Svar till tentamen i Vågor och partiklar, SK1131, 22 augusti 2011

1. a. Avståndet till objektet är p_1= 4 m resp. p_2= 8 m eftersom objektet till kameran är din spegelbild som ligger 2 m resp. 4 m bakom spegeln. Använd linsformeln för att bestämma bildens läge i förhållande till linsen, $\frac{1}{f}=\frac{1}{i}+\frac{1}{p}$. Förflyttningen av bilden relativt linsen blir då

$\Delta i = i_1 - i_2 = 5.063\cdot 10^{-2} - 5.031\cdot 10^{-2} = 0.3mm$.

b. Förstoringen $m=-\frac{i}{p}=\frac{0.050}{8}=-0.00625$ och $|m|=\frac{h^l}{h}$ med din egen längd h (min längd =184 cm) kan det t ex bli h' =11.5 mm. Objektet är rättvänt och bilden på filmen blir alltså inverterad (p.ga. minustecknet och den reella bilden).

c. 5 Mpixel på 0.00864 m^2 => en kvadratisk pixel har sidlängden 13 μm. Bilden av dig (om du är 184 cm lång) blir då 11.5 mm/13 μm = 874 pixel.

2.a.Vinkelupplösningen för objektivet är $\alpha = \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{1.22\cdot 500\cdot 10^{-9}}{50\cdot 10^{-3}} = 1.2\cdot 10^{-5}\,rad.$

(med diametern, D=50 mm och λ=500 nm)

b. För detektorn gäller att det närmaste två punkter kan ligga varandra, för att vi skall kunna upplösa dem, är lika med avståndet mellan pixlarna, r , $\frac{r}{f} = \tan\alpha \approx \alpha = \frac{13\cdot 10^{-6}}{50\cdot 10^{-3}} = 26\cdot 10^{-5}\,rad.$

c. Objektivet kan alltså upplösa mndre vinklar och det blir alltså detektorn som begränsar upplösningen.

3. En lämplig våglängd är i det gröna området, t ex. λ = 550 nm. Både strålen som faller in mot MgF_2 filmen och den som passerar filmen och träffar glaslinsen kommer att reflekteras mot tätare medium och får ett fasskift på π. Det ackumulerade fasskiftet för de två strålarna blir

$k_1 = \pi$ och $k_2 = \frac{2\pi n}{\lambda}2L + \pi$,

För utsläckning i reflexion (destruktiv interferens) gäller att de skall vara ur fas, dvs. $k_2 - k_1 = m2\pi + \pi$

dvs. med $m=0$ blir $k_2 - k_1 = \frac{2\pi n}{\lambda}2L = \pi \Rightarrow L = \frac{\lambda}{4n} = 100nm.$

4. a. Cirka 930 nm.
b. Enligt fig. får man 0.65 A per Watt, dvs. 2 A. Den elektriska effekten är $P=U\bullet I$= 0,7•2 = 1,4 W.
c. Fotoner med lägre energi kan inte exitera elektronerna över bandgapet och de blir därmed kvar i valens-bandet. Vi får alltså inte ut någon ström.
d. Räkna ut antalet fotoner för en given inkommande energi (effekt•tid) och sen antalet elektroner som detektorn genererar under samma tid. Energin för en foton vid 930 nm är E_{foton} = hc/λ=2.13•10^{-19}J. För en ineffekt på 1 W under 1 sekund faller det in x fotoner på detektorn, x=P•t/ E_{foton} = 4,68•10^{18} fotoner. Dessa ger vid 930 nm en strömmen I = 0.65 A (= eletronladdningar q per sek). Det svarar mot y= I •t/q = 0,6•1/1.6•10^{-19} = 3,75•10^{-18} elektroner. Kvantverkningsgraden blir då y/x = 0,80, dvs. det är en sannolikhet av 80 % att en inkommande foton skall fångas in i bandgapet och generera en ledningselektron.
5. Vi löser ut tiden från R = R_0 $e^{-\lambda t}$: $T_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.
t= 1/λ• ln R/R_0 = (5730 år/ln2) ln [(15.3/63.0)•(5.0/1.0)] = 1.61 •10^3 år.

6. a. Energin av det exciterade tillståndet ges av E = hc/λ = 2,105 eV.
b. Vi använder osäkerhetsrelationen ΔE • Δt >ħ där Δt är givet till 1,6 10^{-8} s. Vi löser för ΔE. ΔE > ħ/Δt = 1,055• 10^{-34} Js/ 1,6• 10^{-8} s = 6,6 10^{-27} J = 4,1• 10^{-8} eV.
c. Atomen stannar oändligt lång tid i grundtillståndet, varför detta tillstånd ej har någon grundläggande osäkerhet. Spridningen i våglängd för den emitterade fotonen ges då av ΔE/E = Δλ/λ, dvs. Δλ = λ (ΔE/E) = 589,0 nm (4,1 10^{-8} eV/2,105 eV) = 0,011 pm.