

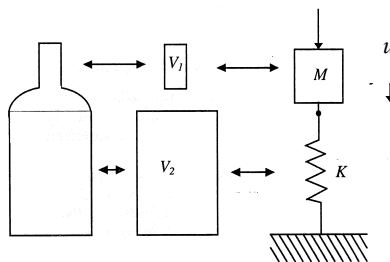


Uppgifter 2 – Grundläggande akustik (II) & SDOF

1. Två partiklar rör sig med harmoniska rörelser. $\omega = 10\pi$

$$u_1(t) = A \cos(\omega t) \quad \text{där} \quad \varphi = \frac{\pi}{6}$$
$$u_2(t) = A \cos(\omega t - \varphi)$$

- Vad är frekvensen för de båda rörelserna?
 - Vad är periodtiden?
 - Den senare partikeln ligger aningen efter den första i tid, en fasskillnad. Uttryck denna i en tidsskillnad.
 - Vid vilka tidpunkter har partiklarna sina maximala absoluta hastigheter och accelerationer?
 - Beräkna amplituden för partiklarnas acceleration om $A = 1 \text{ cm}$.
 - Om vi adderar signalerna, vid vilken fasskillnad φ mellan de båda kommer vi att få utsläckning? Vid vilken fasskillnad kommer de att förstärka varandra maximalt?
 - Uttryck de båda rörelserna u_1 och u_2 på komplex form som är brukligt inom akustiken, alltså att det är realdelen av rörelserna som anges ovan.
2. Skriv om följande komplexa tal på formen $Ae^{i\alpha}$ och bestäm A och α .
- $3+4i$
 - $(3+4i)/(4+3i)$
 - $1+i$
 - I
 - -1
3. En flaska kan ses som ett massa-fjäder-system, en Helmholtz-resonator där den lilla volymen i halsen verkar som en massa och den stora verkar som en fjäder enligt figuren.

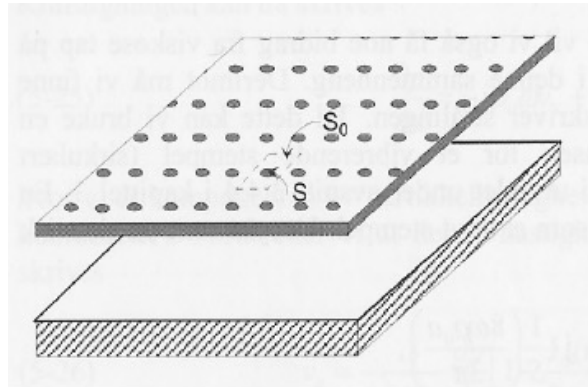


Figur. En vanlig 33 cl ölflaska modellerad som ett SDOF-system.

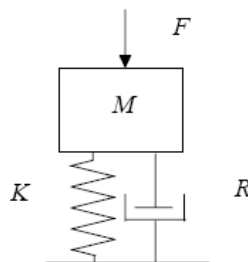
Massan M är massan för luften i flaskhalsen och styvheten K kan uttryckas som $K = \frac{S_1^2 P_0 \gamma}{V_2}$, där S_1 är tvärsnittsarean för flaskhalsen och V_2 volymen för flaskans kropp. En vanlig ölflaska har följande ungefärliga dimensioner: Botten har radien $r_2 = 26 \text{ mm}$ och höjd $H_2 = 140 \text{ mm}$. Flaskhalsen har en höjd på $H_1 = 70 \text{ mm}$ och en radie på $r_1 = 10 \text{ mm}$. Räkna med att densiteten för luft är $\rho = 1.293 \text{ kg/m}^3$ och dessutom behövs $\gamma = 1.4$ för tvåatomiga gaser och atmosfärstrycket är $P_0 = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.



- a. Bestäm resonansfrekvensen för flaskan, d v s tonen man hör när man blåser på flaskhalsens kant.
 - b. Bestäm resonansfrekvensen om det står 2 cm öl i botten av flaskan.
4. Hur långt från väggen ska man placera en 2cm tjock perforerad träpanel med $S/S_0 = 0.01$ om man ska dämpa ljud vid 100 Hz. (dvs, när hållighet + bakomliggande luftmassa fungerar som en Helmholtz-resonator)



5. Betrakta följande svängande system bestående av en massa med en fjäder och en dämpare som utsätts för en kraft $F(t)$. Följande data gäller för storheterna: $M = 1$ kg, $K = 1 \cdot 10^4$ N/m, $R = 1$ Ns/m.

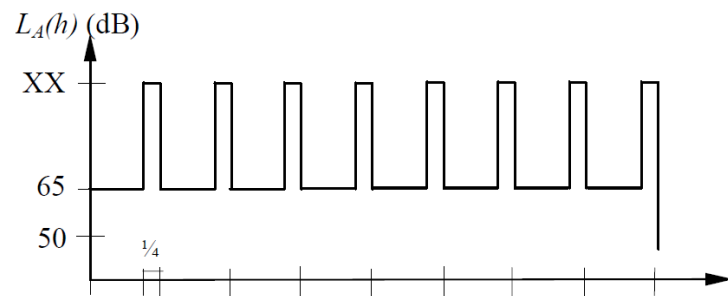


Figur. Ett enkelt dynamiskt system

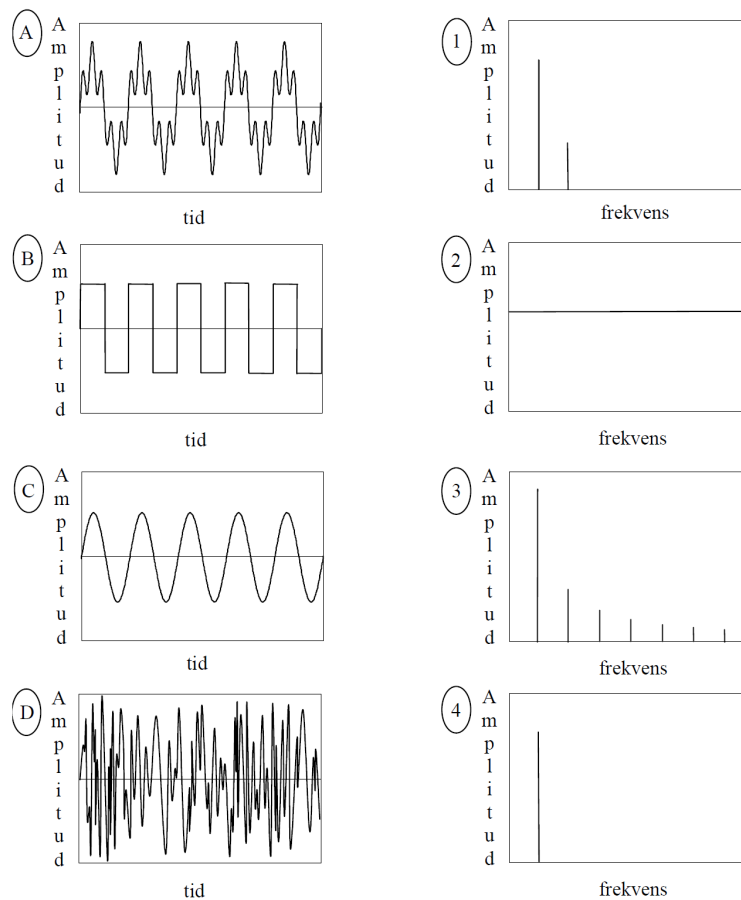
- a. Ställ upp differentialekvationen för rörelsen (förskjutningen = $u(t)$).
 - b. Hur inverkar gravitationen på rörelsen?
 - c. Beräkna systemets odämpade och dämpade egenfrekvens ω_0 , respektive ω_d .
 - d. Bestäm den komplexa förskjutningen $\tilde{u}(\omega)$ om $F(t) = 1 \cdot \cos(\omega t) = \text{Re}\{1 \cdot e^{i\omega t}\}$.
 - e. Bestäm överföringsfunktionen $\tilde{C}_{dyn}(\omega)$.
 - f. Bestäm systemets mekaniska impedans $Z(\omega)$.
 - g. Bestäm systemets svar, lösningen $u(t)$, för $F(t)=0$ och begynnelsevärdena $u(0) = 0$ och $\dot{u}(0) = 1$.
 - h. Bestäm systemets svar för $F(t) = 0$ och begynnelsevärdena $u(0) = 1$ och $\dot{u}(0) = 0$.
 - i. Hur skulle man rent praktiskt kunna åstadkomma begynnelsevillkoren i g) och h)?
 - j. Hur kommer svängningsrörelsen att ändras om man sätter $R = 0$, alltså tar bort dämpningen?
6. Vi jämför två rena toner, A och B, där A har frekvensen 150 Hz och ljudtryckets rmsvärde är 1 Pa och B har frekvensen 1000 Hz och ljudtryckets rms-värde är 0,5 Pa.
- a. Vilken av dem har längst våglängd?
 - b. Hur många decibel skiljer de två tonerna?



- c. Om ljudtrycksnivån för både A och B är 30 dB, vilken av dem uppfattas ljudstarkast?
- d. Om ljudtrycksnivån för både A och B är 80 dB, vilken av dem uppfattas ljudstarkast?
7. Du ska köpa en ny dammsugare och är på jakt efter en dammsugare vars ljud inte stör dig så mycket. Försäljaren visar dig två stycken vars produktblad anger att den uppmätta ljudtrycksnivån är 78 dBA respektive 74 dBA och hävdar då att (den betydligt dyrare) dammsugaren med det lägre dBA värdet nog är vad du söker efter. Men när ni sätter på dammsugarna upptäcker ni att dammsugaren med det högre dBA-värdet faktiskt låter mer behagligt än den andra. Hur kommer detta sig?
8. Enligt Arbetarsmiljöverkets kungörelse AFS 1992:10 Buller finns det krav på maximalt tillåtna bullernivåer under en typisk arbetsdag. En av dessa krav är att ekvivalent A-vägd ljudnivå ej får överstiga 85 dBA. En arbetare på en viss industri exponeras för nedanstående ljudtrycksnivåer under sin arbetsdag enligt en utförd mätning.



- a. Beräkna de A-vägdade värdena för topparna, XX, med hjälp av uppmätta oktavvärden i tabellen nedan. A-vägningsvärden erhålls ur Tabellen.
- | f [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
|---------------------|----|-----|-----|-----|----|----|----|
| L _n [dB] | 92 | 98 | 95 | 91 | 86 | 83 | 80 |
- b. Beräkna ekvivalent A-vägd ljudnivå, L_{Aeq,8}. Är arbetsmiljön ok enligt Arbetarskydds-styrelsens kungörelse?
- c. Under den tid då arbetaren exponeras för toppvärdena används hörselskydd som medför att dBA-värdena sjunker med 30 dBA (under övrig tid används ej hörselskydd). Ekvivalent A-vägd ljudnivå, L_{Aeq,8}, sjunker då till 65 dBA. Vid ett av tillfällena glömmar arbetaren att ta på sig hörselskydden, vad blir det A-vägdade ekvivalentvärdet då?
9. Nedan visas tidssignaler och spektrum för fyra olika signaler. Signalerna kan antas pågå oändligt länge. Koppla samman de tidssignaler och spektrum som hör ihop.



Answers:

1.
 - a) $f = 5 \text{ Hz}$
 - b) $T = 0.2 \text{ s}$
 - c) $t_{fas} = 16.7 \text{ ms}$
 - d) v_{1max} vid $t = 0.05 + 0.1n$, där $n = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$
 a_{1max} vid $t = 0.1n$, där $n = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$
 v_{2max} vid $t = 0.0667 + 0.1n$, där $n = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$
 a_{2max} vid $t = 0.0167 + 0.1n$, där $n = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$
 - e) $a_{1max} = a_{2max} = 9.87 \text{ m/s}^2$
 - f) Utsläckning vid $\varphi = \pi + 2n\pi$, förstärkning vid $\varphi = 2n\pi$
 - g) $u_1 = A \cdot e^{i\omega t}$ och $u_2 = A \cdot e^{i(\omega t - \varphi)}$
2.
 - a) $z = 5 \cdot e^{i0.927}$
 - b) $z = 1 \cdot e^{i0.284}$
 - c) $\sqrt{2} \cdot e^{i\pi/4}$
 - d) $1 \cdot e^{i\pi/2}$
 - e) $1 \cdot e^{i\pi}$
3.
 - a) $f_0 = 205 \text{ Hz}$
 - b) $f_0 = 221 \text{ Hz}$



4. $l = 15$ cm.

5. a) $M\ddot{u}(t) + R\dot{u}(t) + Ku(t) = F(t)$

b) Den förskjuter bara jämviktspunkten nedåt med sträckan $u_s = F/K$.

c) $\omega_0 = 100$ rad/s, $\omega_d \approx 100$ rad/s

$$d) \tilde{u}(\omega) = \frac{F_{driv}}{(K - M \cdot \omega^2) + R \cdot i\omega} = \tilde{u}(\omega) = \frac{1}{(1 \cdot 10^4 - \omega^2) + i\omega}$$

$$e) C_{dyn}(\omega) = \frac{1}{(K - M \cdot \omega^2) + R \cdot i\omega} = \frac{1}{(1 \cdot 10^4 - \omega^2) + i\omega}$$

$$f) Z(\omega) = \frac{(K - M \cdot \omega^2) + R \cdot i\omega}{i\omega} = \frac{(1 \cdot 10^4 - \omega^2) + i\omega}{i\omega}$$

$$g) u(t) = \frac{e^{-\zeta\omega_0 t}}{\omega_d} \sin(\omega_d t), \quad t > 0$$

$$h) u(t) = e^{-\zeta\omega_0 t} \left(\frac{\zeta}{\sqrt{1 - \zeta^2}} \sin \omega_d t + \cos \omega_d t \right), \quad t > 0$$

i) Begynnelsehastigheten i g) kan ges genom att tillföra en impuls till massan, t ex genom ett hammarslag. Begynnelseförskjutningen i h) kan ges genom att lyfta upp massan sträckan $u = 1$ m och sedan släppa den från vila.

j) Vid odämpad svängning kommer massan att svänga utan att förlora energi, d v s för alltid.

6. a) A

b) 6 dB

c) B

d) A och B är like ljudstarka

7. Fundera på det

8. a) 93 dBA

b) Nej ($L_{Aeq,8} = 87$ dBA)

c) 78 dBA

9. A1 / B3 / C4 / D2

NOTE: övningsuppgifterna 6-9 hämtades från kapitel 2 av kursboken.