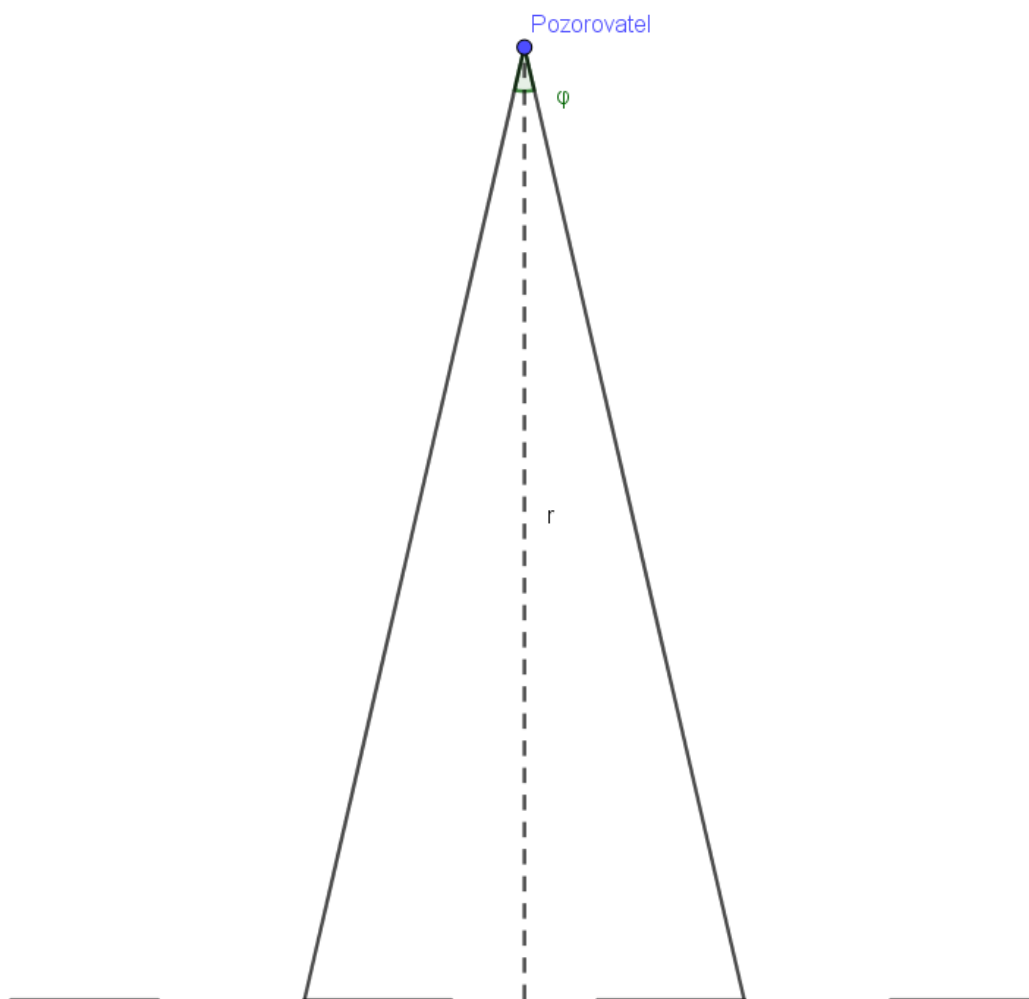


Zkoumání ostrosti oka

Úvod

Ostrost oka ψ [1] definuje jako převrácenou hodnotu úhlu φ v úhlových minutách, pod kterým musíme sledovat periodický povrch (např. proužkovaný papír), aby se jevil jako jednolitý; $\psi = \frac{1}{\varphi}$.

V našem měření byly užity černobíle proužkované papíry, kde šířky d černých a bílých proužků byly stejné. Pozorovatel se vždy umístil do takové vzdálenosti r , že byl na hranici své schopnosti rozlišit, zda je papír proužkovaný, nebo jednolitý. V takový moment viděl pozorovatel trojici proužků pod úhlem φ (viz obrázek 1). Musí být pozorována trojice proužků z toho důvodu, aby světlo z jednoho bočního proužku dopadalo na jeden čípek, světlo z prostředního proužku dopadalo na druhý čípek a světlo z druhého bočního proužku dopadalo na třetí čípek. Jedině takto je člověk schopný rozeznat dva tmavé proužky od sebe [2].



Obr. 1: Pozorovatel sleduje proužkovaný papír a umístí se do takové vzdálenosti r , že mu proužky šířky d sotva splynou. Trojice proužků je v takový moment viděna pod úhlem φ .

Z goniometrie trojúhelníku vidíme, že platí následující.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{3d}{r} \quad (1)$$

Zároveň platí definiční vztah pro ostrost oka.

$$\psi = \frac{1}{\varphi} \quad (2)$$

Jelikož je velikost úhlu φ malá, můžeme si dovolit aproximaci $\operatorname{tg} \varphi = \varphi$. Po aproximování dosadíme rovnici (2) do (1), přidáme koeficient, který nám překonvertuje člen $\frac{3d}{r}$ z radiánů do úhlových minut a dostaneme následující.

$$\frac{1}{\psi} = \frac{3d}{r} \frac{60' \cdot 180^\circ}{\pi \operatorname{rad}}$$

Drobnou úpravou pak dostaneme následující vztah.

$$r = 3d\psi \frac{60' \cdot 180^\circ}{\pi \operatorname{rad}} \quad (3)$$

Jelikož je ostrost oka za stálých světelných podmínek pro každého jedince konstantní, dostáváme tak rovnici pro lineární funkci, jejíž směrnice je $3\psi \frac{60' \cdot 180^\circ}{\pi \operatorname{rad}}$. Z důvodu zpřesnění měření bylo použito 5 papírů s různě širokými proužky. Parametry těchto proužkovaných papírů popisuje tabulka 1.

Číslo proužkovaného papíru	Šířka proužku d [mm]
1	0,035
5	0,175
10	0,350
15	0,525
20	0,700

Tabulka 1: Parametry proužkovaných papírů

U ideálního člověka předpokládáme, že nemá žádnou zrakovou vadu a že je zcela imunní psychologickým jevům jako nejistota a domýšlení si. Ostrost oka takového jedince pak můžeme určit tak, že si z čočkové rovnice (4) vyjádříme vztah mezi velikostí a vzdáleností předmětu a obrazu.

$$\frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}, \quad (4)$$

kde velikost předmětu y bude šířka tří proužků $3d$, vzdálenost předmětu a bude vzdálenost pozorovatele od proužkovaného papíru r , velikost obrazu y' bude šířka tří sousedních čípků na sítnici, což je podle [4] hodnota $\frac{3}{383}$ mm. Jako axiální délku oka jsme zvolili podle [3] 24 mm.

$$\frac{\frac{3}{383} \text{ mm}}{3d} = -\frac{24 \text{ mm}}{r}$$

$$r = -\frac{24 \text{ mm}}{\frac{3}{383} \text{ mm}} 3d = 9192 d \quad (5)$$

Výsledky zkoumání

Ostrost oka byla zkoumána u celkem 14 lidí. Zkoumaní lidé byli všichni účastníci Jarního soustředění pořádaného Katedrou didaktiky fyziky Univerzity Karlovy, muži i ženy, věku mezi asi 18 lety a 35 lety. Někteří jedinci provedli měření vícekrát s tím, že při dalších měřeních používali jiné korigující čočky (tj. sundali nebo nasadili brýle či kontaktní čočky). Konkrétní vady ostrého vidění a jejich mohutnost byly zjišťovány, ale nejsou uváděny, protože převážná většina zkoumaných lidí si není vědoma toho, že by nějakou vadu zraku měli, jakou vadu mají, v jakém stavu jejich zraková vada je či jaké korigující čočky používají.

Tabulka 2 uvádí jednak změřené vzdálenosti, ze kterých jedinci tvrdili, že stáli na pomezí vzdálenosti, ze které ještě byli schopni rozpoznat proužky, a vzdálenosti, ze které se jim proužky jevily jako jednoduté prostředí. V tabulce 2 jsou také uvedeny teoretické hodnoty této pomezí vzdálenosti pro ideálního člověka dopočítané z (5). Dále tabulka 2 uvádí dopočítané hodnoty ostrosti oka zkoumaných lidí zjištěné ze (3) a pro ideálního člověka.

Vzdálenosti r byly určeny s chybou $\Delta r = 0,2$ m. Relativní chyba měření ostrosti oka proto byla stanovena na 10%.

Zkoumaný člověk	Vzdálenost r [m]					Odpovídající ostrost oka
	1	5	10	15	20	
<i>Ivča</i>	2,30	10,25	19,70	25,40	---	0,69
<i>Jára</i>	2,30	10,50	22,50	32,50	---	0,91
<i>Aleš</i>	2,30	6,50	13,60	22,50	28,00	0,58
<i>Mája</i>	4,00	7,00	13,50	18,00	23,50	0,43
<i>Vendy</i>	2,80	8,90	17,00	23,60	30,50	0,61
<i>Týna</i>	2,90	6,50	14,00	20,50	27,00	0,54
<i>Lucka</i>	0,05	0,20	1,80	1,90	2,80	0,06
<i>Terka</i>	1,80	6,50	14,20	22,00	30,50	0,63
<i>Anička s čočkami</i>	1,80	7,00	15,00	22,50	30,50	0,63
<i>Anička s brýlemi</i>	1,70	6,50	14,70	21,00	---	0,59
<i>Anička bez čoček</i>	0,80	2,40	6,00	10,50	17,00	0,35
<i>Tom</i>	0,50	3,10	10,50	17,00	20,50	0,47
<i>Jana</i>	2,30	7,00	15,00	24,00	28,00	0,59
<i>Petr s brýlemi</i>	1,80	6,80	14,70	22,70	33,00	0,68
<i>Petr bez brýlí</i>	0,80	5,50	10,50	14,70	17,50	0,37
<i>Jenda</i>	1,80	10,00	19,50	31,00	---	0,86
<i>Vítek</i>	1,80	10,00	19,70	31,00	---	0,86
<i>Ideální člověk</i>	3,22	16,09	32,17	48,26	64,34	1,34

Tabulka 2: Naměřené hodnoty r pro 5 různých tlouštěk proužků včetně teoretických vzdáleností r pro ideálního člověka, vypočítaná ostrost oka

Diskuze

U naměřených hodnot vidíme, že ostrost oka ideálního člověka vysoce předčí všechny zkoumané lidi. Tato skutečnost vyplývá hned z několika faktorů. Jedním z nich je skutečnost, že ideální člověk má dokonalý zrak a obraz na sítnici je absolutně ostrý. Dalším faktorem je, že osvětlení pro ideálního člověka bylo dokonalé, zatímco zkoumaní lidé bývali často jasně oslepeni slunečným dnem, zatímco osvětlení během oblačných dnů nebylo ideální a proužky se jim občas leskly. Posledním faktorem je psychika člověka – ideální člověk není ovlivňován pocitem, zatímco zkoumaní lidé mohli být ovlivněni psychikou, že „by měli vidět proužky, tak je vidí“.

Dalším pozorováním z naměřených hodnot je skutečnost, že u některých subjektů byla jejich schopnost rozlišit proužky na krátkou vzdálenost lepší než schopnost rozlišit proužky na velkou vzdálenost (např. Mája), nebo obráceně (např. Jenda, Vítek). Tato skutečnost by mohla být způsobena tím, že tito lidé mají krátkozrakost či dalekozrakost, která u nich není korigována.

Určitou nepřesnost v měření určitě způsobil i fakt, že počet čípků na sítnici není pro všechny zkoumané lidi stejný a počet čípků se mohl lišit i v různých částech sítnice.

Závěr

Ostrost oka byla zkoumána u celkem 14 lidí. Jejich spočítané ostrosti oka jsou uvedeny v tabulce 2. Ostrost oka byla také teoreticky spočítána pro ideálního člověka a zaznamenána do tabulky 2.

Ostrost oka většiny lidí za přirozeného osvětlení oblačného dne byla zjištěna jako asi třetinová vůči ostrosti oka ideálního člověka.

Zdroje

[1] Visual acuity. *Wikipedie*. [online]. [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_acuity#Definition

[2] Rozlišovací schopnost lidského oka. *WikiSkripta*. [online]. [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Rozli%C5%A1ovac%C3%AD_schopnost_lidsk%C3%A9ho_oka

[3] axial length of the eye. *Millodot: Dictionary of Optometry and Visual Science, 7th edition*. (2009). [online]. [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/axial+length+of+the+eye>

[4] Fovea centralis. *Wikipedie*. [online]. [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Fovea_centralis#:~:text=On%20average%2C%20each%20square%20millimeter,or%20383%20cones%20per%20millimeter.