



KTH Tillämpad Fysik

Tentamen i

SK1140, Fotografi för medieteknik

SK2380, Teknisk fotografi

2019-08-12, kl. 14-19, FB51

Uppgifterna är lika mycket värda poängmässigt (1.0 p) och är inte ordnade i svårighetsgrad. För godkänt krävs 55 % av max. poängtalet.

Det kan hända att data ges som du inte behöver använda för problemets lösande.
Det kan också hända att någon nödvändig data saknas och att du måste anta rimligt värde.

Hjälpmedel: Formelblad "Fotometri och Fotografi" (bifogad med tentamen)
Miniräknare, Linjal

Kursansvarig lärare: Linda Lundström (073-683 70 41)

Observera: Skriv namn på ALLA papper som lämnas in.
Skriv bara på en sida av papperet. (Tentorna kommer att scannas)
Skriv ALDRIG mer än EN lösning per papper.

**Såvida inte annat sägs, motivera alla svar
och förklara alla införda beteckningar,
gärna genom att rita figurer!**

Uppgift 1

Det är möjligt att få till artistiska bilder genom olika inställningar vid fotograferingen. Nedan visas 4 exempel på hur bilden (I-IV) av ett motiv kan se ut med olika inställningar vid fotograferingen. De 4 inställningarna som användes var:

A: $f/2$ och $1/40$ s B: $f/5,6$ och $1/10$ s

C: $f/2,8$ och $1/40$ s D: $f/2,8$ och $1/10$ s

Vilken inställning gav upphov till vilken bild?



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13654068>

Uppgift 2

Det finns flera olika standarder för hur man anger ljuskänsligheten på en digital sensor (ISO-talet var ursprungligen definierat för analog film). ScienceDirect ger två exempel:

A: Sensorn ger 10% av maximal signal när belysningen på ett motivet är 1,0 lux, förutsatt att motivet reflekterar 75% av det infallande ljuset diffust (innebär att motivet ger en luminans som är oberoende av betraktningvinkeln: $L = E_{in} \cdot \text{reflektansen} / \pi$) och kameraobjektivet har ett bländartal på 1,4.

B: Sensorn ger 10% av maximal signal när belysningen direkt på sensorn är 0,15 lux.

Vilken av sensorerna har högst ljuskänslighet?

<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/minimum-illumination>

Uppgift 3

Du ska fotografera Vasaskeppet (69 m långt) åt studentkårens tidning. Din utrustning består av en APS-kamera (15,6 x 23,5 mm) med ett fastbrännviddsobjektiv (50 mm med möjliga bländartal från 2,8 till 22), de andra objektiven glömdes tyvärr kvar hemma.

- Förklara vilken typ av objektiv detta är! Tele, normal eller vidvinkel? 0,3 p
- Hur långt bort från skeppet måste du stå för att precis få med hela skeppet på bilden om du fotograferar det rakt från sidan? 0,4 p
- Vilken bländartalsinställning skulle du välja och varför? 0,3 p



L-BBE, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56598202>

Uppgift 4

I uppdraget med att fotografera Vasaskeppet i uppgiften ovan ingår att se till så att bilden i tidningen upplevs som perspektivistiskt korrekt.

- Hur ska bilden visas för att ge korrekt perspektiv vid ett läsavstånd på 25 cm? 0,7 p
- Vad händer med perspektivet om läsaren skulle hålla tidningen på ett längre avstånd än 25 cm? 0,3 p

(Om du saknar svar från uppgiften ovan kan du anta ett motivavstånd på 160 m.)

Uppgift 5

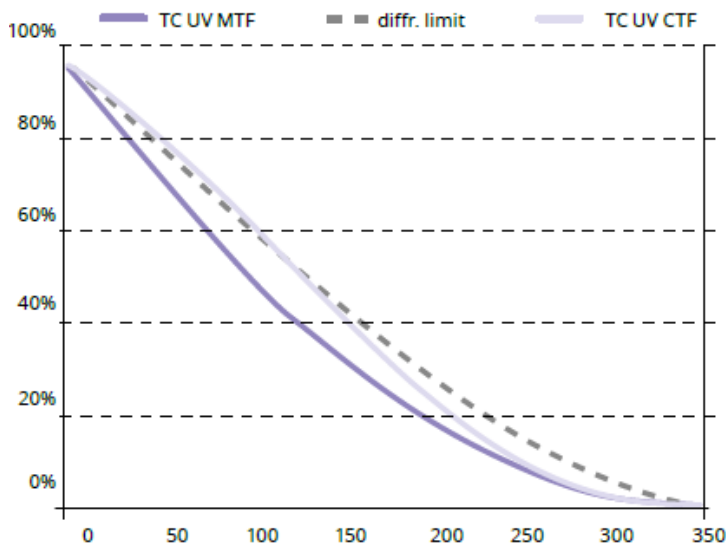
Du vill få en mer "havs-liknande" känsla genom att göra fotografiet av Vasaskeppet mer blåaktigt. Beskriv och förklara två sätt att åstadkomma detta på genom att:

- ändra inställningarna i kameran vid fotograferingen. 0,5 p
- sätta ett färg-filter på objektivet vid fotograferingen. 0,5 p

Uppgift 6

I en produktkatalog presenteras ett kameraobjektiv (TC UV) med nedanstående graf.

- Vilken egenskap hos objektivet beskriver grafen? 0,2 p
- Förklara vad som anges på x-axeln och vilka enheter dessa storheter kan ha. 0,4 p
- Vad innebär de tre kurvorna märkta "MTF", "diff. limit" och "CTF". 0,4 p



https://www.opto-e.com/media/downloads/docs/Catalog_EN_2019_low.pdf

Uppgift 7

När digitala sensorer började bli vanliga i kameror för konsument-marknaden gjordes det ofta reklam om hur många pixlar sensorn hade. Men nuförtiden är sensorns storlek ett bättre mått på kameran prestanda än antalet pixlar.

- Är det bättre med en större eller mindre sensor för att få bra bildkvalitet?
Förklara varför! 0,4 p
- Hur hänger pixelstorleken och antalet pixlar samman med kamerans prestanda?
Förklara genom att ge exempel för två bildkvalitetsmått. 0,6 p

Uppgift 8

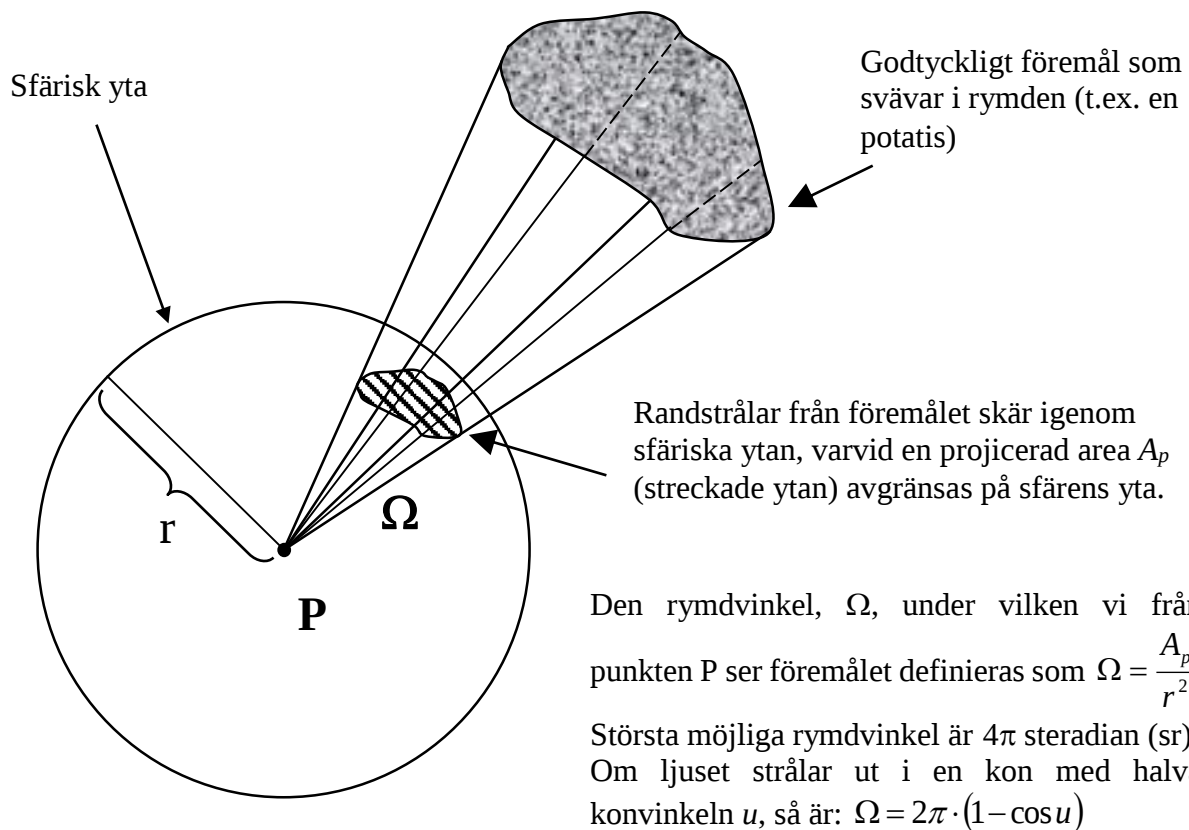
Du har fått ett antal gamla svartvita släktfotografier, i storlek 10 x 15 cm, som du vill fotografera av med en modern digitalkamera så att de gamla fotografierna precis upptar hela sensorytan. Vid denna avfotografering vill du få högsta möjliga bildkvalitet, eftersom de gamla bilderna är mycket skarpa och detaljrika. Av en kamrat kan du få låna en bra svartvit fullformatskamera (sensor 24 x 36 mm) med 32 megapixlar och ett mycket bra makroobjektiv (märkt 1.4/50).

- Vilket motivavstånd ska du använda vid fotograferingen? 0,4 p
- Hur små detaljer i fotografiet kommer denna kamera då att kunna återge korrekt? Du kan bortse från optiska fel och diffraktion i objektivet. 0,6 p

Lycka till!

Linda Lundström

Formelblad: Fotometri och Fotografi



Fotometri

Strålningseffekten omvandlas med hjälp av ögats spektrala känslighetskurva till **ljusflöde**, Φ , som har sorten **lumen** (lm).

Utstrålning:

$$\text{Ljusstyrka, } I = \frac{\Phi}{\Omega} \left[\frac{\text{lm}}{\text{sr}} = \text{candela} \right]$$

$$\text{Luminans, } L = \frac{\Phi}{A_{\text{källa}} \cdot \Omega \cdot \cos \vartheta} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right]$$

För svartkroppsstrålare beror L bara på temperaturen. För en perfekt matt reflekterande yta beror L linjärt på reflektionsförmågan och infallande belysning.

Instrålning:

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

Radiometri

Utstrålning:

$$\text{Radians, } R = \frac{P}{A_{\text{källa}} \cdot \Omega \cdot \cos \vartheta} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right]$$

För svartkroppsstrålare är

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

$$\text{Kameran med bländartal: } F = \frac{f}{D}$$

$$\text{Diffraktion: } D \cdot \sin \varphi = 1,22 \cdot \lambda$$

$$\text{Ljusbrytning: } n \cdot \sin i = n' \cdot \sin i'$$

$$\text{Avbildning: } \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad M = \frac{B}{A} = \frac{b}{a}$$

$$\text{Korrekt perspektiv: } s = M_{\text{kopia}} \cdot f$$

$$\text{Belysning: } E \approx \frac{L\pi}{4F^2}$$

Lösningar till tentan i SK1140, 190812:

Uppgift 1

Den nedre raden har mycket mer rörelseoskärpa och därmed en längre exponeringstid (eller slutartid) ($1/10 = 0,10$ s) än den övre ($1/40 = 0,025$ s).

Bild I: Hög exponering, men kort slutartid = $1/40$ s och stor bländaröppning $f/2 = A$

Bild II: Lägre exponering (samma som Bild IV) och kort slutartid = $1/40$ s och mindre bländaröppning $f/2,8 = C$

Bild III: Högst exponering och lång slutartid = $1/10$ s och stor bländaröppning $f/2,8 = D$

Bild IV: Lägre exponering (samma som Bild II), men lång slutartid = $1/10$ s och mindre bländaröppning $f/5,6 = B$

Uppgift 2

För att avgöra vilken sensor som är mest ljuskänslig behöver situationen i A) räknas om från belysning mot motivet till belysning på sensorn: $E_{\text{sensorA}} = L\pi/(4F^2)$. Där F är bländartalet = 1,4 och L är luminansen från motivet mot kameran: $L = E_{\text{in}} \cdot \text{reflektansen} / \pi = 1,0 \text{ lux} \cdot 0,75 / \pi = 0,239 \text{ cd/m}^2$. Då blir $E_{\text{sensorA}} = (1,0 \text{ lux} \cdot 0,75 / \pi) \cdot \pi / (4 \cdot 1,4^2) = 0,75 / (4 \cdot 1,4^2) = 0,096 \text{ lux} \approx 0,1 \text{ lux}$. Belysningen på sensor B måste vara $E_{\text{sensorB}} = 0,15 \text{ lux}$ för att ge samma signal. Alltså har sensor A högst ljuskänslighet.

Uppgift 3

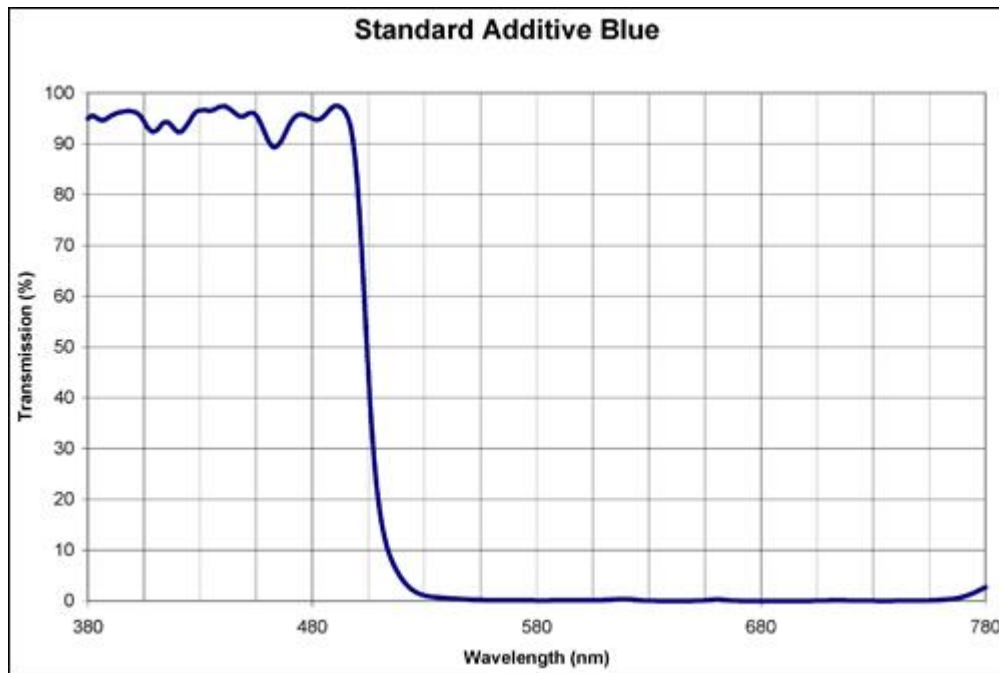
- Jämför brännvidden ($f=50$ mm) med diametern på sensorn ($D_{\text{sensor}}=28,2$ mm): $f > 1,4 \cdot D_{\text{sensor}}$, alltså teleobjektiv.
- Antag liggande format på fotografiet, då avbildas 69 m till 23,5 mm. Avbildningsskalan är alltså $M=0,00034$ ggr $= b/a \approx f/a$ (stort objektsavstånd), vilket med $f=50$ mm ger $a=147$ m (då får precis hela skeppet plats så kanske vill man stå lite längre bort för att ha någon marginal).
- Bästa möjliga bildkvalitet fås för bländartal kring 4, 5,6, och 8, för lägre bländartal ökar suddigheten pga optiska fel och för högre bländartal pga av diffraktion. Eftersom det ser ut att vara ganska mörkt är nog $f/4$ eller $f/5,6$ att föredra tillsammans med ett stativ för att få bra exponeringen utan skakningsoskärpa (museer brukar inte tillåta extra belysning).

Uppgift 4

- Betraktningssavståndet för tidningsbilden är $s = 25$ cm. För att få korrekt perspektiv ska $s = M_{\text{kopia}} \cdot f$, med $f = 50$ mm blir alltså $M_{\text{kopia}} = 5$ ggr, d.v.s. bilden i tidningen ska tryckas upp fem gånger större än vad bilden på sensorn är: För att upplevas som perspektivistiskt korrekt vid ett betraktningssavstånd på 25 cm ska bilden i tidningen vara $78 \times 117,5$ mm stor. (Alternativt kan man jämföra vinklar mot motiv respektive tidningsbild: $69 \text{ m} / a = (\text{bredd på tidningsbild}) / s$. Med $a = 160$ m blir bredden på tidningsbilden 108 mm)
- Om läsaren skulle hålla tidningen längre bort än $s = 25$ cm kommer hen att uppleva ett överdrivet djup i bilden.

Uppgift 5

- Man får en blåaktigare bild genom att ändra kamerans vitbalans till en lägre färgtemperatur än vad belysningen av motivet egentligen har (t.ex. kan man välja glödlampe-inställningen om museet har lysrör), då kommer kameran ge mer förstärkning i blå-kanalen och mindre i röd-kanalen.
- Man behöver ett filter som släpper igenom blått ljus, men blockerar en stor del av det röda. Se tex transmissionskurvan från abrisatechnologies.com nedan:



Uppgift 6

- Grafen beskriver objektivets kontrastöverföringsfunktion, d.v.s. förmågan att överföra kontrasten i motivet till bilden på sensorn, och är därför ett mått på hur bra bildkvalitet kameraobjektivet kan ge.
- Se kompendiumet avsnitt 17.3. På y-axeln anges andel överförd kontrast, i detta fall i procent, men det är också vanligt att kvoten $\frac{\text{kontrast}_{\text{bild}}}{\text{kontrast}_{\text{motiv}}}$ anges i decimalform där 1 (100%) betyder att kontrasten överförs helt och 0 (0 %) att bilden blir grå. Kontrastöverföringsförmågan varierar med hur stora detaljer vi vill avbilda och därför är det detaljstorlek som anges på x-axeln. Oftast anges detaljstorleken som orsfrekvens i enheten linjepar/mm i sensorplanet (vilket är fallet här), där högre värden innebär mindre detaljer. Men andra enheter kan också förekomma (t.ex. linjepar/sensorhöjd eller linjepar/mm i motivet för ett visst arbetsavstånd).
- MTF = Modulation Transfer Function, dvs objektivets uppmätta kontrastöverföringsförmåga för sinusformade randmönster i olika orsfrekvenser (vanligaste måttet för kameraobjektiv). Diffr limit = den teoretiskt bästa möjliga kontrastöverföringsförmågan som är diffraktionsbegränsad (beräkningarna är gjorda för samma bländartal som objektivets MTF är uppmätt vid). CTF = Contrast Transfer Function, dvs objektivets uppmätta kontrastöverföringsförmåga för svart-vita linjemönster i olika orsfrekvenser (inte lika vanlig att ange, men kan vara intressant för speciella tillämpningar).

Uppgift 7

- Generellt ger en större sensor bättre bildkvalitet än en mindre sensor med i övrigt liknande egenskaper. Se kompendiumet avsnitt 16.6 och 17.8 angående betydelsen av avbildningsskala för kamerans upplösning och MTF. Större sensorer möjliggör även större pixlar vilket också är en fördel för bildkvaliteten (se nedan)
- Pixelstorleken påverkar bland annat brusnivåer och dynamisk vidd eftersom större pixlar kan detektera fler fotoner och därmed ge högre SNR och klara av att fotografera motiv med stort kontrastomfång (större dynamisk vidd), se kompendiumet avsnitt 14.5. Gränsen för hur stora pixlar man vill ha sätts av hur hög samplingstäthet som behövs (större pixlar ger lägre Nyquist frekvens), vilket beror på tillämpning. Om detaljrikedomen i bilden på sensorn är högre än Nyquist frekvensen kan Moiré effekter uppstå (se kompendiumet avsnitt 22.4).

Uppgift 8

- a) Tänk på att det är makrofotografering dvs $b \neq f$: avstånden vid fotograferingen: $M=24 \text{ mm} / 10 \text{ cm} = 0,24$ ggr $= b/a$ och $1/f=1/a+1/b$ ger $1/(50 \text{ mm})=0,24/b+1/b$ och slutligen $b = 62 \text{ mm}$ och $a = 258 \text{ mm}$. Motivavståndet ska alltså vara 25,8 mm.
- b) Hur små detaljer i fotografiet som kameran kan upplösa beror dels på hur bra bildkvalitet den ger och dels hur pass tätt den kan sampla. I detta fall står det att vi ska bortse från optiska fel och diffraktion i objektivet, alltså behöver vi bara undersöka sensorns sampling. Sensorns samplingstäthet beror på pixelstorleken: Pixelstorlek (= centrum-centrum avstånd = pixelkantlängd) fås från $\sqrt{24 \text{ mm} \cdot 36 \text{ mm} / 32000000} = 0,0052 \text{ mm}$ och samplingsfrekvensen $v_s = 192,5 \text{ pixlar/mm}$. Alltså är Nyquistfrekvensen $= 96,2 \text{ linjepar per mm}$ i sensorplanet. Med hjälp av avbildningsskalan kan detta räknas om till motivplanet: $96,2 \cdot 0,24 = 23 \text{ linjepar per mm}$. Alltså kommer det att vara möjligt att avbilda upp till 23 linjepar per mm i de gamla fotografierna utan att få problem med Moiré artefakter. (Om vi antar att kameraobjektivet är diffraktionsbegränsat för $f/5,6$ så är den optiska gränsfrekvensen ca 300 mm^{-1} ($1/(5,6 \cdot \lambda)$) i sensorplanet.)