

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

### 1. Svävande tromboner (10p)

Linus och Linnea är stolta ägare av var sin trombon med frekvensomfånget 80 - 500 Hz. Linus står stilla och blåser i sin trombon med frekvensen 400 Hz.

a) Samtidigt står Linnea på sitt Segway-fordon och åker rakt mot Linus med farten  $v = 10$  m/s. Hon justerar nu sin trombon så att hon inte hör några svävningar. Förklara tydligt hur. (3p)

b) Med tanke på frekvensomfånget, hur snabbt skulle Linnea kunna närma sig Linus och fortfarande kunna undvika att höra svävningar? (3p)

c) Hör Linus svävningar då Linnea närmar sig honom enligt uppgift a) och b)? Beräkna i så fall vilken svävningfrekvens han uppfattar i de två fallen. (4p)

Antag att ljudhastigheten är 340 m/s i denna uppgift.



### 2. Våg på snöre (10p)

En plan transversell våg utbreder sig i ett långt snöre. Vågen är sinusformad och har amplituden  $A = 1,0$  cm och utbredningshastigheten  $v = 7,0$  m/s. Svängningen åstadkoms av en vibrator som har frekvensen  $f = 5,0$  Hz. Vid tiden  $t = 0$  befinner sig vibratorsvängningen i sitt övre vändläge.

a) Vad är vibratorsvängningens elongation, fart och acceleration i denna punkt? (6p)

b) Hur stort är vågens utslag 0,15 s senare i en punkt som ligger 2,0 m från vibratoren? (4p)

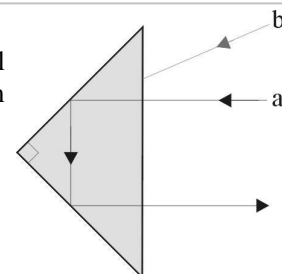
### 3. Retroreflektor (10p)

En så kallad retroreflektor kan konstrueras enligt figuren. Denna fungerar som en spegel med en reflektans mycket nära ett om total intern reflektion sker i reflektionsytorna. Om vinkeln mellan prismats reflektionsytor är 90 grader som i figuren kommer den infallande och den reflekterade strålen dessutom vara parallella.

a) Vilket är det minsta brytningsindex som behövs för att prismat i figuren kan fungera på det sätt som anges ovan? Ljuset faller in enligt stråle a och prismats omgivning är luft. Föreslå också ett material som prismat kan tillverkas av. (3p)

b) Gör samma beräkning som i a) men antag nu att prismat omges av en vätska med brytningsindex 1,3. Föreslå också i detta fall ett material som prismat kan tillverkas av. (3p)

c). Antag nu att den infallande strålen inte infaller vinkelrätt mot den första glasytan (tex. enligt stråle b i figuren). Beskriv riktningen av den reflekterade strålen efter att den lämnat prismat. Motivera! (4p)



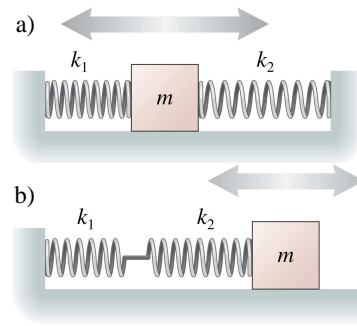
## Del 2. (Maximalt kan 30 poäng erhållas på denna del)

### 4. Svängning med dubbla fjädrar (10p)

Ett block med massan  $m$  glider utan friktion på ett horisontellt underlag. Om blocket enbart sätts fast i fjäder 1 med fjäderkonstant  $k_1$  så svänger det med frekvensen  $f_1$ . På samma sätt svänger blocket med frekvensen  $f_2$  om det enbart sätts fast i fjäder 2 med fjäderkonstanten  $k_2$ .

a). Antag nu att blocket sätts fast med båda fjädrarna på var sin sida enligt Fig. a). Visa vad blockets svängningsfrekvens  $f$  blir som funktion av  $f_1$  och  $f_2$ . (5p)

b) Antag istället att blocket sätts fast med båda fjädrarna i serie enligt Fig. b). Vad blir nu blockets svängningsfrekvens  $f$  som funktion av  $f_1$  och  $f_2$ ? (5p)  
Motivera dina svar!



### 5. Halvvärdestjocklek för röntgenstrålning (10p)

Irradiansen för elektromagnetiska vågor avtar exponentiellt i ett material enligt,

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

där  $x$  är avståndet in i materialet,  $I_0$  är irradiansen vid  $x = 0$  och  $\alpha$  är materialets absorptionskoefficient. Halvvärdestjockleken  $x_{1/2}$  definieras som avståndet där irradiansen har halverats på grund av absorptionen.

För benvävnad är ett ungefärligt värde på  $x_{1/2} = 1,88$  cm vid 80 keV röntgenstrålning.

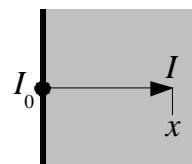
a) Ta fram värdet på  $\alpha$  i detta fall. (2p)

b) Vad är penetrationsdjupet, dvs. hur långt in i benet är irradiansen av röntgenstrålningen en faktor  $e^{-1}$  av den ursprungliga? (3p)

Motsvarande värde för muskelvävnad är  $x_{1/2} = 3,84$  cm under samma förhållanden?

c) Ta fram värdet på  $\alpha$  även i detta fall. (2p)

d) Vad är penetrationsdjupet för den angivna röntgenstrålningen i muskelvävnaden? (3p)



### 6. Antirefleksion (10p)

Ljusreflektansen  $\mathfrak{R}$  från ett prov som består av en tunn film (1) på ett substrat (2) beskrivs av sambandet;

$$\mathfrak{R} = \frac{r_{01}^2 + r_{12}^2 + 2r_{01}r_{12} \cos \delta}{1 + r_{01}^2 r_{12}^2 + 2r_{01}r_{12} \cos \delta}$$

Där  $r_{ij}$  är Fresnels reflektionskoefficienter som vid vinkelrätt infall kan skrivas

$$r_{ij} = \frac{N_i - N_j}{N_i + N_j}, \quad \delta = \frac{4\pi d}{\lambda} N_1$$
 beskriver det fasskift som uppstår.

$N_i$  betecknar komplext här brytningsindex,  $\lambda$  är ljusets våglängd och  $d$  är filmtjockleken.

a) Utgå från uttrycken ovan och ta fram kraven gällande i) filmens optiska egenskaper och ii) tjocklek så att en optimal antirefleksionsbehandling för våglängden  $\lambda$  erhålls vid vinkelrätt infallande ljus. Antag att materialen inte absorberar ljus. Omgivningen (0) består av luft. (6p)

b) Genom att belägga en tunn transparent film på glas ska du nu erhålla antirefleksion för ljus med våglängden 620 nm. Dessutom måste filmen ha en tjocklek i området 600 – 630 nm. Glaset har brytningsindex  $N_2 = 1,58$ . Ta fram värden på filmens optiska egenskaper  $N_1$  samt tjocklek  $d$  så att de önskade antirefleksionsegenskaperna uppnås? (4p).