Problema N. 17

Un gruppo di biologi marini sta studiando gli spostamenti di tartarughe di mare. Per fare ciò ha fissato una sorgente sonora di potenza $P_S = 10\ \mathrm{W}$ ad una tartaruga scelta come "campione" per le osservazioni. La sorgente sonora (considerata puntiforme) è isotropa ed emette un segnale acustico armonico, costituito di onde sferiche. Il segnale da essa emesso viene captato da un rivelatore costituito da un pannello piano fonoassorbente, di forma quadrata con lato $L = 10\ \mathrm{cm}$, che è posto sul battello su cui si trovano i biologi. Il pannello è posizionato, in aria, in prossimità del pelo libero della superficie del mare (supposto completamente calmo) ed è parallelo alla superficie stessa del mare.

Ad un certo istante i biologi registrano che la tartaruga "campione" si è fermata, esattamente sulla verticale che passa per il centro del pannello. In tale situazione, il rivelatore misura un livello sonoro $\beta = 70\ \mathrm{dB}$; inoltre le misurazioni indicano che il segnale captato ha un'ampiezza $A_P = 2 \times 10^{-8}\ \mathrm{m}$.

Considerando l'aria con densità $\rho_a = 1{,}18\ \mathrm{g/dm^3}$ e assumendo che la velocità del suono in aria sia $v_a = 340\ \mathrm{m/s}$ determinare:

1) L'energia assorbita dal pannello in 10 minuti di ricezione.
2) La frequenza del segnale emesso dalla sorgente sonora.

Supponendo che l'acqua del mare in cui si trovano le tartarughe possa essere considerata come un mezzo omogeneo e isotropo con densità $\rho_{H_2O} = 1{,}05\ \mathrm{kg/dm^3}$, e che la velocità del suono in essa sia $v_{H_2O} = 1480\ \mathrm{m/s}$, determinare:

3) La profondità H a cui si è fermata la tartaruga "campione".

Traccia della soluzione

1.

$$\beta = 10\log\frac{I_p}{I_0} = 70 \;\Rightarrow\; I_p = 10^7 I_0 = 10^7 \cdot 10^{-12} = 10^{-5}\,\mathrm{W/m^2}\,.$$

$$E = I_p S\,\Delta t = 10^{-5}\cdot\left(10\cdot 10\cdot 10^{-4}\right)\left(10\cdot 60\right) = 6\cdot 10^{-5}\,\mathrm{J}\,.$$

2.

$$I_p = \frac{1}{2}\rho_a v_a \omega^2 A_p^2 \Rightarrow \omega^2 = \frac{2I_p}{\rho_a v_a A_p^2} = \frac{2\cdot 10^{-5}}{1{,}18\cdot 340\cdot\left(2\cdot 10^{-8}\right)^2} = 1{,}25\cdot 10^8\,\left(\mathrm{rad/s}\right)^2$$

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sqrt{1{,}25\cdot 10^8}}{6{,}28} = 1779\ \mathrm{Hz}$$

3.

$$\begin{cases}\rho_{H_2O} >> \rho_a \\ v_{H_2O} >> v_a\end{cases} \Rightarrow Z_{H_2O} >> Z_a \Rightarrow A_a \approx 2A_{H_2O} \Rightarrow A_{H_2O} = 10^{-8}\,\mathrm{m}\,.$$

$$I_{H_2O} = \frac{1}{2}\rho_{H_2O} v_{H_2O}\omega^2 A_{H_2O}^2 = \frac{1}{2}\left(1{,}05\cdot 10^3\right)\cdot 1480\cdot\left(1{,}25\cdot 10^8\right)\left(10^{-8}\right)^2 = 9{,}71\cdot 10^{-3}\,\mathrm{W/m^2}\,.$$

$$P_S = 4\pi H^2 I_{H_2O} \Rightarrow H = \sqrt{\frac{P_S}{4\pi I_{H_2O}}} = \sqrt{\frac{10}{4\cdot 3{,}14\cdot 9{,}71\cdot 10^{-3}}} = 9{,}05\ \mathrm{m}$$