

Lösningförslag: Tentamen 2022-03-17

BOM230 Ljud och vibrationer

BOM235 Ljud och vibrationer, grunder

Datum: 2022-03-17

Tid: fm. 08.30 – 12.30

Examinator: Jens Forssén

Frågor under tentamen: Krister Larsson, 072-206 40 06, som besöker platsen för examen två gånger; ca 09:30 och ca 11:30.

Lösningförslag: Anslås på kurshemsidan.

Preliminära resultat: Anslås på kurshemsidan.

Granskning av rättning: Krister Larssons kontor på Avdelningen för teknisk akustik Tid anslås på kurshemsidan.

Hjälpmedel:

Inga hjälpmedel tillåtna under tentamen förutom matematiska handböcker (t.ex. Beta eller Standard Mathematical Tables), Chalmers typgodkänd miniräknare utan lagrad information och svenskt- engelskt lexikon. (Inget av detta ska dock behövas för att genomföra tentamen. Egna medtagna anteckningar är ej tillåtna.)

Följande generella krav ställs på de svar som avges:

Flervalsdelen (28 poäng):

- Valet ska för varje fråga vara tydligt markerat med ett kryss inom en ruta i svarsblanketten bifogad sist i tentamenstesen. Lösgör svarsblanketten och lämna in den tillsammans med övriga svar.

Frisvarsdelen (32 poäng):

- Texten ska vara logiskt strukturerad och läsbar.

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

- Figurer ska göras enkla och tydliga med väldefinierade axlar.
- Alla nämnda och använda parametrar ska tydligt definieras.

Betygsättning:

0–29 poäng: Underkänd

30–39 poäng: Betyg 3

40–49 poäng: Betyg 4

50–60 poäng: Betyg 5

Kursens slutbetyg ges för BOM230 av avrundat medelbetyg beräknat från betyg från projektuppgift 1 (17%), betyg från projektuppgifter 2-4 (50%) och betyg från skriftlig tentamen (33%).

Kursens slutbetyg ges för BOM235 av avrundat medelbetyg beräknat från betyg från projektuppgiften (33%) och betyg från skriftlig tentamen (67%).

Tack för din medverkan i kursen och lycka till!

Lösningförslagen är markerade med gult

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

Valet ska för varje fråga vara tydligt markerat med ett kryss inom en ruta i svarsblanketten bifogad sist i tentamenstesen. Lösgör svarsblanketten och lämna in den tillsammans med övriga svar.

Flervalsfrågor (12 st, totalt 28 poäng)

1. (2 poäng) Vilken storhet används vanligtvis för att karaktärisera styrkan hos en ljudkälla?

- a) Ljudeffektnivå
- b) Ljudtrycksnivå
- c) Ljudintensitet

2. (2 poäng) Ljudutbredningshastigheten utomhus en kall vinterdag jämfört med en varm sommardag är:

- a) Högre
- b) Lika
- c) Lägre

3. (2 poäng) Vilken vågtyp har störst betydelse för ljudstrålning från en vibrerande platta?

- a) Böjvåg
- b) Longitudinalvåg
- c) Rayleighvåg

4. (2 poäng) Ljudutbredningshastigheten i ett medium med högre impedans jämfört med ett medium med lägre impedans är:

- a) Högre
- b) Lika
- c) Lägre

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

5. (2 poäng) Förordning (2015:216 inkl. ändring 2017:359) om trafikbuller vid bostadsbyggnader sätter trafikbullerriktvärden vid fasad för bostäder i nyproduktion. Normalt gäller frifältsvärdet 60 dBA ekvivalentnivå vid byggnadens fasad för bostad över 35 kvadratmeter. Vilket värde gäller för bostäder mindre än 35 m²?

- a) 55 dBA
- b) 60 dBA
- c) 65 dBA

6. (2 poäng) Bullernivån från ventilationen i ett rum, som t.ex. ett klassrum, kan sänkas med hjälp av

- a) Ljudisolering
- b) Ljudabsorption
- c) Ljudreflektion

7. (2 poäng) Amplituden för en Rayleigh våg som orsakas av en punktlast som exempelvis pålning avtar med

- a) Inversen av avståndet
- b) Inte alls
- c) Inversen av roten ur avståndet

8. (2 poäng) A-vägning av ljudtycksnivå innebär att (välj det som stämmer)

- a) Låga frekvenser förstärks
- b) Höga frekvenser förstärks
- c) Låga frekvenser dämpas

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

9. (3 poäng) Vilken fysikalisk storhet styr primärt förskjutningsamplituden för ett svagt dämpat massa-fjädersystem om den yttre kraften exciterar systemet med en frekvens som sammanfaller med systemets egenfrekvens?

- a) Massan
- b) Dämpningen**
- c) Fjäderstyvheten

10. (3 poäng) Människan är mest känslig för helkroppsvibrationer i frekvensområdet

- a) 1-4 Hz
- b) 4-8 Hz**
- c) 8-12 Hz

11. (3 poäng) Vilken av följande förändringar av en balks egenskaper leder till ökad utbredningshastighet för transversalvågor (skjuvvågor)?

- a) Minskad dämpning
- b) Minskad tjocklek
- c) Minskad densitet**

12. (3 poäng) Vilket av följande påståenden om böjvågor i en platta är felaktigt?

- a) Böjvågor är dispersiva vilket innebär att vibrationsamplituden är oberoende av frekvens.**
- b) Vid den kritiska frekvensen är våglängden i plattan lika med våglängden i den omgivande luften.
- c) Den utstrålade ljudeffekten från en platta är högre för frekvenser över den kritiska frekvensen jämfört med frekvenser under den kritiska frekvensen vid samma vibrationsamplitud.

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

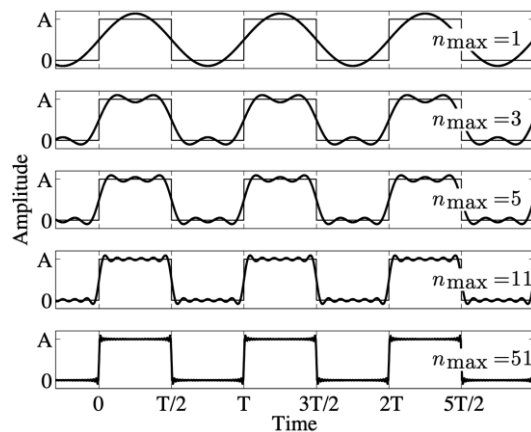
Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

Frisvarsfrågor (4 st, totalt 32 poäng)

13. (6 poäng) Grunder. Förklara principen med Fourierserier för att beskriva en periodisk signal. Vilka parametrar behövs för att beskriva en harmonisk signal? Förklara utifrån Fourierserien vad följande figur beskriver.



En periodisk signal kan med hjälp av Fourierserier beskrivas som summan av ett oändligt antal enkla harmoniska signaler med olika amplitud, frekvens och fas. Den översta kurvan visar hur Fourierserien ser ut med $n=1$ harmonisk signal. Nästföljande figurer visar hur signalen ser ut när fler och fler harmoniska signaler adderas, 3, 5, 11 respektive 51 komponenter. Ju fler termer som inkluderas i summan, desto närmare approximeras signalen.

14. (6 poäng) Definition. Hur definieras reduktionstalet R för en konstruktion som t.ex. ett fönster utifrån ljudeffekt? Vilka ingående parametrar påverkar reduktionstalet? Rita principiellt hur reduktionstalet ser ut för en dubbelkonstruktion som t.ex. ett tvåglasfönster och indikera och beskriv dubbelväggsresonans, respektive koincidens.

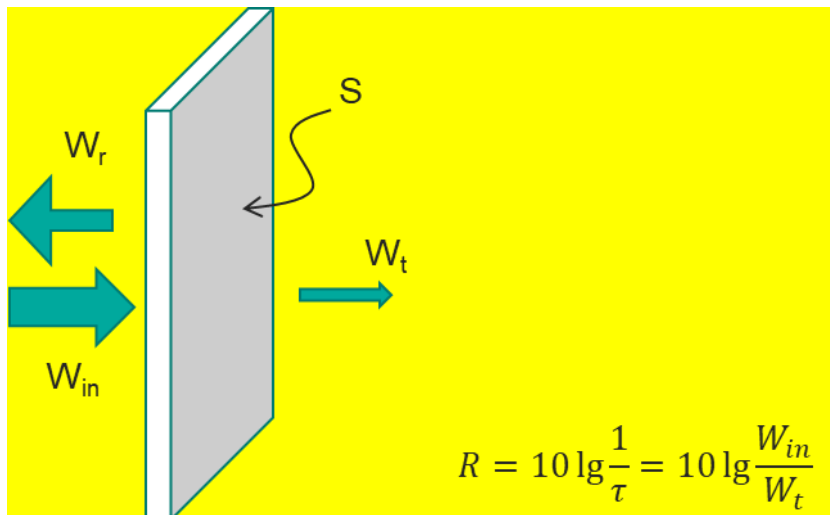
INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598

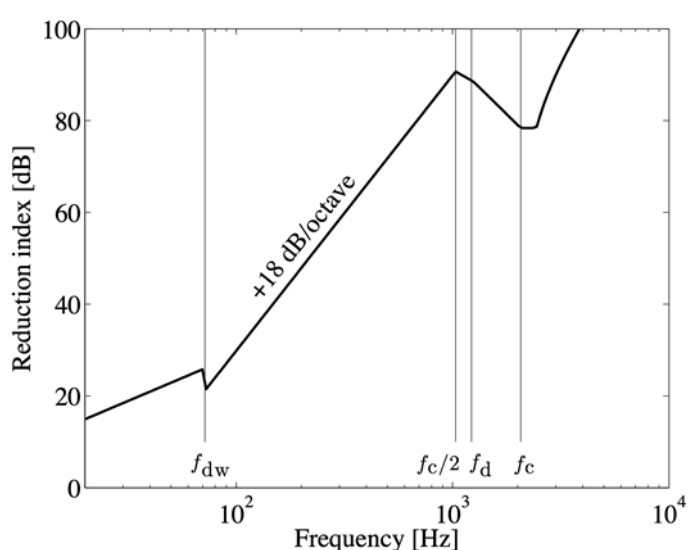


CHALMERS



Reduktionstalet är kvoten mellan infallande och transmitterad ljudeffekt uttryckt i decibel.

Reduktionstalet beror framförallt av massan per ytenhet och böjstyvheten i materialet.



Dubbelväggsresonans (f_{dw} i figuren) inträffar när de båda glasen fungerar som massor och den instängda luften i luftspalten mellan glasen fungerar som en fjäder. Dubbelväggsresonansen motsvarar resonansfrekvensen för det massa-fjäder system som bildas vilket ger ett minskat reduktionstal vid den frekvensen.

Vid den kritiska frekvensen (f_c i figuren) är våglängden för böjvågorna i glasen lika med våglängden för ljudvågorna i luften. Vid högre frekvenser kommer våglängden i luften vara kortare än motsvarande våglängd för böjvågorna i plattan. Våglängden i plattan kan projiceras till en viss vinkel

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

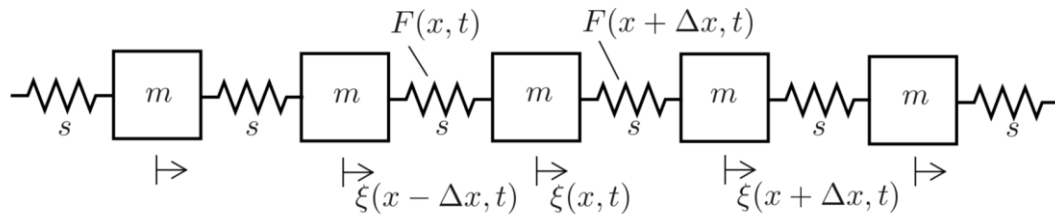
Avdelningen för Teknisk Akustik
 Chalmers tekniska högskola
 412 96 Göteborg
 Sven Hultins gata 8A
 031-772 22 00
 chalmers@chalmers.se
 www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
 Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

15. (10 poäng) Grundläggande fysik. Förklara principiellt hur den endimensionella vågekvationen för longitudinalvågor i en balk kan härledas. Vilken typ av matematisk ekvation är det? Hur kan lösningarna till ekvationen skrivas och vad innebär de fysikaliskt? (Nämn alla ingående storheter vid namn och deras enhet.)



- m – massan hos massorna (kg)
- s – styvheten hos fjädrarna (N/m)
- $F(,)$ – kraften i fjädrarna (N)
- $x - \Delta x, x, x + \Delta x$ – koordinater för massornas jämviktsläge (m)
- $x(,)$ – förskjutningen av varje massa i x -riktningen (m)

• Tre relationer / ekvationer behövs för vågekvationen för longitudinalvågor

• Newtons andra lag

F – kraft
 m – densitet / massa
 ξ – förskjutning

$$\sum F = m \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

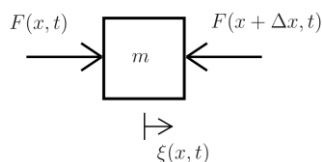
• Hookes lag

F – kraft
 s – styvhet
 Δd – kompression / förlängning

$$F = s \Delta d$$

• Materiallag(ar)

Newtons 2a:



$$F(x, t) - F(x + \Delta x, t) = m \frac{\partial^2 \xi(x, t)}{\partial t^2}$$

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

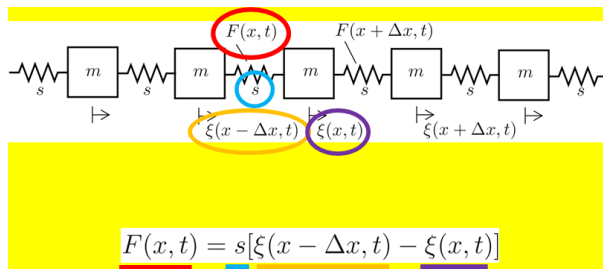
Avdelningen för Teknisk Akustik
 Chalmers tekniska högskola
 412 96 Göteborg
 Sven Hultins gata 8A
 031-772 22 00
 chalmers@chalmers.se
 www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
 Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

Hookes lag:



Materiallag:

- För en balk

massan m av en balkdel med längden Δx och tvärsnittsarean S

$$m = \rho S \Delta x$$

Kombinera uttrycken och låt Δx gå mot noll leder till vågekvationen.

$$\frac{\partial^2 \xi(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{c_L^2} \frac{\partial^2 \xi(x, t)}{\partial t^2}$$

16. (10 poäng) Tillämpning. En byggherre vill uppföra ett nytt flerbostadshus med lägenheter större än 35m² i närheten av en trafikerad väg. För att kunna bevilja bygglov vill kommunen ha in en bullerutredning som visar vilka bullernivåer som förekommer vid bostadens fasad. Bullerutredningen utförs med hjälp av den nordiska beräkningsmodellen från 1996. Den beräknade bullernivån vid fasaden som är vänd mot den trafikerade gatan uppgår enligt utredningen till $L_{Aeq24h} = 68$ dB och maximalnivå $L_{AFmax} = 76$ dB. Vilka åtgärder kan byggherren behöva göra för att uppfylla kraven på buller enligt Förordning (2015:216 inkl. ändring 2017:359)? Hur mycket längre från vägen skulle huset behöva placeras för att kunna uppfylla kraven utan att andra åtgärder skulle behövas?

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

Enligt Trafikbullerförordningen är riktvärdet för den ekvivalenta ljudtrycksnivån 60 dBA för nybyggnad av bostäder i normalfallet. Dessutom att maximalnivån ska vara högst 70dBA på uteplats. Om den nivån överskrids vid fasaden ska bostäderna planeras så att de har tillgång till en ljuddämpad sida med ekvivalentnivåer om högst 55 dBA. Det som byggherren framförallt råder över är framförallt byggnadens placering på tomten och utformningen av byggnaden. Dessutom har byggherren möjlighet att uppföra bullerskärmar i anslutning till tomten för att skydda bostäderna från höga ljudnivåer. Dvs, med de beräknade nivåerna ska bostäderna utformas så att hälften av bostadsrummen i lägenheterna är vända mot en ljuddämpad sida, samt att eventuella uteplatser placeras på den ljuddämpade sidan. Alternativt att en bullerskärm uppförs om det är möjligt så att nivåerna vid fasaden är lägre än 60 dBA. Den ekvivalenta ljudnivån avtar med 3dB per avståndsdubbling ($10 \cdot \log(1/R)$) från en linjekälla medan maximalnivån avtar med 6dB per avståndsdubbling ($10 \cdot \log(1/R^2)$) från en punktkälla. För att nivån ska bli 60 dB vid fasad behöver avståndet till vägen därför öka med $10 \cdot \log(R_2/R_1) = 8$, dvs $R_2/R_1 = 6,3$ ggr. Det är ekvivalentnivån som blir dimensionerande. Dvs. om huset flyttas drygt 6 ggr längre bort från vägen behövs inga andra åtgärder.

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS

BOM230 Ljud och vibrationer

BOM235 Ljud och vibrationer, grunder

Formulär för svar till flervalfrågor

Anonym kod

Tentamensdatum

Fråga nummer	Svar		
	a	b	c
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Avdelningen för Teknisk Akustik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sven Hultins gata 8A
031-772 22 00
chalmers@chalmers.se
www.chalmers.se

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer: 556479-5598



CHALMERS