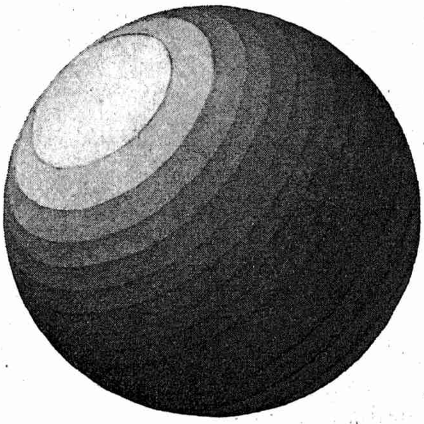
O intensitní stupnici při osvětlení.

Ing. *Jar. Šlechta.*

K docílení lepšího prostorového názoru na zobrazená tělesa užívá deskriptivní geometrie osvětlení buď geometrálného nebo centrálného. Někdy, aby se docílilo ještě větší plastičnosti, rýsují se na průmětech těles čáry spojující body stejné intensity osvětlení buď skutečné (isofoty) nebo zdánlivé (isofengy). O sestrojení těchto křivek je zmínka v každé učebnici deskriptivní geometrie. Plošky, které vzniknou po sestrojení čar intensitních mezi sousedními isofotami nebo isofengami, pokládají se neutrální šedí. Klade se postupně vždy více a více poloh od části nejvíce osvětlené až k mezi vlastního stínu. Za mezí vlastního stínu přibývá zase



pomalu intensity osvětlení vlivem paprsků odražených od okolních předmětů; množství poloh od meze vlastního stínu zase ubývá, ovšem méně rychle nežli v části přímo osvětlené. Plán, podle kterého se řídí počet poloh mezi jednotlivými intensitními čarami, nazývá se **intensitní stupnice**. Takových stupnic existuje několik (Tilšerova, Wienerova a j.); všechny jsou založeny na podkladě čistě spekulativním; proto se také vzájemně dosti značně liší. V následujících řádcích uvádím počtářské odvození intensitní stupnice, jak jsem si je před lety pro svou potřebu sestavil.

Nejprve všimněme si toho, co potřebujeme ke kvantitativnímu vystižení polohování. Předpokládejme proto určitou plošku, která vznikla položením nějakého obrazce neutrální barvou, na příklad tintou neutrální nebo zředěnou tuší (zředěná tuš je teplejší). Na tuto plošku dopadají paprsky světelné, po dopadu se částečně odrážejí a částečně jsou pohlceny. Čím více je těch paprsků odražených, tím světlejší zdá se nám plocha. Nazývejme onu část paprsků dopadlých, které se odrazily, *transparencí*,[1]) které byly pohlceny, *intensitou* té uvažované plošky nebo toho polohovacího tónu. Označujme transparenci T a intensitu I. Přímo z definice těchto veličin plyne:

$$T + I = 1 \tag{1}$$

slovy: *Součet z transparence a intensity pro každou plošku je vždy stejný a rovný jedné.*[2])

Mějme dále plochu, šedě položenou, dokonale suchou, jejíž transparence budiž T_1, intensita I_1. Tuto položme znovu šedí, která sama o sobě položena na papír dává transparenci T_2 a intensitu I_2. Transparenci výslednou označme T. — Víme, že prvá barva nanesena na papír je schopna propustiti množství světla T_1, druhá sama množství světla T_2, obé z množství jednotkového. Když ale první poloha sama pustí T_1 světla, pak poloha druhá bude filtrovat ne jednotkové množství, ale množství T_1, a to v poměru $T_2 : 1$. Z toho plyne

$$T = T_1 \cdot \frac{T_2}{1} = T_1 \,.\, T_2 \tag{2}$$

slovy: *Při pokládání dvou šedých tónů na sebe transparence tónu výsledného je rovna součinu transparencí příslušejících jednotlivým polohovacím tónům samotným.*

K těmto dvěma větám nutno dodati ještě, jak se sestaví šeď o určité transparenci. Z podmínky, že transparence je ono množství světla, které šeď má propustiti plyne, že šedou barvu určité transparence určuje poměrné množství vody (podle objemu) udané číselnou hodnotou transparence a ostatek (do zvolené jedničky objemové) je šeď, jejíž transparenci pokládáme za nulovou, čili prostě černá, kterou považujeme za absolutně černou. Na příklad, když chceme šeď o transparenci $^5/_8$, znamená to, že má propouštět $^5/_8$ světla; tedy dáme $^5/_8$ vody a $^3/_8$ té naší černé.[3]) Důležito je připomenouti, že černou musíme voliti citlivou, to jest takovou, aby ještě, nanesena na papír, dávala plochu černou, ale zředěna třeba jen nepatrně jevila se již šedou.

Každá položená ploška vyjadřuje docela určitou intensitu osvětlení. Ta intensita (i) je, podle fysikální definice, dána množstvím světla (Q) dopadlého na jednotku plochy za jednotku doby. Chtěli bychom si určiti nějakou relaci mezi intensitou a jejím

[1]) la transparence = průhlednost, průsvitnost

[2]) Tato věta, jakož i věta 2. uvedeny jsou v díle Pillet „Traité de perspective linéaire“ strana 69 (z. r. 1921)

[3]) měří se na štětce

vyjadřováním ploškou (transparencí plošky). Předpokládejme na nějaké ploše osvětlené svazkem paprsků dva body. První buď osvětlen tak, že jeho intensita je maximální $i_1 = 1$, druhý měj nějakou intensitu i. Z nahoře uvedené fysikální definice intensity plyne

$$i_1 : i = Q_1 : Q. \tag{3}$$

Touto relací vázána je tedy intensita osvětlení v prostoru. Má-li subjektivní dojem prostoru i obrazu býti stejný, musí platiti také o obrazu. Množství světla Q_1 je dáno (v obrazu) transparencí plošky určující intensitu i_1; Q je pak dáno transparencí příslušnou k intensitě i. Po dosazení do výrazu (3) vychází

$$i = i_1 \cdot \frac{T}{T_1}. \tag{4}$$

Protože ale intensitu $i_1 = 1$ vyjadřuje plocha úplně bílá, jejíž $T_1 = 1$, můžeme dosaditi do výrazu (4) : $i_1 = 1$, $T_1 = 1$. Pak zbude

$$i = T$$

což je hledaná relace: *Určitou intensitu i vyjadřuje taková ploška, jejíž transparence se té intensitě rovná.*

Předpokládejme opět nějaké těleso a na něm dvě intensitní čáry pro intensity i_1 a i_2. Mezi uvedenými čarami mění se intensita osvětlení spojitě od i_1 do i_2, my však při polohování jsme nuceni pokládati ji za konstantní, což patrno z toho, že pokládáme celý proužek šedí neproměnné transparence. Co do rozdělení dopouštíme se jisté chyby vždy; je však v naší moci voliti šedou tak, aby nahradila co do množství teoreticky předpokládané i pozorované spojité rozdělení intensity a tudíž (při polohování) také spojité rozdělení transparence od i_1 do i_2 ev. od T_1 do T_2. Je nasnadě, že té podmínce bude hověti šeď o transparenci střední. Dá se tudíž tato střední transparence určiti z věty o střední hodnotě

$$\int_{T_1}^{T_2} T \,.\, \mathrm{d}T = (T_2 - T_1) \,.\, T_0. \tag{5}$$

Po vyčíslení a krácení výrazem $T_2 - T_1$ vyjde

$$T_0 = \frac{T_2 + T_1}{2} = \frac{i_2 + i_1}{2} \tag{6}$$

čili: *Transparence náhradní barvy* (T_0) *musí býti aritmetickým průměrem transparencí příslušejících k intensitám čar intensitních, které proužek omezují.* Transparenci T_0 nazývejme v dalším prostě střední.

Nejprve určeme si transparenci střední jednotlivých proužků v desetinné stupnici intensitní. Pro část přímo osvětlenou určí se to velice snadno dosazením příslušných hodnot do rovnice 6, jak patrno z dále uvedené tabulky. Ve stínu vlastním předpokládejme toto: Paprsky odražené postupují směrem opačným k paprskům světelným a mají intensitu mnohem menší. Jakou, to záleží na okolí a na sklonu paprsků světelných k okolním tělesům. Je jasné, že objektivní vystižení těchto vlivů je prakticky nemožné a proto hleďme jen k tomu, že intensita je menší. To vyjádří se tím, že transparence bodu intensity maximální (ve stínu vlastním) nevolí se jednotková, nýbrž menší (třebas $^1/_2$, $^1/_4$, $^3/_4$ a p.). Protože žádné pravidlo pro ni nemáme, buď ji zjistíme experimentálně a nebo, a to nejčastěji, volíme za bedlivého uvážení vlivných okolností.

Zvolme si tedy pro stín vlastní max. $i = -0{,}5$; příslušná transparence je tedy 0,5. Transparence ostatních intensitních čar ve vlastním stínu jsou pak 0,45, 0,40, . . ., 0,05, 0,00; střední transparence 0,475, 0,425, . . ., 0,025 jak patrno z tabulky:

Ve světle přímém			Ve stínu vlastním		
mezi intensitními čarami		T_n	mezi intensitními čarami		T_n
+ 1.	+ 9	0,95	— 1.	— 9	0,475
+ 9	+ 8	0,85	— 9	— 8	0,425
+ 8	+ 7	0,75	— 8	— 7	0,375
+ 7	+ 6	0,65	— 7	— 6	0,325
+ 6	+ 5	0,55	— 6	— 5	0,275
+ 5	+ 4	0,45	— 5	— 4	0,225
+ 4	+ 3	0,35	— 4	— 3	0,175
+ 3	+ 2	0,25	— 3	— 2	0,125
+ 2	+ 1	0,15	— 2	— 1	0,075
+ 1	± 0	0,05	— 1	± 0	0,025

V tabulce je viděti jaké hodnoty mají míti transparence středních tónů v jednotlivých proužcích jak ve světle přímém, tak ve stínu vlastním. Zvolme šeď o transparenci 0,95 za onu barvu pomocí níž chceme vyjádřiti všechny ostatní tóny polohováním přes sebe. Podle rovnice (2) bude transparence T_n tónu, který vznikne polohováním šedi o transparenci T n-krát přes sebe

$$T_n = T^n$$

tedy

$$n = \frac{\log T_n}{\log T}. \tag{7}$$

Za T_n se dosadí postupně hodnoty z nahoře uvedené tabulky za T hodnota 0,95. Výsledek opět sestaven do tabulky:

Ve světle přímém			Ve stínu vlastním		
mezi intensitními čarami		n	mezi intensitními čarami		n
+ 1.	+ 9	1	— 1.	— 9	14
+ 9	+ 8	3	— 9	— 8	17
+ 8	+ 7	6	— 8	— 7	19
+ 7	+ 6	9	— 7	— 6	22
+ 6	+ 5	12	— 6	— 5	25
+ 5	+ 4	16	— 5	— 4	29
+ 4	+ 3	21	— 4	— 3	34
+ 3	+ 2	27	— 3	— 2	41
+ 2	+ 1	37	— 2	— 1	50
+ 1	± 0	58	— 1	± 0	72

Jak patrno z tabulky je počet poloh velmi značný a bylo by tedy velice pracné polohovati tolikrát přes sebe. Proto asi od intensitní čáry ± 5 dále namícháme si šeď o transparenci $0{,}95^5 = 0{,}77$ (asi $^1/_4$ černi a $^3/_4$ vody) a tou dokončíme polohování, zaokrouhlujíce ovšem další počet poloh na násobky č. 5. Obecně je možno postupovati přibližně od kterékoliv intensitní čáry tak, že namíchá se barva o transparenci $0{,}95^n$ a počet dalších poloh zaokrouhlí se na číslo n.

Nahoře uvedená intensitní stupnice je vypočtena za předpokladu, že největší intensita ve vlastním stínu je — 0,5. Pro jiné hodnoty dá se určiti stejně. Podobně vypočte se intensitní stupnice máme-li sestrojeno v části osvětlené jen pět intensitních čar, t. j. čáry + 1., + 8, + 6, + 4, + 2, ± 0 a ve stínu vlastním — 2, — 4, — 6, — 8, — 1.. Potom ovšem vychází transparence T základní neutrální šedi 0,9 (střední mezi + 1. a + 8) a výpočet provede se podle rovnice 7. Předpokládáme-li opět, že největší intensita ve vlastním stínu je — 0,5 vychází tato stupnice:

Ve světle přímém				Ve stínu vlastním			
mezi intensitními čarami		T_n	n	mezi intensitními čarami		T_n	n
+ 1.	+ 8	0,9	1	— 1.	— 8	0,45	7
+ 8	+ 6	0,7	3	— 8	— 6	0,35	10
+ 6	+ 4	0,5	6	— 6	— 4	0,25	13
+ 4	+ 2	0,3	11	— 4	— 2	0,15	18
+ 2	± 0	0,1	22	— 2	± 0	0,05	28

I zde dá se postupovati přibližně!