též tak, že k symbolům společných prvků připojíme do závorky symboly ostatních prvkův určujících. Tak značí $S\,(a,\ b,\ c)$ tři roviny, které spojují přímky $a$, $b$, $c$ s bodem $S$, kdežto $S\,(abc)$ značí trojstěn, mající vrchol $S$, jehož stěny obsahují přímky $a$, $b$, $c$, libovolně v prostoru položené.

Při promítání orthogonálním na dvě průmětny k sobě kolmé značíme zvlášť

průmětny tyto $\mathrm{P_I}$, $\mathrm{P_{II}}$, průsečnou čili společnou osu jejich $x$;

dále $A'$ průmět bodu $A$ do $\mathrm{P_I}$ a $A''$ do $\mathrm{P_{II}}$;

obdobně značíme $p'$, $p''$ průměty přímky $p$;

$Q_\mathrm{I}$, $Q_\mathrm{II}$ body stopní přímky $q$;

$r_\mathrm{I}$, $r_\mathrm{II}$ přímky stopní roviny R, $s_\mathrm{II}$, $s_\mathrm{III}$ přímky stopní roviny $\mathrm{S}_1$, obdobné $u_\mathrm{I}$, $u_\mathrm{II}$ křivky stopní plochy U.

Pro kolmou vzdálenost užíváme znaku $\dashv$; značí tedy $B \dashv p$ vzdálenost bodu $B$ od přímky $p$, $B \dashv \mathrm{R}$ vzdálenost bodu $B$ od roviny R.

Dva body $A$, $B$ na přímce určují úsečku; $\overline{AB}$ značí její délku, tak že zde ani ke smyslu úsečky ani ku poloze přímky, na níž úsečka leží, nepřihlížíme, kdežto $AB$ značí jak délku úsečky, tak i polohu přímky, na níž úsečka ta leží, jakož i směr na ní vytčený od $A$ k $B$; úsečku takto v prostoru stanovenou nazýváme vektorem. $AB = CD$ znamená rovnost vektorů $AB$, $CD$, t. j. že přímky $AB$, $CD$ jsou rovnoběžny a úsečky $AB$, $CD$ že mají stejnou délku a stejný smysl; konečně znakem $|AB|$ vyjadřujeme vektor bez ohledu na smysl. Uvedených rozdílů užíváme jmenovitě tenkráte, kde toho pro uvarování omylu potřebí.

8. Grafické obrazy bodů nazýváme obyčejně *tečkami*, grafické obrazy přímek a křivek *čarami*. Chceme-li obraz takový učiniti názorným, pokud to způsob zobrazování vůbec dovoluje, představujeme si, že by útvar, o jehož vyjádření se v prvé řadě jedná, jakož i příslušné průměty byly realisovány útvary hmotnými; dále abstrahujeme proces vidění, předpokládajíce tak zvané oko promítající tak, aby paprsky zorné se stotožňovaly s přímkami promítajícími. Při promítání centrálním paprsky zorné směřují od středu promítání k průmětně. Při promítání paralelním probíhají ve směru přímek promítajících, a to v určitém smyslu, který se od případu ku případu stanoví. Při promítání orthogonálním na dvě roviny k sobě kolmé $P_{I}$, $P_{II}$ dbáme toho, že osa $x$ každou z nich dělí na dvě části $+P_{I}$, $-P_{I}$ a $+P_{II}$, $-P_{II}$, z nichž prvou považujeme za kladnou, druhou za zápornou. Tu obyčejně se předpokládá, že působí paprsky zorné ve smyslu kolmic, které vycházejí z libovolného bodu ležícího v části prostoru, omezené polorovinami $+P_{I}$, $+P_{II}$, a směřují k rovinám $P_{I}$, $P_{II}$. Ale někdy volí se pro paprsky zorné smysl opačný, buď vzhledem k průmětně $P_{I}$ nebo vzhledem k $P_{II}$ aneb konečně vzhledem k oběma. Kdybychom prvotní volbu nazvali vzhledem ku $P_{I}$ pohledem shora, vzhledem ku $P_{II}$ pohledem zpředu, pak bychom volbu druhou nazvali vzhledem ku $P_{I}$ pohledem zdola, vzhledem ku $P_{II}$ pohledem ze zadu.

Pro úplnější názor vyjadřujeme někdy buď v částech nebo v celku pohledy oba.

Myslíme-li si libovolný paprsek zorný protať útvarem prostorovým, o jehož vyjádření se jedná, a zároveň některou průmětnou a sledujeme-li na paprsku tom body průsečné od průmětny té ve smyslu opačném onomu, který paprsku zornému přináleží, tu poslední z nich jest vzhledem k vytčené průmětně viditelný, kdežto ostatní jsou zakryty. Při promítání na dvě průmětny k sobě kolmé $P_I$, $P_{II}$ obyčejně mimo to ještě předpokládáme, že všecky útvary, které se nenaskýtají v části prostoru omezené polorovinami $+P_I$, $+P_{II}$, jsou taktéž neviditelné.

Při rýsování čar přihlížíme k tomu, jsou-li to *čáry hlavní* či *čáry pomocné*; oněmi vyjadřují se graficky útvary dané aneb žádané, všechny ostatní čáry jsou čarami pomocnými. Čáry hlavní vytahujeme plynně, pokud vyjadřují útvary viditelné, tečkovaně, pokud vyjadřují útvary zakryté. Čáry pomocné vytahujeme buď čárkovaně aneb klade-li se na ně důraz, smíšeně malými čárkami a tečkami. Někdy vytahujeme čáry pomocné barvou; ale pak se to děje veskrz plynně. Tečky, které vyjadřují body, na něž chceme zvláště upozorniti, učiníme nápadnými tím, že kolem nich opíšeme malé kroužky.