

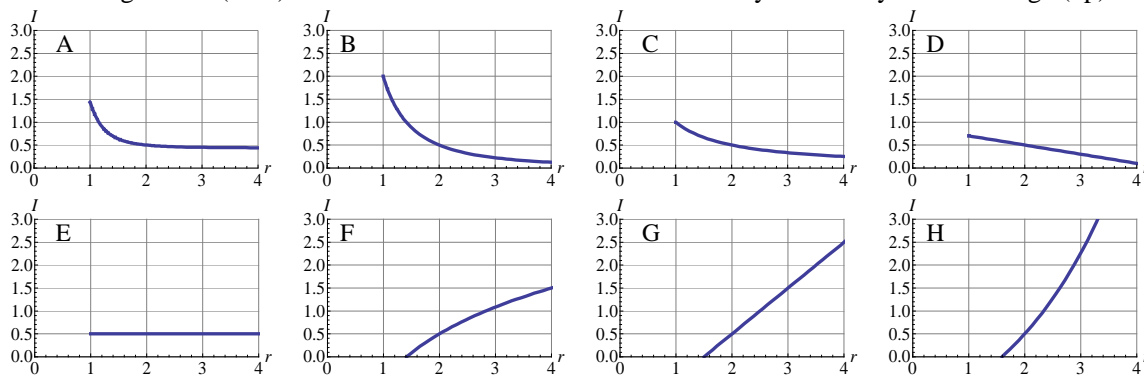
Del 1. Dina TRP adderas till resultatet på denna del (upp till max 30p).

1. Ljud och snö

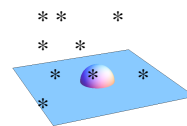
Sträckan 2,0 m från en ljudkälla har ljudvågorna intensiteten $0,5 \text{ W/m}^2$.

a) Vilken av graferna (A-H) nedan visar hur ljudvågornas intensitet I varierar med avståndet r för en sfäriskt symmetrisk våg? (1p)

b) Vilken av graferna (A-H) nedan visar intensitetsvariationen för en cylindriskt symmetrisk våg? (1p)



c) En ljudkälla är monterad i marknivå och skickar ut jämt fördelade ljudvågor i en halvsfär. Sträckan 1,0 m från ljudkällan är ljudintensitetsnivån 90,0 dB. Vad är då ljudintensitetsnivån vid 5,0 m? (4p)



d) Nu börjar det snöa! Låt oss anta att ljudets intensitet då dämpas enligt $I^* = Ie^{-kr}$ där I^* och I är ljudintensiteten med respektive utan snöfall. Ljudintensitetsnivåerna vid de ovan angivna sträckorna mäts nu istället upp till 89,13 och 71,68 dB. Ange värde och enhet på konstanten k . (4p)

2. Grundfrekvenser

Vi betraktar först en cellosträng med längden 80 cm mellan de fastspända ändarna. Strängen har de intilliggande resonansfrekvenserna $m = 315$ och $m+1 = 420$ Hz.

a) Vilka övertoner motsvarar de angivna resonansfrekvenserna? (2p)

b) Vad är strängens grundfrekvens f_1 ? (2p)

c) Hur mycket ska strängen kortas för att grundfrekvensen ska ökas med en faktor 1,25? (3p)

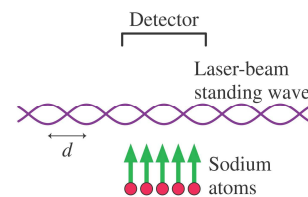
d) Två identiska pianosträngar har grundfrekvensen 440 Hz då de är spända med samma kraft. Med hur många procent måste dragkraften öka i ena strängen för att svängningar med frekvensen 4 Hz ska höras? (3p)



3. Diffrakterade natriumatomer

a) Ta fram värden för de Broglievåglängden för *i*) en elektron, *ii*) en neutron, *iii*) en natriumatom, och *iv*) en ärtä (som antas väga 1g). I samtliga fall rör sig partikeln med 100 m/s. (4p)

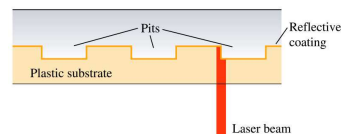
b) Vi betraktar vanligtvis hur ljus diffrakteras av ett material (tex. ett gitter). Enligt våg-partikeldualismen går det också att göra tvärtom. Det går till exempel att skapa ett periodiskt ståendevågsmönster och sedan skicka atomer med stor de Broglievåglängd genom detta mönster. Figuren visar ett sådant experiment där natriumatomer med farten 50 m/s skickas genom ett ståendevågsmönster bildat av laserljus med våglängden 600 nm. Hur långt vid sidan om centralmaximum kommer första ordningens diffraktionstopp att registreras om avståndet till detektorn är 1,2 m? (6p)



Del 2. (Maximalt kan 30 poäng erhållas på denna del)

4. CD-detektion och filmexpansion

a) En CD läses med en halvledarlaser med våglängden 790 nm. Strålen går genom ett plastsubstrat med brytningsindex 1,8. När strålen träffar en grop ("pit") reflekteras delar av strålen från gropen och andra delar av strålen från området mellan groparna (se figuren). Vad ska groparnas minsta djup vara så att delarna släcker ut varandra? (4p)



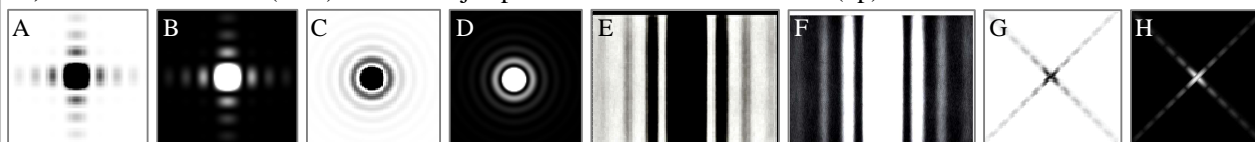
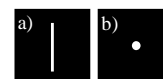
b) En tunn film med brytningsindex 1,750 är belagd på en glasskiva med brytningsindex 1,50. Reflektionen av vinkelrätt infallande ljus med våglängden 582,4 nm interfererar destruktivt. Provet värmebehandlas sedan i en ugn med temperaturen 170°C. Filmen expanderar på grund av detta och den destruktiva interferensen sker nu istället för våglängden 588,5 nm. Antag att filmens brytningsindex inte påverkas av värmebehandlingen och beräkna hur mycket filmtjockleken har ökat? (6p)

5. Diffraction och upplösning

Bilderna nedan visar olika diffraktionsmönster där ljusa områden motsvarar hög irradians.

a) Vilket av mönstren (A-H) bildas för ljus som passerat en smal spalt? (1p)

b) Vilket av mönstren (A-H) bildas för ljus passerat ett litet cirkulärt hål? (1p)



Öppningen på en katts pupiller ges av $D(I) = \frac{10I^{-0,3} + 3}{I^{-0,3} + 2}$ (mm), där I är irradiansen av ljus med våglängden

589 nm som träffar ögat. Vid nattseende ($I \rightarrow 0$) är kattens pupill en cirkulär öppning. Sambandet anger då pupillens diameter. I dagsljus ($I \rightarrow \infty$) dras pupillen samman till en spalt. Sambandet anger då spaltbredden. Antag att kattögonens upplösningförmåga bestäms av pupillens form och storlek.

c) Beräkna på hur stort avstånd katten kan upplösa två små ljuskällor på 5,0 cm inbördes avstånd på natten. (4p)

d) Beräkna på hur stort avstånd en katt kan upplösa två små ljuskällor på 5,0 cm inbördes avstånd på dagen. (4p)

6. Från små vinklar till cykloider

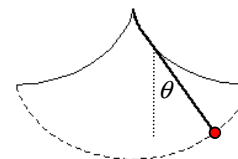
a) En matematisk pendel med längden ℓ och massan m svänger med små vinkelutslag enligt $\theta(t) = \theta_0 \cos(\omega t + \phi_0)$. Periodtiden T_a kan då approximativt anses vara oberoende av startvinkeln θ_0 . Ta fram ett samband för T_a . (2p)

b) Utan småvinkelapproximationen kan periodtiden skrivas $T_b = T_a \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2\left(\frac{\theta_0}{2}\right) + \frac{9}{64} \sin^4\left(\frac{\theta_0}{2}\right) + \dots \right)$.

Använd antal termer enligt uttrycket och ange vilken vinkel θ_0 som ger en avvikelse från T_a på 2%. (2p)

c) Om pendelkulan följer en cykloidbana uppnås ett amplitudoberoende för alla vinklar.

Rörelsen kan beskrivas av $\left(\frac{d\xi}{dt}\right)^2 = \frac{2g(\cos \xi_0 - \cos \xi)}{\ell \sin^2\left(\frac{\xi}{2}\right)}$ där $\theta = \frac{\xi}{2} - \frac{\pi}{2}$ (rad). Ta fram ett



samband för periodtiden T_c . (6p)