



KTH Fysik

Tentamen i
Teknisk Fotografi, SK2380,
2010-05-25, 9-13, FB52

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

Hjälpmedel: Formelblad "Radiometriska och fotometriska 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!

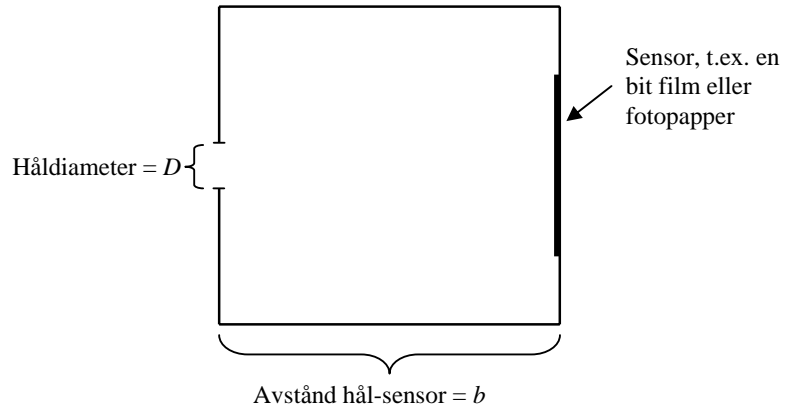
**Såvida inte annat sägs, motivera alla svar
och förklara alla införda beteckningar!**

- 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



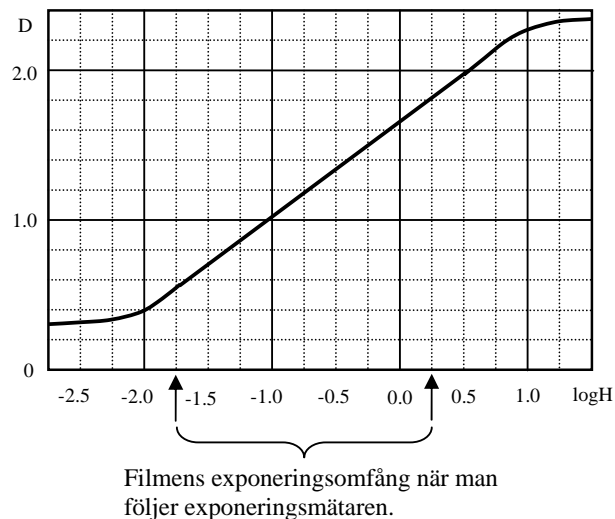
Motiv (långt borta)



En hålkamera är en rolig leksak som vem som helst kan tillverka och sedan ta skapliga bilder med. I hålkameran finns ingen lins utan bara ett litet runt hål som släpper in ljus i kamerahuset. För att få bästa möjliga skärpa i bilderna ska man välja en håldiameter enligt formeln $D = \sqrt{2.4\lambda b}$, där λ = ljusvåglängden och b framgår av figuren ovan. Ett problem med hålkameran är att hålet är litet, och därför blir belysningen låg i sensorplanet. Detta kan medföra att exponeringstiden kan bli ganska lång. Är det fördelaktigast att använda litet hål och kort avstånd b eller tvärt om för att få en kort exponeringstid (formelsambandet ovan ska vara uppfyllt)?

Ledning: Du kan räkna med att hålkameran exponeringsmässigt fungerar precis på samma sätt som en kamera med en lins som har diametern D och brännvidden b .

Uppgift 2

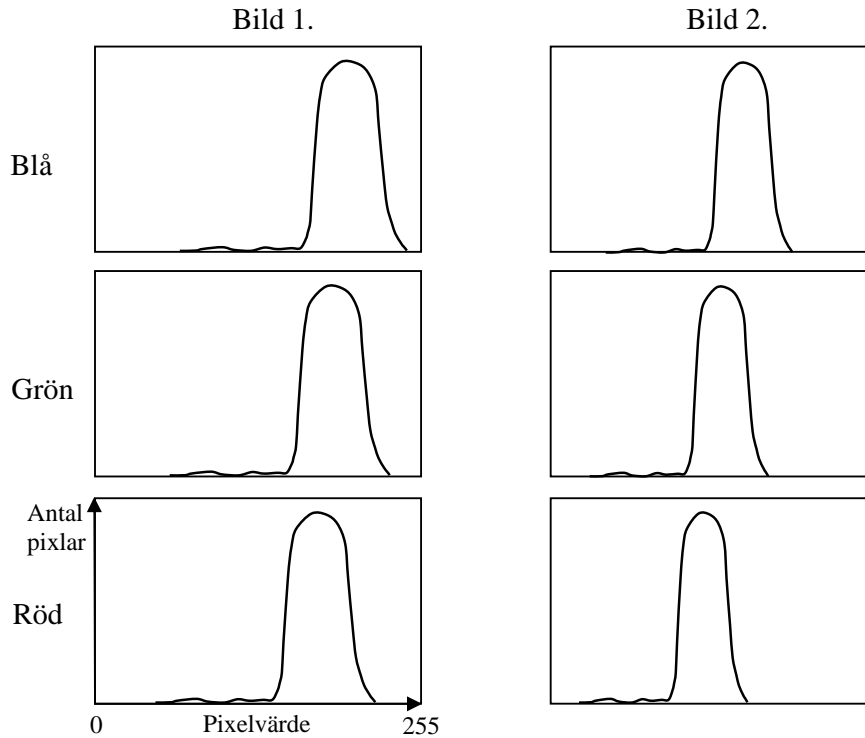


Figuren ovan visar svärtningskurvan för en svartvit fotografisk film. Indikerat i figuren är också det exponeringsintervall som utnyttjas vid fotograferingen av ett visst motiv när exponeringsmätaren visar korrekt exponering. Bländartalet som användes vid fotograferingen var 5.6. Din uppgift är att uppskatta ur figuren vilken marginal för felexponering som vi har. Vilket är det lägsta respektive högsta bländartal som skulle ge en acceptabel exponering av filmen vid fotografering av det aktuella motivet? Exponeringstiden är densamma i samtliga fall.

Uppgift 3

Du planerar att fotografera närbilder på fjärilar i sommar, och har kommit fram till att en lämplig avbildningsskala är 0.50, dvs den optiska bilden inne i kameran ska vara hälften så stor som motivet. Ett bivillkor är dock att avståndet mellan linsen (du får räkna på objektivet som en tunn lins) och fjärilen inte får vara mindre än 30 cm eftersom fjärilen då kan skrämmas bort. Vilka brännvidder är användbara för fjärilsfotograferingen?

Uppgift 4



Två bilder av samma vita snölandskap har tagits mitt på dagen. Bilderna är olika kraftigt exponerade, och deras histogram i blå-, grön- och rödkanalen visas i figuren.

- Vilken av bilderna är bäst exponerad, och varför? (5p)
- Var kamerans vitbalans (färgtemperatur) korrekt inställd vid fotograferingen? Om ej, borde den ha justerats mot lägre eller högre Kelvintal? (5p)

Uppgift 5

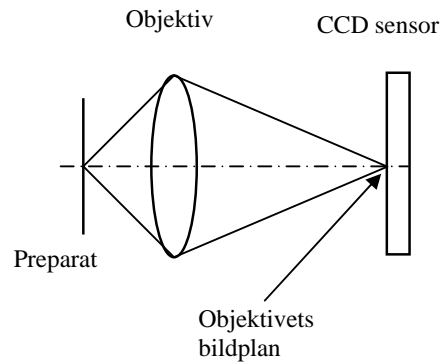
Du har en digitalkamera utrustad med ett zoomobjektiv som har brännviddsangivelser enligt bilden på nästa sida. "Equivalent 135" innebär att den brännvidd som anges på objektivet (100 mm på bilden) inte är den verkliga brännvidden. Istället anges vilken brännvidd som skulle behövas på en småbildskamera (filmruta 24 mm x 36 mm) för att få med lika mycket av motivet på bilden som med digitalkameran.

Med digitalkameran tänker du fotografera ett antal bilder som ska skrivas ut i formatet 10 cm x 15 cm (ingen beskärning görs, utan hela bilytan skrivs ut) och betraktas på ett avstånd av 25 cm. Vilken (equivalent) brännvidd ska du använda vid fotograferingen för att få korrekt perspektiv vid betraktningen av bilderna? (Motivavståndet är "stort".)

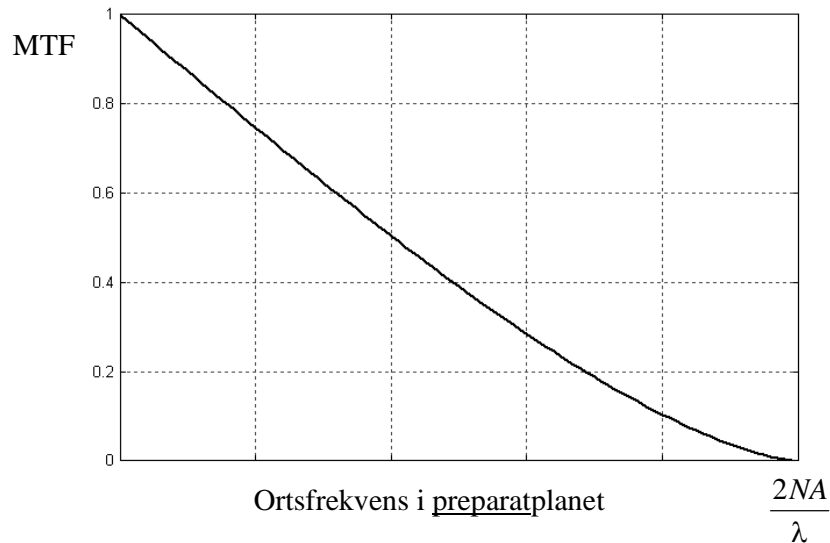


Uppgift 6

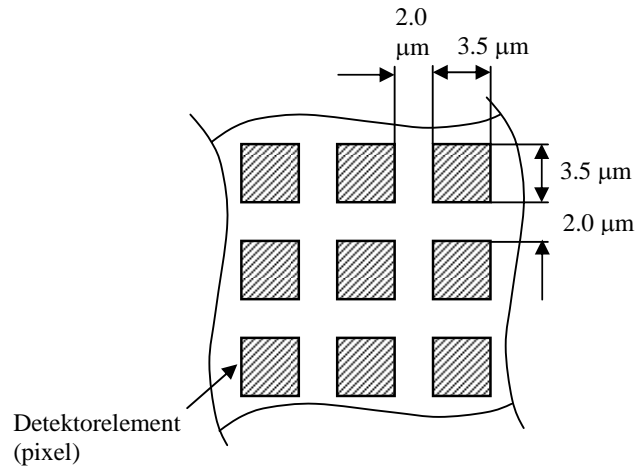
En medicinsk forskare vill montera en CCD-sensor på sitt mikroskop för att kunna ta bilder på sina preparat. Strålgången i mikroskopet med sensorn på plats visas i figuren nedan.



Objektivets förstoring är 40x, dvs, man får en avbildningsskala $M = 40$ vid avbildningen. Inom mikroskopi talar man inte om objektivs "ljusstyrka" utan man använder begreppet numerisk apertur, NA . Det använda objektivet har $NA = 0.80$. Ett mikroskopobjektivs MTF beskrivs approximativt av nedanstående kurva. Du kan sätta $\lambda = 550$ nm. Observera att man inom mikroskopi brukar ange ortsfrekvensen i preparatplanet, inte bildplanet. (Forts. på nästa sida!)



Nedanstående figur visar hur CCD-sensorn ser ut i stark förstoring.

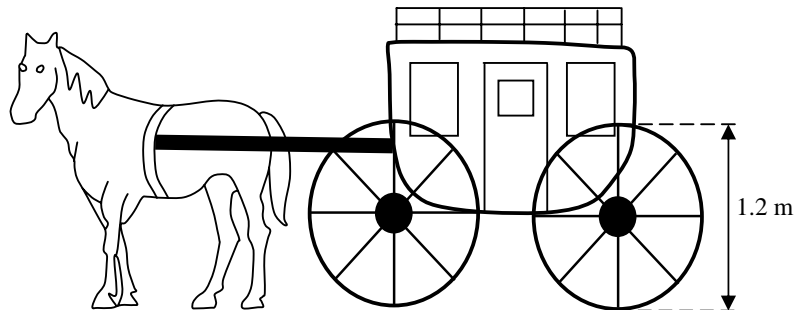


Är det risk att man kommer att få aliasing (moiré) i bilderna från mikroskopet?

Uppgift 7

I vilda västern-filmer ser man ibland diligenser som rör sig i full fart, och trots det ser hjulen ut att stå stilla eller till och med röra sig långsamt bakåt. Vilken är den lägsta hastighet för diligensen nedan som kan ge illusion av stillastående hjul?

Data för filmkameran: 24 bilder per sekund, brännvidd 60 mm, bländartal 5.6, 22 x 16 mm filmruta. Filmningen sker på avståndet 20 m.

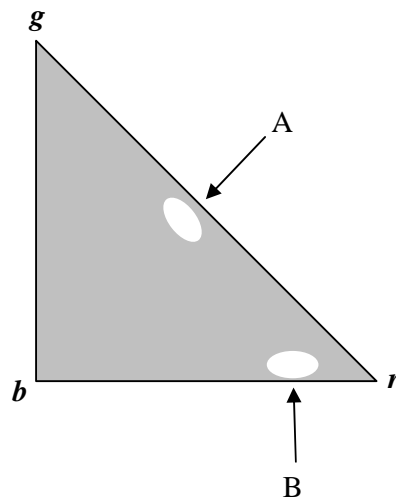


Uppgift 8

En rabatt med blommande rosor har fotograferats med en kamera som tar infraröda färgbilder. Figuren nedan visar var rosornas blommor respektive blad hamnar färgmässigt i en enkel färgtriangel (vita fläckarna). Bladen ser rent gröna ut för ögat, men vi vet att dom dessutom strålar kraftigt i infrarött. Även blommorna sänder ut mycket IR, och du får veta att dom antingen är röda, gula eller vita.

- a) Vilken av färgerna, A eller B, i färgtriangeln motsvarar blommorna? (5p)
- b) Vilken färg hade rosornas blommor (om flera möjligheter finns, ange samtliga)? (5p)

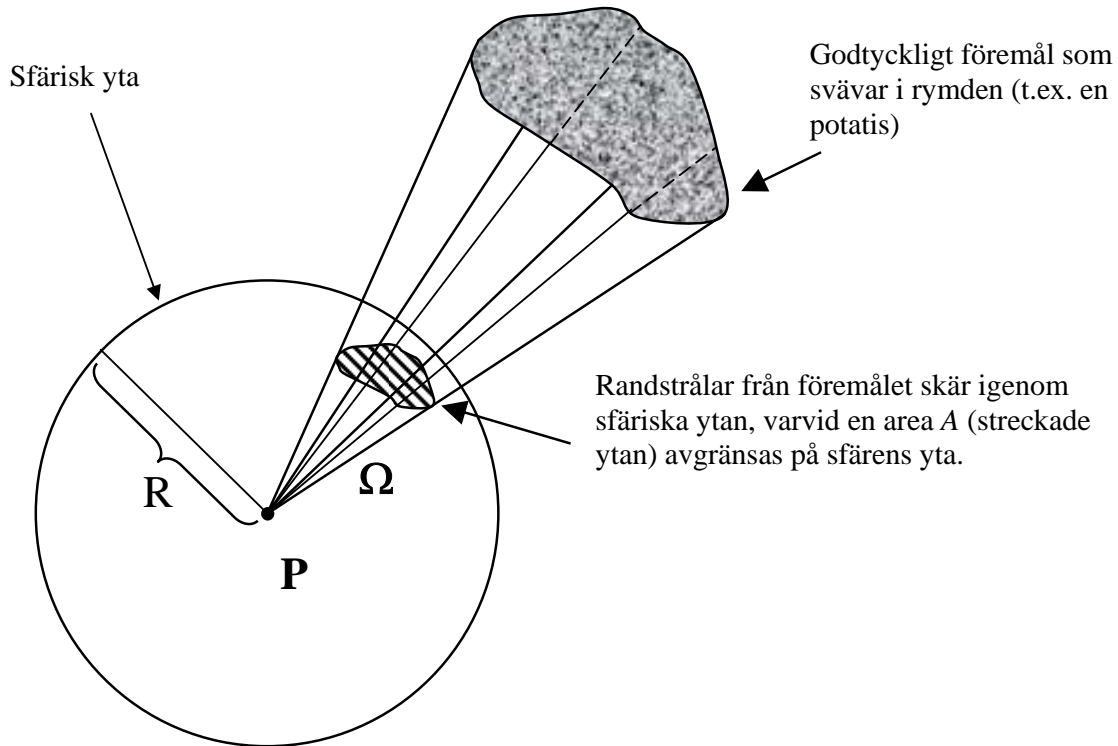
Glöm inte att du måste motivera alla svar!



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:

$$\text{Radians, } R = \frac{d^2P}{dAd\Omega \cos \vartheta} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right].$$

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

Instrålning:

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

Vänd!

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, 2010-05-25

(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

Ljusflödet in genom hålet är proportionellt mot D^2 (dvs. hålarean). Bildarean är proportionell mot b^2 . Detta betyder att belysningen (infallande ljusflöde per ytenhet) i sensorplanet är proportionell mot $\frac{D^2}{b^2} = \{\text{Enligt formeln}\} = \frac{2.4\lambda b}{b^2} = \frac{2.4\lambda}{b}$, dvs. belysningen i sensorplanet är proportionell mot $\frac{1}{b}$. Litet b (och därmed litet D) ger högst belysning och därmed kortast exponeringstid.

Alternativt kan man lösa problemet genom att införa ”bländartalet” $F = \frac{f}{D} = \frac{b}{D} = \frac{b}{\sqrt{2.4\lambda b}} = \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{2.4\lambda}}$. Belysningen i sensorplanet är proportionell mot $\frac{1}{F^2}$, vilket ger samma resultat som ovan, dvs. en belysning proportionell mot $\frac{1}{b}$.

Uppgift 2

Lägsta exponeringen, ursprungligen -1.75 på logH axeln, skulle kunna minskas med ca. 0.5 enheter på logH axeln. Den skulle då hamna på -2.25. (För lägre exponeringar kommer man ut på den praktiskt taget horisontella delen av svärtningskurvan, vilket innebär att man inte får någon kontrast alls.)

En minskning med 0.5 logH-enheter innebär att exponeringen blir $10^{-0.5} = 0.3$ gånger så hög som tidigare. Om vi ökar bländartalet från 5.6 till 8 blir exponeringen hälften så hög som tidigare. Det går bra ($0.5 > 0.3$). Om vi ökar bländartalet ytterligare ett steg, till 11, så blir exponeringen $1/4$ så hög som vid bländartal 5.6. Detta blir enligt ovanstående resonemang något för litet. Kan man ställa in halva bländarsteg så kan man ställa bländaren mellan 8 och 11 med OK resultat. (Genom att utnyttja att belysningen är proportionell mot $\frac{1}{F^2}$ så kan man räkna ut att högsta tillåtna bländartal ges av

$$F^2 = \frac{5.6^2}{0.3} \Rightarrow F = 10.)$$

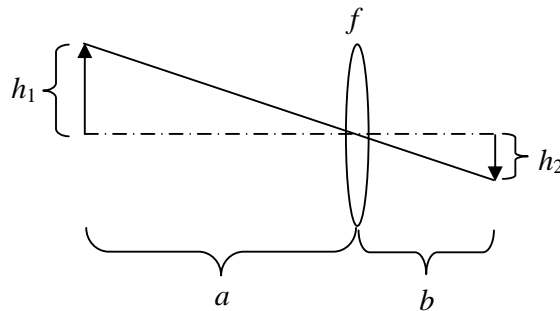
Om man sedan tittar på hur mycket högsta exponeringen kan ökas så ser man att vi har lite större spelrum. Vi skulle kunna öka den med kanske 1.0 enheter på logH axeln (till 1.25). Detta gör att vi exponerar 10 gånger mer, vilket motsvarar ca. 3 bländarsteg (vilket är en faktor 8). Vi skulle då hamna ungefär på bländartal 2. (En uträkning utgående från att belysningen är proportionell mot $\frac{1}{F^2}$ ger ett bländartal av 1.8.)

Slutsatsen blir att bländartal mellan ca. 2 och (nästan) 11 bör ge ett acceptabelt resultat exponeringsmässigt. Detta illustrerar den stora slarvmarginal (särskilt uppåt) som man normalt har med fotografisk film.

Det ska betonas att det givetvis är tillåtet att göra lite andra (rimliga) uppskattningar av marginalen i logH enheter än de som gjorts i denna lösning.

Uppgift 3

Figuren nedan visar strålgången vid fotograferingen.



Avbildningsskalan, $M = \frac{h_2}{h_1} = \frac{b}{a} = 0.50 \Rightarrow b = \frac{a}{2}$. Insatt i linsformeln $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ ger detta

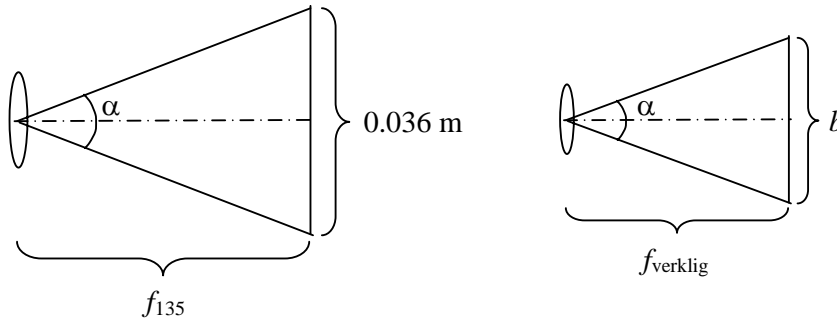
$\frac{1}{a} + \frac{1}{\frac{a}{2}} = \frac{1}{a} + \frac{2}{a} = \frac{3}{a} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{a}{3}$. Villkoret $a \geq 0.30$ m ger då att $f \geq 0.10$ m. Dvs. brännvidden måste vara minst 100 mm.

Uppgift 4

- Bild 1 är bäst exponerad. Den vita snön (stora puckeln) ska ligga på ett högt pixelvärde (men inte slå i högra väggen) så att snön verkligen blir vit i bilden (och inte grå). Genom att utnyttja höga pixelvärden får man också bättre signal/brus förhållande i bilden.
- Pixelvärdena ligger högst i blåkanalen och lägst i rödkanalen. Snön är ju rent vit, så vi borde ha samma pixelvärden i alla tre kanalerna. Ljuset är alltså lite blåare än vad kameran förväntar sig. Blåare ljus får vi vid högre temperatur. Ljusets färgtemperatur ligger alltså lite högre än vad kameran var inställd på. Kamerans färgtemperaturinställning borde alltså ha ökats till ett högre Kelvintal.

Uppgift 5

Antag att verkliga sensorbredden är b . Låt oss kalla verkliga brännvidden f_{verklig} och "equivalent 135" brännvidden kallar vi f_{135} . Eftersom lika mycket av motivet kommer med på bilden i bägge fallen får vi med hjälp av figuren nedan att $\frac{0.036}{f_{135}} = \frac{b}{f_{\text{verklig}}} \Rightarrow f_{\text{verklig}} = \frac{f_{135}b}{0.036}$.



Betraktningssavstånd för korrekt perspektiv ges av $s = M_{\text{kopiering}} \cdot f_{\text{verklig}} = \frac{0.15}{b} \cdot \frac{f_{135}b}{0.036} = 4.17 f_{135}$. Givet att betraktningssavståndet är 0.25 m, får vi $f_{135} = \frac{0.25}{4.17} = 60 \times 10^{-3} \text{ m} = 60 \text{ mm}$.

(Anm: Vi ser att kännedom om b och f_{verklig} inte är nödvändig, dom försvinner ju i ekvationen ovan. Resultatet blir precis detsamma som om man räknar direkt på en småbildskamera med brännvidden f_{135} , något som man med lite "fotografisk intuition" kan inse och därigenom förkorta lösningen något.)

Uppgift 6

Högsta ortsfrekvensen som objektivet kan avbilda ges av $\frac{2NA}{\lambda} = \frac{2 \cdot 0.80}{550 \times 10^{-9}} = 2.91 \times 10^6 \text{ m}^{-1}$ i preparatplanet, vilket motsvarar $\frac{2.91 \times 10^6}{40} = 7.27 \times 10^4 \text{ m}^{-1}$ i sensorplanet. Detta kräver en samplingfrekvens av minst $2 \cdot 7.27 \times 10^4 = 1.45 \times 10^5 \text{ m}^{-1}$ eller ett centrum-till-centrum avstånd mellan pixlarna av max. $\frac{1}{1.45 \times 10^5} = 6.9 \times 10^{-6} \text{ m} = 6.9 \text{ }\mu\text{m}$. Den använda sensorn har centrum-till-centrum avstånd $5.5 \text{ }\mu\text{m}$ så det går bra, inga problem med aliasing kan förväntas.

Uppgift 7

Den lägsta hastighet som kan ge illusion av ett stillastående hjul är då hjulet rör sig $\frac{1}{8}$ varv mellan exponeringen av bildrutor. 8 bildrutor motsvarar då att hjulet vridit sig ett varv, vilket tar $\frac{1}{3}$ sekund (vi tar 24 bilder per sekund). Vagnen rör sig alltså hjulets omkrets, $\pi \cdot 1.2$ meter på $\frac{1}{3}$ sekund. Detta ger en hastighet av $\frac{\pi \cdot 1.2}{\frac{1}{3}} = 11.3$ m/s ≈ 40 km/h.

Uppgift 8

- a) A svarar mot lika delar rött och grönt, och praktiskt taget inget blått. I verkligheten svarar det mot rött och IR. Detta måste vara blomfärgen eftersom bladen inte är röda. B svarar mot mest rött och lite blått, men praktiskt taget inget grönt. I verkligheten svarar det mot mest IR plus lite grönt. Detta måste vara bladen.
- b) Vi vet från uppgift a) att blommorna sände ut rött och IR, men inte grönt. Det vi inte vet är om dom dessutom sände ut blått ljus. Teoretiskt finns alltså två möjligheter för hur blommorna såg ut - rent röda eller blå Röda (magenta). Nu har vi i problemtexten fått upplysningen att dom inte var magenta, alltså återstår endast möjligheten att dom var röda.