

physicsgg

ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

ΑΡΧΙΚΗ › ΦΥΣΙΚΗ › ΒΡΑΒΕΙΟ ΝΟΜΠΕΛ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΟΥ ΠΡΟΒΛΕΠΟΥΝ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Βραβείο Νόμπελ Φυσικής στα μοντέλα που προβλέπουν την κλιματική αλλαγή

BY PHYSICSGG on 06/10/2021 • (0)

Τρεις επιστήμονες μοιράζονται Νόμπελ Φυσικής 2021 για τις πρωτοποριακές μελέτες τους στην κατανόηση περίπλοκων φυσικών συστημάτων. Ο **Syukuro Manabe**(1/4) και ο **Klaus Hasselmann**(1/4) διότι έθεσαν τα θεμέλια της γνώσης μας για το κλίμα της Γης και στο πώς αυτό επηρεάζεται από την ανθρωπότητα και ο **Giorgio Parisi**(1/2) για την επαναστατική συμβολή του στο θεωρία των χαοτικών και τυχαίων φαινομένων.



Όλα τα πολύπλοκα συστήματα αποτελούνται από πολλά διαφορετικά μέρη που αλληλεπιδρούν. Μελετώνται από τους φυσικούς τα τελευταία διακόσια χρόνια και είναι δύσκολο να περιγραφούν μαθηματικά εξαιτίας του τεραστίου αριθμού των συστατικών τους και της τυχειότητας που επικρατεί σ' αυτά. Θα μπορούσαν επίσης να είναι χαοτικά, όπως ο καιρός, όπου μικρές αποκλίσεις στις αρχικές τιμές οδηγούν σε τεράστιες διαφορές σε μεταγενέστερο στάδιο. Οι **Manabe**, **Hasselmann** και **Parisi** συνέβαλαν στο να κατανοήσουμε περισσότερο αυτά τα συστήματα καθώς επίσης και την μακροπρόθεσμη εξέλιξή τους.

Το κλίμα της Γης είναι ένα από τα πολλά παραδείγματα πολύπλοκων συστημάτων. Οι **Manabe** και **Hasselmann** βραβεύθηκαν με Νόμπελ για το πρωτοποριακό έργο τους στην ανάπτυξη κλιματικών

μοντέλων, ενώ ο Parisi για τις θεωρητικές του λύσεις σε μια τεράστια σειρά προβλημάτων στη θεωρία των πολύπλοκων συστήματα.

Ο Syukuro Manabe απέδειξε ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας. Στη δεκαετία του 1960, ηγήθηκε της ανάπτυξης φυσικών μοντέλων του κλίματος της Γης και ήταν ο πρώτος που εξερεύνει την αλληλεπίδραση μεταξύ της ισορροπίας ακτινοβολίας και της κάθετης μεταφοράς αερίων μαζών. Η εργασία του έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη των σημερινών κλιματικών μοντέλων.

Περίπου δέκα χρόνια αργότερα, ο Klaus Hasselmann δημιούργησε ένα μοντέλο που συνδέει τον καιρό και το κλίμα, απαντώντας έτσι στο ερώτημα γιατί τα κλιματικά μοντέλα μπορούν να είναι αξιόπιστα παρά το γεγονός ότι ο καιρός είναι μεταβλητός και χαοτικός. Ανέπτυξε επίσης μεθόδους για τον εντοπισμό συγκεκριμένων σημάτων, 'δακτυλικών αποτυπωμάτων' που αποτυπώνονται στο κλίμα, εξαιτίας των φυσικών φαινομένων και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Οι μέθοδοί του έχουν χρησιμοποιηθεί για να αποδειχθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα οφείλεται στις ανθρώπινες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Γύρω στο 1980, ο **Giorgio Parisi** ανακάλυψε κρυμμένα μοτίβα σε περίπλοκα αδιάτακτα υλικά. Οι ανακαλύψεις του είναι από τις σημαντικότερες συνεισφορές στη θεωρία περίπλοκων συστημάτων. Επιτρέπουν την κατανόηση και περιγραφή πολλών διαφορετικών και φαινομενικά εντελώς τυχαίων υλικών και φαινομένων, όχι μόνο στη φυσική αλλά και σε άλλους, πολύ διαφορετικούς τομείς, όπως τα μαθηματικά, την βιολογία, την νευροεπιστήμη και την μηχανική μάθηση.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ζωτικής σημασίας για τη ζωή

Πριν από διακόσια χρόνια, ο Γάλλος φυσικός Joseph Fourier μελέτησε την ισορροπία ενέργειας μεταξύ της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην Γη και της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από την Γη. Κατανόησε τον ρόλο της ατμόσφαιρας σε αυτήν την ισορροπία. Στην επιφάνεια της Γης, η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε εξερχόμενη ακτινοβολία – που ονόμασε «σκοτεινή θερμότητα» – η οποία απορροφάται από την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την θέρμανση της Γης. Ο προστατευτικός ρόλος της ατμόσφαιρας αναφέρεται σήμερα ως φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό το όνομα προέρχεται από την ομοιότητά του με τα γυάλινα τζάμια ενός θερμοκηπίου, στο οποίο ο αέρας θερμαίνεται από το ηλιακό φως, αυξάνοντας την θερμοκρασία του (αν και η σύγκριση αυτή είναι ατυχής, γιατί τα γυάλινα τοιχώματα στο θερμοκήπιο κρατάνε στο εσωτερικό του τον θερμαινόμενο αέρα, ενώ στη Γη ο θερμός αέρας είναι ελεύθερος να ανεβαίνει και να διαδίδει προς τα έξω την θερμότητα).

Ωστόσο, οι διαδικασίες αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα είναι πολύ πιο περίπλοκες. Το πρόβλημα παραμένει το ίδιο με αυτό που επιχείρησε ο Fourier – να διερευνήσει την ισορροπία μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας μικρών μηκών κύματος – ορατή και υπεριώδη ακτινοβολία- που προσπίπτει στην Γη από τον Ήλιο και της μεγάλης μήκους κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την Γη προς τα έξω.

Οι λεπτομέρειες προστέθηκαν από πολλούς επιστήμονες του κλίματος τους επόμενους δύο αιώνες. Τα σύγχρονα κλιματικά μοντέλα είναι ισχυρά εργαλεία, όχι μόνο για την κατανόηση του κλίματος, αλλά και για την κατανόηση της παγκόσμιας θέρμανσης στην οποία συνεισφέρουν και οι άνθρωποι.

Αυτά τα μοντέλα βασίζονται στους νόμους της φυσικής και έχουν αναπτυχθεί από μοντέλα που προέβλεπαν τον καιρό. Ο καιρός περιγράφεται από μετεωρολογικά μεγέθη όπως η θερμοκρασία,

ο υετός, ο άνεμος ή τα σύννεφα και επηρεάζεται από ό,τι συμβαίνει στους ωκεανούς και στη στεριά. Τα κλιματικά μοντέλα βασίζονται στα στατιστικά μεγέθη του καιρού, όπως οι μέσες τιμές, οι τυπικές αποκλίσεις, οι υψηλότερες και οι χαμηλότερες τιμές που μετρήθηκαν κ.λπ. Δεν μπορούν να μας πουν πώς θα είναι ο καιρός στη Στοκχόλμη στις 10 Δεκεμβρίου του επόμενου έτους, αλλά μπορούμε να πάρουμε μια ιδέα για την θερμοκρασία ή τις βροχοπτώσεις που αναμένουμε κατά μέσο όρο στη Στοκχόλμη τον Δεκέμβριο.

Ο ρόλος του διοξειδίου του άνθρακα

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητο για τη ζωή στη Γη. Ρυθμίζει την θερμοκρασία διότι τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα – διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υδρατμοί κ.ά. – απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία της Γης και στη συνέχεια η επανεκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία, θερμαίνει τον αέρα και το έδαφος. Τα αέρια του θερμοκηπίου στην πραγματικότητα αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό της ξηρής ατμόσφαιρας της Γης, η οποία συνίσταται κατά 99% κατ' όγκο από άζωτο και οξυγόνο. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι μόλις 0,04% κατ' όγκο.

Το πιο ισχυρό αέριο θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί. αλλά δεν μπορούμε να ελέγξουμε τη συγκέντρωση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα, ενώ μπορούμε να ελέγξουμε αυτή του διοξειδίου του άνθρακα.

Η ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία, οδηγώντας σε έναν μηχανισμό ανάδρασης. Περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα την κάνει θερμότερη, επιτρέποντας περισσότερη ποσότητα υδρατμών να διατηρούνται στον αέρα, γεγονός που αυξάνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αυξάνοντας έτσι ακόμα περισσότερο την θερμοκρασία. Εάν το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα μειωθεί, ποσότητα υδρατμών θα συμπυκνωθεί και η θερμοκρασία θα πέσει.

Ένα πρώτο πρώτο κομμάτι του παζλ σχετικά με την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα προήλθε από τον Σουηδό ερευνητή και νομπελίστα Svante Arrhenius. Παρεμπιπτόντως, ο συνάδελφός του, μετεωρολόγος Nils Ekholm, ήταν εκείνος που το 1901 χρησιμοποίησε πρώτος τον όρο θερμοκήπιο για να περιγράψει την απορρόφηση και την επανεκπομπή θερμικής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα. Ο Arrhenius κατανόησε την φυσική που ήταν υπεύθυνη για το φαινόμενο του θερμοκηπίου στα τέλη του 19ου αιώνα.

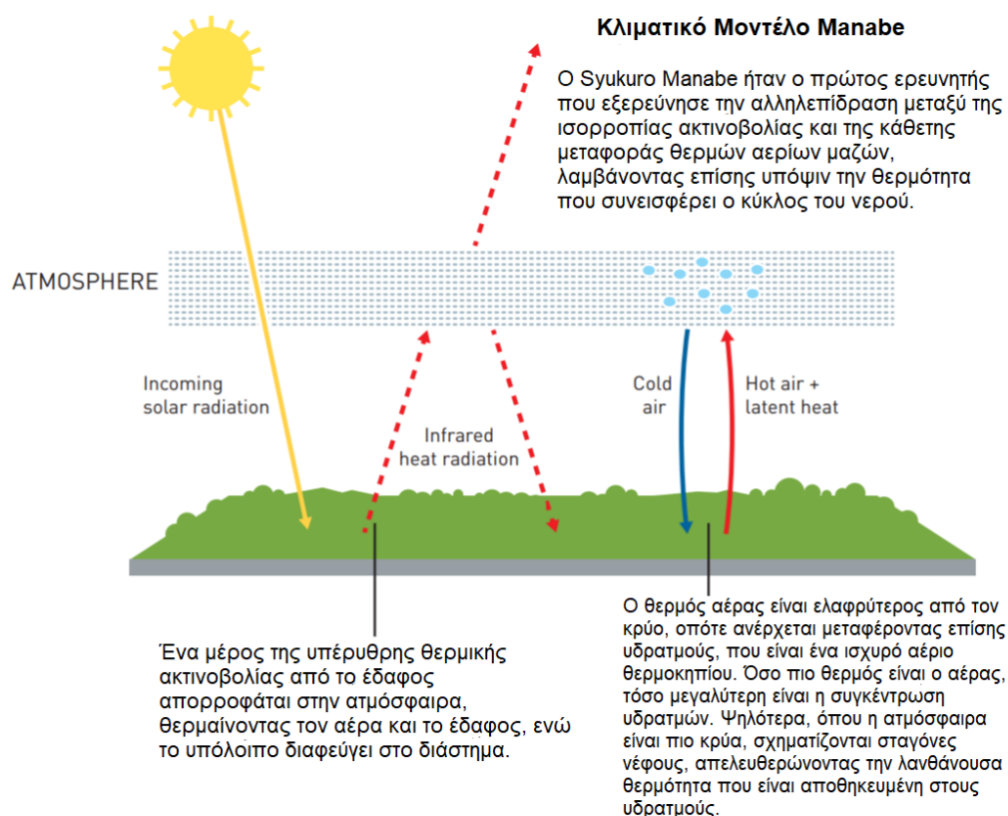
Όσο θερμότερη είναι μια πηγή της ακτινοβολίας, τόσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Ο ήλιος έχει επιφανειακή θερμοκρασία περίπου 6.000 °C και εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κυρίως στο ορατό φως. Η Γη, με επιφανειακή θερμοκρασία 15 °C, επαν-εκπέμπει αόρατη υπέρυθη ακτινοβολία. Αν η ατμόσφαιρα δεν απορροφούσε αυτήν την ακτινοβολία, **η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας δεν θα ξεπερνούσε τους -18 °C.**

Ο Arrhenius στην πραγματικότητα προσπαθούσε να βρει τι προκάλεσε φαινόμενο των εποχών των παγετώνων, που είχε ανακαλυφθεί εκίνη την εποχή. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αν το επίπεδο διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μειωθεί στο μισό, αυτό θα ήταν αρκετό για να εισέλθει η Γη σε μια νέα εποχή των παγετώνων. Και αντίστροφα – ο διπλασιασμός της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα θα αύξανε τη θερμοκρασία κατά 5-6 °C, αποτέλεσμα το οποίο, συμπτωματικά, είναι εκπληκτικά κοντά στις τρέχουσες εκτιμήσεις.

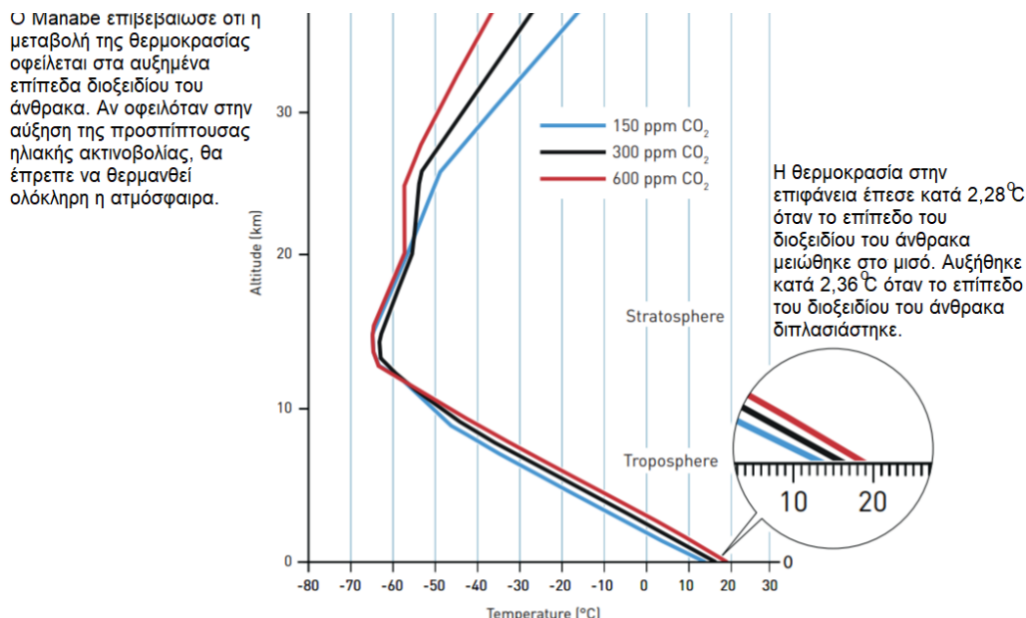
Ένα πρωτοποριακό μοντέλο για την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα

Στη δεκαετία του 1950, ο Ιάπων φυσικός Syukuro Manabe ήταν ένας από τους νέους και ταλαντούχους ερευνητές στο Τόκιο που εγκατέλειψαν την Ιαπωνία, η οποία είχε καταστραφεί από τον πόλεμο, και συνέχισαν την καριέρα τους στις Η.Π.Α. Ο σκοπός της έρευνας του Manabe, όπως του Arrhenius πριν από περίπου εβδομήντα χρόνια, ήταν να κατανοήσει πως τα αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα μπορούν να προκαλέσουν αύξηση της θερμοκρασίας. Ωστόσο, ενώ ο Arrhenius είχε επικεντρωθεί στην ισορροπία της ακτινοβολίας, στην δεκαετία του 1960 ο Manabe προχώρησε την έρευνα στην ανάπτυξη φυσικών μοντέλων ώστε να ενσωματώσει την κάθετη μεταφορά αερίων μαζών λόγω μεταφοράς θερμότητας, καθώς και την λανθάνουσα θερμότητα υδρατμών.

Για να κάνει αυτούς τους υπολογισμούς διαχειρίσιμους, επέλεξε να μειώσει το μοντέλο σε μία διάσταση – μια κάθετη στήλη, 40 χιλιόμετρα πάνω στην ατμόσφαιρα. Ακόμα κι έτσι, χρειάστηκαν εκατοντάδες πολύτιμες ώρες σε υπολογιστές για να δοκιμαστεί το μοντέλο μεταβάλλοντας τα επίπεδα των αερίων στην ατμόσφαιρα. Το οξυγόνο και το άζωτο είχαν αμελητέες επιδράσεις στην επιφανειακή θερμοκρασία, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα είχε σαφή επίδραση: όταν το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα διπλασιαζόταν, η παγκόσμια θερμοκρασία αυξανόταν πάνω από 2 °C.



Πηγή: Manabe and Wetherald (1967) *Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity*, *Journal of the atmospheric sciences*, Vol. 24, Nr 3, May.



Το μοντέλο του Manabe επιβεβαίωσε ότι αυτή η θέρμανση οφειλόταν όντως στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα, επειδή προέβλεπε άνοδο της θερμοκρασίας πιο κοντά στο έδαφος, ενώ η ανώτερη ατμόσφαιρα γινόταν πιο κρύα. Αν η αύξηση της θερμοκρασίας οφειλόταν σε αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, τότε θα έπρεπε ολόκληρη η ατμόσφαιρα να θερμαίνεται ταυτόχρονα. Πριν από εξήντα χρόνια, οι υπολογιστές ήταν εκατοντάδες χιλιάδες φορές πιο αργοί από ό,τι τώρα, οπότε αυτό το μοντέλο ήταν σχετικά απλό, αλλά ο Manabe επιβεβαίωσε τα βασικά χαρακτηριστικά. 'Πρέπει πάντα να απλοποιείς', έλεγε. Δεν μπορείτε να ανταγωνιστείτε την πολυπλοκότητα της φύσης – υπαισχύρεται τόσο πολλή φυσική που είναι αδύνατο να υπολογιστούν απολύτως τα πάντα. Οι γνώσεις από το μονοδιάστατο μοντέλο οδήγησαν σε ένα κλιματικό μοντέλο σε τρεις διαστάσεις, το οποίο ο Manabe δημοσίευσε το 1975. Αυτό ήταν ένα ακόμη ορόσημο στην πορεία για την κατανόηση των μυστικών του κλίματος.

Ο καιρός είναι χαοτικός

Περίπου δέκα χρόνια μετά τον Manabe, ο Klaus Hasselmann πέτυχε να συνδέσει τον καιρό και το κλίμα βρίσκοντας έναν τρόπο να ξεπεράσει τις γρήγορες και χαοτικές αλλαγές του καιρού που ήταν τόσο ενοχλητικές στους υπολογισμούς. Ο πλανήτης μας έχει τεράστιες αλλαγές στον καιρό επειδή η ηλιακή ακτινοβολία είναι άνισα κατανομημένη, τόσο γεωγραφικά όσο και χρονικά. Η γη είναι σφαιρική, έτσι λιγότερες από τις ακτίνες του ήλιου φτάνουν στα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη σε σχέση με τα χαμηλότερα κοντά στον Ισημερινό. Επιπλέον, ο άξονας της Γης είναι κεκλιμένος, δημιουργώντας εποχιακές διαφορές στην εισερχόμενη ακτινοβολία. Οι διαφορές στην πυκνότητα μεταξύ θερμότερου και ψυχρότερου αέρα προκαλούν τις κολοσσιαίες μεταφορές θερμότητας μεταξύ διαφορετικών γεωγραφικών πλατών, μεταξύ ωκεανού και ξηράς, μεταξύ υψηλότερων και χαμηλότερων αερίων μαζών, οι οποίες καθοδηγούν τον καιρό στον πλανήτη μας.

Όπως όλοι γνωρίζουμε, το να κάνουμε αξιόπιστες προβλέψεις για τον καιρό για πάνω από δέκα ημέρες είναι μια πρόκληση. Πριν από διακόσια χρόνια, ο διάσημος Γάλλος επιστήμονας, Pierre-Simon de Laplace, δήλωσε ότι αν γνωρίζαμε τη θέση και την ταχύτητα όλων των σωματιδίων στο σύμπαν, θα μπορούσαμε να

υπολογίσουμε τι συνέβη και τι θα συμβεί στον κόσμο μας. Αυτό κατ' αρχήν ακούγεται λογικό. Οι νόμοι κίνησης του Νεύτωνα, οι οποίοι περιγράφουν τις μεταφορές αερίων μαζών στην ατμόσφαιρα, είναι εντελώς ντετερμινιστικοί – δεν διέπονται από τυχαιότητα

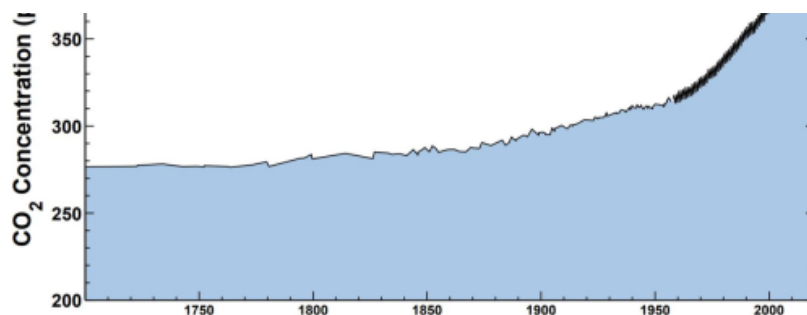
Ωστόσο, τίποτα δεν θα μπορούσε να είναι πιο λάθος όταν πρόκειται για τον καιρό. Αυτό οφείλεται εν μέρει επειδή, πρακτικά είναι αδύνατο να είμαστε αρκετά ακριβείς – να παραθέσουμε την θερμοκρασία του αέρα, την πίεση, την υγρασία ή τις συνθήκες του ανέμου για κάθε σημείο της ατμόσφαιρας. Επίσης, οι εξισώσεις είναι μη γραμμικές. Μικρές αποκλίσεις στις αρχικές τιμές μπορούν να κάνουν το σύστημα του καιρού να εξελιχθεί με εντελώς διαφορετικούς τρόπους. Με βάση την διατύπωση ότι 'μία πεταλούδα που πετάει στη Βραζιλία θα μπορούσε να προκαλέσει ανεμοστρόβιλο στο Τέξας', η απροσδιοριστία του καιρού ονομάστηκε **φαινόμενο της πεταλούδας**. Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι είναι αδύνατο να δημιουργηθούν μακροπρόθεσμες καιρικές προβλέψεις – ο καιρός είναι χαοτικός. Αυτή η ανακάλυψη έγινε στη δεκαετία του 1960 από τον Αμερικανό μετεωρολόγο Edward Lorenz, ο οποίος έθεσε τα θεμέλια της σημερινής θεωρίας του χάους.

Η επιστημονική βάση των μακροπρόθεσμων κλιματολογικών προβλέψεων

Πώς μπορούμε να έχουμε αξιόπιστα κλιματικά μοντέλα που κάνουν προβλέψεις για αρκετές δεκαετίες ή εκατοντάδες χρόνια στο μέλλον, παρά το γεγονός ότι ο καιρός είναι ένα κλασικό παράδειγμα ενός χαοτικού συστήματος; Γύρω στο 1980, ο Klaus Hasselmann απέδειξε πώς τα χαοτικά μεταβαλλόμενα καιρικά φαινόμενα μπορούν να περιγραφούν ως ταχέως μεταβαλλόμενος θόρυβος, θέτοντας έτσι τις μακροπρόθεσμες κλιματολογικές προβλέψεις σε επιστημονικά θεμέλια. Επιπλέον, ανέπτυξε μεθόδους για τον εντοπισμό των ανθρώπινων επιπτώσεων στην παρατηρούμενη παγκόσμια θερμοκρασία.

Ως νεαρός μεταπτυχιακός φοιτητής φυσικής στο Αμβούργο της Γερμανίας, στη δεκαετία του 1950, ο Hasselmann ασχολήθηκε με τη δυναμική των ρευστών, και στη συνέχεια άρχισε να αναπτύσσει παρατηρήσεις και θεωρητικά μοντέλα για τα κύματα και τα ρεύματα των ωκεανών. Μετακόμισε στην Καλιφόρνια και συνέχισε με την ωκεανογραφία, συναντώντας συναδέλφους όπως ο Charles David Keeling, με τον οποίο ο Hasselmanns συνεργάστηκε. Ο Keeling είχε ξεκινήσει το 1958, την σημαντικότερη σειρά μετρήσεων του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα στο Παρατηρητήριο Mauna Loa στη Χαβάη. Ο Hasselmanns δεν γνώριζε τότε ότι στη μετέπειτα εργασία του θα χρησιμοποιούσε συχνά την καμπύλη Keeling, η οποία δείχνει αλλαγές στα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα.

Η καμπύλη Keeling μας δείχνει την εξέλιξη της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.



Η δημιουργία ενός κλιματικού μοντέλου μέσα από τα χαοτικά δεδομένα του καιρού μπορεί να απεικονιστεί με ένα σκύλο που περπατάει: ο σκύλος τρέχει μπροστά, γυρνάει πίσω και πάει ξανά προς τα εμπρός ή πλάι και γύρω από τα πόδια σας. Πώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα ίχνη του σκύλου για να δείτε αν περπατάτε ή στέκεστε ακίνητοι; Ή για να διαπιστώσετε αν περπατάτε γρήγορα ή αργά; Τα ίχνη του σκύλου είναι οι αλλαγές του καιρού και η βόλτα σας είναι η εξέλιξη του κλίματος. Είναι δυνατόν να βγάλουμε συμπεράσματα για τις μακροπρόθεσμες τάσεις στο κλίμα χρησιμοποιώντας χαοτικά και θορυβώδη δεδομένα καιρού;

Μια επιπλέον δυσκολία είναι ότι οι διακυμάνσεις που επηρεάζουν το κλίμα είναι εξαιρετικά μεταβλητές με την πάροδο του χρόνου – μπορεί να είναι γρήγορες, όπως στην ένταση του ανέμου ή την θερμοκρασία του αέρα ή πολύ αργές, όπως το λιώσιμο των πάγων και η θέρμανση των ωκεανών. Για παράδειγμα, η ομοιόμορφη θέρμανση μόνο κατά ένα βαθμό μπορεί να πάρει χίλια χρόνια για τον ωκεανό, αλλά μόνο λίγες εβδομάδες για την ατμόσφαιρα. Το αποφασιστικό βήμα ήταν να ενσωματώσουμε τις γρήγορες αλλαγές του καιρού στους υπολογισμούς ως θόρυβο και να δείξουμε πώς αυτός ο θόρυβος επηρεάζει το κλίμα.

Ο Hasselmann δημιούργησε ένα στοχαστικό μοντέλο κλίματος, που σημαίνει ότι η τυχαιότητα είναι ενσωματωμένη στο μοντέλο. Η έμπνευσή του προήλθε από τη θεωρία για την κίνηση Brown του Άλμπερτ Αϊνστάιν, που ονομάζεται επίσης τυχαίος περίπατος. Χρησιμοποιώντας αυτή τη θεωρία, ο Hasselmann απέδειξε ότι η ταχέως μεταβαλλόμενη ατμόσφαιρα μπορεί πραγματικά να προκαλέσει αργές μεταβολές στον ωκεανό.

Η ανθρωπογενής επίδραση στην κλιματική αλλαγή

Όταν ολοκληρώθηκε το μοντέλο για τις κλιματικές μεταβολές, ο Hasselmann ανέπτυξε μεθόδους για τον εντοπισμό των ανθρωπινων επιδράσεων στο κλιματικό σύστημα. Διαπίστωσε ότι τα μοντέλα, μαζί με παρατηρήσεις και θεωρητικές εκτιμήσεις, περιέχουν επαρκείς πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του θορύβου και των σημάτων. Για παράδειγμα, οι αλλαγές στην ηλιακή ακτινοβολία, τα ηφαιστειακά σωματίδια ή τα επίπεδα των αερίων του θερμοκηπίου αφήνουν μοναδικά σήματα, δακτυλικά αποτυπώματα, τα οποία μπορούν να διαχωριστούν. Αυτή η μέθοδος για τον προσδιορισμό των δακτυλικών αποτυπωμάτων μπορεί επίσης να εφαρμοστεί και στην επίδραση που έχουν οι άνθρωποι στο κλιματικό σύστημα. Έτσι ο Hasselmann άνοιξε

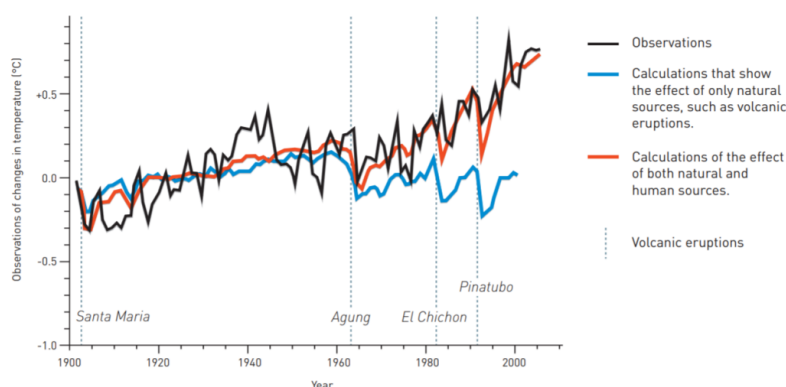
τον δρόμο για περαιτέρω μελέτες της κλιματικής αλλαγής, οι οποίες ανέδειξαν τα ίχνη ανθρώπινων επιπτώσεων στο κλίμα χρησιμοποιώντας μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων παρατηρήσεων.

Τα κλιματικά μοντέλα ανανεώνονται ασταμάτητα καθώς οι διαδικασίες που περιλαμβάνονται στις περίπλοκες αλληλεπιδράσεις του κλίματος χαρτογραφούνται πιο διεξοδικά, κυρίως μέσω των δορυφορικών μετρήσεων και των παρατηρήσεων του καιρού. Τα μοντέλα δείχνουν σαφώς ένα επιταχυνόμενο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από τα μέσα του 19ου αιώνα, τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξήθηκαν κατά 40%. Η ατμόσφαιρα της γης δεν περιείχε τόσο ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα για εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια. Οι μετρήσεις θερμοκρασίας δείχνουν ότι ο πλανήτης έχει θερμανθεί κατά 1°C τα τελευταία 150 χρόνια.

Οι Syukuro Manabe και Klaus Hasselmann θεμελίωσαν μια στέρεα φυσική βάση όσον αφορά την γνώση μας για το κλίμα της Γης. Τα κλιματικά τους μοντέλα είναι κατηγορηματικά. Η υπεθέρμανση της Γης οφείλεται στην αύξηση των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Identifying fingerprints in the climate

Klaus Hasselmann developed methods for distinguishing between natural and human causes (fingerprints) of atmospheric heating. Comparison between changes in the mean temperature in relation to the average for 1901–1950 [°C].



Η ανθρωπογενής επίδραση στην κλιματική αλλαγή (πηγή: Hegerl and Zweirs (2011) Use of models in detection & attribution of climate change, WIREs Climate Change)

.... συνεχίζεται με την συνεισφορά του **Giorgio Parisi** ...

πηγή: <https://www.nobelprize.org/>

physicsgg

ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

[ΑΡΧΙΚΗ](#) › [ΦΥΣΙΚΗ](#) › ΒΡΑΒΕΙΟ ΝΟΜΠΕΛ ΦΥΣΙΚΗΣ 2021

Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2021

BY [PHYSICSGG](#) on [04/10/2021](#) • (0)

(νεώτερη ενημέρωση)

Το βραβείο Νομπέλ 2021 στην Φυσική απονεμήθηκε στους **Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann και Giorgio Parisi** “για τις πρωτοποριακές συνεισφορές τους στην κατανόηση περίπλοκων φυσικών συστημάτων.”

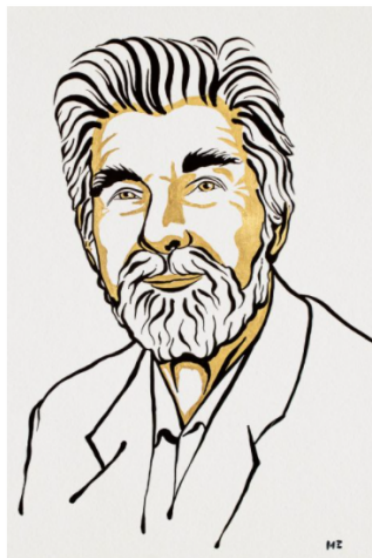
Το μισό βραβείο μοιράζονται οι **Syukuro Manabe** και **Klaus Hasselmann** «για την φυσική μοντελοποίηση του κλίματος της Γης, την ποσοτικοποίηση της μεταβλητότητας και την αξιόπιστη πρόβλεψη της υπερθέρμανσης του πλανήτη» και το άλλο μισό απονέμεται στον **Giorgio Parisi** «για την ανακάλυψη της αλληλεπίδρασης της αταξίας και των διακυμάνσεων στα φυσικά συστήματα από τις ατομικές έως τις πλανητικές κλίμακες»



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

Syukuro Manabe

Prize share: 1/4



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

Klaus Hasselmann

Prize share: 1/4



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

Giorgio Parisi

Prize share: 1/2

Ο **Syukuro Manabe**, γεννήθηκε το 1931 στην πόλη Shingu της Ιαπωνίας. Έλαβε το διδακτορικό του το 1957 από το Πανεπιστήμιο του Τόκιο. Senior Meteorologist στο Princeton University. Ο **Klaus Hasselmann**, γεννήθηκε το 1931 στο Αμβούργο. Έλαβε το διδακτορικό του το 1957 από το Πανεπιστήμιο του Göttingen. Professor στο Max Planck Institute for Meteorology, Αμβούργο. Ο **Giorgio Parisi**, γεννήθηκε το 1948 στην Ρώμη. Έλαβε το διδακτορικό του το 1970 από το Πανεπιστήμιο της Sapienza στη Ρώμη. Professor στο Πανεπιστήμιο Sapienza της Ρώμης.

Ο **Syukuro Manabe** (1/4) και ο **Klaus Hasselmann** (1/4) έθεσαν τα θεμέλια της γνώσης μας για το κλίμα της Γης και στο πώς αυτό επηρεάζεται από την ανθρωπότητα. Ο **Giorgio Parisi** (1/2) βραβεύεται για την επαναστατική συμβολή του στη θεωρία των αδιάτακτων υλικών και των τυχαίων διαδικασιών.

Τα πολυσύνθετα συστήματα χαρακτηρίζονται από τυχαιότητα και αταξία και είναι δύσκολο να κατανοηθούν. Το φετινό βραβείο αναγνωρίζει τις νέες μεθόδους για την περιγραφή τους και την πρόβλεψη της μακροπρόθεσμης συμπεριφοράς τους.

Ένα πολύπλοκο σύστημα ζωτικής σημασίας για την ανθρωπότητα είναι το κλίμα της Γης. Ο **Syukuro Manabe** απέδειξε πώς τα αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα οδηγούν σε αυξημένες θερμοκρασίες στην επιφάνεια της Γης. Στη δεκαετία του 1960, ηγήθηκε της ανάπτυξης φυσικών μοντέλων του κλίματος της Γης και ήταν ο πρώτος που εξερεύνησε την αλληλεπίδραση μεταξύ της ισορροπίας ακτινοβολίας και της κάθετης μεταφοράς αερίων μαζών. Η εργασία του έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη των σημερινών κλιματικών μοντέλων.

Περίπου δέκα χρόνια αργότερα, ο **Klaus Hasselmann** δημιούργησε ένα μοντέλο που συνδέει τον καιρό και το κλίμα, απαντώντας έτσι στο ερώτημα γιατί τα κλιματικά μοντέλα μπορούν να είναι αξιόπιστα παρά το γεγονός ότι ο καιρός είναι μεταβλητός και χαοτικός. Ανέπτυξε επίσης μεθόδους για τον εντοπισμό συγκεκριμένων σημάτων, 'δακτυλικών αποτυπωμάτων' που αποτυπώνονται στο κλίμα, εξαιτίας των φυσικών φαινομένων και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Οι μέθοδοί του έχουν χρησιμοποιηθεί για να αποδειχθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα οφείλεται στις ανθρώπινες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Γύρω στο 1980, ο **Giorgio Parisi** ανακάλυψε κρυμμένα μοτίβα σε περίπλοκα αδιάτακτα υλικά. Οι ανακαλύψεις του είναι από τις σημαντικότερες συνεισφορές στη θεωρία περίπλοκων συστημάτων. Επιτρέπουν την κατανόηση και περιγραφή πολλών διαφορετικών και φαινομενικά εντελώς τυχαίων υλικών και φαινομένων, όχι μόνο στη φυσική αλλά και σε άλλους, πολύ διαφορετικούς τομείς, όπως τα μαθηματικά, την βιολογία, την νευροεπιστήμη και την μηχανική μάθηση.

«Οι ανακαλύψεις που βραβεύθηκαν φέτος δείχνουν ότι οι γνώσεις μας για το κλίμα στηρίζονται σε μια σταθερή επιστημονική βάση, βασισμένη σε μια αυστηρή ανάλυση των παρατηρήσεων. Σύμφωνα με τον Thors Hans Hansson, πρόεδρο της Επιτροπής των Νόμπελ Φυσικής: Οι **Manabe**, **Hasselmann** και **Parisi** συνέβαλαν στο να αποκτήσουμε μια βαθύτερη εικόνα για τις ιδιότητες και την εξέλιξη των πολύπλοκων φυσικών συστημάτων». **διαβάστε περισσότερες λεπτομέρειες [ΕΔΩ: 'Βραβείο Νόμπελ Φυσικής στα μοντέλα που προβλέπουν την κλιματική αλλαγή'](#)**

Η ανακοίνωση του βραβείου Νόμπελ Φυσικής 2021: