

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

## Τμήμα Φυσικής

### Μη Γραμμικά Δυναμικά Συστήματα

### Παράδοση 2 Απριλίου 2015

Θ. Αποστολάτος & Π. Ιωάννου

Ακριβείς υπολογισμοί προσδιορίζουν ότι η ατμόσφαιρα με την παρούσα σύνθεση ακτινοβολεί  $OLR(T) = a + b(T - 220) \text{ W m}^{-2}$ , όπου  $T$  η μέση θερμοκρασία του πλανήτη σε βαθμούς Κ και τις σταθερές  $a = 113 \text{ W m}^{-2}$ ,  $b = 2.177 \text{ W m}^{-2}$ . Η γραμμική αυτή προσέγγιση είναι αρκούντως ακριβής για θερμοκρασίες στο διάστημα  $200 < T < 320$ . Αν η λευκαύγεια είναι

$$\alpha(T) = \begin{cases} \alpha_0, & T_0 < T \\ \alpha_0 + (\alpha_i - \alpha_0) \frac{(T - T_0)^2}{(T_i - T_0)^2}, & T_i \leq T \leq T_0 \\ \alpha_i, & T < T_i \end{cases} \quad (1)$$

με  $T_i = 260$ ,  $T_0 = 290$ , και με τιμή λευκαύγειας για ένα πλανήτη πλήρους με πάγο  $\alpha_i = 0.6$  και απαλλαγμένου από πάγο  $\alpha_0 = 0.2$ . Σχεδιάστε το διάγραμμα που προσδιορίζει τις δυνατές θερμοκρασίες του πλανήτη σε κατάσταση ισορροπίας συναρτήσει της ηλιακής σταθεράς  $L_\odot$ . Το διάγραμμα κατασκευάζεται εύκολα με τον εξής τρόπο: προσδιορίστε για κάθε θερμοκρασία την αντιστοιχούσα ηλιακή σταθερά

$$L_\odot = 4 \frac{OLR(T)}{1 - \alpha(T)} \quad (2)$$

και σχεδιάστε έπειτα στον  $x$  άξονα την ηλιακή σταθερά  $L_\odot$  και στον  $y$  τις αντιστοιχούσες θερμοκρασίες του πλανήτη,  $T$ .

(Χρησιμοποιήστε Matlab φτιάχνοντας τα απαιτούμενα προγράμματα (scripts). Σχεδιάστε αρχικά τις συναρτήσεις  $OLR(T)$  και  $\alpha(T)$  και στη συνέχεια, αφού βεβαιωθείτε ότι έχουν τη μορφή που περιμένετε, σχεδιάστε την  $L_\odot$  ως συνάρτηση της  $T$ .)

Η σημερινή τιμή της ηλιακής σταθεράς είναι περίπου  $L_\odot = 1370 \text{ W m}^{-2}$ . Προσθέστε στο διάγραμμά σας τη σημερινή τιμή της ηλιακής σταθεράς και προσδιορίστε από τη γραφική παράσταση τις τιμές των σταθερών θερμοκρασιών στις οποίες θα μπορούσε να βρεθεί ο πλανήτης. Πόσο πρέπει να μειωθεί η ηλιακή σταθερά για να μεταβούμε σε κλίμα χιονόμπαλας; Υποθέτοντας ότι η Γη εκτελεί κυκλική τροχιά υπολογίστε πόσο πρέπει να αυξηθεί η ακτίνα περιστροφής της Γης γύρω από τον Ήλιο για να επιτευχθεί αυτή η κρίσιμη ηλιακή σταθερά,  $L_{ci}$ , που οδηγεί σε κλίμα χιονόμπαλας. Θεωρήστε τώρα ότι η Γη βρίσκεται σε κατάσταση χιονόμπαλας με  $L_{ci}$ . Αν δεν υπήρχαν άλλοι παράγοντες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε έξοδο από αυτό το κλίμα, πόσο θα έπρεπε να μειωθεί η ακτίνα περιστροφής της Γης για να ξεφύγει η Γη από το κλίμα χιονόμπαλας (η Αφροδίτη βρίσκεται στις 0.72 AU από τον Ήλιο); Ποία η μέση θερμοκρασία του πλανήτη όταν λιώσουν οι πάγοι;