

Linköpings Universitet
Institutionen för Fysik, Kemi, och Biologi
Avdelningen för Tillämpad Fysik
Mike Andersson

Lösningförslag - tentamen

Torsdagen den 27:e maj 2010, kl 08:00 – 12:00

Fysik del B2 för tekniskt / naturvetenskapligt basår / bastermin

BFL 122 / BFL 111

Tentamen består av totalt 6 uppgifter där varje korrekt löst uppgift belönas med 4 poäng. Maximal skrivningspoäng är 24.

Hjälpmiddel: Miniräknare och valfri formelsamling

Tänk på att:

- Varje inlämnat Lösningsblad skall vara numrerat och märkt med identifikationsnummer
- Endast lösningen till **EN** uppgift får redovisas på varje blad/papper
- Inlämnade lösningar skall vara renskrivna och läsbara
- Alla lösningar skall vara välmotiverade
- En figur/ skiss underlättar alltid lösningsprocessen samt förståelsen av lösningen.

OBSERVERA: *Själva frågan som ska besvaras för varje uppgift är given i kursiv stil*

Jag kommer att finnas till hands under själva tentamenstiden för att svara på frågor angående eventuella oklarheter i problemformuleringarna. Om jag inte finns på plats i ett visst ögonblick kan jag nås på tel. nr. 0762-672281 under skrivningstiden.

Lösningförslag kommer att läggas upp på kurshemsidan efter skrivningstidens slut.

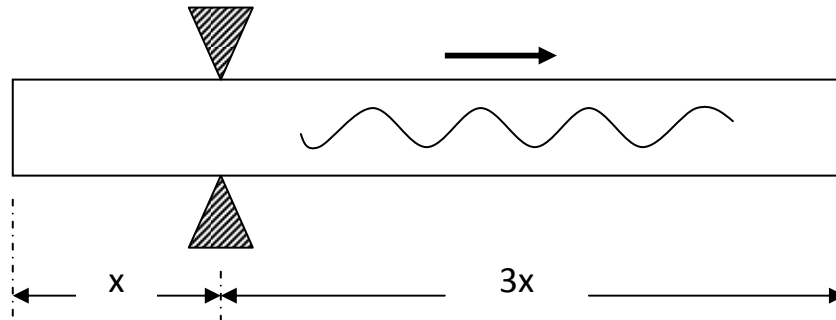
<i>Betygsgränser:</i>	5	20-24 p
	4	15-19 p
	3	10-14 p

Lycka till!! //Mike

1. En stång kläms fast som i figuren nedan, så att den sitter fast i en punkt som är en fjärdedel av stångens hela längd från dess ena ände. Båda ändarna på stången är dock helt fria. En transversell vågrörelse sätts igång i stången med utbredningsriktning längs med stången. Frekvensen på vågrörelsen ökas långsamt från väldigt låg och första gången som en stående våg fås är när frekvensen är 5,6 kHz. Stångens hela längd är 77 cm.

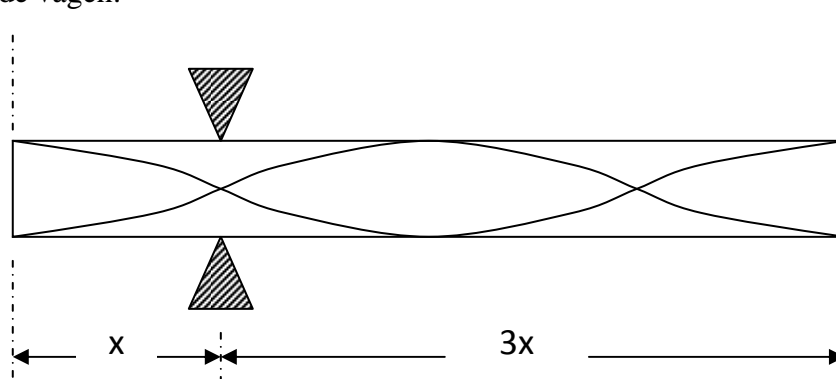
Vilken är utbredningshastigheten för vågorna i stången?

(4p)



Lösningsförslag:

Från uppgiftstexten framgår att en stående våg bildats i stången. För en stående våg måste gälla att det bildas en nod där det material som vågen rör sig i sitter fast. I de ändarna som är helt fria bildas det bukar. Eftersom våglängden är densamma genom hela stången får man för den lägsta frekvens (längsta våglängd) som det kan bildas en stående våg följande utseende på den stående vågen:



Eftersom det mellan två på varandra följande bukar (eller noder) är ett avstånd som motsvarar en halv våglängd, fås att hela stångens längd utgörs av en våglängd, d.v.s $\lambda = 0,77$ m. Enligt sambandet $v = f \cdot \lambda$ fås då att utbredningshastigheten blir:

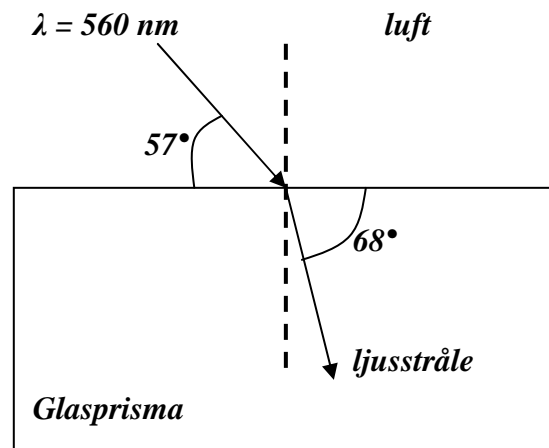
$$v = f \cdot \lambda = 5,6 \cdot 10^3 \cdot 0,77 = 4,312 \cdot 10^3 \text{ [m/s]}$$

Svar: 4300 m/s

2. En stråle av ljus med våglängden 560 nm skickas i en vinkel av 57° mot ytan på ett glasprisma, enligt figur nedan. Den del av ljusstrålen som passerar in i prismet har en vinkel på 68° mot ytan.

Vad är våglängden för ljuset i ljusstrålen inne i prismet?

(4p)



Lösningsförslag:

Sambandet mellan våglängd, infalls- och brytningsvinkel ges av:

$$\lambda_2 \cdot \sin i = \lambda_1 \cdot \sin b \Rightarrow \lambda_2 = \lambda_1 \cdot \sin b / \sin i$$

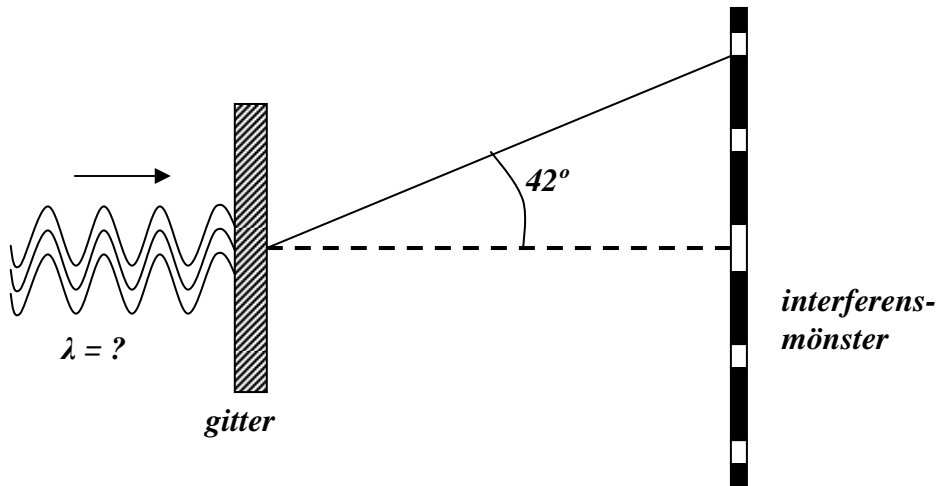
Vinklarna som ges i figuren är däremot inte infalls- eller brytningsvinklarna, utan $90 - i$ och $90 - b$, varför infalls- och brytningsvinklarna blir 33° respektive 22° . Då fås att våglängden på ljuset inne i prismet är:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot \sin b / \sin i = 5,6 \cdot 10^{-7} \cdot \sin(22) / \sin(33) = 3,85 \cdot 10^{-7} \text{ [m]}$$

Svar: 385 nm

3. Synligt ljus av en viss våglängd skickas genom ett gitter som har 600 öppningar (spalter) per mm. På andra sidan gittret observeras ett interferensmönster med omväxlande ljusa och mörka områden. Vid en vinkel på 42° från mittlinjen fås andra ordningens maximum (se figur).

Vilken våglängd har det ljus som skickas genom gittret? (4p)



Lösningförslag:

Enligt gitterformeln är sambandet mellan ljusvåglängden λ , spaltbredden d och vinkeln α_n till n :te ordningens maximum som följer:

$$d \cdot \sin \alpha_n = n \cdot \lambda$$

Spaltbredden d är avståndet mellan öppningarna i gittret, d.v.s. om det är 600 öppningar per millimeter så kommer det att vara 600 000 öppningar på en meter. Avståndet mellan öppningarna kommer då att vara $1 / 600\,000$ m. Vinkeln som anges i texten är för andra ordningens maximum, varför $n = 2$. Då fås att:

$$\sin(42) / 600\,000 = 2 \cdot \lambda \Rightarrow \lambda = \sin(42) / (2 \cdot 600\,000) = 5,58 \cdot 10^{-7} \text{ [m]}$$

Svar: c:a 560 nm

4. En perfekt reflekterande spegel belyses med ljus av våglängden 620 nm som infaller vinkelrätt mot spegeln. Effekten hos det ljus som når spegeln är 2,7 mW och jämnt fördelat över hela spegelns yta.

a) Hur många fotoner når fram till spegeln varje sekund?

(2p)

b) Hur stor kraft kommer spegeln att påverkas av från belysningen?

(2p)

Lösningsförslag:

a) Om ljuseffekten är 2,7 mW så kommer enligt sambandet mellan effekt och energi - $P = E / t$ - 2,7 mJ att nå spegeln varje sekund:

$$P = E / t \Rightarrow E = P \cdot t = 2,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ [J]}$$

Varje foton har energin $E_f = h \cdot f = h \cdot c / \lambda$ ($c = f \cdot \lambda$)

$$E_f = h \cdot c / \lambda = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8 / 6,20 \cdot 10^{-7} = 3,21 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}$$

Antalet fotoner som kommer att nå spegeln är då totala energin som når spegeln delat med energin hos en foton:

$$n = 2,7 \cdot 10^{-3} / 3,21 \cdot 10^{-19} = 8,4 \cdot 10^{15}$$

b) Varje foton kommer att ha en rörelsemängd som ges av:

$$p_f = h / \lambda = 6,63 \cdot 10^{-34} / 6,20 \cdot 10^{-7} = 1,07 \cdot 10^{-27}$$

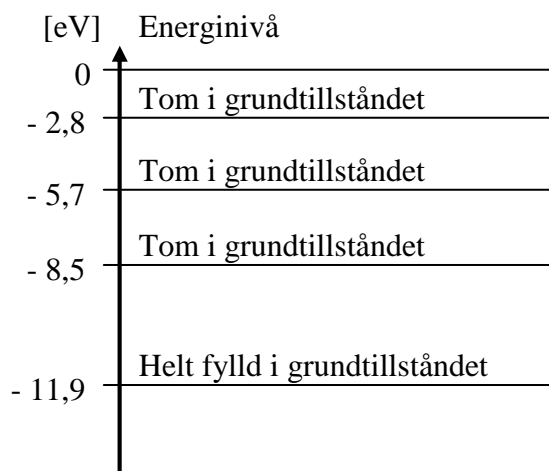
Efter reflektionen kommer rörelsemängden för varje foton att vara riktad åt motsatt håll, och eftersom rörelsemängden räknas med riktning kommer rörelsemängden ha ändrats enligt $\Delta p_f = p_f - (-p_f) = 2 \cdot p_f$. Under en sekund kommer $8,4 \cdot 10^{15}$ sådana rörelsemängdsförändringar att ske. En rörelsemängdsändring Δp som sker under en viss tid Δt ger upphov till en kraft enligt:

$$F = \Delta p / \Delta t \text{ (= dp/dt) \{jämför t.ex. med } F = m \cdot a = m \cdot (dv/dt) = d(m \cdot v)/dt \}}$$

$$F = \Delta p / \Delta t = 8,4 \cdot 10^{15} \cdot 2 \cdot p_f / \Delta t = 8,4 \cdot 10^{15} \cdot 2 \cdot 1,07 \cdot 10^{-27} / 1 = 1,80 \cdot 10^{-11} \text{ [N]}$$

Svar: $1,80 \cdot 10^{-11}$ N

5. Atomerna i en enatomig gas, där atomerna från början befinner sig i grundtillståndet, fås att kollidera med elektroner som var och en har rörelseenergin 7,00 eV. Energinivåerna för atomen visas i figur nedan.



Är något av det ljus som sänds ut då atomerna återgår till grundtillståndet synligt? Motivera ditt svar.

(4p)

Lösningsförslag:

De elektronövergångar mellan energinivåerna som kan fås i atomen då denna kolliderar med elektroner med rörelseenergin 7,0 eV är från -11,9 till -8,5 och -5,7 eV nivåerna (skillnaden mellan -11,9-nivån och någon av dessa är mindre än 7,0 eV). Att en elektron som redan gått till en högre nivå skulle träffas av en av de elektroner som atomerna fås att kollidera med och då kunna lyftas till en ännu högre nivå är högst osannolikt eftersom en elektron bara stannar i en högre energinivå under en tidsrymd på sådär 10^{-7} s. Därför kan elektroner bara trilla ner från nivåerna med energierna -5,7 och -8,5 eV.

Den energi som frigörs när elektronerna trillar ner kommer att utsändas i form av ljus, där våglängden på ljuset bestäms av energiskillnaden mellan nivåerna elektronen trillar från och till enligt $E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda$. Då fås tre alternativ:

$$h \cdot c / \lambda_1 = [-5,7 - (-11,9)] \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 9,93 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \lambda_1 = 2,00 \cdot 10^{-7} \text{ (200 nm)}$$

$$h \cdot c / \lambda_2 = [-8,5 - (-11,9)] \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 5,45 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \lambda_2 = 3,65 \cdot 10^{-7} \text{ (365 nm)}$$

$$h \cdot c / \lambda_3 = [-5,7 - (-8,5)] \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 4,49 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \lambda_3 = 4,43 \cdot 10^{-7} \text{ (443 nm)}$$

Synligt ljus ligger inom området 400 – 750 nm, så för det ljus som sänds ut då en elektron trillar från -5,7 till -8,5 eV nivå ligger inom det synliga området!

Svar: Ja, våglängden för det ljus som sänds ut då en elektron trillar från nivån -5,7 till nivån -8,5 är 443 nm vilket är inom det synliga området

6. Arkeologiskt material som är mycket gammalt kan vara svårt att åldersbestämma med kol-14 metoden eftersom halveringstiden för denna kol-isotop är c:a 5700 år, d.v.s. efter en period på 100 000 år finns det bara 5 miljontedelar av den ursprungliga mängden kvar. Eftersom det inte finns så mycket kol-14 från början kan det vara mycket svårt att få någon noggrannhet i en sådan mätning. Man skulle då kunna använda sig av en annan nuklid med en längre halveringstid, t.ex. ^{129}I (Jod-129) som naturligt tas upp av t.ex. sköldkörteln hos djur och människor och har en halveringstid på $1,57 \cdot 10^7$ år. I skelettet hos en levande människa eller levande apor är andelen ^{129}I 0,0145%. Andelen ^{129}I i ett skelett som man funnit från en av de tidiga människoliknande aporna visade sig vid mätningar vara 0,0126%.

För ungefär hur länge sedan levde denna människoliknande apart?

(4p)

Svar: C:a 3,2 miljoner år.