

교과목번호	4541.743	강좌번호		교과목명	음향공학 (Applied acoustics)	학점	3
-------	----------	------	--	------	-----------------------------	----	---

담당교수	성명 : 성 평 모 (직 : 교수 )	Homepage: <a href="http://acoustics.snu.ac.kr">http://acoustics.snu.ac.kr</a>
	E-mail: kmsung@acoustics.snu.ac.kr	전화번호 : 02-880-8407
	면담시간/장소 : After classes or by appointments via e-mail / 301-905	

수업목표	This course focuses on the basic theory of applied acoustics. It deals with acoustic principles of the sound generator and receiver, acoustic measurement, room acoustics, underwater acoustics, sonar system, noise control and nonlinear acoustics. In principle, a basic knowledge of physics is required for this course. But the student who didn't study the basic acoustics can take this course.
------	--

교재 및 참고문헌	Text book : Robert D. Finch : Introduction to Acoustics, Pearson/Prentice Hall 2005 References : Lawrence E. Kinsler et al. : Fundamentals of Acoustics(4th Ed.), Wiley
--------------	--

평가방법	출석	과제	중간	기말	평소학습	기타	합계
	10%	%	30%	60%	%	%	100%
	비고						

수강생 참고사항	Lecture schedule can be changeable under some circumstances. A tour through the anechoic room and listening room is also scheduled. midterm exam : closed book, final exam : open book
-------------	--

부정행위자에 대한 처리	warning -> order out of a room -> give F score
-----------------	--

	주(기간)	강의내용
강의 계획	1주	Fundamental of acoustics
	2주	Basic theory of electro-acoustic transducer
	3주	Sound generator (Loudspeaker)
	4주	Sound receiver (Microphone)
	5주	Electric transducer
	6주	Acoustical measurement
	7주	Midterm exam
	8주	Room acoustics
	9주	Room acoustics
	10주	Underwater acoustics
	11주	Underwater acoustics
	12주	Sound propagation in solid
	13주	Noise control
	14주	Nonlinear acoustics
	15주	Final exam

# 서울대 공대 대학원 음향공학 중간고사 (2008. 05. 06, 담당교수 : 성광모)

(공기)  $\rho_0 = 1.21 \text{ kg/m}^3$ ,  $c = 343 \text{ m/s}$ ,  $Z_0 = \rho_0 c = 415 \text{ rayl}$

(문제1) 그림1과 같이 딱딱한 고체 관 속에 공기가 채워서 있다. 250Hz pure tone을 발생시키는 스피커에 의해 5m 거리에서 음압을 측정해 보니 음압레벨이 100dB이었다. 이때 이 측정점에서의 ① 음압(실효치) ② 입자속도(실효치) ③ intensity(시간평균) ④ 에너지 밀도(시간평균)를 구하고 또한 ⑤ 스피커 진동판의 진동진폭(peak치)을 구하시오.

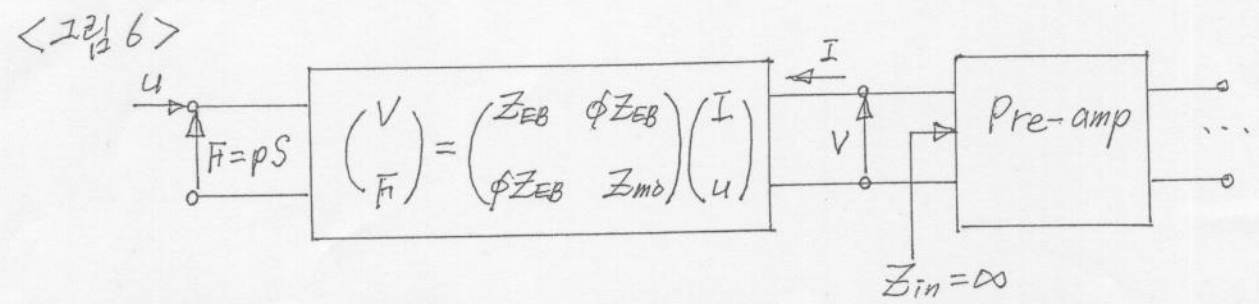
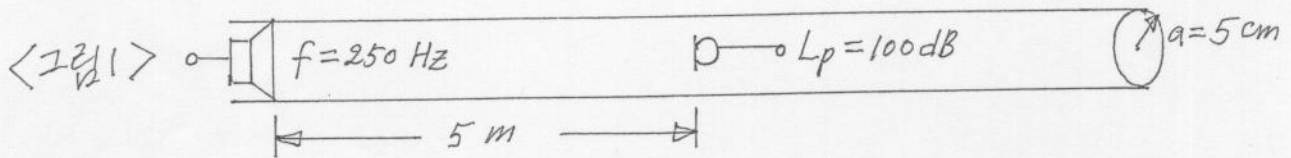
(문제2) 사람이 서로 대화할 때 음압레벨은 1m 거리에서 보통 65dB이다. 음원은 무지향성 point source, 공간은 free field, 기준 주파수는 500Hz로 할 때 ① 음성의 음향출력(acoustic power), ② 음성 음원의 체적속도(volume velocity)를 구하시오.

(문제3)  $8\text{m} \times 10\text{m} \times 3\text{m}$ 의 경우와 같은 크기의 직육면체 방의 고유진동수를 낮은 것부터 차례로 5개 구하시오. 또 이 방의 주파수 영역에서 고유진동수간의 평균거리는 1kHz 부근에서 얼마나 될까?

(문제4) 모든 6개의 면을 똑같이 인조대리석으로 마감한  $7\text{m} \times 10\text{m} \times 4.7\text{m}$ 의 잔향실이 있다.  
 ① 이 방의 500kHz에서의 잔향시간은 얼마일까? 단, 인조대리석의 500kHz에서의 흡음율은 0.02이다.  
 ② 이 잔향실 바닥에  $20\text{m}^2$ 의 양탄자를 깔고 잔향시간을 재어보니 3.6초이었다. 이 양탄자의 500kHz에서의 흡음율은 얼마일까?

(문제5) 교향악단 단원 한명이 방사하는 음향출력을 다음과 같이 구해본다. Wien에 있는 세계적으로 유명한 Grosser Musikvereinssaal은 부피가  $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 이고 500Hz에서의 잔향시간은 2.1초이다. 무대로부터 충분한 거리에 있는 잔향음장의 객석에서 음악의 어느 부분에서 지속적으로 100dB의 음압레벨을 유지하였다면 이때 교향악단이 방사하는 총 음향출력은 몇 W일까? 교향악단의 단원수를 100명으로 하면 단원 한명이 방사하는 평균 음향출력은 얼마나 될까?

(문제6) 어떤 Reciprocal transducer를 마이크로폰과 같은 음파 수신센서로 동작시키고자 한다. 수신센서 다음단에는 전기적 입력 임피던스가 매우 높은 pre-amplifier가 연결되어 있다. 이때 이 센서의 감도(sensitivity)  $V/p$ 는 어떻게 될까 주어진 2개의 식으로부터 구하시오. 또 감도를 높이려면 어떻게 하는 것이 좋을까?



중간

(문제 1)

$$f = 250 \text{ Hz}, \quad a = 5 \text{ cm}$$

$$\lambda = c/f = \frac{343 \text{ m/s}}{250 \text{ 1/s}} = 1.372 \text{ m}$$

$\lambda > 3.41a$  (Kuttruff 8.57) 이므로

fundamental mode  $\frac{2}{\lambda}$  평면파만 전파 가능

$$L_p = 100 \text{ dB}$$

$$L_p = 20 \log \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{ref}}}; \quad P_{\text{ref}} = 20 \mu\text{Pa}$$

$$\textcircled{1} P_{\text{eff}} = P_{\text{ref}} \cdot 10^{L_p/20} = 20 \mu\text{Pa} \times 10^5 = \underline{\underline{2 \text{ Pa}}}$$

$$\textcircled{2} \text{ \# 평면파에서는 } \frac{P}{v} = \frac{P_{\text{eff}}}{v_{\text{eff}}} = \rho_0 c \quad \#$$

$$v_{\text{eff}} = \frac{P_{\text{eff}}}{\rho_0 c} = \frac{2 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}}{415 \text{ kg} \cdot \text{m}} = 4.82 \times 10^{-3} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} \cdot \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s}}{\text{kg}}$$

$$= \underline{\underline{4.82 \times 10^{-3} \text{ m/s}}}$$

$$\textcircled{3} \text{ 평면파 } I = \langle p v \rangle_t = P_{\text{eff}} \cdot v_{\text{eff}} = 2 \times 4.82 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ = 9.64 \times 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = 9.64 \times 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\textcircled{4} \text{ energy density } w = \frac{I}{c} = \frac{9.64 \times 10^{-3}}{343} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{m}} = 2.81 \times 10^{-5} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$$

⑤ 스피커 진동판 표면에서

$$v = \frac{\partial s}{\partial t} = j\omega s \quad \text{변위: } \hat{s} = \left| \frac{\hat{v}}{j\omega} \right| = \frac{\hat{v}}{\omega} = \frac{\sqrt{2} v_{\text{eff}}}{\omega}$$

$$= \frac{\sqrt{2} \times 4.82 \times 10^{-3} \text{ m/s}}{2\pi \times 250 \text{ 1/s}} = \underline{\underline{4.34 \times 10^{-6} \text{ m} = 4.34 \mu\text{m}}}$$

공간

(문제 2)

free field,  $r=1m$ ,  $L_p=65dB$ ,  $f=500Hz$

<방법-1>

$L_p=65dB$        $P_{eff} = 20 \mu Pa \times 10^{(65/20)} = 3,56 \times 10^{-2} Pa$

$I = \frac{P_{eff}^2}{Z_0} = \frac{(3,56 \times 10^{-2})^2}{415} \frac{Pa^2}{rayl} = 3,05 \times 10^{-6} \frac{N^2 \cdot m^2 \cdot s}{m^4 \cdot kg}$

$\rightarrow \frac{(N \cdot m)^2 \cdot s}{m^4 \cdot kg} = \frac{(N \cdot m)^2 \cdot s^2}{kg \cdot m \cdot m^3 \cdot s} = \frac{(N \cdot m)^2}{N \cdot m \cdot m^2 \cdot s} = \frac{N \cdot m}{m^2 \cdot s}$

$= \frac{Ws}{m^2 \cdot s} = \frac{W}{m^2}$

\*  $I = 3,05 \times 10^{-6} \frac{W}{m^2}$

①  $P = \oint \vec{I} \cdot d\vec{S} = I \times 4\pi r^2 = 3,05 \times 10^{-6} \times 4\pi (1)^2 W = 3,83 \times 10^{-5} W$

② point source:  $p = \frac{j\omega s_0 \hat{Q}}{4\pi r} e^{j(\omega t - kr)}$

$\hat{Q} = \frac{4\pi r \hat{p}}{\omega s_0} = \frac{4\pi \times 1 \times \sqrt{2} \times 3,56 \times 10^{-2}}{2\pi \times 500 \times 1,21} \frac{m \cdot Pa}{(Vs) \cdot (kg/m^3)}$

$= 1,66 \times 10^{-4} m^3/s$

<방법-2>  $I = \frac{s_0 \omega^2 \hat{Q}^2}{32\pi^2 cr^2}$  (Kut 5.9)

$\hat{Q} = \sqrt{\frac{32\pi^2 cr^2 I}{s_0 \omega^2}} = \frac{\pi r}{\omega} \sqrt{\frac{32cI}{s_0}} = \frac{\pi \times 1}{2\pi \times 500} \sqrt{\frac{32 \times 343 \times 3,05 \times 10^{-6}}{1,21}}$

$= 1,66 \times 10^{-4} m^3/s$

단위:  $\frac{m \cdot kg \cdot m \cdot m^3}{s^2 \cdot m^2 \cdot kg} = \frac{m^3}{s}$

$\downarrow$   
 $1,66 \times 10^{-4}$

<방법-2>

$L_p \approx L_I = 65dB$        $I \approx 10^{-12} \frac{W}{m^2} \times 10^{6,5} = 3,16 \times 10^{-6} \frac{W}{m^2}$

①  $P = I \times 4\pi r^2 = 3,16 \times 10^{-6} \times 4\pi W = 3,97 \times 10^{-5} W$       ② 방법 2 의 두 번째

중간

(문제 3)

직육면체 방의 eigenfrequency

$$f_{l,m,n} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{l}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_z}\right)^2}$$

①  $L_x = 8m$ ,  $L_y = 10m$ ,  $L_z = 3m$

$l, m, n$	$f_{l,m,n}$	순위
0 1 0	17.15 Hz	①
1 0 0	21.44 Hz	②
1 1 0	27.45 Hz	③
0 2 0	34.3 Hz	④
2 0 0	42.88 Hz	
1 2 0	40.45 Hz	⑤
<del>1 0 1</del>		
0 0 1	57.17 Hz	

②  $\frac{dNF}{df} \approx 4\pi V \frac{f^2}{c^3}$

$$\left. \frac{dNF}{df} \right|_{f=1kHz} = 4\pi \times 240 \frac{(10^3)^2}{(343)^3} \approx 74.737 \frac{1}{Hz}$$

eigenfrequency 사이의 평균거리

$$\Delta f \approx \frac{1}{\left(\frac{dNF}{df}\right)} = 0.0134 Hz$$

공간

(문제 4)

$$T = 0,163 \frac{V}{A} \text{ (Kutt)}$$

$$T = 0,161 \frac{V}{A} \text{ (Kinsler)}$$

① 방 벽의 총 면적  $S = 2 \times (7 \times 10 + 10 \times 4,7 + 7 \times 4,7) \text{ m}^2$   
 $= 299,8 \text{ m}^2$

등가 흡음 면적  $A = \bar{\alpha} \cdot S = 0,02 \times 299,8 \text{ m}^2 = 5,996 \text{ m}^2$   
 $\rightarrow 329 \text{ m}^2$

$$T = 0,163 \frac{7 \times 10 \times 4,7}{5,996} = 8,94 \text{ s}$$

②  $T' = 0,163 \frac{V}{A'}$

$$T' = 3,6 \text{ s} \rightarrow A' = \frac{0,163 \times 329}{3,6} \text{ m}^2 = 14,896 \text{ m}^2$$

$$A' = A - \bar{\alpha} \cdot S_s + \alpha_s \cdot S_s$$

;  $\alpha_s$ : sample의 흡음률

$S_s$ : sample 면적

#  
 $\rightarrow \alpha_s \cdot S_s = A' - A + \bar{\alpha} S_s$

$$\alpha_s = \frac{A' - A + \bar{\alpha} S_s}{S_s} = \frac{14,896 - 5,996 + 0,02 \times 20}{20} = 0,465$$

중간

(문제 5)

$$P = V \frac{dw}{dt} + \frac{Ac}{4} w$$

steady state 이니  $P = \frac{Ac}{4} w = \frac{A \rho c}{4} \frac{I}{\rho c} = \frac{A \rho c^2}{4 \rho c} I^2$

Großer Musikvereinssaal

$$V = 1.5 \times 10^4 \text{ m}^3$$

$$T(f=500 \text{ Hz}) = 2.1 \text{ s}$$

$$A = ?$$

$$T = 0.163 \frac{V}{A}$$

$$A = \frac{0.163 \cdot V}{T} = \frac{0.163 \times 1.5 \times 10^4}{2.1}$$

$$= 1.164 \times 10^3 \text{ m}^2$$

$$L_p = 100 \text{ dB} \rightarrow P_{\text{eff}} = 2 \text{ Pa}$$

$$w = \frac{I}{c} = \frac{1}{c} \frac{(P_{\text{eff}})^2}{\rho c} = \frac{1}{343} \frac{(2)^2}{415} \frac{\text{J}}{\text{m}^3} = 2.83 \times 10^{-5} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$$

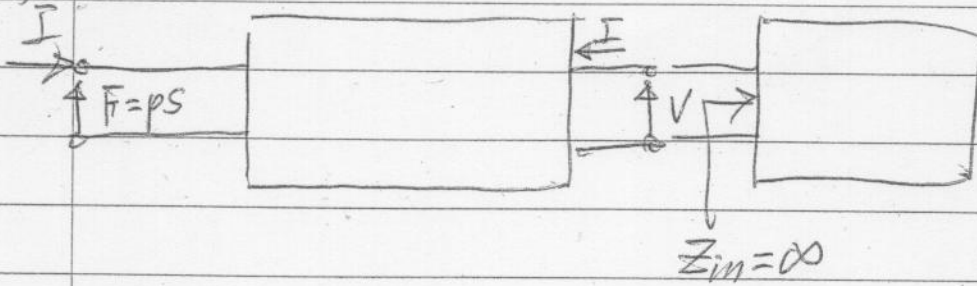
$$P = \frac{1.164 \times 10^3 \times 343}{4} \times 2.83 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2 \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{J}}{\text{m}^3}}{\text{s}} = 2.82 \text{ W}$$

1인당 평균 음향출력  $\frac{2.82 \text{ W}}{100} = 28.2 \text{ mW}$



중간

(문제 6)



$$V = Z_{EB} I + \phi Z_{EB} \cdot u \quad (1)$$

$$F = \phi Z_{EB} I + Z_{mo} \cdot u \quad (2)$$

$$Z_{in} = \infty \text{ 이므로 } I = 0$$

$$\text{Sensitivity: } \frac{V}{p} = \frac{V}{F/S} = \frac{V}{F} \cdot S$$

$$I = 0 \text{ 이므로 (2)에서 } u = + \frac{F}{Z_{mo}}$$

이것을 (1)에 대입 (1)에서도 역시  $I = 0$ )

$$V = \phi Z_{EB} \cdot u = \phi Z_{EB} \frac{F}{Z_{mo}}$$

$$\text{즉 } V/F = \frac{\phi Z_{EB}}{Z_{mo}}$$

$$\text{따라서 } \frac{V}{p} = \frac{V}{F} S = \frac{\phi Z_{EB}}{Z_{mo}} \cdot S$$

Sensitivity 높이려면  $\phi$ ,  $Z_{EB}$ ,  $S$  를 크게  $\rightarrow$  큰 전압 크게  $\rightarrow$  크게

$\phi$ ,  $Z_{EB}$ ,  $S$  를 크게  $\rightarrow$  electrostatic 경우  $\frac{q_0}{\epsilon_0}$  크게

$Z_{mo}$  작게  $\rightarrow$  가볍게, 역학적 손실 적게, soft 탄성

서울대 공대 대학원 음향공학 기말고사 (2008. 06. 05, 담당교수 : 성광모)

(공기)  $\rho_0 = 1.21 \text{ kg/m}^3$ ,  $c = 343 \text{ m/s}$ ,  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$

(물)  $\rho_0 = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $c = 1500 \text{ m/s}$

(문제1) 수중음향학에서는 보통 음압레벨에 사용하는 reference sound pressure  $p_{\text{ref}}$ 를 공기에서와는 달리  $1\mu P_a$ 로 사용한다. 수중에서의 평면음파로 가정할 때 reference sound intensity  $I_{\text{ref}}$ 를 얼마로 하면 수중 음파에 대해서도 sound pressure level과 sound intensity level의 수치가 같아져서 혼용 가능하게 될까?

(문제2) 공기 중 소음과 관련하여 octave band 별 sound level을 많이 사용한다. 중심주파수  $f_c = 1\text{kHz}$ 에서의 octave band sound pressure level 이란 중심주파수가  $1\text{kHz}$ 이고 대역폭의 상한대 하한 즉  $f_h/f_l = 2$ 인 이상적인 band-pass filter를 통과한 소음의 음압레벨이다. 어느 소음의 octave band intensity level이 각각의 중심주파수 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz의 4개의 대역에서 60dB로 일정하였다.

- ① 다른 주파수 대역에는 소음 성분이 존재하지 않는다고 할 때 이 소음의 intensity level은 몇 dB일까? 단, 소음은 완전 불규칙한 신호로 간주한다.
- ② 상기 소음의 intensity spectrum level을 주파수의 함수로 대략 sketch 하고 위의 4개의 중심주파수 부근에서의 intensity spectrum level을 각각 구하시오.

(문제3) 크기가  $6\text{m} \times 8\text{m} \times 2.5\text{m}$ 인 직육면체 거실에 부인이 TV를 보고 있으며, 옆에 붙어 있는 크기  $1.5\text{m} \times 2\text{m} \times 2.5\text{m}$ 인 직육면체 욕실에서 남편이 목욕을 하고 있다.

거실 벽과 바닥 등의 평균 흡음률은 0.4이고 욕실 벽의 평균 흡음률은 0.05이다. 거실 내에서 TV에서 나오는 소리의 음압레벨은 80dB이고, 욕실에서 현재 틀어 놓은 온수공급 소음 레벨은 85dB이다. 또한 거실과 욕실 사이의 문의 면적은  $2\text{m}^2$ 이고 소음 차단 능력은 STC 25이다. 모든 계산은 주파수 500Hz를 기준으로 한다.

- ① TV 소리와 수도 소음을 모두 소음이라고 가정할 때 욕실에서의 소음레벨과 거실에서의 소음레벨을 각각 구하시오.
- ② 남편이 비누가 필요하여 음향출력  $1\text{mW}$ 의 큰 목소리로 소리를 내고 부인은 남편의 1/4 출력, 즉  $0.25\text{mW}$ 의 출력으로 역시 소리치며 대답하는 상황이다. 서로 상대방의 말을 알아 듣기 위한 신호대 잡음비  $S/N$ 을 dB 단위로 각각 구하시오.  
 $(S/N)_1$ 은 욕실에서 남편이 수신하는 경우이고,  $(S/N)_2$ 는 거실에서 부인이 수신하는 경우이다.

③ 쌍방의 원활한 speech communication을 위해 상기의 상황을 개선하자면 어떻게 해야 할까?

(문제4) 직경 1/2 inch(반경은  $6.35\text{mm}$ ) condenser microphone이 있다. 진동판(diaphragm)은 두께  $5\mu\text{m}$ 의 알루미늄( $\rho_0 = 2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )으로 되어 있으며 고정전극과의 거리는  $200\mu\text{m}$ 이다.

Polarizing voltage는  $200\text{V}$ 이고, diaphragm의 tension은  $2500\text{N/m}$ 이다.

- ① Diaphragm과 고정전극 사이의 공간은 밀폐된 공기로 채워져 있는 원통형 공간이라 가정할 때 밀폐된 공기에 의한 탄성 compliance  $C_{m,1}$ 을 구하시오.
- ② Diaphragm의 tension에 의한 탄성 compliance  $C_{m,2}$ 는 얼마일까? 단, 박막의 tension에 의한 탄성계수는  $8\pi T$ ( $T$ :박막의 tension)로 계산한다.
- ③ 앞의 ①과 ②의 결과로 diaphragm에 작용하는 최종 탄성 compliance  $C_m$ 은 얼마일까?
- ④ Diaphragm의 질량과 위의 탄성 compliance로 인해 발생하는 공진주파수  $f_0$ 는 몇 kHz 일까?

⑤ → 다음 번에!

- ⑤ 수신주파수 특성이 평탄한 가청주파수 범위에서 이 condenser microphone의 sensitivity는 몇  $mV/P_u$ 이며, 이것은 dB re  $1V/P_u$  단위로는 몇 dB 일까?

(문제5) Electrodynamic speaker의 일부 제원은 다음과 같다.

진동판(진동부분 포함) 질량  $m = 70g$                       moving-coil 저항  $R_0 = 5.6 \text{ Ohm}$   
 진동판 탄성 compliance  $C_m = 5 \times 10^{-4} m/N$               moving-coil inductance  $L_0 = 1.2 mH$   
 진동판 반경  $a = 15cm$     mechanical Q-factor  $Q_m = 1.4$   
 transformation factor  $\phi_M = Bl = 13N/A$

- ① 위의 data로부터 이 스피커의 진공 중 공진주파수  $f_0$ 를 구하시오.
- ② Mechanical Q-factor로부터 이 스피커의 역학적 저항  $R_m$ 을 구하시오.
- ③ 이 스피커를 크기가  $50cm \times 60cm \times 80cm$ 인 직육면체 closed box에 장착하였다. 재생 가능한 저역의 주파수 대역에서 예상되는 음향파위의 주파수 특성 곡선을 sketch하고 변경된 공진주파수  $f'_0$ 도 구하시오. 단, 외부로의 소리의 방사는 무한벽(infinite baffle)에 장착된 piston radiator의 특성을 근사적으로 활용하여  $R_r = \rho_0 c S \cdot R_1$  또한  $X_r = \rho_0 c S \cdot X_1$ 로 할 때, 낮은 주파수 영역에서는 근사식  $R_1(x) = \frac{x^2}{8} = \frac{1}{2} (ka)^2$  과  $X_1 = \frac{4x}{3\pi} = \frac{8}{3\pi} (ka)$ 를 이용해도 좋다.
- ④ 앞의 ③경우인 새로운 공진주파수  $f'_0$ 에서 이 스피커 시스템의 효율을 구하시오.
- ⑤ 또한 power amp에서 I(실효치)=1A의 전류로 구동할 때  $f'_0$ 에서 축상 3m 거리의 free field에서의 음압레벨을 구하시오. 단,  $f'_0$ 의 주파수는 충분히 낮은 주파수이어서  $4\pi$  공간으로 방사하는 무지향성 음원이 됨을 감안하시오.

(문제6) 상대 항정에서 발생하는 500Hz tone을 range rate 35 knot( $18m/s$ )까지 탐지할 수 있는 passive sonar system이 우리 함에 설치되어 있다.

- ① 500Hz를 중심으로 이에 필요한 최소의 대역폭은 얼마인가?
- ② 앞의 전체 주파수 대역폭을 위해 12개의 일정한 대역폭을 갖는 band-pass filter bank를 수신단에 설치한다면 각 band-pass filter의 대역폭은 얼마씩인가?
- ③ 만일 제일 높은 frequency filter band에서 신호가 탐지되었다면 range rate의 가능한 범위는 얼마인가?
- ④ 현재 우리 함은 20 knot( $10.29m/s$ ) 속도로 상대 함과의 직선으로부터  $30^\circ$ 의 각도로 가까워지고 있으며, 상대 함은 같은 평면상에서 직선으로부터  $45^\circ$ 의 각도로 다가오고 있다. 상대 함의 속도는 몇 knot의 범위에 있을까?

(문제7) 수상함에 설치된 active sonar system의 제원은 다음과 같다.

SL = 200dB re  $1\mu P_u/\sqrt{Hz}$                        $f = 5kHz$   
 DI = 10dB     $w = 100Hz$   
 DT = 5dB

- ① 이 시스템으로 TS=10dB인 적 잠수함을 탐지하려고 한다.  
 Sea state 3 일 때 최대 탐지가능 거리  $r_{max}$ 를 구하시오. 단, 음파의 전파는 3차원적인 spherical spreading으로 간주하며, 매질 내에서의 흡수에 의한 손실도 고려한다.
- ② 위의 문제와 관련한 일반적인 active sonar equation을 제시하시오.

기말  
(문제 1)

$$I = \frac{P_{ref}^2}{S_{OC}}$$

8

$$\begin{aligned} \text{답답답} \quad I_{ref} &= \frac{P_{ref}^2}{S_{OC}} = \frac{(10^{-6})^2 \text{ Pa}^2}{1.5 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s/m}} = \frac{1}{15} \times 10^{-18} \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}}{\text{s}} \\ &= 6.67 \times 10^{-19} \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = \underline{\underline{6.67 \times 10^{-19} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}} \end{aligned}$$

$$* \text{ 단위} \quad [S_{OC}] = \text{rayl} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}} = \left[ \frac{P}{v} \right] = \frac{\text{Pa}}{\text{m/s}} = \frac{\text{Pa} \cdot \text{s}}{\text{m}}$$

$$\text{또한} \quad \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = \frac{\text{W} \cdot \cancel{\text{s}}}{\text{m}^2 \cdot \cancel{\text{s}}} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

※ 잘못 계산된 값이 다음 문제를 푸는 경우.

사은 맞은 경우: 점수 (3/4)

※ rms value 계산 (-1/4)

※ 계산을 안했어도 사이 문제 (1/4)

기말

(문제 2)

① 4개의 옥타브밴드 대역들을 각각 1, 2, 3, 4로 구분하여 표시하면

②  $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 4I_1$   ~~$L = 60$~~  ( $\because L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = 60 \text{ dB}$ )

$$L_I = 10 \log \left( \frac{I}{I_{ref}} \right) = 10 \log \left( \frac{I}{I_1} \cdot \frac{I_1}{I_{ref}} \right)$$

$$= 10 \log \left( \frac{I}{I_1} \right) + 10 \log \left( \frac{I_1}{I_{ref}} \right) = 10 \log 4 + 60 = \underline{66 \text{ [dB]}}$$

< 다른 방법 >

$$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = 60 \text{ dB} \rightarrow \bar{I}_1 = \bar{I}_2 = \bar{I}_3 = \bar{I}_4 = 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_4 = 4 \times 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$L_I = 10 \log \left( \frac{I}{I_{ref}} \right) = 10 \log \left( \frac{4 \times 10^{-6}}{10^{-12}} \right) = \underline{66 \text{ [dB]}}$$

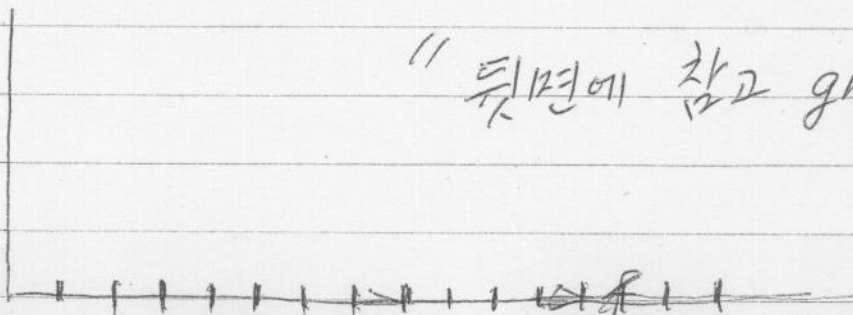
② 옥타브 밴드  $f_h/f_l = 2/1$       $f_h/f_c = f_c/f_l = \sqrt{2}/1$

밴드폭:  $\Delta f = f_h - f_l = \sqrt{2}f_c - \frac{1}{\sqrt{2}}f_c = (\sqrt{2} - \frac{1}{\sqrt{2}})f_c = \frac{1}{\sqrt{2}}f_c$

밴드별 intensity spectrum level:  ~~$10 \log \left( \frac{I_i/\Delta f_i}{I_{ref}/1 \text{ Hz}} \right)$~~   
 $\rightarrow = 10 \log \left( \frac{I_i}{I_{ref}} \right) - 10 \log \left( \frac{\Delta f_i}{1 \text{ Hz}} \right)$

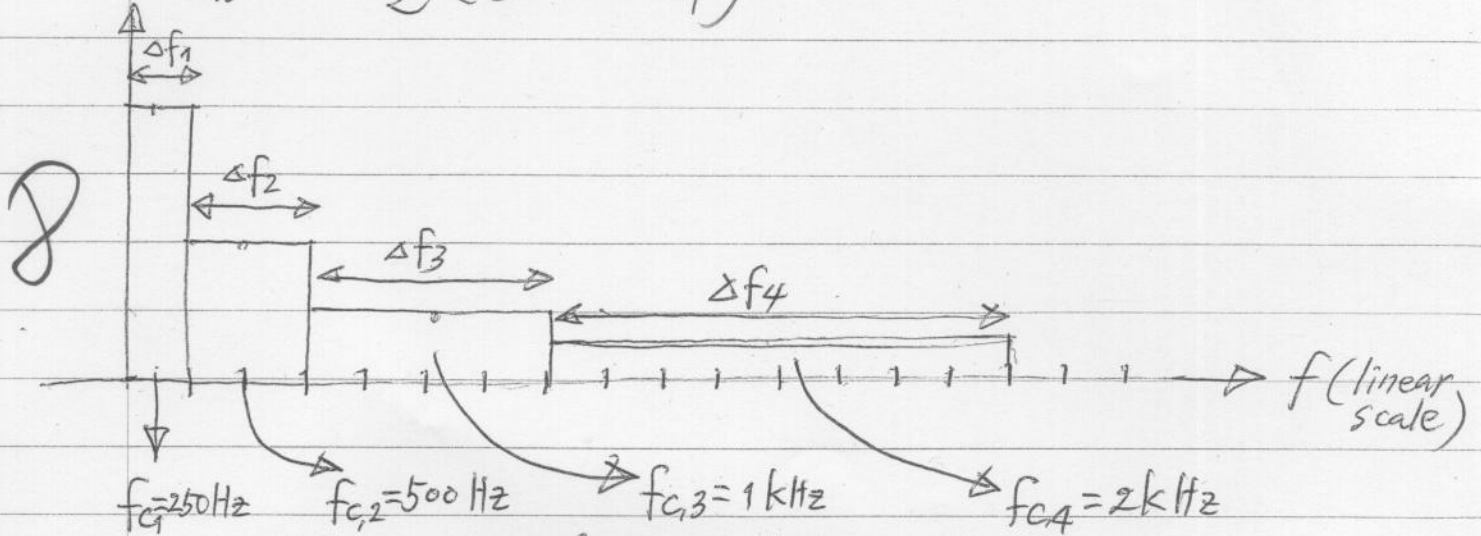
중심주파수 ( $f_c$ )	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
밴드폭 ( $\Delta f$ )	176.8 Hz	353.6 Hz	707.1 Hz	1414.2 Hz
옥타브 밴드 intensity level	60 dB	60 dB	60 dB	60 dB
옥타브 밴드별 intensity spectrum level	31.5 dB	34.5 dB	31.5 dB	28.5 dB

"특이점에 참고 graph"



$$g_i = \frac{I_i}{\Delta f_i}$$

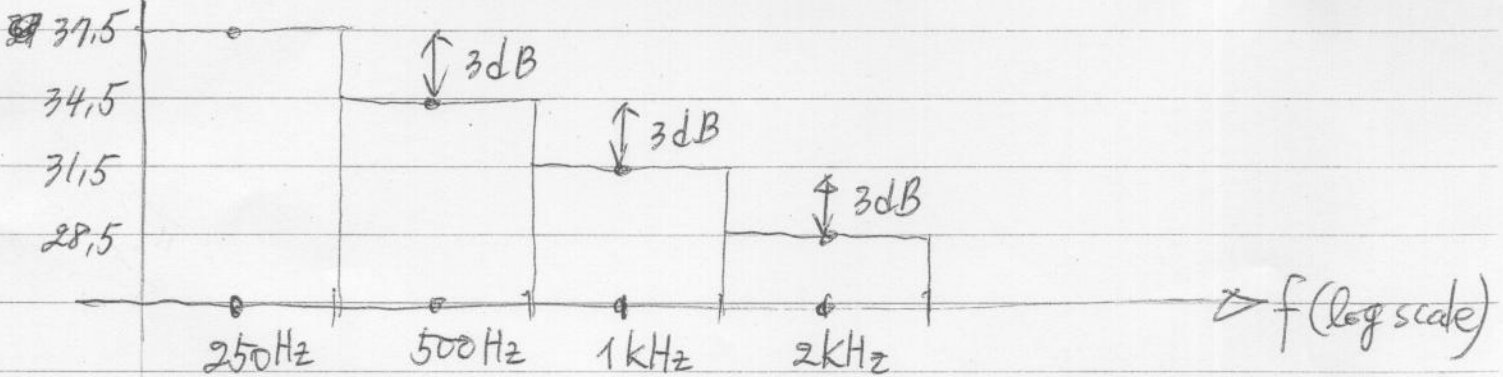
기밀 (문제 2 계속)



~~intensity spectrum level [dB re  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>.Hz]~~



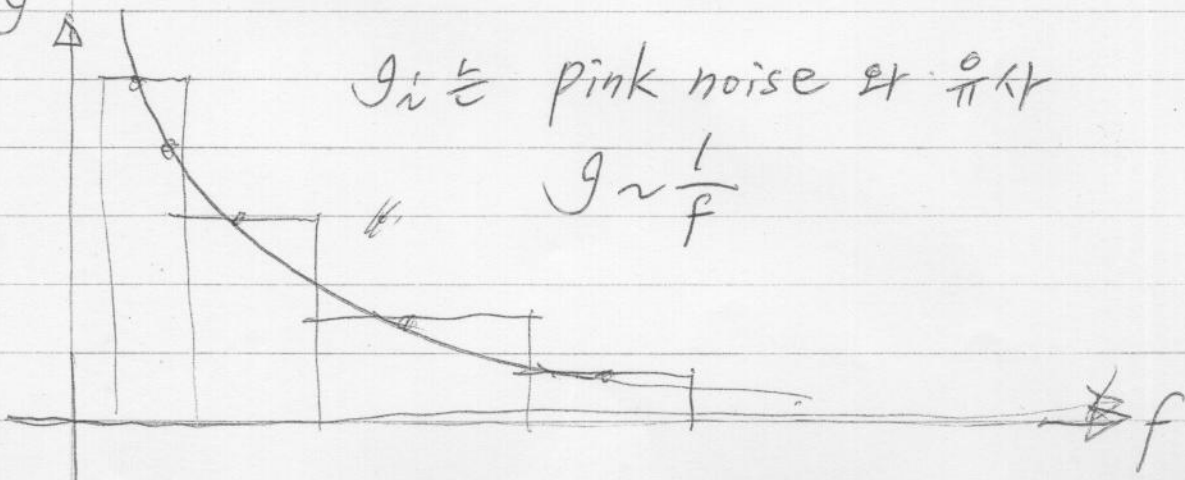
intensity spectrum level [dB re  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>.Hz]



g

$g_i$  는 pink noise 와 유사

$$g \sim \frac{1}{f}$$



기말

(문제 3)

$$TL = RA = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A}$$

$$T = 0,161 \frac{V}{A}$$

① <목실 소음>: 수도 85 dB  
8 <투과한 TV 소음>

$$L_2 = L_1 - TL + 10 \log \frac{S}{A}$$

목실의 A=?

$$A_{\text{목실}} = \bar{\alpha}_n \cdot S_n = 0,05 \times 2 \times (1,5 \times 2 + 1,5 \times 2,5 + 2 \times 2,5) \text{ m}^2 = 1,175 \text{ m}^2$$

투과한 TV 소음  $L_2 = L_1 - TL + 10 \log \frac{S_{\text{TV}}}{A_{\text{목실}}} = 80 - 25 + 10 \log \left( \frac{2}{1,175} \right)$  (STC 25)  
 $= (80 - 25 + 2,3) \text{ dB} = 57,3 \text{ dB}$

목실 전체 소음 level

수도: 85 dB  
투과한 TV 소음: 57,3 dB }  $L_{\text{목실}} = 85 \text{ dB}$

$\rightarrow (85 \text{ dB 보다 } -20 \text{ dB 이하})$

정확하게는

$$I_{\text{수도}} = I_{\text{ref}} \cdot 10^{8,5}$$

$$I_{\text{TV}} = I_{\text{ref}} \cdot 10^{5,73}$$

$$I_{\text{소음}} = I_{\text{수도}} + I_{\text{TV}} = I_{\text{ref}} \cdot 10^{8,5} \left( 1 + \frac{10^{5,73}}{10^{8,5}} \right)$$

$$= I_{\text{ref}} \cdot 10^{8,5} (1 + 10^{-2,77}) = I_{\text{ref}} \cdot 10^{8,5} (1,001698)$$

$$L_{\text{목실}} = 10 \log (10^{8,5} \times 1,001698) = 85 \text{ dB} + 0,0074 \text{ dB}$$

$$\approx 85 \text{ dB}$$

8 <거실 소음>

TV: 80 dB, 거실의  $A_{\text{거실}} = \bar{\alpha}_n \cdot S_n = 0,4 \times 2 \times (6 \times 8 + 8 \times 2,5 + 6 \times 2,5) \text{ m}^2$

투과한 수도 소음:  $L_2' = L_1' - TL + 10 \log \frac{S_{\text{수도}}}{A_{\text{거실}}} = 85 - 25 + 10 \log \left( \frac{2}{66,4} \right) = 44,8 \text{ dB}$

거실 전체 소음

TV: 80 dB

투과한 수도 소음: 44,8 dB

$$L_{\text{거실}} \approx 80 \text{ dB}$$

(기말 문제 3 계속)

② < 거실 에어컨의 부인에 의한 sound level >

$$W = \frac{4P}{CA} = \frac{4 \times 0.25 \times 10^{-3} \text{ W}}{343 \times 66.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{m}^2} = 4.3907 \times 10^{-8} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$$

$$W = \frac{I}{c} \rightarrow I = c \cdot W = 1.506 \times 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$L_{I_{\text{ref}}} = 10 \log \left( \frac{1.506 \times 10^{-5}}{10^{-12}} \right) = 10 \log (1.506 \times 10^7) = 71.8 \text{ [dB]}$$

< 남편이 듣는 부인의 소리 >

$$S_1 = L'_{I_{\text{ref}}} = L_{I_{\text{ref}}} - TL + 10 \log \frac{S_{\text{ref}}}{A_{\text{ref}}} = (71.8 - 25 + 2.3) \text{ dB} = 49.1 \text{ dB}$$

$$\left( \frac{S}{N} \right)_1 = 49 \text{ dB} - 85 \text{ dB} = \underline{-36 \text{ dB}}$$

전혀 알아들을 수 없는 상황

< 거실 에어컨의 남편에 의한 sound level >

$$W = \frac{4P}{CA} = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ W}}{343 \times 1.175 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{m}^2} = 9.924 \times 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$$

$$I = c \cdot W = 3.404 \times 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$L_{I_{\text{ref}}} = 10 \log \left( \frac{3.404 \times 10^{-3}}{10^{-12}} \right) = 10 \log (3.404 \times 10^9) = 95.3 \text{ [dB]}$$

< ~~남편~~ 부인이 듣는 남편의 소리 >

$$S_2 = L'_{I_{\text{ref}}} = L_{I_{\text{ref}}} - TL + 10 \log \frac{S_{\text{ref}}}{A_{\text{ref}}} = (95.3 - 25 + 10 \log \frac{2}{66.4}) \text{ [dB]} = 55.1 \text{ dB}$$

$$\left( \frac{S}{N} \right)_2 = 55.1 \text{ dB} - 80 \text{ dB} = \underline{-24.9 \text{ dB}}$$

역시 전혀 알아들을 수 없는 상황

③ 남편은 현재보다 25dB 이상, 부인은 36 dB 이상의 power를 내어 소리쳐야 하는데, 현실적으로 불가능하고, TV와 수도 소음을 줄여야 가능



21월

(문제 4) ①  $C_{m,1} = \frac{V_0}{g_0 c^2 S^2} = \frac{\pi (6,35 \times 10^{-3})^2 \times 0,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{415 \times 343 \times \pi^2 (6,35 \times 10^{-3})^4 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^2} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$   
 $= \frac{0,2 \times 10^{-3}}{415 \times 343 \times \pi (6,35 \times 10^{-3})^2} \frac{\text{m}}{\text{N}} = \frac{0,2 \times 10^{-3} \times 10^6}{415 \times 343 \times \pi (6,35)^2} \frac{\text{m}}{\text{N}}$   
 $= 1,1091 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{N}}$

②  $C_{m,2} = \frac{1}{8\pi T} = \frac{1}{8\pi \times 2500 \text{ N/m}} = 1,5915 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{N}}$

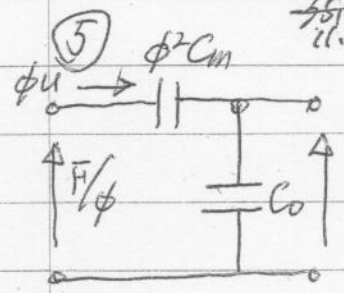
③  $C_m = \frac{C_{m,1} \times C_{m,2}}{C_{m,1} + C_{m,2}} = \frac{1,5915 \times 1,1091 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{N}}}{1,5915 + 1,1091} = 1,038 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{N}}$

$\left( \frac{1}{C_m} = \frac{1}{C_{m,1}} + \frac{1}{C_{m,2}} \right)$

④  $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{m C_m}}$

$m = g_0 \cdot V = 2,7 \times 10^3 \times \pi (6,35 \times 10^{-3})^2 \times 5 \times 10^{-6} \text{ kg}$   
 $= 53,86 \times 10^{-9} \text{ kg} = 5,386 \times 10^{-8} \text{ kg} \quad 1,71 \times 10^{-5} \text{ kg}$

$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{5,386 \times 10^{-8} \times 1,038 \times 10^{-5}}} \text{ Hz} = \frac{1}{2\pi \sqrt{5,59 \times 10^{-12}}} \text{ Hz}$   
 $= \frac{10^6}{2\pi \sqrt{55,9}} \text{ Hz} = 2,13 \times 10^4 \text{ Hz} = 21,3 \text{ kHz} \quad 47,6 \text{ kHz}$



$\frac{V}{R/\phi} = \frac{V}{P S/\phi} = \frac{\phi^2 C_m}{C_0 + \phi^2 C_m}$

$\frac{V}{P} = \frac{S}{\phi} \frac{\phi^2 C_m}{C_0 + \phi^2 C_m} = \frac{S \phi C_m}{C_0 + \phi^2 C_m}$

$\phi = \frac{g_0}{\kappa_0} = \frac{C_0 V_0}{\kappa_0} ; C_0 = \epsilon_0 \frac{S}{d_0} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\pi (6,35 \times 10^{-3})^2}{0,2 \times 10^{-3}} \text{ F} = 5,61 \times 10^{-12} \text{ F}$   
 $\phi = \frac{5,61 \times 10^{-12} \times 200 \text{ F} \cdot \text{V}}{0,2 \times 10^{-3} \text{ m}} = 5,61 \times 10^{-6} \frac{\text{N}}{\text{V}} ; \frac{V}{P} = \frac{\pi (6,35 \times 10^{-3})^2 \times 5,61 \times 10^{-6} \times 1,038 \times 10^{-5}}{5,61 \times 10^{-12} + (5,61 \times 10^{-6})^2 + 1,038 \times 10^{-5}} \frac{\text{V}}{\text{Pa}}$   
 $\approx \frac{4,64 \times 10^{-15}}{5,61 \times 10^{-12}} \frac{\text{V}}{\text{Pa}} = 0,828 \frac{\text{mV}}{\text{Pa}} \rightarrow 20 \log (0,828) \text{ dB re } 1 \text{ V/Pa}$   
 $= -57,6 \text{ dB re } 1 \text{ V/Pa}$

7104

(P 2115) ①  $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{m \cdot C_m}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{70 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-4}}} \text{ Hz} = \frac{10^3}{2\pi \sqrt{35}} \text{ Hz}$   
 $= 26,9 \text{ Hz}$

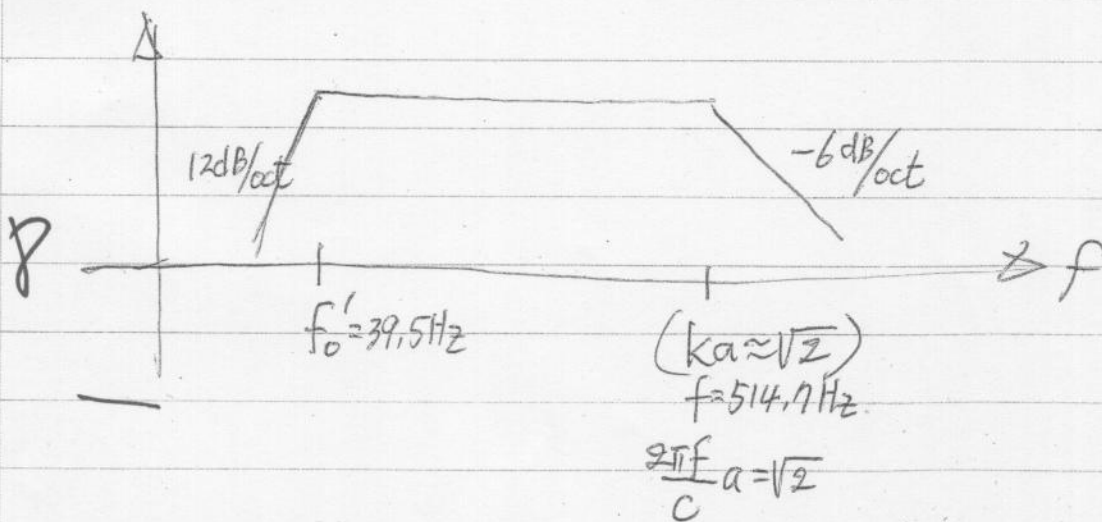
②  $Q_m \approx \frac{\omega_0 m}{R_m} = \frac{2\pi f_0 m}{R_m}$        $R_m = \frac{2\pi f_0 m}{Q_m} = \frac{2\pi (26,9) \times 70 \times 10^{-3}}{1,4} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}}$   
 $= 8,45 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}}$

③  $C_{m, \text{box}} = \frac{V_0}{\rho_0 c^2 S^2} = \frac{0,5 \times 0,6 \times 0,8}{415 \times 343 \times \pi^2 (0,15)^4} \frac{\text{m}}{\text{N}} = 3,37 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{N}}$

$C_m' = \frac{C_m \times C_{m, \text{box}}}{C_m + C_{m, \text{box}}} = \frac{(5 \times 3,37)}{(5 + 3,37)} \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{N}} = 2,01 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{N}}$

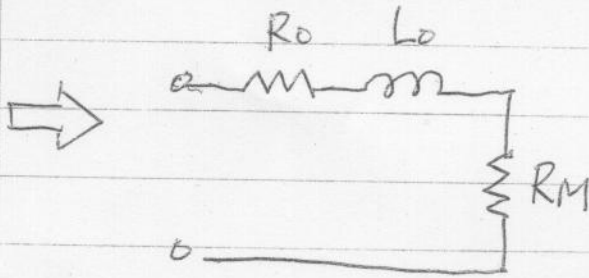
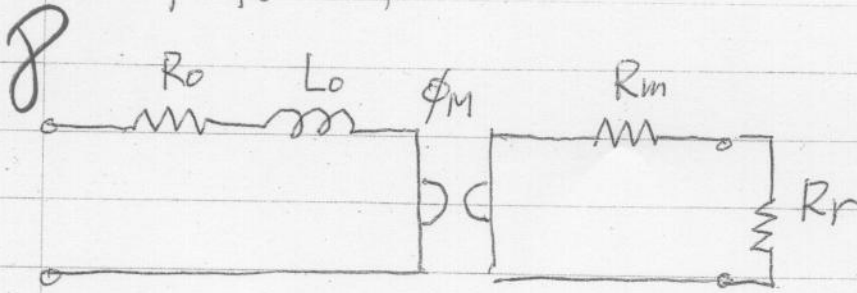
$m' = m + m_r$       ;  $m_r = \rho_0 \pi a^2 \left(\frac{8}{3\pi} a\right) = \rho_0 \times \frac{8}{3} a^3$   
 $m' = 70 \text{ g} + 10,89 \text{ g} = 80,89 \text{ g}$        $= 1,21 \times \frac{8}{3} (0,15)^3 \text{ kg} = 10,89 \text{ g}$

④  $f_0' = \frac{1}{2\pi \sqrt{m' C_m'}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{80,89 \times 10^{-3} \times 2,01 \times 10^{-4}}} \text{ Hz} = 39,5 \text{ Hz}$



$f = \frac{\sqrt{2} c}{2\pi a} = \frac{\sqrt{2} \times 343}{2\pi \times (0,15)} \text{ Hz} = \underline{\underline{514,7 \text{ Hz}}}$

기말  
(2115) ④  $f = f_0'$  이다



$$R_M = \frac{\Phi_M^2}{R_m + R_r}, \quad \Phi_M = BL$$

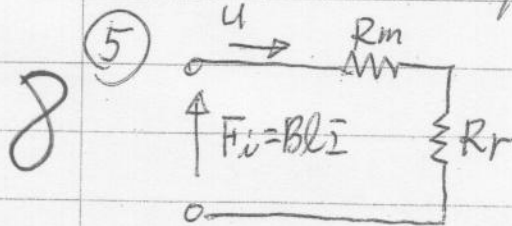
$$\eta(f=f_0') = \frac{R_M}{R_0 + R_M} \cdot \frac{R_r}{R_m + R_r}$$

$$R_r = \rho_0 c \cdot S \cdot \frac{1}{2} (ka)^2 = 415 \times \pi (0,15)^2 \times \frac{1}{2} \left( \frac{2\pi \times 39,5}{343} \times 0,15 \right)^2 = 0,173 \frac{N}{m}$$

$$R_M = \frac{(13)^2}{8,45 + 0,173} \Omega = 19,6 \Omega$$

$$\eta(f=f_0') = \frac{19,6}{5,6 + 19,6} \times \frac{0,173}{8,45 + 0,173} = \frac{19,6}{25,2} \times \frac{0,173}{8,623} = 0,0156$$

$$= 1,56\%$$



$$U = \frac{BLI}{R_m + R_r} = \frac{13 \times 1}{8,45 + 0,173} \frac{m}{s} = 1,51 \frac{m}{s} \text{ (eff)}$$

$$\hat{Q} = \pi a^2 \hat{U} = \pi (0,15)^2 \sqrt{2} \times 1,51 \frac{m^3}{s} = 1,509 \times 10^{-1} \frac{m^3}{s}$$

$$\hat{p} = \frac{\rho_0 \rho_0 \hat{Q}}{4\pi r} = \frac{2\pi \times (39,5) \times 1,21 \times 0,1509}{4\pi \times 3} \text{ Pa} = 1,20 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{p} = 0,85 \text{ Pa} \quad L_p = 20 \log \left( \frac{0,85 \text{ Pa}}{20 \mu\text{Pa}} \right) = 92,6 \text{ dB}$$

< \* 다른 방법 >  $P_{ac} = \frac{1}{2} \hat{U}^2 R_r = \frac{1}{2} (\sqrt{2} \times 1,51)^2 \times 0,173 \text{ W} = 0,394 \text{ W}$

$$I(r=3m) = \frac{P_{ac}}{4\pi r^2} = \frac{0,394 \text{ W}}{4\pi (3)^2 \text{ m}^2} = 3,48 \times 10^{-3} \frac{W}{m^2}; \quad I_L = 10 \log \left( \frac{3,48 \times 10^{-3}}{10^{-12}} \right) = 95,4 \text{ dB}$$

기말

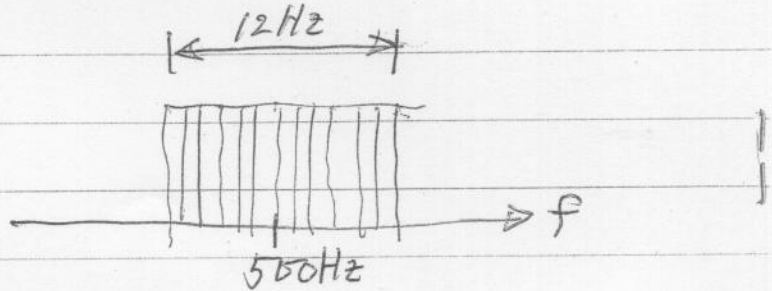
문제 6) ①  $\Delta f = \left(\frac{R}{c}\right) f_1$

$f = 500 \text{ Hz}, R = 18 \text{ m/s}, c = 1500 \text{ m/s}$

②  $\Delta f = \frac{18}{1500} \times 500 = 6 \text{ Hz}$

$W_{\min} = 2\Delta f = 12 \text{ Hz}$

③  $\Delta f_{\text{BW}} = \frac{12 \text{ Hz}}{12} = 1 \text{ Hz}$



④  $505 \text{ Hz} \leq f_1' \leq 506 \text{ Hz}$

$5 \text{ Hz} \leq \Delta f \leq 6 \text{ Hz}$

$c \frac{\Delta f_{\min}}{f_1} \leq R \leq c \frac{\Delta f_{\max}}{f_1} \rightarrow 1500 \times \frac{5}{500} \leq R \leq 1500 \times \frac{6}{500} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

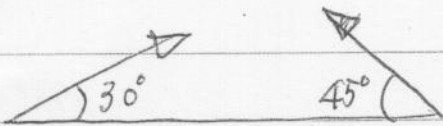
$15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \leq R \leq 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

⑤

$R = V \cos \theta + U \cos \phi$

$V = 10.29 \text{ m/s}$

$U = ?$



$15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \leq \left(10.29 \times \frac{\sqrt{3}}{2} + U \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \leq 18$

$6.09 \leq U \frac{\sqrt{2}}{2} \leq 9.09 \quad \Bigg| \quad 8.613 \leq U \leq 12.855 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$16.7 \text{ knots} \leq U \leq 25 \text{ knots}$

기말

(문제 9) ①  $SL - 2TL + TS \geq NL - DI + DTN$

②  $NL = NSL + 10 \log W$  이므로

$\frac{2}{7} SL - 2TL + TS \geq NSL + 10 \log W - DI + DTN$

① sea state : 3 }  $\rightarrow NSL = 50 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$   
f = 5 kHz

② 12

$2TL \leq SL + TS - NSL - 10 \log W + DI - DTN$   
↓   ↓   ↓   ↓   ↓  
200dB 10dB 50dB 20dB 10dB 5dB  
(W=100Hz)

$2TL \leq (200 + 10 - 50 - 20 + 10 - 5) \text{ dB}$   
145 dB

$TL \leq 72.5 \text{ dB}$

$(20 \log r + ar) \leq 72.5$

$\frac{a}{f^2} = \frac{0.08}{0.9 + f^2} + \frac{30}{3000 + f^2} + 4 \times 10^{-4} \left( \frac{\text{dB}}{\text{km}} \right) / (\text{kHz})^2$

$a(f=5 \text{ kHz}) = (5)^2 \left( \frac{0.08}{0.9 + 25} + \frac{30}{3000 + 25} + 4 \times 10^{-4} \right) \frac{\text{dB}}{\text{km}}$   
 $= 25 \left( \frac{0.08}{25.9} + \frac{30}{3025} + 4 \times 10^{-4} \right) \frac{\text{dB}}{\text{km}}$   
 $= 25 (3.0888 \times 10^{-3} + 9.917 \times 10^{-3} + 4 \times 10^{-4}) \frac{\text{dB}}{\text{km}}$   
 $= 0.335 \text{ dB/km} = 3.35 \times 10^{-4} \text{ dB/m}$

$(20 \log r + ar) \leq 72.5 \text{ [dB]}$  이 때 이항하여 풀면

$r \leq 3661.6 \text{ m}$

$r_{\text{max}} = \underline{\underline{3.66 \text{ km}}}$









2008.06.19

## 교수입력성적표

2008 학년도

1 학기

교과목번호	4541.743	강좌번호		학과장	
교과목명	음향공학	담당교수		성평모	
학 점	3	카드번호		1	

대학(원)	학 과 (대학/계 반 번)	학 번	성 명	일련 번호	성 적	비 고 (재이수년도, 학기)
공과대학	기계항공공학부	2003-30931	김창구	1	B0	
공과대학	기계항공공학부	2006-20956	이규호	2	B+	
공과대학	기계항공공학부	2007-20841	이찬원	3	B0	
공과대학	기계항공공학부	2007-22987	이성철	4	B+	
공과대학	기계항공공학부	2008-20757	안재식	5	B-	
공과대학	기계항공공학부	2008-30192	손은국	6	B0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2005-21521	최상일	7	B+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2006-21305	최성태	8	A+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2006-23161	박세범	9	A-	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2006-23173	신종원	10	A-	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2006-23182	이석진	11	A+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2006-30840	국중갑	12	B+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2006-30852	이재준	13	A0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-20932	김도현	14	A+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-20971	도호석	15	A-	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-21035	이경표	16	B+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-21057	이태석	17	A-	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-21091	정희운	18	B0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-21115	허인석	19	A+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-23012	김선호	20	A+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-23028	송용훈	21	A+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-23029	송재현	22	B-	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-23058	최순우	23	A-	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-30234	이성호	24	A0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-30832	이공우	25	B0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-30836	이태호	26	C+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2007-30837	이활리	27	B0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2008-20889	박지호	28	A0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2008-20900	송운종	29	A0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2008-20927	이극재	30	A+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2008-20941	이재희	31	B+	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2008-21003	한나라	32	A0	
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2008-30227	송원석	33	B+	

\* 성적 제출기일을 지켜주시기 바랍니다.

서울대학교

2008.06.19

## 교수입력성적표

2008 학년도

1 학기

교과목번호	4541.743	강좌번호		학과장	
교과목명	음향공학			담당교수	성광모
학 점	3			카드번호	2

대학(원)	학 과 (대학/계 반 번)	학 번	성 명	일련 번호	성 적	비 고 (재이수년도, 학기)
공과대학	전기·컴퓨터공학부	2008-30248	탁윤도	34	A+	
공과대학	전기공학부	2001-12353	윤동민	35	A+	
공과대학	전기공학부	2004-12035	이대희	36	A+	
공과대학	전기공학부	2004-12106	최연규	37	C0	
공과대학	전기공학부	2004-12131	허훈	38	A0	
공과대학	전기공학부	2005-11880	최근우	39	A0	
공과대학	조선해양공학과	2005-23380	김종도	40	A0	
공과대학	조선해양공학과	2007-30170	고병준	41	B+	
공과대학	에너지시스템공학부	2007-21253	배호석	42	A0	

\* 성적 제출기일을 지켜주시기 바랍니다.

서울대학교