

1. ÚVOD

1.1. VÝZNAM DESKRIPTIVNÍ GEOMETRIE

Deskriptivní geometrie se již tradičně pokládá za jeden z nejdůležitějších teoretických předmětů, s nimiž se studující techniky setkává na začátku svého studia na vysoké škole. Žádný technický obor se neobejde bez základních znalostí nejběžnějších metod deskriptivní geometrie a nejjednodušších vlastností technicky významných křivek a ploch.

Některé obory, zejména stavební a strojní inženýrství, ale i jiné speciální obory, které mají obdobné zaměření, vyžadují zvláště rozsáhlé a u konstrukčních směrů často značně hluboké znalosti deskriptivní geometrie.

Je jistě namístě seznámit se alespoň v hrubých rysech s úkoly deskriptivní geometrie při studiu strojního inženýrství, s jejím postavením mezi ostatními základními teoretickými předměty a ujasnit si její vztah k praktickým disciplínám tohoto oboru. V podstatě stejné úkoly, a tedy i obdobné postavení jako na strojních fakultách, má deskriptivní geometrie také na elektrotechnických, hornických a hutnických fakultách. Poměrně široká matematizace mnoha disciplín elektrotechnických fakult vede ovšem k jistému přesunu významu některých partií deskriptivní geometrie na těchto fakultách.

Všimneme-li si tvarů strojních součástí, můžeme z nich snadno abstrahovat často jednoduché, mnohdy však i složitější geometrické útvary, jako křivky, tělesa a plochy. Je zřejmé, že teoretické studium těchto křivek a ploch, vyšetřování jejich vlastností, může umožnit lepší pochopení funkce celé součástky a přispět k jejímu zdokonalení. Už tím jsme vedeni ke studiu *prostorové geometrie*.

Inženýr však také strojní součásti navrhuje. Může tak učinit rozmanitým způsobem. Buď prostě sestaví jejich prototyp nebo model; ale daleko častěji, vycházející z požadovaných vlastností, je předem vypočte, navrhne a zakreslí. A právě deskriptivní geometrie podává metody, jak zobrazovat prostorové geometrické útvary, a tedy i strojní součásti. Nedává ovšem jen pouhé předpisy, nýbrž vykládá základní principy zobrazovacích metod, ukazuje jejich

vlastnosti a učí, jak je možno zobrazovat nejen prostorové útvary, nýbrž jak také obráceně lze z obrazu vyčíst všechno potřebné pro prostorové určení tělesa. Přímo aplikací zobrazovacích metod na zobrazení strojních součástí, jež v podstatě můžeme pokládat za složitější geometrické útvary, můžeme z výkresu určit potřebné rozměry pro jejich výrobu, případně najít názorný obraz apod. Deskriptivní geometrie ovšem zachycuje jen jednu, byť velmi obecnou stránku strojních součástí — tvar. *Technické kreslení* v mnohém doplňuje deskriptivní geometrii a všímá si dalších pro technika významných stránek zobrazovaného objektu.

Základní úkol deskriptivní geometrie, totiž vypracovat vhodné zobrazovací metody, jichž by technik mohl prakticky užít, je poměrně nejznámější a vtiskl tradiční ráz celé disciplíně.

Uplatnění metod deskriptivní geometrie v technické praxi je však daleko širší. Stále zřetelněji a naléhavěji vystupuje v aplikacích do popředí vlastní geometrie. Deskriptivní geometrie kromě zobrazovacích metod vždy podávala i geometrické základy teorie křivek a ploch. Při řešení dnešních inženýrských problémů je však třeba čím dál tím více si všímat podrobnějších geometrických vlastností prostorových útvarů a užívat jemnějších a přesnějších metod než dosud. Deskriptivní geometrie na technikách nabývá tak charakteru *konstruktivní geometrie*. Studuje všemi metodami obvyklými v geometrii vlastnosti křivek a ploch, zejména se zřetelem k jejich praktické aplikaci a zobrazuje je.

S výsledky a konstrukcemi takto pojaté deskriptivní geometrie se setkáváme v mnohých teoretických disciplínách, především ovšem v *aplikované matematice*, ale např. také v *technické fyzice* a zvláště v *technické mechanice*, která přímo v mnohých směrech navazuje na problematiku řešenou deskriptivní geometrií — uvedme alespoň rozsáhlou *kinematickou geometrii* v rovině a v prostoru. Bezsporně svými velkými nároky na dobrou prostorovou představivost při řešení prostorových úloh velmi těsně souvisí s deskriptivní geometrií.

Ale také v praktických oborech strojního inženýrství se značnou měrou uplatňují metody i výsledky deskriptivní geometrie. Ponecháme-li stranou zobrazovací metody, jejichž užití je zcela samozřejmé a běžné, nejčastěji vystupují konstrukce křivek a ploch, řezy a průniky těles a rozvinutí jejich pláštů. Nechceme-li již zvláště vyzvedávat speciální deskriptivně geometrické konstrukce, s nimiž se technik setkává téměř v každé praktické disciplíně konstruktivního směru, pak alespoň zdůrazněme, že poměrně mnoho z některých užších partií deskriptivní geometrie je třeba znát ve speciálních strojařských oborech (např. obráběcí stroje a nástroje, čerpadla, turbíny, ozubená kola). A kinematická geometrie, jedno z největších odvětví deskriptivní geometrie, má uplatnění ve všech konstrukčně dopravních oborech; vyšetřuje totiž křivky a plochy, které vznikají při nejrozmanitějších pohybech ať již rovinných, či prostorových útvarů — mechanismů.

Stručný výčet rozsahu uplatnění deskriptivní geometrie ve strojním oboru již sdostatek odůvodňuje, proč vystupuje mezi základními teoretickými předměty, s nimiž se student strojního zaměření musí seznámit. Současně je dostatečně patrné, že úkoly deskriptivní geometrie v podstatě vznikly z potřeb inženýrské praxe. Po vypracování vhodných metod k jejich řešení se výsledky, k nimž dospěla deskriptivní geometrie, většinou bezprostředně uplatňují v praktických strojařských disciplínách, a tím přeneseně i v praxi.

Až dosud jsme věnovali pozornost jen jedné stránce deskriptivní geometrie, kterou můžeme zhruba charakterizovat jako *konstruktivní*. Bylo by však chybné se domnívat, že tím je pro technika úkol deskriptivní geometrie vyčerpán.

Jak už název naznačuje, deskriptivní geometrie je částí širšího vědního oboru *geometrie* a zařazuje se tak do rozsáhlého systému *matematických věd*. Matematika ve svém celku, kromě bezprostředního úkolu hledat řešení předložených praktických problémů, svou celou výstavbou a svými metodami neobyčejnou měrou přispívá k rozvoji logického myšlení technika. Vzhledem k své těsné souvislosti s matematikou také deskriptivní geometrie užíváním matematických metod podstatně prohlubuje schopnost technika abstrahovat a zobecňovat a pěstuje v něm přesné logické uvažování. Jako součást geometrie má deskriptivní geometrie proti jiným matematickým disciplínám významnou výhodu, že pracuje s geometrickými útvary, jež vznikly přímou abstrakcí z přírody a jsou tedy poměrně snadno přístupné názoru. Právě svým bezprostředním stykem se skutečností umožňuje deskriptivní geometrie technikovi, aby si ověřoval závěry, k nimž dospěl ryze logickými úvahami. Tím se současně široce rozvíjí *prostorová představivost*, kterou každý technik nutně potřebuje nejen při zobrazování technických objektů, ale především ke své vlastní tvůrčí činnosti.

1.2. METODY A OBSAH DESKRIPTIVNÍ GEOMETRIE

V přehledu uvedeme konkrétní prostředky, jichž deskriptivní geometrie užívá pro splnění obou základních úkolů, a to aby seznámila technika se základy této disciplíny a aby rozvíjela jeho logické myšlení a prostorovou představivost.

Přirozeně, přednášky z deskriptivní geometrie pro strojního inženýra nebudou obsahovat rovnoměrný průřez všemi jejími partiemi. Také výběr a rozsah látky pro inženýra s jiným zaměřením musí být nezbytně zaměřen na užití deskriptivní geometrie v jeho vlastním oboru. To ovšem nikterak neznamena, že se spokojí pouhým návodem postupu řešení v souhrnu konkrétní

ních příkladů, v nichž v technické praxi vystupují geometrické objekty, jako např. křivky nebo plochy. Naopak, aby deskriptivní geometrie byla skutečně účinným nástrojem v ruce technika, musí podat logicky skloubenou a jednotnou soustavu výkladů. Přitom ovšem způsob podání a rovněž výběr příkladů, které provázejí výklad, je zaměřen na jejich užití v praxi strojního inženýra.

Podstatným znakem metody výkladu deskriptivní geometrie je dokazování jednotlivých vět. I když rozsah látky a nedostatek času nedovoluje, abychom tak postupovali důsledně, musí být naprosto jasné, že každé tvrzení v deskriptivní geometrii je možno dokázat. Nepřejímáme je tedy z názoru. Z praxe jsou podněty; problémy řešíme pak logickou cestou a pravdivost nalezených výsledků ověřujeme názorem a praxí. Takto pojímaná deskriptivní geometrie zasahuje do všech disciplín geometrie a stává se *aplikovanou geometrií*.

Zhruba řečeno, deskriptivní geometrie obsahuje *axiomatiku, planimetrii, stereometrii, zobrazovací metody a konstruktivní geometrii křivek a ploch*.

Alespoň stručně naznačíme význam těchto základních partií pro výstavbu deskriptivní geometrie jako celku.

Geometrie vznikla z potřeb praxe. Různé základní geometrické pojmy, jako jsou bod, úsečka, přímka, trojúhelník, kruh, kvádr apod., vznikly abstrakcí z přírody, z objektivní reality, z konkrétních předmětů. Ale i různé geometrické věty byly původně odvozené bezprostředně ze zkušenosti. Tak ovšem nebylo možno postupovat neustále. Často byly vysloveny i chybné věty, jak se např. zjistilo dodatečným ověřováním jemnějšími způsoby měření, než byly předchozí. Bylo proto nasnadě přejímání vět z názoru nahradit jejich odvozováním z několika základních vět. Za základ geometrie se vzaly některé jednoduché pojmy — bod, přímka, rovina —, tedy abstraktní pojmy, které velmi těsně souvisí s objektivní reálnou skutečností. Pro jejich vzájemný vztah se formulovala některá tvrzení, jež rovněž byla abstrahována z přírody a jež se nedokazovala. Těmto základním tvrzením se říká *axiómy*. Další věty již nebylo nutno přejímat z názoru. Z axiómů jsou logicky odvozovány nové *geometrické věty*, krátce — je budována *geometrie*.

Jestliže z axiómů odvozujeme věty, které platí pro jednoduché rovinné útvary, mluvíme o *planimetrii*; jestliže z nich přidáním dalších axiómů odvozujeme věty pro jednoduché prostorové útvary, mluvíme o *stereometrii*. Vycházejíce z již dokázaných planimetrických a stereometrických vět, dokážeme speciální věty potřebné v teorii *zobrazovacích metod*.

Z křivek a ploch potřebuje každý technik znát alespoň nejzákladnější obecné vlastnosti a některé nejčastěji se vyskytující typy křivek a ploch, samozřejmě vždy v souvislosti s jejich zobrazením. Odvozováním příslušných vět se zabývá jednak *analytická* a *algebraická geometrie*, jednak *diferenciální geometrie křivek a ploch*.

Přednášky z deskriptivní geometrie pro strojní inženýry zdaleka neobsahují všechny zmíněné partie ve stejném rozsahu. Se základy planimetrie

a stereometrie se totiž studenti setkali již na předchozím školním stupni, takže se můžeme o ně opírat. Stačí jen vyzvednout a zdůraznit jejich užití při odvozování vět pro zobrazování základních geometrických útvarů. Z planimetrie jsou tedy uvedeny pouze některé potřebné doplňky, v podstatě zahrnující i fokální vlastnosti kuželoseček. Stereometrie je uvedena jen v přehledu, a to hlavně pro absolventy průmyslových škol, kteří si tak mohou doplnit potřebné základy. Jádro výkladů tvoří zobrazovací metody; těm je věnováno nejvíce místa. V souvislosti s nimi se odvozují vlastnosti osové afinity a středové kolineace; umožňují výhodně a jednotně řešit některé základní úlohy zobrazovacích metod. V geometrii křivek a ploch, která tvoří druhou podstatnou část přednášek deskriptivní geometrie, spokojíme se pouhým uvedením nejdůležitějších vět algebraické a diferenciální geometrie, potřebných při konstrukcích a zobrazování jak křivek, tak ploch.

1.3. HISTORICKÝ PŘEHLED

Některé prvky deskriptivní geometrie, pojaté jako nauka o zobrazovacích metodách, byly známy již poměrně dávno. Překvapuje městský plán Nippuru, starého kulturního sumerského střediska (Mezopotámie), který je na svou dobu neobyčejně pečlivě zakreslen na hliněné tabulce. Je to pravděpodobně vůbec nejstarší doklad rýsování (asi z 15. stol. př. n. l.), i když některé nálezy (asi z 23. stol. př. n. l.) ukazují, že základy měřictví a snad i rýsování půdorysu byly známy již Chaldejcům. Doklady a znalosti rýsování v Egyptě nacházejí se z doby Ramsese III. (kolem r. 1200 př. n. l.).

Vlastní pravoúhlé promítání je rovněž dlouho známé; první spolehlivý doklad je asi z r. 150 př. n. l. Římský stavitel VITRUVIUS (koncem 1. stol. př. n. l.) zná již dobře půdorys, nárys a pohled. U nás jsou zachovány nejstarší doklady o užití promítání z náčrtů na stavbu chrámu sv. Víta v Praze (asi z pol. 14. stol.).

S problémy zobrazování se systematicky setkávali architekti a malíři při pokusech o věrné zachycení obrazu přírody a při navrhování velkých staveb. Jednotlivé vynikající stavitelské hutě ovládaly již primitivní metody, jak podle výkresu a náčrtu opracovávat stavební kameny. Avšak první alespoň poněkud geometrické konstrukce perspektivy jsou až z 1. pol. 15. stol. Teprve renesanční italští malíři asi v pol. 16. stol. podali základy perspektivy jako zobrazovací metody. Přibližně z téže doby je také dosti dokladů o tom, že byla známa i jiná zobrazení. Celkem však bylo do počátku 18. stol. o zobrazování známo poměrně málo. I když rozvoj fortifikačních staveb koncem 17. stol. a hlavně začátkem 18. stol. dal podnět k vyhledávání nových zobrazovacích metod, zůstala prudce se rozvíjející technika bez teoretických základů zobrazování,

jež by bylo vhodné pro její účely, neboť užívané metody vycházely převážně z perspektivy.

Zásadní obrat tu znamená „*Géométrie descriptive*“ francouzského matematika, geometra a fyzika GASPARD MONGEA (1746—1818), jež vyšla knižně v r. 1798—1799, v níž v podstatě popsal nyní běžně známé pravoúhlé promítání na dvě k sobě kolmé průmětny. Svým pojetím, a to jednak systematickým řešením jednotlivých jednoduchých úloh, na jejichž vhodný sled lze rozložit každou úlohu, jednak volbou pravoúhlého promítání místo tehdy obvyklého středového, znamenalo založení deskriptivní geometrie jako speciálního odvětví geometrie a pro inženýrskou praxi vhodnou zobrazovací metodu. Tím byl dán podklad k rozvoji deskriptivní geometrie.

Na pražskou polytechniku přišlo Mongeovo pojetí deskriptivní geometrie nepřímo přes vídeňskou polytechniku. Jako doplněk ke strojnickému rýsování začal ji přednášet v r. 1840 adjunkt VÁCLAV DE LAGLIO. Přednášky se konaly německy, neboť naše nejvyšší školy té doby byly vesměs s německým vyučovacím jazykem.

Prvým řádným profesorem deskriptivní geometrie na pražské polytechnice se stal r. 1854 RUDOLF SKUHERSKÝ (1828—1863), který také zahájil r. 1861 na této škole, přejmenované na Královský český polytechnický ústav v Praze, jako první vůbec české přednášky, a to právě z deskriptivní geometrie.

Jeho nástupcem na pražské technice — dnešním Českém vysokém učení technickém v Praze — se stal v letech 1864—1896 profesor FRANTIŠEK TILŠER (1825—1913), po kterém v letech 1896—1908 přišel profesor KAREL PELZ (1845—1908), jeden z našich nejvýznačnějších geometrů. Potom byli již ustanoveni zvláště profesoři pro stavební a pro strojní obor. Na stavebním směru působili postupně VINCENC JAROLÍMEK (1846—1921) a FRANTIŠEK KADERÁVEK (1885—1961), na strojním BEDŘICH PROCHÁZKA (1855—1934) a JOSEF KOUKOVSKÝ (1878—1949).

Na brněnské české Vysoké škole technické, založené v r. 1900, přednášel deskriptivní geometrii v r. 1900—1904 profesor JAN SOBOTKA (1862—1931), později profesor Karlovy university v Praze, který se velmi významně zasloužil o rozvoj naší deskriptivní geometrie, v r. 1904—1908 profesor BEDŘICH PROCHÁZKA (který pak přešel na pražskou techniku), v r. 1908—1921 profesor MILOSLAV PELÍŠEK (1855—1940), který zvláště vynikl v kinematické geometrii, a v r. 1921—1943 profesor JOSEF KLÍMA (1887—1943). Na české brněnské universitě působil znamenitý syntetik profesor LADISLAV ŠEIFERT (1883—1956).

Nejzávažnějším přínosem české geometrické školy, k níž kromě uvedených náleží ještě řada dalších významných geometrů, jsou nejen práce z deskriptivní geometrie, ale i ze syntetické projektivní geometrie. K jejímu rozvoji přispěl zejména EDUARD WEYR (1852—1903).

Z učebnic deskriptivní geometrie, určených pro posluchače našich technik, uvedeme stručnou charakteristiku těch, jichž se užívalo po r. 1945.

Nejrozsáhlejší je učebnice FR. KADERÁVEK, J. KLÍMA, J. KOUNOVSKÝ: *Deskriptivní geometrie* I (1929), II (1932). Jsou v ní vyloženy základy všech užívaných zobrazovacích metod (s výjimkou Mongeova promítání) a poměrně široce jsou probrány vlastnosti křivek a ploch. Obsahuje mnohé kapitoly zaměřené na nejdůležitější aplikace.

Knihy J. KOUNOVSKÝ, FR. VYČICHLO: *Deskriptivní geometrie pro samouky* (1948) je metodicky vhodná učebnice obsahující základy všech důležitých zobrazovacích metod, zejména promítání na dvě průmětny.

Speciálně pro studující strojních fakult je určena učebnice JIŘÍ KLAPKA: *Deskriptivní geometrie se zřetelem na její užití v strojní technice* (2. vyd. 1951). Jsou v ní podány základy projektivní geometrie, axonometrie, teorie křivek a ploch a jejich užití a rovinné kinematické geometrie.

Pro potřeby studentů slovenských technických škol byla napsána učebnice G. ČENĚK, V. MEDEK: *Kurz deskriptívnej geometrie pre technikov* I (1953), II (1954), která s výjimkou promítání na dvě průmětny obsahuje všechny partie deskriptivní geometrie vykládané na technikách.

Nová slovenská vysokoškolská učebnice V. MEDEK: *Deskriptívna geometria* (1962) je zpracována podle učebních osnov. Je rozvržena do tří částí, které zahrnují projektivní geometrii a základní druhy promítání, geometrii křivek a ploch a technické aplikace, zvláště pro stavební obory.

Kromě učebnic byla vydávána ještě četná skripta z deskriptivní geometrie, určená většinou jen pro potřebu jednotlivých fakult.

Vývoj deskriptivní geometrie v jiných zemích ubíral se různými směry. Poměrně málo se pěstovala v anglosaských zemích. Zato se plně uchytila a rozvíjela, silně ovlivněna syntetickou projektivní geometrií, ve Francii, Itálii, Švýcarsku, Německu a Rakousku, kde všude vznikla řada dobrých učebnic deskriptivní geometrie. Z nejnovějších je vhodné upozornit na významitou knihu F. HOHENBERG: *Konstruktive Geometrie in der Technik* (Konstruktivní geometrie v technice, 2. vyd. 1961), která přináší neobyčejně veliké množství zajímavých příkladů volených z technické praxe.

V Rusku byl již v r. 1801 v tehdy vzniklém Vojenském inženýrském institutu v Petrohradě zaveden předmět deskriptivní geometrie, který přednášel první ruský profesor této disciplíny JA. A. SEVAST'JANOV (1796—1849). Ze starších deskriptivních geometrů vynikli N. I. MAKAROV (1824—1904), V. I. KURDJUMOV (1853—1904), E. S. FJODOROV (1853—1919), který užil metod deskriptivní geometrie v krystalografii, a N. A. RYNIN (1877—1942), který ji aplikoval zvláště v mechanice.

Hned v prvních letech Sovětského svazu začíná se uplatňovat nový směr v deskriptivní geometrii, založený v podstatě na projektivní geometrii. K předním pracovníkům tohoto směru náleží A. K. VLASOV (1869—1921), N. A. GLAGOLEV (1888—1945), N. M. DUŠIN a O. A. VOLBERG.

S dalším rozvojem deskriptivní geometrie v Sovětském svazu jsou svázána i jména A. I. DOBRJAKOVA (1895—1947), D. I. KARGINA (1880—1949) a zvláště N. F. ČETVERUCHINA, který se svými spolupracovníky a žáky razí úplně nové cesty deskriptivní geometrie.

Pro studující strojních fakult je určena výborná učebnice V. O. GORDON, M. A. SEMENCOV-OGIJEVSKIJ: *Kurs načertatelnoj geometrii* (14. vyd. 1962). Zhruba asi polovina knihy je věnována podrobnému výkladu Mongeova promítání, druhá polovina v podstatě konstruktivní geometrii křivek a ploch s nejběžnějšími aplikacemi volenými ze strojní praxe. Výklad je provázen řadou řešených příkladů, velkým množstvím cvičení a soubory otázek, jimiž se v přehledu opakuje vyložená látka.