

Lösningar till tentamen i Ögats optik

Tisdag 18 februari 2020

1. Räkna på varje huvudsnitt för sig! I varje huvudsnitt ska mellanbilden alltid ligga i M_R . Ändring av v_d är från 0 mm till 16 mm. Eftersom båda huvudsnitten är myopa kan samma figur användas.

HS115: $F_{KLHS115} = -3,75$ D, d.v.s. $f_{KL} = 1/(-3,75 \text{ D}) = -0,2667$ m ska göras 16 mm kortare för att få fokallängden för glasögonkorrektionen f_{NY} alltså $F_{NYHS115} = 1/(-0,2507 \text{ m}) = -3,99$ D $\approx -4,00$ D vilket är mer minus = stämmer!

HS25: $F_{KLHS25} = -5,25$ D, d.v.s. $f_{KL} = -0,1905$ m ska också göras 16 mm kortare alltså $F_{NYHS25} = 1/(-0,1745 \text{ m}) = -5,73$ D $\approx -5,75$ D vilket är mer minus = stämmer!

Glasögonkorrektionen blir alltså $-4,00$ D / $-1,75$ D x 115.

2. Ny korrektion = gammal korrektion + överrefraktion - tårlinsändring. I detta fall är styrkan på överrefraktionen så pass låg att v_d inte spelar någon roll. Tårlinsändringen motsvarar $+0,25$ D eftersom BOZR blir 0,05 mm mer krökt. Alltså ny korrektion $= +2,50 \text{ D} + (-0,50 \text{ D}) - (+0,25 \text{ D}) = +1,75$ D.

3. Ögonen tittar på ett avlägset punkt objekt, dvs bilden hamar i fovea, utgår från att ögonen är emmetropa. I så fall är det positiv sfärisk aberration och som begränsar bildkvalitet i den reducerade ögonmodellen eftersom fovea här ligger på den optiska axeln. I det mänskliga ögat ligger fovea inte på optiska axeln så där förekommer även koma. Dessutom har det mänskliga ögat en asfärisk hornhinna och en lins som båda gör att den sammanlagda sfäriska aberrationen inte blir lika stor som i den reducerade ögonmodellen. Den sfäriska aberrationen kan till och med vara negativ i verkliga ögon, särskilt i unga ögon som ackommoderar. Båda har lika mycket longitudinell kromatisk aberration, men i ett verkligt öga begränsar näthinnans känslighet (V_λ - kurvan) betydelsen av LCA.

4. Givet: $K = 11,50$ D, $F_G = 9,00$ D. Avlägset objekt ger $L_G = 0$ D och $L'_G = F_G = 9,00$ D. Vi får då $l'_G = 0,111$ D.

(a) $v_d = 0,012$ m ger objektavstånd till ögat: $l = l'_G - v_d = 0,099$ m och $L = 10,090$ D. Då får vi $A = K - L = 1,41$ D.

(b) $v_d = 0,020$ m ger objektavstånd till ögat: $l = l'_G - v_d = 0,091$ m och $L = 10,98$ D. Då får vi $A = K - L = 0,52$ D.

(c) Effektiv addition.

5. Ögats vridning med kontaktlinn är densamma som utan korrektion. Behöver alltså endast ögats vridning med glasögon = $ORF = \Theta / \Theta_0$. Använd: $ORF = (Z-L)/(Z-L-F)$ med styrkan i det horisontella huvudsnittet (HS180, eftersom hen ska titta åt sidan) alltså $F = -4,50$ D, $L = 1/(-1 \text{ m}) = -1,00$ D, och $Z = 1/(v_d + 0,012 \text{ m}) = 35,71$ D ger $ORF = 0,89$. Alltså nästan 11% mindre vridning med glasögon än med kontaktlinser.

6. Ögat är astigmatiskt. Liggande linjer avbildas i HS90 och här ger linsen avståndskorrektion, d.v.s. $K_{HS90} = +2,00$ D (försummar eventuellt v_d p.g.a. låg styrka på linsen). Bokstäverna syns bäst när minsta spridningscirkeln ligger på näthinnan, vilket

händer för $L_G = -2,00$ D. Använd $L'_G = L_G + F_G = -2,00$ D $+2,00$ D = 0 D, alltså är $K_{MSC} = 0$ D. Eftersom minsta spridningscirkeln alltid ligger mittemellan linjefoki i dioptrier måste $K_{HS180} = -2,00$ D. Alltså är ögats huvudpunkts-refraktion $+2,00$ D / $-4,00$ D x 90° .

7. (a) Att man måste dela upp refraktioner som har olika huvudsnitt i medelsfär och korscyllindrar för att kunna lägga samman dom, ta skillnaden emellan dom eller medelvärdet.

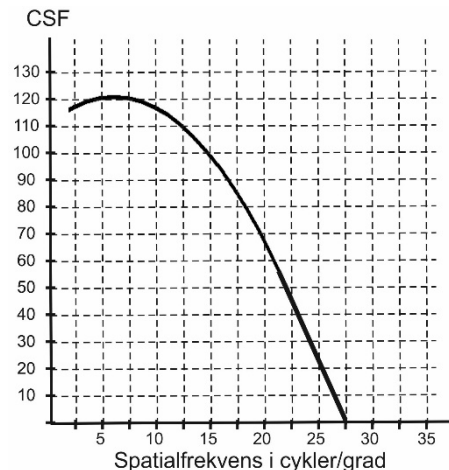
(b) För exempel på när astigmatisk dekomposition behövs: se tabell 5.2 i CVO.

(c) Exempel när det inte behövs $(-2,00$ D / $-0,50$ D x $60^\circ) + (-1,00$ D / $-0,50$ D x $60^\circ) = -3,00$ D / $-1,00$ D x 60° .

8. Se figur här brevid.

Visus = 0,9 betyder att högsta spatialfrekvens är $0,9 \cdot 30 = 27$ cykler/grad.

Randmönstret i figuren har kontrasten $\frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} = 1\%$, vilket motsvarar $CSF = 100$. Vinkeln till ett randpar är $\theta = \frac{0,014 \text{ m}}{12 \text{ m}} [\text{rad}] = 0,067^\circ$. Det ger spatialfrekvensen $\nu = \frac{1}{\theta} = 15$ cykler/grad



Högsta $CSF = \frac{1}{0,8\%} = 125$

9. (a) Defokus skulle sänka MTF-kurvan snabbt för högre spatialfrekvenser och därmed skulle högsta spatialfrekvens för CSF-kurvan bli betydligt lägre. Eventuellt skulle man kunna se "falsk upplösning" dvs att om man ökar spatialfrekvensen över maxgränsen så börjar ögat se randmönstret igen. Låga spatialfrekvenser påverkas inte så mycket av defokus om det inte är ett stort brytningsfel.

(b) Samma som i (a), men bara för horisontella randmönster. Vertikala ränder är opåverkade om vi antar att ögat bara har defokus längs $HS90$ (axel 180°).

(c) Det beror förstås på vilka aberrationer vi har. Generellt kommer aberrationer mest påverka högre spatialfrekvenser hos MTF-kurvan (och CSF-kurvan) och därför sänks gränshfrekvensen (visus). Stor sfärisk aberration t.ex. skulle dock kunna påverka kontrastseendet mer än visus om paraxial bild ligger på näthinnan.

10. Olika synfel på de två ögonen kan leda till många olika problem, bl.a. aniseikoni p.g.a. olika bildstorlek. Detta problem kan minimeras genom att ha så lika $RSM = F_o / F^*$ som möjligt i höger och vänster öga, d.v.s. totala styrkan för ögat och korrektionen (F^*) ska vara så lika som möjligt. Vi vet att höger öga är byggnadshyperop $K_H = +1$ D, alltså $F_{\text{öga}} = 60$ D och $K' = 59$ D ($K' = K_H + F_{\text{öga}}$) och vänster öga är systemmyop $K_H = -5$ D, alltså $F_{\text{öga}} = 65$ D och $K' = 60$ D. Med kontaktlinser är $v_d = 0$ och då blir $F^* = F_{\text{öga}} + F_{\text{klins}} = F_{\text{öga}} + F_H$, d.v.s. 61 D för höger och 60 D för vänster öga. Med glasöga på $v_d = 1 / F_{\text{öga}}$ enligt Knapps lag blir $F^* = F_{\text{öga}}$, d.v.s. 60 D för höger och 65 D för vänster öga. Alltså blir RSM för höger och vänster öga mer lika med kontaktlinser.

11. När man anger tätheten på ett randmönster använder man synvinkeln θ till en svart + en vit linje (kallas linjepar eller cykel). Utifrån vinkeln θ i grader definieras randmönstrets spatialfrekvens ν som: $\nu = \frac{1}{\theta}$ [cykler/grad] (θ i grader)

Det svartvita randmönster med högsta spatialfrekvens man kan se motsvarar visus.

Eftersom θ [grader] = $2 \cdot A$ [grader] = $2 \cdot \frac{A \text{ [bågminuter]}}{60} = \frac{1}{30 \cdot V}$ så får vi sambandet mellan decimalt visus V och spatialfrekvensen ν som: $\boxed{\nu = 30 \cdot V}$ [cykler/grad]

12. Påståendet har flera problem: (1) ögats longitudinella kromatiska aberration ÄR stor, men den har inte så stor betydelse för synen. (2) Dessutom bryter ögat blått ljus mest och därför skulle ögat behöva mer minus för blått. Det får man i negativa glasögon med normal dispersion. Det är alltså bara positiva glasögon (hyperoper) som skulle behöva omvänd dispersion. (3) Det finns inga material som har omvänd dispersion. Möjligtvis kunde man göra ett positivt glasöga i form av en dublettlins som totalt sett får "negativ dispersion".