

## ÜTEMTERV

Kód: GEGET332M 3. félév

### A "Zaj- és vibráció" c. tantárgy ütemterve

II. é. Energetikai mérnöki mesterszakos hallgatók részére

Tanulmányi hét	Előadás	Gyakorlat
1	A műszaki akusztika tárgya, történelmi előzményei. Akusztikai alapfogalmak.	Számítási példák az akusztikai alapfogalmak begyakorlására.
2	Akusztikai alapfogalmak: teljesítmény, intenzitás, hangnyomás, áttétel.	– ” – 1. Ellenőrző feladat.
3	Szintek, bevezetésük szükségessége. Alap és származtatott szintek, referencia.	Számítási példák a szintműveletek begyakorlására.
4	Zaj- és rezgésmérések gyakorlati jelentősége. Műszerelemek: mikrofonok és rezgésérzékelők.	– ” – 2. Ellenőrző feladat
5	Műszerelemek: szűrők, elemzők, tárolók. Műszerrendszerek összeállítása.	Számítási példák szűrésre és elemzésre.
6	Hangtér, térjellemezők. Forrás típusok. Pont- és vonalforrások.	Hangtér számítások. 3. Ellenőrző feladat.
7	Közvetlen és visszavert hangtér. A sugárzási és irányítási tényező értelmezése és meghatározása.	Hangtér számítások.
8	Szilárd szerkezetek magatartása, hangvisszaverés, -elnyelés, abszorpció és átvezetés, hanggátlás.	Számítási példák szilárd szerkezetek maga tartására. 4. Ellenőrző feladat.
9	Egyadatos mérőszámok: hangnyomásszint, hangosság, hangosságsszint, zajosság, zajosság-szint, súlyozott rezgésnyersúlyosság.	1. Mérési gyakorlat: egyenértékű szint mérése.
10	Zaj- és rezgésterhelési határértékek, ill. előírások. Hatásvizsgálati módszerek és eljárások.	Számítási példák hatás vizsgálatra. 5. Ellenőrző feladat.
11	Zaj- és rezgésforrások típusai, osztályozási rendszerek.	2. Mérési gyakorlat: forrás-teljesítmény meghatározása.
12	Hangtompítók. Követelményrendszer. Reaktív és disszipatív típusok. Kialakítás, illesztési követelmények.	Számítási példák hangtompítók alkalmazására. 6. Ellenőrző feladat.
13	Burkolatok és tokozások. Kialakítás, méretezés.	3. Mérési gyakorlat: rezgésjellemzők mérése.
14	Hanggátak. Méretezés és kialakítás. Csapágyazások és hajtások jellegzetes zaj- és rezgésforrásai.	Számítási gyakorlat burkolatok és hanggátak méretezésére.
15	Villamosgépek, hidraulikus és pneumatikus rendszerek zaj- és rezgésforrásai. Beavatkozási lehetőségek.	Feladatpótlás.

A tantárgy követelményei és a félévvégi aláírás feltételei:

- A tantárgy lezárásának módja: aláírás, vizsga. A félév elismerésének (az aláírás megszerzésének) feltétele a kötelező foglalkozások folyamatos látogatása, a laborméréseken való részvétel, a mérési jegyzőkönyvek elkészítése és az ellenőrző feladatok legalább elégséges minősítése. A labormérések időpontját az ütemterve tartalmazza. A mérésekről minden mérőcsoportnak külön-külön jegyzőkönyvet kell készítenie. Értékelésük: megfelelt ill. nem felelt meg. Elégtelen ill. hiányzó ellenőrző feladatok pótlása az utolsó (14.) héten kerül sor. Labormérések pótlására a gyakorlatvezetővel való egyeztetés után kerül sor. A vizsga írásbeli és szóbeli részből áll, értékelése e kettő összesítése alapján történik.

Miskolc, 2019. szeptember 1.

Dr. Bihari Zoltán  
tárgyjegyző

## MŰSZAKI AKUSZTIKA

Dátum:

Név:

Tan.kör:

ALT 0013

1. *"...a fehérkarú Héra megállt s a seregre kiáltott,  
hősszívű Szentor képében, kinek akkora hangja  
szállt érc-torkából, mint ötven más daliának:"*  
[Homeros: Ilias. V. ének. Diomedes vitézkedése. Ford.: Devecseri Gábor.]  
Hány dB növekedést jelent az idézetben szereplő ötvenszeres növekedés egy "daliá"-hoz viszonyítva?
2. A 317...1470 Hz közötti tartományban kialakult szürke zaj hangnyomásszintje  $L_p = 73$  dB.  
a) A tartományt sávnak tekintve mekkora annak középfrekvenciája?  
b) A tartomány hány oktáv, féloktáv, ill. terc szélességű?  
c) Mekkora a hangnyomásszint az  $f_m = 1$  kHz-es oktávcsávban?
3.  $D = 8,7$  irányítási tényezőjű,  $N = 3,7$  kW teljesítményű,  $\eta = 6,2 \cdot 10^{-7}$  akusztikai áttételű zajforrástól  $r = 23$  m távolságban mekkora hangnyomásszint alakul ki?
4.  $P = 69$  mW forrásteljesítményű zajforrás  $R = 9$  dB hanggátlású,  $r = 2$  m sugarú félgömb alakú burkolat alatt tökéletesen tükröző síkon sugároz, s ebben a térben  $L_p = 98$  dB hangnyomásszint alakul ki.  
a) Mekkora a burkolat veszteségi tényezője?  
b) Mekkora lesz a burkolat alatt a hangnyomásszint, ha a burkolaton lévő  $0,4$  m<sup>2</sup> felületű ellenőrző ablak nyitva marad?
5. A hangtér ugyanazon pontjában két zajforrás külön-külön 78 és 82 phon hangosság szintet kelt. Együttes üzemeltetés esetén mekkora hangosság szint alakul ki?
6. Ugyanabban a hangtérben két zajforrást külön-külön üzemeltetve az általuk létrehozott hangnyomásszintek különbsége 13 dB. Hogyan viszonyulnak egymáshoz a forrásteljesítmények?
7. Értelmezze a burkolófelületes mérési eljárásnál alkalmazott *térbeli átlagérték* fogalmát!
8. Szabadteremben üzemelő, teljesen tükröző felületre felállított 98 dB hangteljesítményű munkagép kezelője annak elméleti sugárzási középpontjától 2,5 m távolságban tartózkodik.  
a) Mekkora a munkagép forrásteljesítménye?  
b) Mekkora a jelzett helyen az intenzitás?  
c) Mekkora ugyanitt az intenzitásszint?  
d) Mekkora ugyanitt a hangnyomásszint?  
e) A gépkezelőt vészhelyzetre hangjelzéssel lehet figyelmeztetni. Az ezt létrehozó sziréna mekkora villamos teljesítményű legyen, ha annak akusztikai áttétele  $3 \cdot 10^{-2}$ , távolsága a kezelőtől 35 m és a megkívánt hangnyomásszint különbség  $\Delta L = +15$  dB? A sziréna irányítási tényezője 7,2.  
f) A jelzőberendezést egy 8 órás műszakban legfeljebb hány percig szabad üzemeltetni, ha a 85 dB-es egyenértékű A-hangnyomásszintet a zajterhelés nem haladhatja meg?
9. Egy gépműhelyben rúdacél darabolását végzik keretes fűrészben. Ennek A-teljesítményszintje üresjáratban

$$L_{WA0} = 76,3 + 9,3 \lg \frac{N_{\max}}{N_0} \quad [\text{dB}],$$

ill. forgácsolásnál

$$L_{WA} = 80,4 + 14,2 \lg \frac{N_{\max}}{N_0} \quad [\text{dB}].$$

A szerszámgép folyamatosan dolgozik 8 órán keresztül. Egy darabolás ideje 9,5 perc, majd a következő műveletig 0,5 percre van szükség (munkadarab átállítása, befogás stb.). Mekkora egy 8 órás műszakra az egyenértékű A-hangnyomásszint a műhely visszavert hangterében? A számítás során az alapzaj elhanyagolható!

$R_T = 245$  m<sup>2</sup>;  $N_{\max} = 2,2$  kW;  $N_0 = 1$  kW.

10. Ismertesse a mérőmikrofonokat! (Vázlat, rövid leírás és jellemzés.)

## ALT 0013 megoldása

1. A hangnyomásszint növekedése

$$\Delta L = 20 \cdot \lg 50 \approx 16,99 \approx \mathbf{17 \text{ dB}}.$$

2. a) A sáv középfrekvenciája

$$f_m = \sqrt{f_a \cdot f_f} = \sqrt{317 \text{ Hz} \cdot 1470 \text{ Hz}} \approx \mathbf{682,6 \text{ Hz}}.$$

b) A tartomány szélessége oktávokban

$$m_{8/1} = \text{lb} \frac{f_f}{f_a} = \text{lb} \frac{1470 \text{ Hz}}{317 \text{ Hz}} \approx \mathbf{2,21 \text{ oktáv}}.$$

A tartomány szélessége féloktávokban

$$m_{8/2} = \log \uparrow \sqrt{2} \frac{f_f}{f_a} = \log \uparrow \sqrt{2} \frac{1470 \text{ Hz}}{317 \text{ Hz}} \approx \mathbf{4,43 \text{ féloktáv}}.$$

A tartomány szélessége tercekben

$$m_{8/3} = \log \uparrow \sqrt[3]{2} \frac{f_f}{f_a} = \log \uparrow \sqrt[3]{2} \frac{1470 \text{ Hz}}{317 \text{ Hz}} \approx \mathbf{6,64 \text{ terc}}.$$

c) A szürke (és fehér) zaj hangnyomásszintje a teljes tartományban azonos, ezért

$$L_p = \mathbf{73 \text{ dB}}.$$

3. A hangnyomásszint (megegyezően az intenzitásszinttel)

$$L_p = L_I = 10 \cdot \lg \frac{\eta \cdot N \cdot D}{4 \cdot r^2 \pi \cdot I_0} = 10 \cdot \lg \frac{6,2 \cdot 10^{-7} \cdot 3,7 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 8,7}{4(23 \text{ m})^2 \pi \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2}} \approx \\ \approx 64,77 \approx \mathbf{65 \text{ dB}}.$$

4. a) A burkolat teremállandója

$$I = I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot L_p} = \frac{4 \cdot P}{R_T}$$

alapján (felhasználva a hangnyomás- és az intenzitásszint megegyezését)

$$R_T = \frac{4 \cdot P}{I_0 \cdot 10^{0,1 \cdot L_p}} = \frac{4 \cdot 69 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{10^{-12} \text{ W m}^{-2} \cdot 10^{0,1 \cdot 98}} \approx \mathbf{43,7 \text{ m}^2}.$$

A burkolat és talprészének felülete

$$A = 2 \cdot r^2 \pi + r^2 \pi = 3 \cdot r^2 \pi = 3(2 \text{ m})^2 \pi \approx 37,7 \text{ m}^2.$$

A burkolat átlagos elnyelési tényezője

$$R_T = A \frac{\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$$

felhasználásával

$$\bar{\alpha} = \frac{R_T / A}{1 + R_T / A} = \frac{43,7 \text{ m}^2 / 37,7 \text{ m}^2}{1 + 43,7 \text{ m}^2 / 37,7 \text{ m}^2} \approx 0,5369.$$

## MŰSZAKI AKUSZTIKA

A burkolat átvezetési tényezője

$$\tau = 10^{-0,1 \cdot R} = 10^{-0,1 \cdot 9} \approx 0,1259.$$

A burkolat félgömb elemének elnyelési tényezője

$$A_0 \cdot \bar{\alpha} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \alpha_i = A_{\text{alap}} \alpha_{\text{alap}} + A_{\text{félgömb}} \cdot \alpha_{\text{félgömb}} = A_{\text{alap}} \cdot 0 + A_{\text{félgömb}} \cdot \alpha_{\text{félgömb}}.$$

$$\alpha_{\text{félgömb}} = \frac{A_0 \cdot \bar{\alpha}}{A_{\text{félgömb}}} = \frac{3 \cdot r^2 \pi}{2 \cdot r^2 \pi} \bar{\alpha} = \frac{3}{2} 0,5369 \approx 0,8054.$$

Ezzel a burkolat veszteségtényezője

$$\delta_{\text{burkolat}} = \alpha_{\text{félgömb}} - \tau_{\text{félgömb}} = 0,8054 - 0,1259 = \mathbf{0,6795}.$$

b) Az ablakra:  $\alpha^* = 1$ .

Az ablak miatt megváltozott új átlagos elnyelési tényező (felső index: \*):

$$A_0 \cdot \bar{\alpha}^* = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \alpha_i = A_{\text{alap}} \alpha_{\text{alap}} + (A_{\text{félgömb}} - A_{\text{ablak}}) \cdot \alpha_{\text{félgömb}} + A_{\text{ablak}} \cdot \alpha^* =$$

$$= A_{\text{alap}} \cdot 0 + (A_{\text{félgömb}} - A_{\text{ablak}}) \cdot \alpha_{\text{félgömb}} + A_{\text{ablak}} \cdot \alpha^*.$$

$$\bar{\alpha}^* = \frac{A_{\text{alap}} \cdot 0 + (A_{\text{félgömb}} - A_{\text{ablak}}) \cdot \alpha_{\text{félgömb}} + A_{\text{ablak}} \cdot \alpha^*}{A_0} =$$

$$= \frac{(2 \cdot r^2 \pi - A_{\text{ablak}}) \cdot \alpha_{\text{félgömb}} + A_{\text{ablak}} \cdot \alpha^*}{3 \cdot r^2 \pi} =$$

$$= \frac{[2 \cdot (2 \text{ m})^2 \pi - 0,4 \text{ m}^2] \cdot 0,8054 + 0,4 \text{ m}^2 \cdot 1}{3(2 \text{ m})^2 \pi} \approx 0,5390.$$

Az ablak miatt megváltozott teremállandó

$$R_T = A \frac{\bar{\alpha}^*}{1 - \bar{\alpha}^*} = 37,7 \text{ m}^2 \frac{0,5390}{1 - 0,5390} \approx 44,0787 \text{ m}^2.$$

A burkolat alatti hangnyomásszint nyitott ablaknál

$$L_p^* = 10 \cdot \lg \frac{4 \cdot P}{R_T \cdot I_0} = 10 \cdot \lg \frac{4 \cdot 69 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{44,0787 \text{ m}^2 \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2}} \approx 97,97 \approx \mathbf{98 \text{ dB}}.$$

5. A megadott hangosságok alapján a hangosságok

$$N_1 = 2^{0,1(L_{N1}-40)} = 2^{0,1(78-40)} \approx 13,9288,$$

$$N_2 = 2^{0,1(L_{N2}-40)} = 2^{0,1(82-40)} \approx 18,3892.$$

Az eredő hangosság

$$\Sigma N = N_1 + N_2 = 13,9288 + 18,3892 = 32,308 \text{ son}$$

és az eredő hangosságszint

$$L_{N\Sigma} = 40 + 10 \cdot \lg \Sigma N = 40 + 10 \cdot \lg 32,308 \approx 90,138 \approx \mathbf{90 \text{ phon}}.$$

6.

$$L_{p1} - L_{p2} = \Delta L,$$

$$10 \cdot \lg \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^2 - 10 \cdot \lg \left( \frac{p_2}{p_0} \right)^2 = \Delta L,$$

$$\left(\frac{P_1/P_0}{P_2/P_0}\right)^2 = 10^{0,1\Delta L},$$

$$P_1/P_2 = 10^{0,1\Delta L} = 10^{0,1\cdot 13} \approx 19,95 \approx \mathbf{20}.$$

7. Az a hangnyomásszint, amely akkor alakulna ki, ha a forrás a tér minden irányába egyenletesen sugározna.

8. a) A munkagép forrásteljesítménye

$$P = P_0 \cdot 10^{0,1L_W} = 10^{-12} \text{ W} \cdot 10^{0,1\cdot 98} \approx \mathbf{6,31 \cdot 10^{-3} \text{ W}}.$$

b) Az intenzitás a kérdéses pontban

$$I = \frac{P}{4 \cdot r^2 \pi} D = \frac{6,31 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{4(2,5 \text{ m})^2 \pi} \approx \mathbf{1,61 \cdot 10^{-4} \text{ W m}^{-2}}.$$

c) Az intenzitásszint ugyancsak a kérdéses pontban

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \lg \frac{1,61 \cdot 10^{-4} \text{ W m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W m}^{-2}} \approx 82,06 \approx \mathbf{82 \text{ dB}}.$$

d) A hangnyomásszint megegyezik az intenzitásszinttel

$$L_p = L_I = \mathbf{82 \text{ dB}}.$$

e) A hangnyomásszintek azonosságát felírva

$$10 \cdot \lg \left( \frac{\eta_{sz} \cdot N_{sz}}{4 \cdot r_{sz}^2 \pi \cdot I_0} D_{sz} \right) = L_p + \Delta L.$$

Rendezve

$$\frac{\eta_{sz} \cdot N_{sz}}{4 \cdot r_{sz}^2 \pi \cdot I_0} D_{sz} = I_0 \cdot 10^{0,1(L_p + \Delta L)},$$

amelyből

$$N_{sz} = \frac{4 \cdot r_{sz}^2 \cdot \pi}{\eta_{sz} \cdot D_{sz}} I_0 \cdot 10^{0,1(L_p + \Delta L)} = \frac{4(35 \text{ m})^2 \pi}{3 \cdot 10^{-2} \cdot 7,2} 10^{-12} \text{ W m}^{-2} \cdot 10^{0,1(82+15)} \approx \mathbf{357,18 \text{ W}}.$$

f) Az egyenértékű hangnyomásszint

$$L_{eq} = 10 \cdot \lg \left\{ \frac{1}{T} \left[ t \cdot 10^{0,1(L_p + \Delta L)} + (T - t) \cdot 10^{0,1L_p} \right] \right\},$$

amelyből a keresett időtartam

$$t = T \frac{10^{0,1L_{eq}} - 10^{0,1L_p}}{10^{0,1(L_p + \Delta L)} - 10^{0,1L_p}} = 8 \text{ h} \frac{10^{0,1\cdot 85} - 10^{0,1\cdot 82}}{10^{0,1(82+15)} - 10^{0,1\cdot 82}} \approx \mathbf{0,26 \text{ h} \approx 15,6 \text{ min}}.$$

9. Az üresjárat teljesítményszint

$$L_{WA0} = 76,3 + 9,3 \cdot \lg \frac{N_{\max}}{N_0} = 76,3 + 9,3 \cdot \lg \frac{2,2 \text{ kW}}{1 \text{ kW}} \approx 79,48 \text{ dB},$$

a műveleti teljesítményszint

$$L_{WA} = 80,4 + 14,2 \cdot \lg \frac{N_{\max}}{N_0} = 80,4 + 14,2 \cdot \lg \frac{2,2 \text{ kW}}{1 \text{ kW}} \approx 85,26 \text{ dB}.$$

**MŰSZAKI AKUSZTIKA**

Az üresjáratú hangteljesítmény

$$P_{\text{üres}} = P_0 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA0}} = 10^{-12} \text{ W} \cdot 10^{0,1 \cdot 79,48} \approx 8,87 \cdot 10^{-5} \text{ W},$$

a műveleti hangteljesítmény

$$P = P_0 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA}} = 10^{-12} \text{ W} \cdot 10^{0,1 \cdot 85,26} \approx 3,36 \cdot 10^{-4} \text{ W}.$$

Az üresjáratú intenzitás

$$I_{\text{üres}} = \frac{4 \cdot P_{\text{üres}}}{R_T} = \frac{4 \cdot 8,87 \cdot 10^{-5} \text{ W}}{245 \text{ m}^2} \approx 1,448 \cdot 10^{-6} \text{ W m}^{-2},$$

a műveleti intenzitás

$$I = \frac{4 \cdot P}{R_T} = \frac{4 \cdot 3,36 \cdot 10^{-4} \text{ W}}{245 \text{ m}^2} \approx 5,486 \cdot 10^{-6} \text{ W m}^{-2}.$$

Az üresjáratú hangnyomásszint (az intenzitás- és a hangnyomásszint megegyezése alapján)

$$L_{p1} = L_{I_{\text{üres}}} = 10 \cdot \lg \frac{I_{\text{üres}}}{I_0} = 10 \cdot \lg \frac{1,448 \cdot 10^{-6} \text{ W m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W m}^{-2}} \approx 61,61 \text{ dB},$$

a műveleti hangnyomásszint az előzőhöz hasonlóan

$$L_{p2} = L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \lg \frac{5,486 \cdot 10^{-6} \text{ W m}^{-2}}{10^{-12} \text{ W m}^{-2}} \approx 67,39 \text{ dB}.$$

Az egyenértékű hangnyomásszint

$$\begin{aligned} L_{\text{eq}} &= 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{T} \left( n \cdot t_0 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{p1}} + n \cdot t_{\text{ü}} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{p2}} \right) \right] = \\ &= 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{8 \text{ h}} \left( \frac{8 \text{ h} \cdot 60 \text{ min}}{10 \text{ min}} 0,5 \cdot 10^{0,1 \cdot 61,61} + \frac{8 \text{ h} \cdot 60 \text{ min}}{10 \text{ min}} 9,5 \cdot 10^{0,1 \cdot 67,39} \right) \right] \approx \\ &\approx 67,26 \approx \mathbf{67 \text{ dB}}. \end{aligned}$$

**10.** Kristálymikrofon – dinamikus mikrofon – kondenzátor mikrofon.

Vázlat – rövid leírás – működésmód – előnyök/hátrányok – alkalmazási terület.