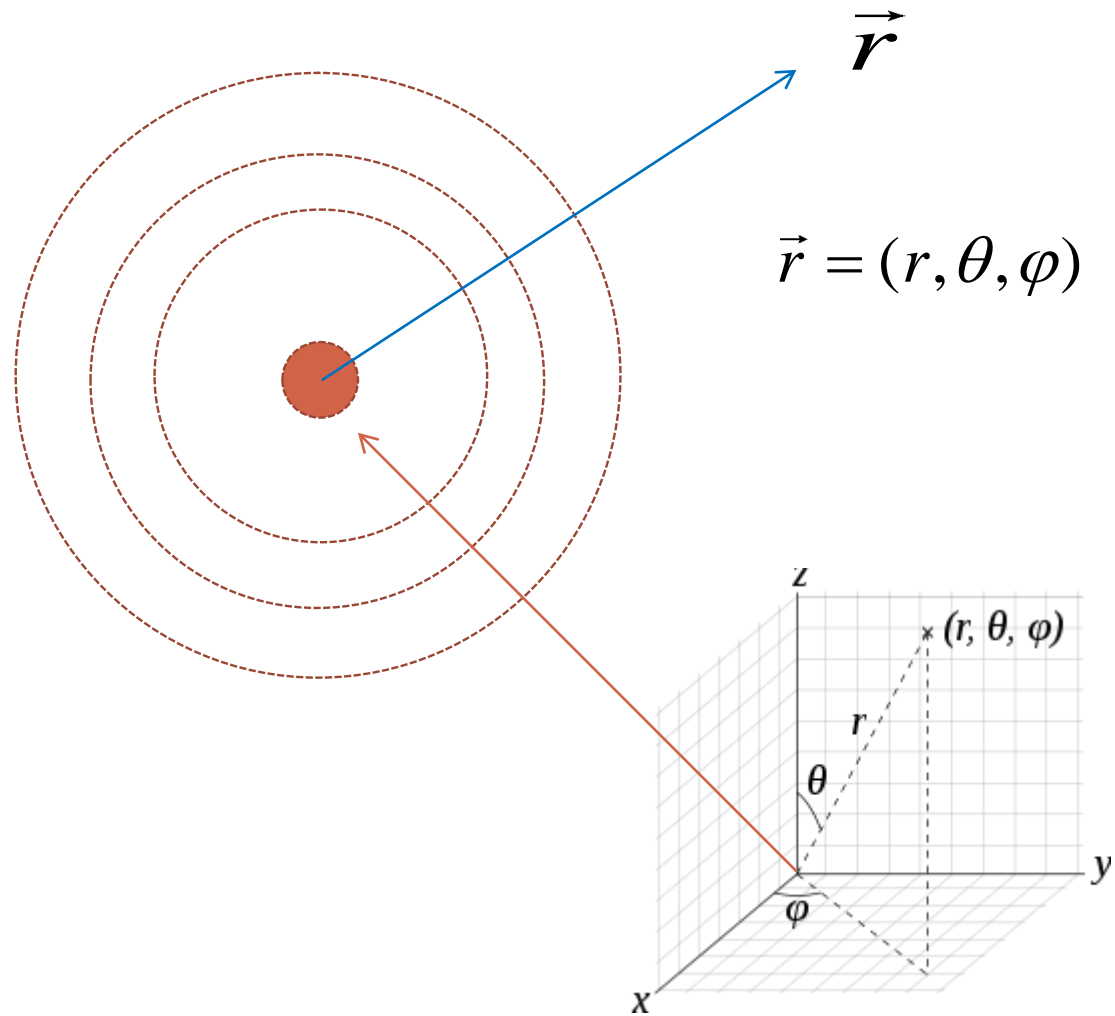


Γεωμετρική Ακουστική

Προσεγγιστικός
Υπολογισμός
Ακουστικής Πίεσης

Εισαγωγή στην Ακουστική Ωκεανογραφία

Πηγή στο σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων

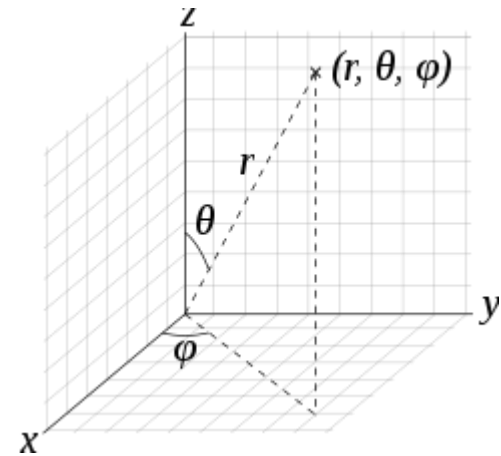


Πηγή στο σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων

$$\frac{\partial^2 p(\vec{r}, t)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial p(\vec{r}, t)}{\partial r} + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[\sin \theta \frac{\partial p(\vec{r}, t)}{\partial \theta} \right] + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 p(\vec{r}, t)}{\partial \varphi^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p(\vec{r}, t)}{\partial t^2}$$

Ακουστική εξίσωση

$$\vec{r} = (r, \theta, \varphi)$$



Πηγή στο σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων

Για σφαιρική συμμετρία

Για ακουστικό πεδίο πολύ κοντά στην πηγή ή σε άπειρο χωρίο (ιδεατή περίπτωση)

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial}{\partial r} p(r, t) \right] = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} p(r, t)$$

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \exp[i(kr - \omega t)]$$

$$\frac{\partial p}{\partial r} = -\rho \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$\text{Για } r \gg \quad p(r, t) \approx (\rho c)u(r, t)$$

Υπολογισμός της ακουστικής πίεσης

$$p(r,t) \approx (\rho c)u(r,t)$$

Στιγμιαία ένταση : Ισχύς που διαδίδεται από την μονάδα της επιφάνειας.

$$I(t) = p(r,t)u(r,t)$$

Μέση ένταση :

$$\langle I \rangle = \text{Real} \left(\frac{1}{T} \int_0^T p(r,t)u^*(r,t)dt \right)$$

Υπολογισμός της ακουστικής πίεσης

$$\langle I \rangle = \text{Real} \frac{1}{T} \left(\int_0^T p(r,t) u^*(r,t) dt \right)$$

$$\langle I \rangle \approx \text{Real} \left(\frac{1}{\rho c} \frac{1}{T} \int_0^T p(r,t)^2 dt \right)$$

$$|p|^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p(r,t)^2 dt \quad |p| \quad \text{Μέση τετραγωνική πίεση}$$

$$\langle I \rangle \approx \frac{|p|^2}{\rho c}$$

Υπολογισμός της ακουστικής πίεσης

$|p|$ Μέση τετραγωνική πίεση

Στην περίπτωση της πίεσης του κύματος,
η χρονική εξάρτηση του οποίου εκφράζεται μέσω του όρου

$$e^{-i\omega t}$$



$$|p| = \frac{P}{\sqrt{2}}$$

P : Πλάτος του κύματος

$$\langle I \rangle \approx \frac{P^2}{2\rho c}$$

Υπολογισμός της ακουστικής πίεσης

Ολική Ισχύς (Watt)

$$\Pi = \int_S \langle I \rangle dS = \int_{4\pi} \langle I \rangle r^2 d\Omega$$

$$(d\Omega = dS / r^2)$$

$$\Pi = \langle I \rangle r^2 \int d\Omega = 4\pi r^2 \langle I \rangle = 4\pi r^2 \frac{|p|^2}{\rho c} = 4\pi r^2 \left(\frac{P^2}{2\rho c} \right)$$

$$|p| = \left(\frac{\Pi \rho c}{4\pi r^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$$

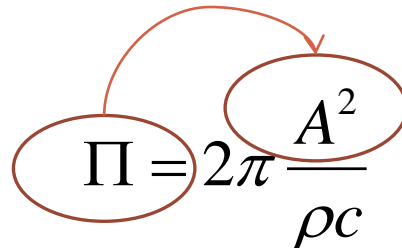
Υπολογισμός της ακουστικής πίεσης

$$|p| = \left(\frac{\Pi \rho c}{4\pi r^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Σφαιρικά κύματα

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \exp[i(kr - \omega t)] = P \exp[i(kr - \omega t)]$$

$$|p| = \frac{P}{\sqrt{2}} = \frac{A}{r\sqrt{2}}$$

$$\Pi = 2\pi \frac{A^2}{\rho c}$$


Επίπεδο Έντασης

$$SIL = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}} \quad dB \text{ re } I_{ref}$$

Επίπεδο πίεσης

$$SPL = 20 \log_{10} \frac{|p|}{p_{ref}} \quad dB \text{ re } p_{ref}$$

Μέσον	I_{ref}	p_{ref}
Αέρας	10^{-12} W/m^2	$20.4 \mu\text{Pa}$
Νερό	$6.76 \times 10^{-19} \text{ W/m}^2$	$1 \mu\text{Pa}$

$$p_{ref} = 1 \mu\text{Pa} (10^{-6} \text{ N/m}^2)$$

Επίπεδο πίεσης πηγής (SL)

$$SL = 20 \log_{10} \frac{|p_0|}{|p_{ref}|}$$

$$p_0 = p(r_0)$$

Τυπικά αναφερόμαστε σε απόσταση $r_0 = 1 \text{ m}$

Απώλεια διάδοσης $TL_{12} = SPL_1 - SPL_2$

$$TL_{12} = 20 \log_{10} \frac{|p_1|}{|p_{ref}|} - 20 \log_{10} \frac{|p_2|}{|p_{ref}|} = 20 \log_{10} \frac{|p_1|}{|p_2|}$$

$$TL_{12} > 0 \iff SPL_2 < SPL_1$$

Για σφαιρική διάδοση $|p| = \frac{A}{r\sqrt{2}}$

$$|p_2| = \frac{|p_1| r_1}{r_2}$$

$$TL_{12} = 20 \log_{10} \frac{r_2}{r_1}$$

Απώλεια διάδοσης $TL_{12} = SPL_1 - SPL_2$

Για σφαιρική διάδοση

$$|p| = \frac{|p_0| r_0}{r}$$

$$TL(r) = 20 \log_{10} \frac{r}{r_0} = 20 \log_{10} r$$

$$(r_0 = 1 \text{ m})$$

Απώλεια πυθμένα

$$BL = -20 \log_{10} \frac{|p_r|}{|p_i|} = -20 \log_{10} |R_{12}|$$