

ΑΣΚΗΣΗ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Ας υποθεθεί ότι στο σύστημα Γη – Ατμόσφαιρα καταγράφεται μείωση της λευκαύγειας της επιφάνειας της Γης, σε μία υποθετική περιοχή μελέτης. Πως αυτή η αλλαγή (α) θα επηρεάσει τους 4 κύκλους με τους οποίους περιγράφονται οι μηχανισμοί και οι αλληλεπιδράσεις τους ως προς τη φυσική της ατμόσφαιρας και (β) πως θα αποτυπωθεί στις εξισώσεις που προσομοιώνουν μαθηματικά την ατμόσφαιρα (για τους κύκλους και τις εξισώσεις θα πρέπει να αξιοποιήσετε το pdf αρχείο από την αντίστοιχη διάλεξη, βλ. e-class του μαθήματος).

1.Εισαγωγή.

Σε κάθε άσκηση, ειδικά αυτές που έχουν συνθετικό χαρακτήρα, ένα 1^ο βήμα είναι να τίθενται τα ερωτήματα έρευνας (research questions). Δεύτερο βήμα είναι να καταγράφονται τα δεδομένα (ποιοτικά ή/και ποσοτικά) που είναι διαθέσιμα, ουσιαστικά να «ακτινογραφείται» σε βάθος η εκφώνηση (σημ.1 αν κάποιο στοιχείο της εκφώνησης δεν χρησιμοποιηθεί, σημαίνει ότι είτε η απάντηση είναι ελλιπής ή λάθος, σημ. 2. αν αναζητείται κάποιο δεδομένο στην εκφώνηση και δεν υπάρχει, τότε το δεδομένο αυτό δεν χρειάζεται για την επίλυση της άσκησης).

Στην παρούσα άσκηση ενδεικτικές ερωτήσεις έρευνας θα ήταν:

Πως επηρεάζει η λευκαύγεια το ισοζύγιο ακτινοβολίας; Και σε ποια περιοχή του Η/Μ φάσματος πρέπει να επικεντρωθεί η απάντηση;

Αυξάνεται ή μειώνεται η θερμοκρασία λόγω της αλλαγής της λευκαύγειας;

Η αέρια μάζα κοντά στο έδαφος παραμένει στη θέση της ή διαμορφώνονται συνθήκες αστάθειας;

Πως επηρεάζεται η συγκέντρωση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα από την αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας;

Και αν τροποποιηθεί η συγκέντρωση των υδρατμών, επηρεάζεται το ισοζύγιο ακτινοβολίας;

κλπ.

2. Περιγραφή της λύσης

Η λευκαύγεια αποτελεί παράμετρο που συναρτάται κυρίως με τα μήκη κύματος στο ορατό και στο εγγύς υπέρυθρο (Visible – VIS και Near Infrared – NIR) και εκφράζει το λόγο της ανακλώμενης προς την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε μία επιφάνεια. Πρόκειται ουσιαστικά για μία παράμετρο που επηρεάζει το ισοζύγιο ακτινοβολίας – και κατ' επέκταση και το ενεργειακό ισοζύγιο - καθώς και τη θερμοκρασία αέρα και επιφανείας στην περιοχή μελέτης.

Σύμφωνα με την άσκηση, καταγράφεται μείωση της λευκαύγειας, δηλαδή μείωση της ανακλώμενης και αύξηση της απορροφούμενης μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας από την επιφάνεια της Γης.

Ας υποθέσουμε ότι το ισοζύγιο ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης για τη μικρού μήκους κύματος (εφεξής μμκ) ακτινοβολία ορίζεται ως η μμκ ακτινοβολία που φθάνει στο έδαφος μείον τη μμκ ακτινοβολία που ανακλάται στην επιφάνεια και διαδίδεται προς το διάστημα. Με βάση αυτή την υπόθεση εργασίας, και σε ότι αφορά στον 1^ο κύκλο, προκύπτει αύξηση του ισοζυγίου ακτινοβολίας μμκ καθώς αν και η ακτινοβολία μμκ που φθάνει το έδαφος παραμένει η ίδια, εντούτοις η μμκ ακτινοβολία που επιστρέφει (λόγω της ανάκλασης) προς το διάστημα μειώνεται (λόγω της μείωσης της λευκαύγειας). Ως αποτέλεσμα αυτής της αλλαγής η θερμοκρασία της επιφάνειας και του υπερκείμενου αέρα κοντά στο έδαφος αυξάνονται.

Ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας, ενισχύεται η διαδικασία της εξάτμισης που ουσιαστικά συνδέεται με το 2^ο κύκλο, ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας που έχει ήδη σημειωθεί παραπάνω συντελεί σε ανοδικές κινήσεις που τελικώς οδηγούν στη συμπύκνωση των υδρατμών και τη μετατροπή τους σε υδροσταγονίδια με ταυτόχρονη απελευθέρωση λανθάνουσας θερμότητας.

Αποτέλεσμα των αλλαγών που σημειώνονται στο 1^ο και 2^ο κύκλο είναι ότι ενισχύεται το ενεργειακό ισοζύγιο (3^ος κύκλος) καθώς ενισχύονται όλες οι συνιστώσες του: το ισοζύγιο μικρής ακτινοβολίας, η λανθάνουσα θερμότητα αλλά και η αισθητή θερμότητα (λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας της επιφάνειας και της συνακόλουθης ενίσχυσης του μηχανισμού μεταφοράς θερμότητας προς τον υπερκείμενο αέρα).

Η ενίσχυση του ενεργειακού ισοζυγίου οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε συνάρτηση με το χρόνο ($\Delta T/\Delta t > 0$) στην περιοχή μελέτης και κατά συνέπεια διαμορφώνεται διαφορά πίεσης μεταξύ της περιοχής μελέτης και γειτονικών περιοχών στις οποίες η αρχική διαταραχή (μείωση της λευκαύγειας) δεν παρατηρείται.

Η διαφορά πίεσης (ΔP) που δημιουργείται οδηγεί σε κινήσεις αερίων μαζών στο οριζόντιο επίπεδο. Όπως προαναφέρθηκε κατακόρυφες ανοδικές κινήσεις σηματοδοτήθηκαν από την αύξηση της θερμοκρασίας επιφάνειας και αέρα που προέκυψε κατά τον 1^ο κύκλο. Είναι αυτές άλλωστε οι ανοδικές κινήσεις που μετέφεραν τους υδρατμούς του 2^{ου} κύκλου σε μεγαλύτερο ύψος στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας τη συμπύκνωση τους.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η ατμόσφαιρα είναι ένα θερμοδυναμικό σύστημα και ότι οι αλλαγές στους κύκλους θα έχουν συνέχεια καθώς:

(α) η αύξηση των υδρατμών λόγω της ενίσχυσης της εξάτμισης επηρεάζει το ισοζύγιο ακτινοβολίας Μεγάλου μήκους κύματος (εφεξής Μμκ) καθώς οι υδρατμοί είναι θερμοκηπιακό αέριο, έχουν δηλαδή την ικανότητα να απορροφούν την εκπεμπόμενη Μμκ ακτινοβολία από την επιφάνεια της Γης προς το διάστημα και να την επανεκπέμπουν προς τη Γη και

(β) η δημιουργία νεφών – λόγω της συμπύκνωσης των υδρατμών, βλ. παραπάνω - επηρεάζει το ισοζύγιο μικρής ακτινοβολίας (αύξηση τόσο της ανακλώμενης και σκεδαζόμενης μικρής ακτινοβολίας όσο και της απορρόφησης της διαδιδόμενης μικρής ακτινοβολίας) και το ισοζύγιο Μμκ (εκπομπή από τα νέφη Μμκ προς την επιφάνεια και το διάστημα).

Τα (α) και (β) αφορούν ουσιαστικά δύο αντίρροπους μηχανισμούς, με τον 1^ο να οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας αέρα στο έδαφος και το 2^ο στη μείωση της. *Ποιος μηχανισμός θα επικρατήσει δεν είναι δυνατόν να απαντηθεί στο πλαίσιο αυτής της άσκησης, παρά μόνο αν δοθούν αριθμητικά δεδομένα για το πρόβλημα μας και λυθούν οι διαφορικές εξισώσεις που συνθέτουν τη μαθηματική προσομοίωση της ατμόσφαιρας.*

Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι η μεταφορά μαζών αερίων μαζών (4^{ος} κύκλος) τροποποιεί ουσιαστικά την πυκνότητα (ρ) της ατμόσφαιρας με το χρόνο, γεγονός που αναπόφευκτα επηρεάζει όλους τους άλλους κύκλους (αν για παράδειγμα από τη μεταφορά προκύπτει αύξηση της συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων στην περιοχή μελέτης, αυτόματα επηρεάζεται το ισοζύγιο ακτινοβολίας καθώς ενισχύεται ο μηχανισμός της σκέδασης (είναι αντιστρόφως ανάλογος του λ^4 , αν πρόκειται για σκέδαση Rayleigh).

Ως προς τις εξισώσεις, οι μεταβολές – αλλαγές που περιγράφονται παραπάνω, εμφανίζονται ως εξής:

Αύξηση του Q (ρυθμός διαβατικής θέρμανσης) στην εξίσωση 5 οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας με το χρόνο, τόσο της επιφάνειας όσο και του υπερκείμενου αέρα. Ως

αποτέλεσμα προκύπτουν ανοδικές κινήσεις, ουσιαστικά «ενεργοποιείται» η εξίσωση 4 (καθ' ύψος ανοδική κίνηση - convective motion).

Αύξηση των υδρατμών με το χρόνο (εξίσωση 6) προκύπτει ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας και την ενίσχυση της εξάτμισης. Υπενθυμίζεται ότι ο 1^{ος} όρος στο δεξί μέρος της εξίσωσης 6 αφορά το ισοζύγιο πηγών (π.χ. εξάτμιση) και καταβροθρών (π.χ. βροχόπτωση) των υδρατμών.

Η αύξηση της θερμοκρασίας και των υδρατμών οδηγεί σε διαφορά πίεσης μεταξύ της περιοχής μελέτης και γειτονικών περιοχών (ΔP), η οποία με τη σειρά ενεργοποιεί τις εξισώσεις κίνησης 2 και 3.

Τελικά η απόκλιση ($\text{div } \mathbf{c}$) της κυκλοφορίας (εξισώσεις 2, 3, 4) οδηγεί σε αλλαγή της πυκνότητας της ατμόσφαιρας με το χρόνο στην περιοχή μελέτης λόγω μεταφοράς.

Όπως προαναφέρθηκε, σε 2^ο χρόνο η αύξηση των υδρατμών (άρα αύξηση της συγκέντρωσης ενός θερμοκηπιακού αερίου) και των παραγόμενων νεφών (συμπύκνωση καθ' ύψος και κατά συνέπεια απελευθέρωση λανθάνουσας θερμότητας), θα επηρεάσουν άμεσα το ισοζύγιο ακτινοβολίας και κατά συνέπεια το ενεργειακό ισοζύγιο και θα σηματοδοτήσουν ένα νέο κύκλο αλλαγών, η μαθηματική περιγραφή των οποίων θα βασισθεί εκ νέου στο σύστημα των επτά βασικών εξισώσεων.