

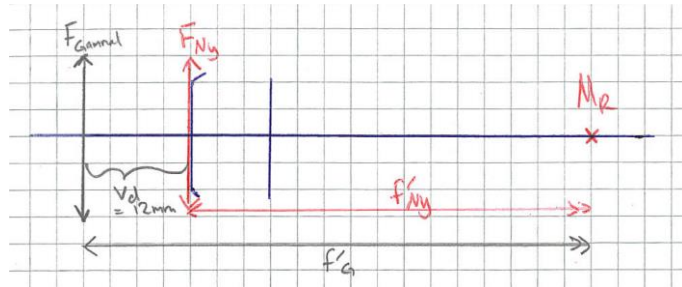
Lösningar till tentamen i Ögats optik

Fredag 17 januari 2020

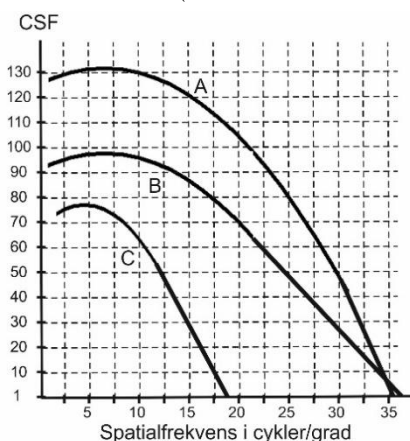
1. Räkna på varje huvudsnitt för sig! I varje huvudsnitt ska mellanbilden alltid ligga i M_R . Ändring av v_d är från 12 mm till 0 mm. Eftersom båda huvudsnitten är hyperopa kan samma figur användas.

HS120: $F_{GHS120} = +4,50 \text{ D}$, d.v.s. $f_G = 1/(+4,50 \text{ D}) = +0,222 \text{ m}$ ska göras 12 mm kortare för att få fokallängden för kontaktlinskorrekturen f_{NY} (se figur) alltså $F_{NYHS120} = 1/(0,210 \text{ m}) = +4,76 \text{ D} \approx +4,75 \text{ D}$ vilket är mer plus = stämmer!

HS30: $F_{GHS30} = +3,75 \text{ D}$, d.v.s. $f_G = +0,267 \text{ m}$ ska också göras 12 mm kortare (se figuren) alltså $F_{NYHS30} = 1/(0,255 \text{ m}) = +3,93 \text{ D} \approx +4,00 \text{ D}$ vilket är mer plus = stämmer!
Kontaktlinskorrekturen blir alltså $+4,75 \text{ D} / -0,75 \text{ D} \times 120$.



2. För att jämföra CSF för personerna behöver värdena göras om till samma enheter och eftersom det är kontrastkänslighet så är det synen i låga kontraster som spelar roll, inte högkontrast visus (men det skrivs ändå med här i facit).



Person A: CS för låga spatial frekvenser = $1/0,008 = 125$.

(Gränshfrekvens = 35 cykler/grad)

Person B: CS för låga spatial frekvenser = 98.

(Gränshfrekvens = $1,2 \cdot 30 = 36$ cykler/grad)

Person C: CS för låga spatial frekvenser = $1/0,013 = 77$.

(Visus = $10^{-0,2} = 0,63$ Gränshfrekvens = $0,63 \cdot 30 = 19$

cykler/grad)

Alltså är det person A som har bäst = högst

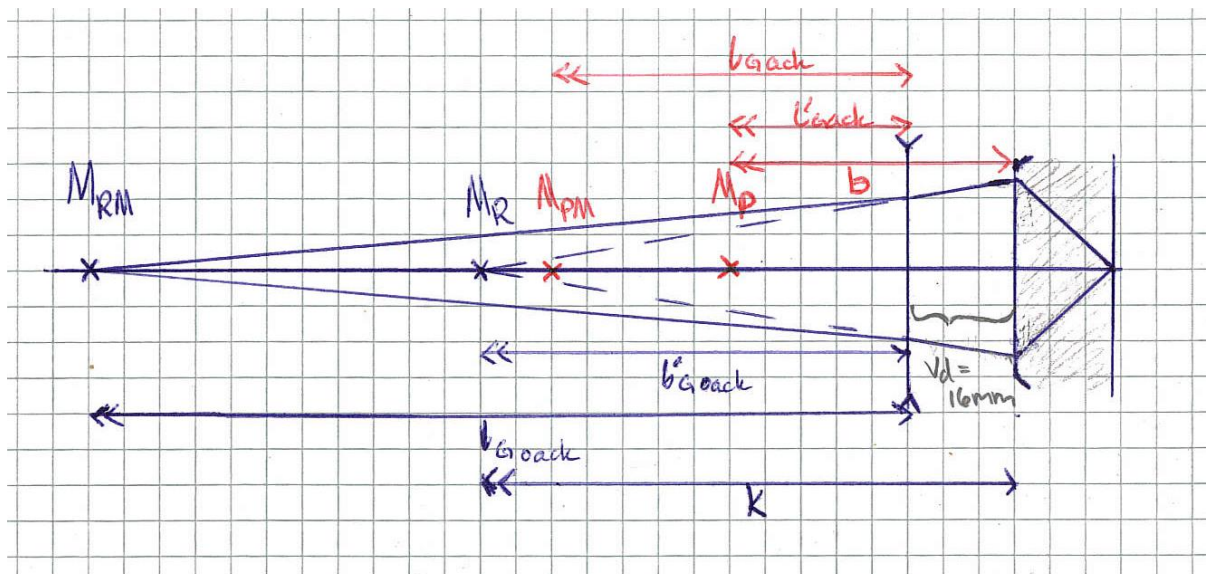
kontrastkänslighet. Figuren bredvid visar hur de tre olika

CSF-kurvorna skulle kunna se ut.

3. a) 1,2 m är längre bort från ögat än 20 cm och måste alltså motsvara objektets läge för att det oackommoderade ögat ska se skarpt med glasögon (M_{RM}). Då är $l_G = -1,2 \text{ m}$ och avbildning i glasögat ger att $L'_G = L_G + F_G = -0,8333 \text{ D} - 4,0 \text{ D} = -4,8333 \text{ D}$ d.v.s. fjärrpunkten (M_R) ligger $l'_G = -0,207 \text{ m}$ från glasögat. Huvudpunktsrefraktionen är $K = 1/k$ där k är avståndet från ögat till M_R , enligt figur på nästa sida är den sträckan 16 mm längre: $k = -(0,207 \text{ m} + 0,016 \text{ m}) = -0,223$, alltså $K = -4,48 \text{ D} \approx -4,50 \text{ D}$.

b) Behöver ta fram avståndet b från ögat till närpunkten (M_P) på samma sätt som ovan, fast med ackommoderat öga: $l_G = -0,2 \text{ m}$ (från glasöga till M_{PM}) och avbildning ger $L'_G = L_G + F_G = -5,0 \text{ D} - 4,0 \text{ D} = -9,0 \text{ D}$ d.v.s. M_P ligger $l'_G = -0,111 \text{ m}$ från glasögat och $b = -(0,111 \text{ m} + 0,016 \text{ m}) = -0,127$. Se figur.

c) Ackommodationsamplituden ges av $Amp = K - B$, där $K = -4,48 \text{ D}$ och $B = 1/b = -7,87 \text{ D}$, alltså $Amp = 3,39 \text{ D} \approx 3,4 \text{ D}$.



4. Jämföra bildstorlek på näthinnan i ett och samma öga med olika korrektioner = använd glasögonförstoring (vinkelförstoring) SM . Inga data på glasögats eller linsens tjocklek eller form, så vi antar tunna linser, alltså $SM = 1/(1 - a \cdot F'_v)$ med $a = v_d + 3$ mm.

SM för glasögat: $F'_v = F_G$ som fås av att räkna om $K = +5,25$ D på $v_d = 0$ mm till $v_d = 12$ mm. Med M_R bakom ögat ska f_G vara 12 mm längre än k , dvs $f_G = 0,190$ m + $0,012$ m = $0,202$ m och $F'_v = F_G = 4,94$ D $\approx +5,00$ D. Med $a = 15$ mm blir alltså $SM = 1,081$.

SM för kontaktlins: Kommer att vara mycket nära 1. $F'_v = +5,25$ D och $a = 3$ mm ger $SM = 1,016$.

Skillnaden blir alltså $1,081/1,016 = 1,06$. 6% större bild med glasögon.

5. Se föreläsning 13 och 14 och motsvarande sidor i CVO om SM och RSM . a) SM är vinkelförstoringen och ska användas när det är ett och samma öga eftersom uttrycket utnyttjar att ögats längd är detsamma med korrektion och utan korrektion, ett exempel är som i uppgift 4 ovan. b) RSM jämför bildstorleken i det korrigerade ögat med vad det skulle vara i ett emmetropt standardöga med 60 D, i båda fallen med en skarp bild på näthinnan så här räcker det med att jämföra styrkorna ($h' = f \cdot \tan(w)$). Exempel är att jämföra bildstorlek med RSM för höger och vänster öga vid anisotropi.

6. (a) Överrefraktion = ögats kvarvarande fel med befintlig korrektion. HS90 avbildar horisontella ränder på -2 m, dvs -0,5 D. HS180 avbildar vertikala ränder på -1,0 m, dvs -1 D. Vilket ger -0,50 D / -0,5 D x 90.

(b) Korrekt korrektion = gammal korrektion + överrefraktion-tårlinsändring. I detta fall är tårlinsändringen = 0 eftersom BOZR inte ändras. Vilket ger Korrekt korrektion = $(-2,00$ D / $-0,50$ D x 30) + $(0,50$ D / $-0,5$ D x 90). Olika huvudsnitt = måste läggas samman med astigmatisk dekomposition: $M_{total} = (-2,25 + -0,75) = -3,00$ D, $J0_{total} = (0,1250 + -0,250) = -0,125$ D, $J45_{total} = (0,2165 + 0) = 0,2165$ D.

Alltså är den korrekta styrkan -2,75 D / -0,50 D x 60.

7. Ögat har okorrigerad astigmatism och ska läsa text = linjer i olika riktningar. Bäst bild blir då minsta spridningscirkeln ligger på näthinnan. Systemmetropi innebär att $K'=60$ D och att ögats syn fel är $K=K'-F_{\text{öga}}$, alltså $K_{HS140} = -1$ D och $K_{HS50} = +2$ D. Med $L=1/0,25$ m = -4 D hade ögat behövt ackommodera ($A=K-L$) $A_{HS140} = 3$ D och $A_{HS50} = 6$ D för att få respektive linjefokus på näthinnan. Medelackommodationen ger då minsta spridnings cirkeln på näthinnan = $(3+6)/2 = 4,5$ D.

8. **Decimal visus:** $V=1/A$ där $A=y/d*180/\pi*60$, med $y=2$ cm/5 = 0,004 m och $d=4$ m blir $A=3,44'$ och $V\approx 0,3$. Vanligaste enheten för synskärpa i Sverige, används dagligen i optikerbranschen.

logMAR: $\log(A)=\text{visus i logMAR}$, med $A=3,44'$ fås 0,54 logMAR. Vanlig inom svagsyn och forskning.

Snellen kvot: testavstånd / (avstånd på vilket en strecktjocklek motsvarar 1') = V , med vanligt testavstånd på 6 m blir $V=0,3 \approx 6/20$. Vanligaste enhet i vissa länder t.ex. Frankrike, ger mycket information ifall det verkliga tesavståndet faktiskt skrivs som täljare.

9. Mer sfärisk aberration än vad ögat själv har induceras för att få ökat skärpedjup, vilket är användbart vid presbyopi då ögat inte längre kan ackommodera för att se närliggande objekt skarpt. Den sorts multifokala kontaktlinser görs med negativ sfärisk aberration för att mitten av pupillen ska ha mer positiv brytkraft än kanterna, eftersom det ger bättre bildkvalité vid närseende då pupillen ofta är mindre än för avståndsseende. Eftersom ögat själv i medeltal har lite drygt $+0,1 \mu\text{m}$ sfärisk aberration för 6 mm pupill-diameter så skulle en kontaktlins med ca $-3 \mu\text{m}$ sfärisk aberration passa bra.

10. **Effektiv addition $L=0$ D:** Ursprunglig vergens = -10 D. Efter förflyttning av glasöga 10 mm bort från ögat blir $L'_G = -10$ D och $l'_G = -0,10$ m. I ursprungligt glasögonplan motsvarar detta en vergens på $1/-(0,10 \text{ m} + 0,01 \text{ m}) = -9,09$ D. Den effektiva additionen är alltså $-9,09$ D - -10 D = 0,91 D.

Effektiv addition med närliggande objekt: Ursprunglig vergens = L'_G för $L_G = -2,5$ D dvs -12,5 D. Efter förflyttning av glasöga 10 mm bort från ögat blir $L_G = 1/-(0,40 \text{ m} - 0,01 \text{ m}) = -2,56$ D och $L'_G = L_G + F_G = -12,56$ D. I ursprungligt glasögonplan motsvarar detta en vergens på $1/-(0,0796 + 0,01) = -11,16$ D. Den effektiva additionen är alltså $-11,16$ D - -12,5 D = 1,34 D. Den effektiva additionen blir alltså större för närliggande objekt än för avlägsna.

11. Se början av kap 15 i CVO och föreläsning 17. Över det synliga spektrumet motsvarar den longitudinella kromatiska aberrationen (LCA) mer en 1 D defokus. Detta ger en suddighet på näthinnan (=bildkvalité) som är betydligt större än suddigheten för sfärisk aberration för normalstor pupill. Men p.g.a. ögats känslighetskurva blir synen inte lika påverkad av felfokusering av våglängder utanför ~ 500 till 600 nm och därför påverkas synen mer av de monokromatiska aberrationerna (som finns för alla våglängder) än av de kromatiska.

12. Ändringen i ögats rotation med glasögon korrektion ges av $\text{ORF} = (\text{vridning med korrektion}) / (\text{vridning utan korrektion}) = \Theta / \Theta_0 = (Z-L) / (Z-L-F)$. I detta fall vet vi att $\Theta_{\text{höger}} - \Theta_{\text{vänster}} = 4\Delta$, att $\Theta_0 = 10^\circ \approx 17\Delta$, $L=0$ D och $Z \approx 1/(0,014 \text{ m} + 0,012 \text{ m}) = 38,5$ D. Alltså blir $4\Delta = \Theta_0 * (\text{ORF}_{\text{höger}} - \text{ORF}_{\text{vänster}}) = \Theta_0 * (Z / (Z-F_{\text{höger}}) - Z / (Z-F_{\text{vänster}}))$ enklast lösning är att utgå från att ena ögat är emmetropiskt t.ex. $F_{\text{vänster}} = 0$ D. Då blir ekvationen $4\Delta / 17\Delta = Z / (Z-F_{\text{höger}}) - 1$ vilket kan skrivas som $4\Delta / 17\Delta + 1 = 1,235 = 38,5 / (38,5 - F_{\text{höger}})$ vilket ger $F_{\text{höger}} = 7,3$ D. Eftersom $F_{\text{vänster}} = 0$ D blir maximala skillnaden mellan höger och vänster glasögonkorrektion i detta exempel 7,3 D.