



KTH Fysik

Tentamen i
Teknisk Fotografi, SK2380,
2010-08-19, 14-18, FB51

Uppgifterna är lika mycket värda poängmässigt. För godkänt krävs 50 % av max. poängtalet.

Hjälpmedel: Formelblad "Radiometrisk och fotometrisk storheter." (bifogad med tentamen)
Räknedosa

Observera: Skriv namn på ALLA papper som lämnas in.
Skriv ALDRIG mer än EN lösning per papper.
Rita gärna figurer som förklarar vad införda beteckningar står för.

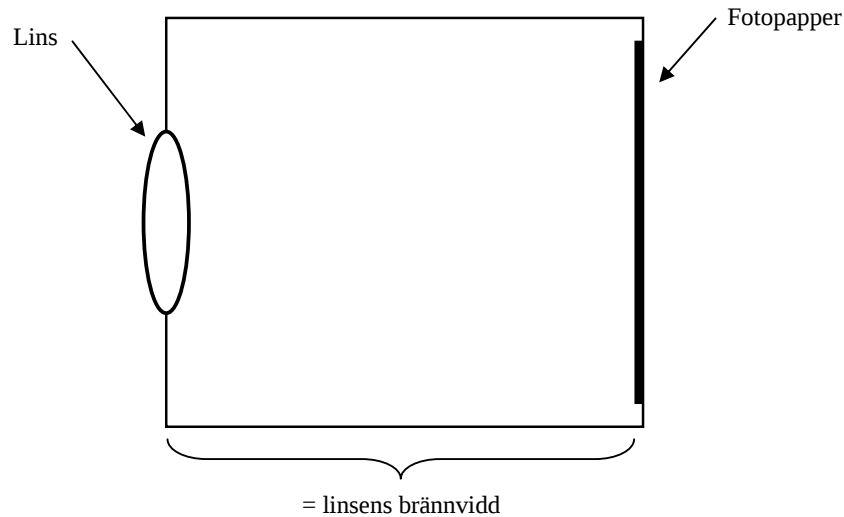
OBS!

**Såvida inte annat sägs, motivera alla svar
och förklara alla införda beteckningar!**

- Talen är inte ordnade i svårighetsgrad.
- Det kan hända att data ges som du inte behöver använda för problemets lösande. Du får alltså välja ut de data du behöver. (Välkommen till livet som ingenjör!)
- You may answer in English if you like.

Uppgift 1

Du vill bygga en enkel lådkamera av samma typ som ofta användes i fotografins barndom. Kameran ska vara uppbyggd enligt figuren nedan. Den är av så kallad fixfokustyp, dvs. avståndsställning saknas. Avståndet mellan lins och sensor är konstant och lika med brännvidden, vilket innebär att kameran bara kan ta bilder av avlägsna föremål.



I fotografins barndom använde man ofta stora glasplåtar eller bladfilm som sensor. Eftersom sådana material är dyra och svåra att få tag på idag, så planerar du att använda fotografiskt papper istället. Du vill inte använda någon slutare i kameran, utan du vill börja och avsluta exponeringen genom att ta bort respektive sätta på linsskyddet (vilket man ofta gjorde i fotografins barndom). Detta kräver emellertid att du kan använda ganska långa exponeringstider, säg storleksordningen 10 sekunder.

Med en vanlig kamera mäter du upp att vid fotografering av ett sommarlandskap så ger bländartal 11 och exponeringstid 1/125 sekund korrekt exponering på en ISO 400 film. Nu har du läst att fotopapperet som du tänker använda har en känslighet motsvarande ISO 2. Vilken eller vilka av nedanstående linser 1-5 är lämpliga att använda i kameran för att få en exponeringstid av ca. 10 sekunder vid fotografering av ett sommarlandskap? Linsen kommer att monteras så att i stort sett hela diametern utnyttjas för att samla in ljus.

Lins	Brännvidd (mm)	Diameter (mm)
1	75	20
2	150	10
3	250	30
4	300	10
5	400	50

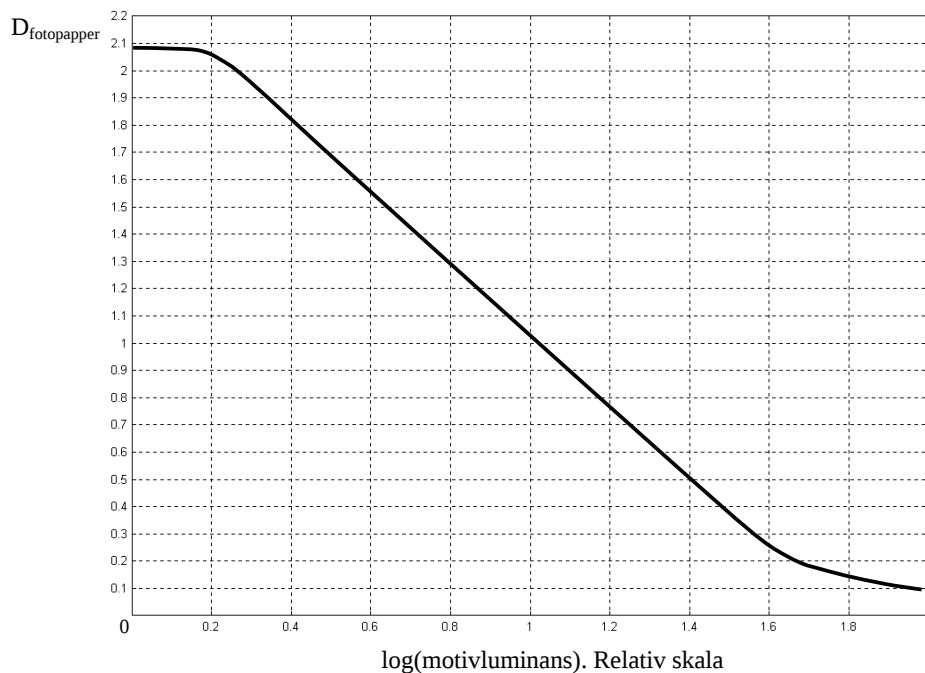
Uppgift 2

En målning med storleken 1.0 meter x 1.5 meter är målad så att om man står på 2.5 meters avstånd så ser man motivet med korrekt perspektiv (djupintryck). En fotograf fotograferar av tavlan med en kamera med 35 mm brännvidd och sensorstorlek 16 mm x 24 mm (10 Mpixlar). Bilden printas ut i storleken 10 cm x 15 cm. Om man betraktar bilden på 25 cm avstånd kommer man då att se målningens motiv med (ungefär) korrekt perspektiv?

Uppgift 3

Figuren visar totala tonreproduktionskurvan vid fotografering på svartvit film med efterföljande kopiering på fotopapper. Filmen är framkallad på normalt sätt, vilket innebär att vi kan förvänta oss ett gammavärde av ca. 0.60. Antag att fotograferingen sker vid goda atmosfäriska förhållanden (inget dis eller dimma).

Uppskatta fotopapperets gammavärde.



Uppgift 4

Vid fotografering av tävlingscyklister så använder en fotograf så kallad panorering. Detta innebär att man vrider kameran och på så sätt följer med en cyklist under exponeringen, se figuren nedan som visar en vy ovanifrån. Cykeln kommer då att avbildas utan rörelseoskärpa, men däremot kommer den stillastående bakgrunden att bli (mer eller mindre) oskarp. En oskarp bakgrund kan vara en fördel eftersom det förmedlar en känsla av fart.

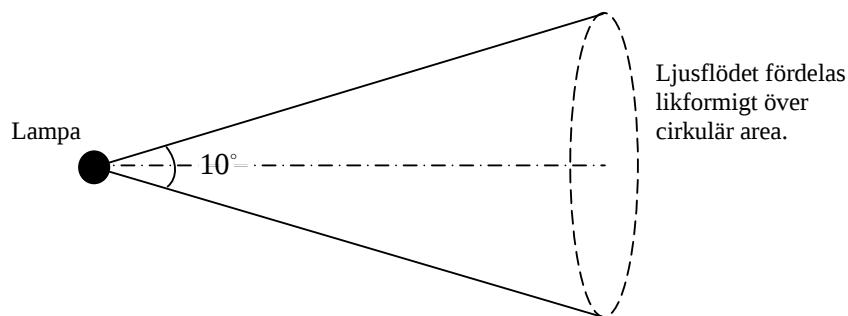


Kameran vrids för att följa cyklisten.

Antag att cyklisten färdas med en hastighet av ca. 40 km/h, och att avståndet till fotografen är ca. 20 meter. Vid fotograferingen används ett objektiv med brännvidden 150 mm, och kameran har en sensorstorlek av 24 mm x 36 mm. Bilden ska tryckas i en tidning i storleken 80 mm x 120 mm (ingen beskärning görs, så hela bildytan kommer med). Kommer man att få en klart synlig rörelseoskärpa i bildens bakgrund om exponeringstiden 1/60 sekund används?

Uppgift 5

Du har samlat in ett antal insekter som du nu vill fotografera inomhus. För att få insekterna att bete sig naturligt så vill du ha en belysning som motsvarar ungefär den belysning som solen ger utomhus en solig sommardag, dvs. ca. 1.0×10^5 lux. Till ditt förfogande har du en spotlight som är märkt 230 V, 250 W, 3400 lumen. Du kan anta att lampan är i det närmaste punktformig, och att ljuset sprids likformigt i en kon med en toppvinkel av ca. 10 grader, se figur.



På vilket avstånd från insekterna ska du placera lampan för att få önskad belysning?

Uppgift 6

För att testa optiska system används ofta en så kallad Siemens-stjärna som testmotiv, Fig. A nedan. Den består som synes av ett svartvitt linjemönster som utgår från centrum som ekrar i ett hjul. Nära centrum får vi ett tätt mönster, och ju längre ut från centrum vi kommer desto glesare blir mönstret. Vid ett tillfälle avbildades en Siemens-stjärna enligt Fig. A med ett optiskt system, varvid bilden såg ut som Fig. B.

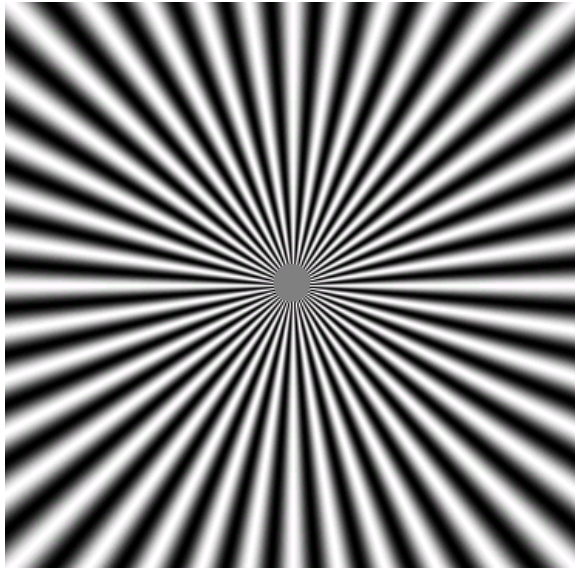


Fig. A

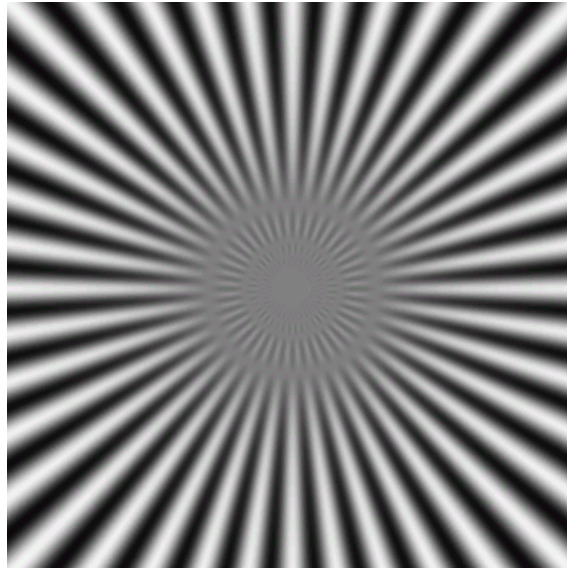
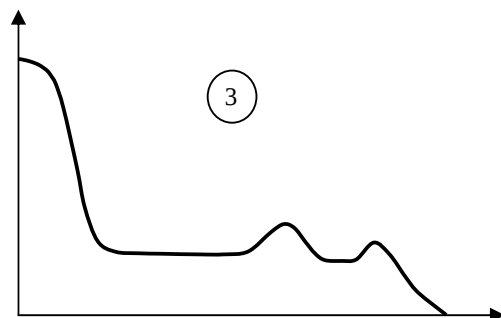
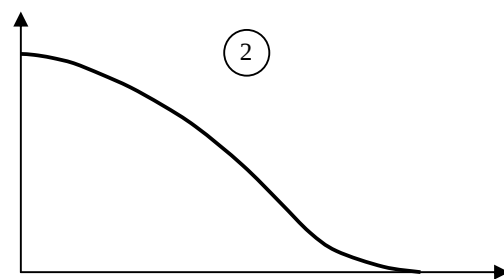
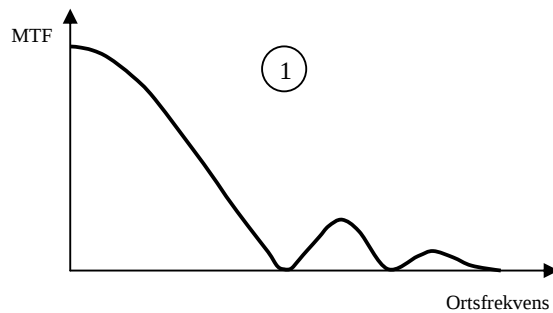


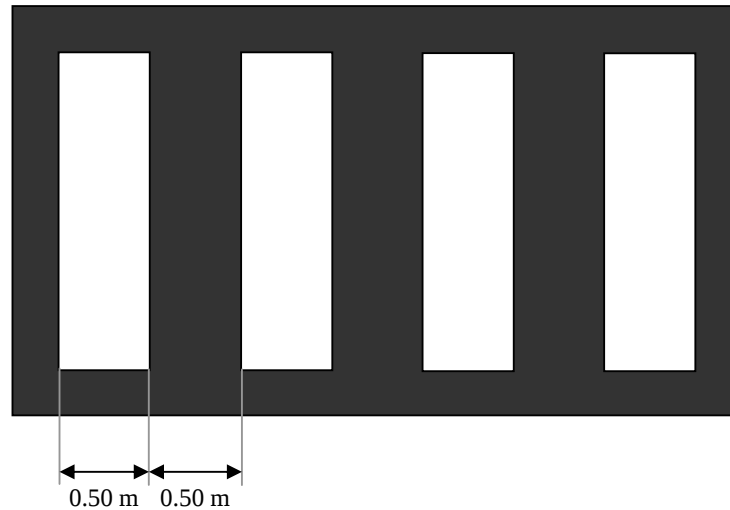
Fig. B

Vilken av MTF-kurvorna nedan, betecknade 1-3, skulle kunna åstadkomma en bild enligt Fig. B. Ordentlig motivering krävs. Observera att kurvorna inte är helt skalenliga, så du ska bara bedöma deras generella utseende.



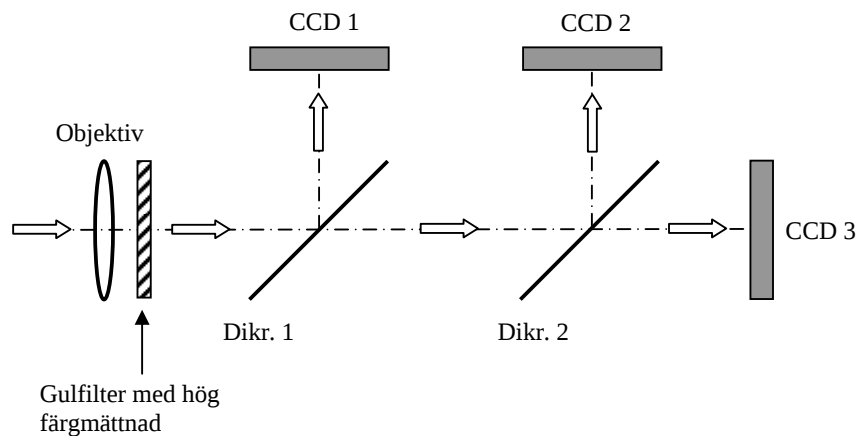
Uppgift 7

En digital satellitbild ska täcka en area motsvarande $1.0 \text{ km} \times 1.0 \text{ km}$ på marken. Man vill att ett övergångsställe enligt figuren ska kunna återges utan moiré-effekter (aliasing). Hur många pixlar måste bilden minst innehålla?

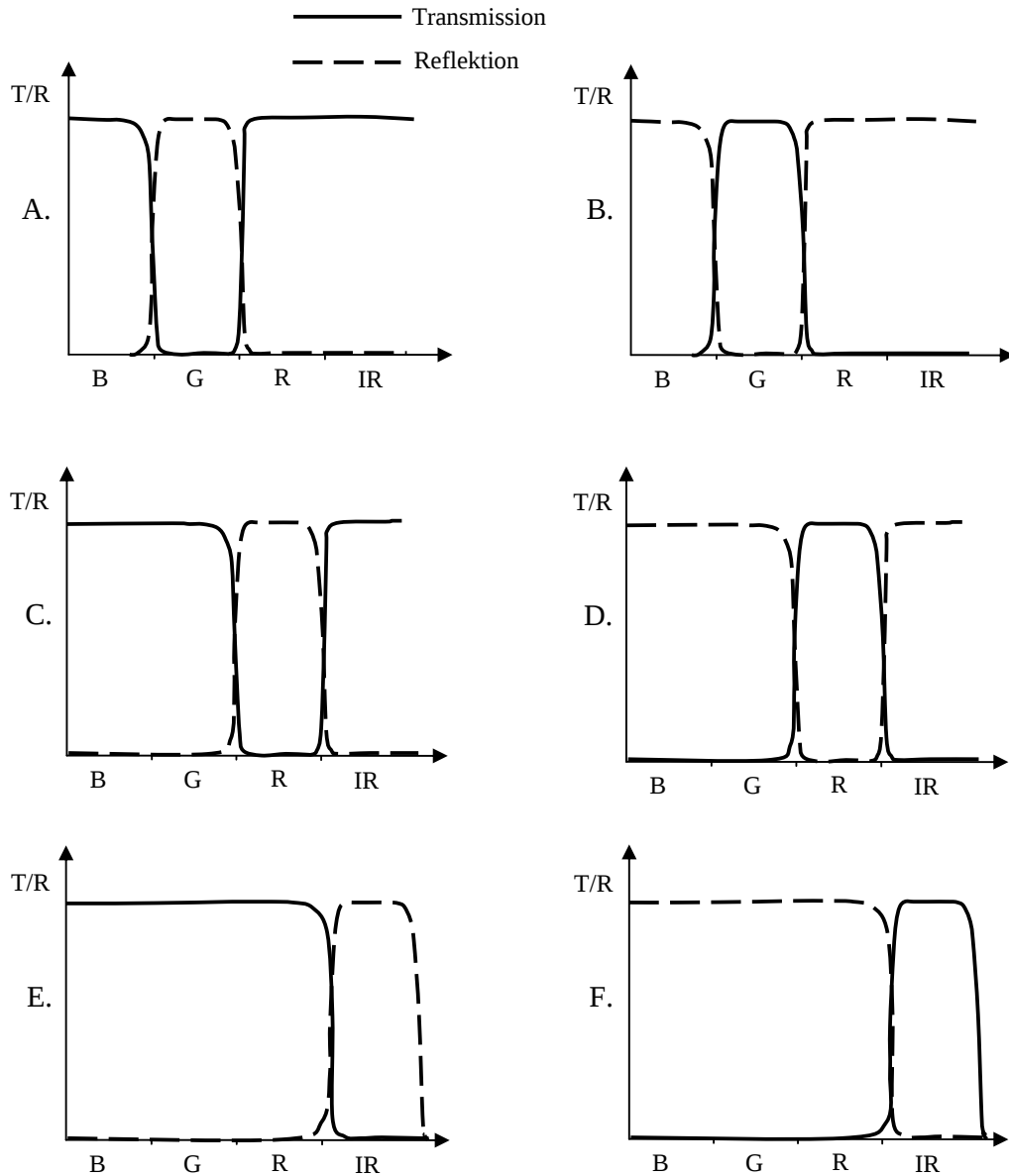


Uppgift 8

Du ska bygga en digital infraröd färgkamera enligt figuren nedan. Den består av objektiv, gulfilter, 3 CCD-sensorer och två så kallade dikroiska filter.



Du har tillgång till sex stycken dikroiska filter, A-F, vars reflektions- och transmissionskurvor visas i figurerna på nästa sida. Dikroiska filter fungerar så att vissa våglängder transmittteras och andra reflekteras.



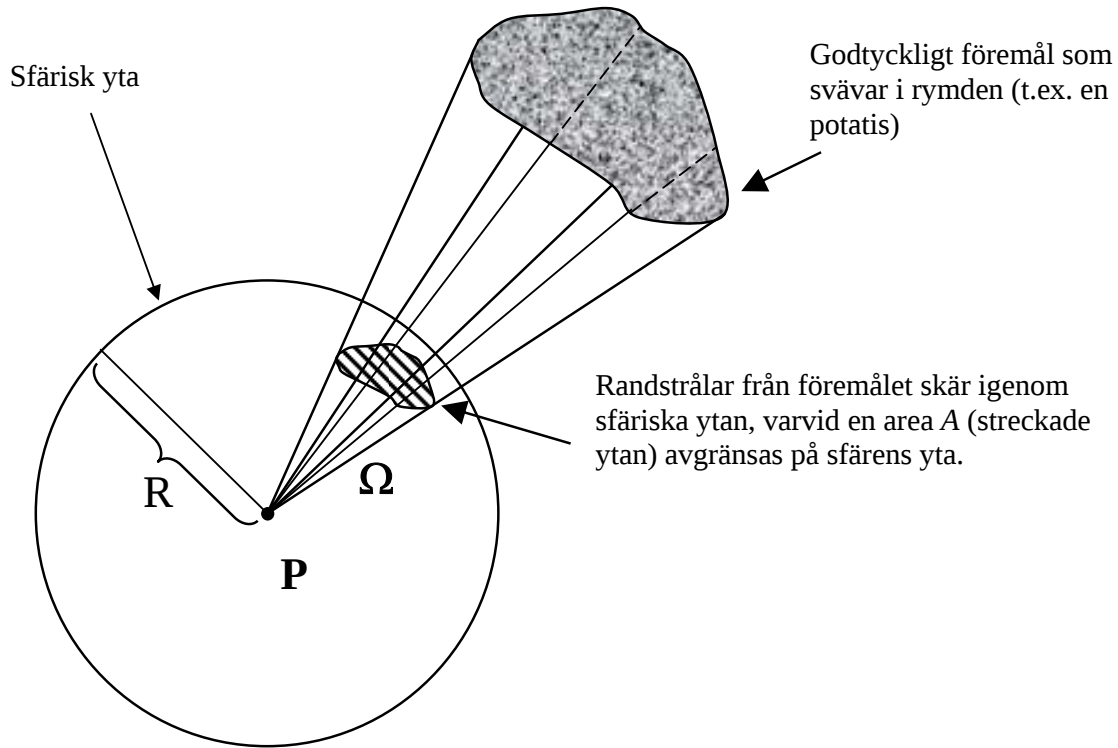
- a) Välj ut lämpliga dikroiska filter att använda som "Dikr. 1" respektive "Dikr. 2" i kamerafiguren på föregående sida. Förklara ditt val. (Det finns ett flertal olika lösningar på problemet, men det räcker att du presenterar en lösning.) (6p)
- b) Med vilka färger (R, G eller B) ska pixelvärdena från CCD:erna 1-3 i kamerafiguren på föregående sida återges i den slutliga bilden? (4p)

Lycka till!!

Kjell Carlsson

Formelblad: Radiometriska och fotometriska storheter

Begreppet rymdvinkel



Den rymdvinkel, Ω , under vilken vi från punkten P ser föremålet definieras genom formeln $\Omega = \frac{A}{R^2}$. Största möjliga rymdvinkel är 4π . Enhet: steradian (sr).

Radiometri

Utstrålning:

$$\text{Radiants, } R = \frac{d^2P}{dA d\Omega \cos \theta} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right].$$

För svartkroppsstrålare är $R = 1.80 \times 10^{-8} \times T^4$, där T = temperaturen i Kelvin.

Instrålning:

$$\text{Irradians, } I = \frac{dP}{dA} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

Forts. på nästa sida!

Fotometri

Handlar om hur starkt ögat uppfattar strålningen (t.ex. så uppfattar vi synligt ljus, men inte ultraviolett, röntgen och infrarött). Därför omvandlas strålningseffekten med hjälp av ögats spektrala känslighetskurva. Istället för strålningseffekt, får vi då en storhet som kallas

ljusflöde, Φ , och som har sorten **lumen** (förkortas lm).

Utstrålning:

$$\text{Luminans, } L = \frac{d^2\Phi}{dA d\Omega \cos \vartheta} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right].$$

För en svartkroppsstrålare beror L bara på temperaturen. För en perfekt matt reflekterande yta beror L på reflektionsförmågan och hur kraftigt den belyses.

Instrålning:

$$\text{Belysning, } E = \frac{d\Phi}{dA} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lux} \right]$$

Lösningar till tentamen i Teknisk fotografi, SK2380, 2010-08-19

(Observera att lösningarna och resonemangen inte alltid behöver vara som de nedanstående. Vissa tal kan gå ut på att göra intelligenta gissningar och slutledningar. Alla lösningar som uppfyller dessa krav belönas med hög poäng. Jag har ibland också lagt till lite extra kommentarer som inte behövs för full poäng på tentalösningarna.)

Uppgift 1

Papperet har bara $1/200$ så hög ljuskänslighet som filmen. Vid bländartal 11 skulle papperet behöva $\frac{200}{125} = 1.6$ sekunders exponeringstid. Vi vill ha en tid som är ungefär $\frac{10}{1.6} = 6.2$

gänger längre, vilket innebär att vi vill ha en belysning som är $\frac{1}{6.2} = 0.16$ gånger så hög som vid bländartal 11. Eftersom belysningen är omvänt proportionell mot bländartalet i kvadrat,

kommer lämpligt bländartal F att ges av $\left(\frac{11}{F}\right)^2 = 0.16 \Rightarrow F = 28$. De uppräknade linserna ger

följande bländartal (brännvidd/diameter): $F_1 = 3.8$, $F_2 = 15$, $F_3 = 8.3$, $F_4 = 30$, $F_5 = 8.0$.

Som synes ligger lins 4 mycket nära det önskade F -värdet, och är därför mycket lämplig. Av de övriga linserna ligger nummer 2 bäst till. Men dess bländartal är bara hälften av det önskade, och den ger därför en exponeringstid som bara är $1/4$ av önskat värde. Välj alltså lins 4.

Uppgift 2

Korrekt perspektiv erhålls om man vid betraktning av en bild ser motivets alla delar under samma synvinklar som när man stod på fotograferings- (eller målnings-) platsen. Eftersom den printade bilden är 10% så stor som målningen (i linjär skala), så ska den betraktas på ett avstånd som är 10% så stort som betraktningsavståndet för målningen. Då stämmer alla vinklar. 10% av målningens betraktningsavstånd är 25 cm, vilket var det avstånd som angavs för bildbetraktningen. Svaret blir alltså JA, det blir korrekt perspektiv.

Uppgift 3

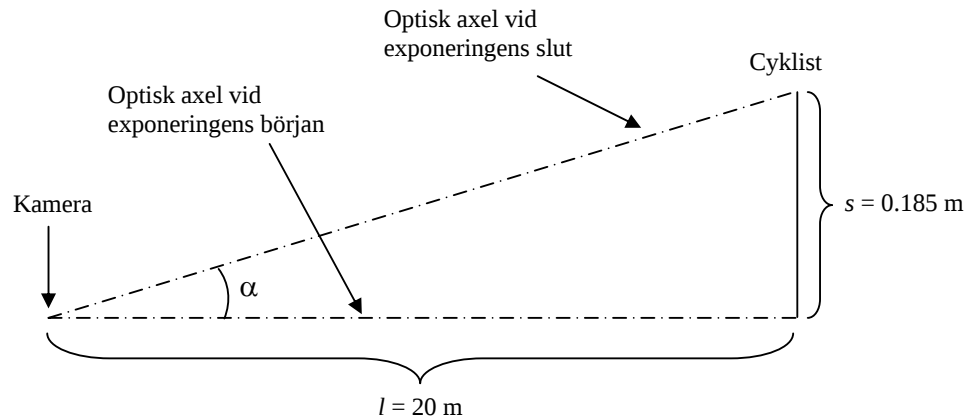
Gammaprodukten säger att $\gamma_{slutbild} \approx \gamma_{atmosfär} \cdot \gamma_{film} \cdot \gamma_{fotopapper}$. Goda atmosfäriska förhållanden ger $\gamma_{atmosfär} \approx 1$. Vi vet att $\gamma_{film} \approx 0.60$. För att beräkna $\gamma_{fotopapper}$ måste vi ur tonreproduktionskurvan bestämma $\gamma_{slutbild}$, vilket är beloppet av lutningskoefficienten för

kurvans räta mittdel. Ur figuren får vi $\gamma_{slutbild} \approx \frac{1.8 - 0.5}{1.4 - 0.4} = 1.3$. Detta ger oss

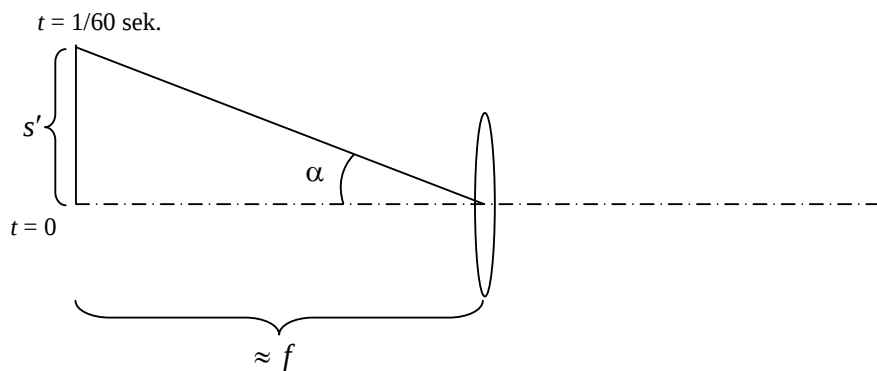
$$\gamma_{fotopapper} \approx \frac{1.3}{0.60} = 2.2.$$

Uppgift 4

Under exponeringstiden rör sig cykeln en sträcka $s = v \cdot t = \frac{40}{3.6} \cdot \frac{1}{60} = 0.185$ m. Kamerans vridning under denna tid illustreras i figuren nedan.



Kameran vrids en vinkel $\alpha = \arctan\left(\frac{s}{l}\right)$ under exponeringen. När kameran vrids en vinkel α kommer en stillastående motivdel att röra sig samma vinkel α inne i kamerans bildrymd. Detta ger ett utdraget "oskärpestreck" med längden s' .



Vi har att $\tan \alpha = \frac{s'}{f} = \frac{s}{l} \Rightarrow s' = \frac{sf}{l} = \frac{0.185 \cdot 0.15}{20} = 1.39 \times 10^{-3}$ m = 1.39 mm. Från sensor till slutbild har vi sedan en förstoring $M = \frac{80}{24} = 3.33$ vilket gör att oskärpestrecket i slutbilden blir $s' \cdot M = 4.6$ mm, vilket bör vara klart synligt.

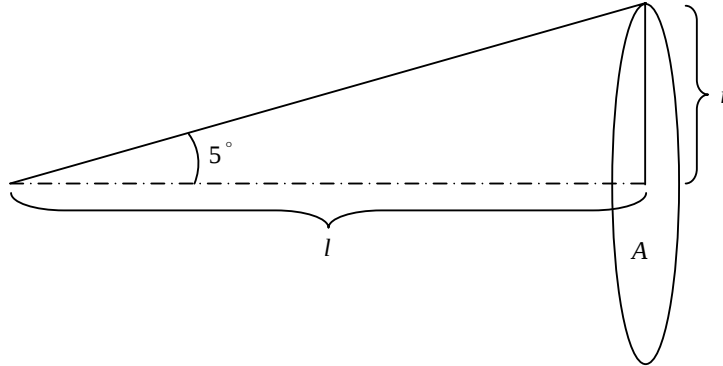
Uppgift 5

Sambandet mellan belysning E , ljusflöde Φ och area A ges av $E = \frac{\Phi}{A}$ (se formelsamlingen).

För att få önskad belysning krävs alltså att det tillgängliga ljusflödet fördelar sig över en area

$$A = \frac{\Phi}{E} = \frac{3400}{1.0 \times 10^5} = 0.034 \text{ m}^2. \text{ Det belysta områdets radie kan beräknas ur}$$

$$A = \pi r^2 \Rightarrow r = 0.104 \text{ m.}$$



Vi får $\tan(5^\circ) = \frac{r}{l} \Rightarrow l = \frac{r}{\tan(5^\circ)} = \frac{0.104}{0.087} = 1.2 \text{ m}$. Lampan ska alltså placeras 1.2 meter från insekterna.

Uppgift 6

Kurva 1 är den MTF som ger upphov till bilden i Fig. B. Ortsfrekvensen ökar ju närmare centrum av stjärnan vi kommer. I Fig. B ser vi att modulationen då minskar för att slutligen bli noll (grå zon utan linjemönster). Därefter ökar modulation igen, vilket innebär att MTF ökar med ökande orsfrekvens. Precis detta beteende uppvisar kurva 1. Vid ännu högre orsfrekvenser går modulationen återigen ner till noll åtföljt av en viss svag modulation vid ytterligare högre orsfrekvens (men detta kan vara lite svårt att se i Fig. B). Detta andra nollställe följt av en viss modulation syns tydligt i kurva 1.

Kurva 2 går monotont ner till noll vid ökande orsfrekvens, vilket inte alls stämmer med Fig. B.

Kurva 3 uppvisar vissa likheter med kurva 1, men den har inga nollställen vilket betyder att bilden inte kommer att ha någon helgrå zon följt av ökande modulation när vi går in mot centrum. Dessutom skulle kurva 3 ge en modulation som minskade mycket snabbt när vi rör oss från periferin in mot centrum, åtföljt av en mycket bred zon med konstant låg modulation. Så ser Fig. B inte ut.

Uppgift 7

För att undvika aliasing så krävs enligt samplingkriteriet att vi har minst två samplingpunkter (pixlar) per period av det mönster vi avbildar. Övergångsstället har en periodlängd av 1.0 m, vilket innebär att det måste finnas minst två pixlar per meter. På 1000 meter måste då finnas minst 2000 pixlar. Hela bilden måste då innehålla minst $2000 \times 2000 = 4$ miljoner pixlar.

Uppgift 8

En infraröd färgkamera detekterar 3 våglängdsband: infrarött (IR), rött (R) och grönt (G). Dessa färgkodas sedan som R, G och B (blått) i bilden som presenteras.

I kamerafiguren ser vi att det finns ett gulfilter efter objektivet som tar bort allt inkommande blått ljus. Resterande våglängdsband, $G + R + IR$, ska sedan fördelas på varsin CCD med hjälp av dikroiska filter 1 och 2. Som sägs i problemet kan detta åstadkommas på flera sätt. En möjlig lösning är följande:

Dikr. 1 = A kommer att reflektera grönt ljus till CCD 1. $R + IR$ kommer att transmittas genom Dikr. 1 och träffar Dikr. 2 = C, vilken kommer att reflektera rött ljus mot CCD 2. IR fortsätter genom Dikr. 2 och träffar CCD 3.

Vi får då:

CCD 1 detekterar grönt, och dess pixelvärden ska återges med blått i bilden.

CCD 2 detekterar rött, och dess pixelvärden ska återges med grönt i bilden.

CCD 3 detekterar IR, och dess pixelvärden ska återges med rött i bilden.