ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
Μάθημα: <u>Φυσική Ωκεανογραφία</u>, ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ Ιανουαρίου 2025

<u>ΘΕΜΑ 1</u>

α) Στη Μαύρη Θάλασσα (έκταση 5 x 10^5 km^2) η εξάτμιση είναι 0.7 m/year, η βροχόπτωση 0.4 m/year και η απορροή των ποταμών 0.01 Sv. Το ισοζύγιο νερού αντισταθμίζεται από ανταλλαγή στο στενό των Δαρδανελίων με αλατότητα του νερού εισόδου $S_i = 40$ και αλατότητα του νερού απορροής $S_o = 32$. Θεωρώντας ότι τα χαρακτηριστικά και η στάθμη της Μαύρης Θάλασσας παραμένουν σταθερά στο χρόνο υπολογίστε το ρυθμό απορροής V_o (σε Sv) προς το Αιγαίο (αγνοήστε τις διαφορές πυκνότητας και θεωρείστε ότι ένας χρόνος έχει $3 \cdot 10^7$ sec). Η απορροή της Μαύρης Θάλασσας είναι επιφανειακή ή υποεπιφανειακή;

β) Ποιες οι προϋποθέσεις δημιουργίας βαθιών νερών στον ωκεανό; Αναφέρετε πιθανές περιοχές δημιουργίας βαθιών νερών.

<u>ΛΥΣΗ</u>

α)

$$E - P = \frac{0.3\text{m/year} \cdot 5\times10^{11}\text{m}^2}{3\times10^{7}\text{s/year}} = 5\times10^{3}\text{m}^3\text{s}^{-1} = 5\times10^{-3}\text{Sv}$$

$$E - P - R = 5\times10^{-3}\text{Sv} - 10^{-2}\text{Sv} = -5\times10^{-3}\text{Sv}$$

Conservation of volume and salt:

$$V_i - V_o = E - P - R \quad (1)$$

$$V_i S_i - V_o S_o = 0 \quad (2)$$

$$(2) \Rightarrow V_i = \frac{V_o S_o}{S_i}$$

$$(1) \Rightarrow V_o - \frac{V_o S_o}{S_i} = E - P - R \Rightarrow V_o = \left(\frac{S_i}{S_o - S_i}\right) E - P - R$$

$$V_o = \frac{40}{-8}\left(-5\times10^{-3}\text{Sv}\right) = 2.5\times10^{-2}\text{Sv}$$

Επιφανειακή

β) Δες σημειώσεις: Κεφάλαιο "Θερμοαλατική κυκλοφορία")

<u>ΘΕΜΑ 2</u>

α) Θεωρείστε κατανομή τάσης ανέμου $\tau^x = -\tau_0\, cos(\pi y/L)$, με μέγιστη τάση $\tau_0 = 0.1$ Pa, σε ωκεάνια λεκάνη που εκτείνεται από y=0 στις 20^{o}N έως y=L στις 40^{o}N και έχει πλάτος (στον x-άξονα) 5000 km. Υπολογίστε τη μέγιστη μεταφορά (σε μονάδες Sv) του ρεύματος δυτικού ορίου στις 35^{o}N.

($\beta = 2 \cdot 10^{-11}$ s^{-1}m^{-1}, $\rho = 1025$ kg/m^3)

β) Σε περιστρεφόμενη δεξαμενή πραγματοποιούμε πείραμα γεωστροφικής ισορροπίας. Υπολογίστε τις διαστάσεις της δεξαμενής (ελάχιστο δυνατό πλάτος και βάθος), γνωρίζοντας ότι η δεξαμενή περιστρέφεται με $\Omega = 0.1$ s^{-1}, η γεωστροφική ταχύτητα του ρευστού είναι $U = 0.01$ m/s και οι συντελεστές τυρβώδους ανάμειξης (οριζόντιας, κατακόρυφης) είναι $A_H = 10$ m^2/s, $A_V = 10^{-3}$ m^2/s.

ΛΥΣΗ

α)

$$M_{WB}(35^o) = -\int_{Xwest}^{Xeast} M_y \Big|_{y=\frac{3L}{4}} dx = -\int_{Xwest}^{Xeast} \left(-\frac{1}{\beta}\frac{\partial \tau^x}{\partial y}\right)\Big|_{y=\frac{3L}{4}} dx =$$

$$= \left(\frac{1}{\beta}\frac{\partial \tau^x}{\partial y}\right)\Big|_{y=\frac{3L}{4}} \Delta x = \left(\frac{1}{\beta}\right)\left(-\tau_0 \frac{\pi}{L}\right)\left(-\sin(3\pi/4)\right)\Delta x$$

$$M_{WB}(35^o) = \frac{0.1\text{Pa} \times 3.14 \times \sin(135^o) \times 5 \times 10^6\text{m}}{2 \times 10^{-11}\text{m}^{-1}\text{s}^{-1} \times 2 \times 10^6\text{m}}$$

$$\Rightarrow U_{WB} = \frac{M_{WB}}{\rho} = 27.1\text{Sv}$$

β)

$$Ek_H = \frac{A_H}{\Omega L^2} << 1 \rightarrow \frac{A_H}{\Omega L^2} = 10^{-2} \Rightarrow \frac{10}{10^{-4}L^2} = 10^{-2} \Rightarrow L = 100\text{m}$$

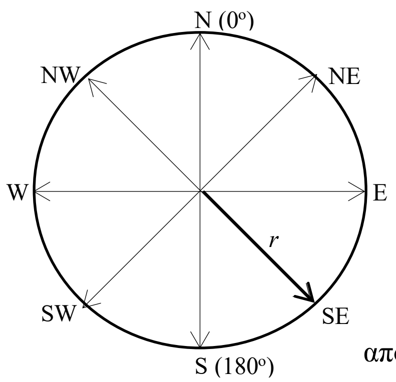
$$Ek_V = \frac{A_V}{\Omega H^2} << 1 \rightarrow \frac{A_V}{\Omega H^2} = 10^{-2} \Rightarrow \frac{10^{-3}}{10^{-4}H^2} = 10^{-2} \Rightarrow H = 1\text{m}$$

$$Ro = \frac{U}{\Omega L} << 1 \rightarrow \frac{U}{\Omega L} = 10^{-2} \Rightarrow \frac{10^{-2}}{10^{-4}L} = 10^{-2} \Rightarrow L = 10\text{m}$$

“Κρατάμε” τα: L = 100m και H=1m

ΘΕΜΑ 3

α) Θεωρείστε θαλάσσια λεκάνη στο βόρειο ημισφαίριο σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη ($f = 10^{-4}$ s^{-1}) και βάθους $H = 1000$ m, η οποία εσωκλείεται γεωγραφικά από κυκλική ακτογραμμή (ακτίνας $r = 1000$ km) όπως στο σχήμα. Στην περιοχή διαδίδεται πολύ μεγάλο κυματοπακέτο Rossby, του οποίου η αρχική διαταραχή βρίσκεται στη θέση SE (βλ. σχήμα). Κατά τη διάδοση του κυματοπακέτου Rossby στη θαλάσσια περιοχή, αυτό προσκρούει στην ακτογραμμή και μετασχηματίζεται πλήρως σε κύμα Kelvin. Βρείτε σε πόσο χρόνο η αρχική διαταραχή επιστρέφει στη θέση SE από όπου ξεκίνησε. ($\beta = 2 \cdot 10^{-11}$ s^{-1}m^{-1}, $g = 10$ m/s^2).



β) Μακρό βαρυντικό κύμα πλησιάζει στην ακτή. Εξηγείστε γιατί αλλάζει το μήκος κύματος (μεγαλώνει ή μικραίνει;).

ΛΥΣΗ

α)

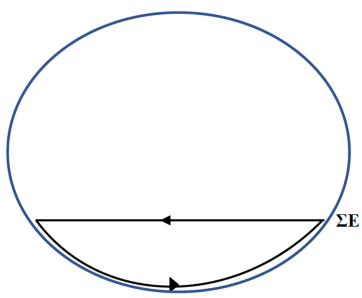
$$|c_{g_{LR}}| = \beta\frac{gH}{f^2} = 20\text{m/s}$$

$$c_K = \sqrt{gH} = 100\text{m/s}$$

$$\Delta x(LR) = 2r\cos(\phi)$$

$$\Delta x(K) = \frac{\pi r}{2}$$

$$\Delta t_{tot} = \Delta t_{LR} + \Delta t_K = \frac{\Delta x(LR)}{c_{g_{LR}}} + \frac{\Delta x(LR)}{c_K} \simeq 1\text{day}$$



β) Μικραίνει: Δες σημειώσεις: Κεφάλαιο “Βαρυντικά κύματα”)