

Ο ΓΗ·Ι·ΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ

Τοῦ ΔΗΜ. Α. ΚΙΣΚΥΡΑ, Δρος Γεωφυσικοῦ-Γεωλόγου

Καθὼς εἶναι γνωστὸ ἡ γῆ εἶναι ἓνας μεγάλος μαγνήτης, ποὺ ἀναγκάζει τὴ μαγνητικὴ βελὸν νὰ στρέφει τὸ ἓνα ἄκρο τῆς πάντα πρὸς βορρᾶν. Τὴν ιδιότητα αὕτῃ τῆς μαγνητικῆς βελὸνς τὴν ἤξεραν καὶ παλαιότερα. Τουλάχιστον ἀπὸ τὶς ἀρχές τοῦ 13ου αἰῶνα μ.Χ. στὴ Δ. Εὐρώπῃ. Στὸ μεσαίωνα οἱ ναυτικοὶ χρησιμοποιοῦσαν εὐρύτατα τὴ μαγνητικὴ βελὸν γιὰ τὰ ταξίδια τους, νομίζοντας ὅτι ὁ πολικὸς ἀστὴρας κανόνιζε τὴν διεύθυνση τῆς μαγνητικῆς βελὸνς πρὸς βορρᾶν. Ὑπῆρχαν ὅμως μερικοί, ποὺ πίστευαν ὅτι τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀφειλόταν σὲ κάποιον μαγνητικὸ θουνὸ τῆς Γροιλλανδίας, δηλ. θουνὸ ποὺ ἀποτελεῖτο ἀπὸ τὸ ὀρυκτὸ μαγνητίτη (Fe_3O_4), ποὺ οἱ μαγνητικὲς του ιδιότητες ἦσαν γνωστὲς καὶ στοὺς ἀρχαίους Ἕλληνες. Μὲ τὴν πάροδο ὅμως τοῦ χρόνου ἀναγκάστησαν νὰ ἀλλάξουν γνώμη γιὰ τὴν αἰτία τοῦ προσανατολισμοῦ τῆς μαγν. βελὸνς, γιὰτὶ σὲ ἄλλα τους ταξίδια παρατήρησαν, ὅτι ἡ βελὸν δὲν ἔστρεφε πάντοτε πρὸς βορρᾶν, ἀλλὰ μερικὲς φορές ξέφευγε πότε πρὸς ἀνατολὰς καὶ πότε πρὸς δυσμὰς, 5 - 25°. Τέτοιες μεταβολές στὴ διεύθυνση τῆς μαγνητικῆς βελὸνς εἶχε παρατηρήσει καὶ ὁ Κολόμβος. Στὸν Ἰνδικὸ ὠκεανὸ ἡ μαγν. βελὸν ξεφεύγει κάπου 40° ἀπὸ τὴ διεύθυνση τοῦ βορρᾶ.

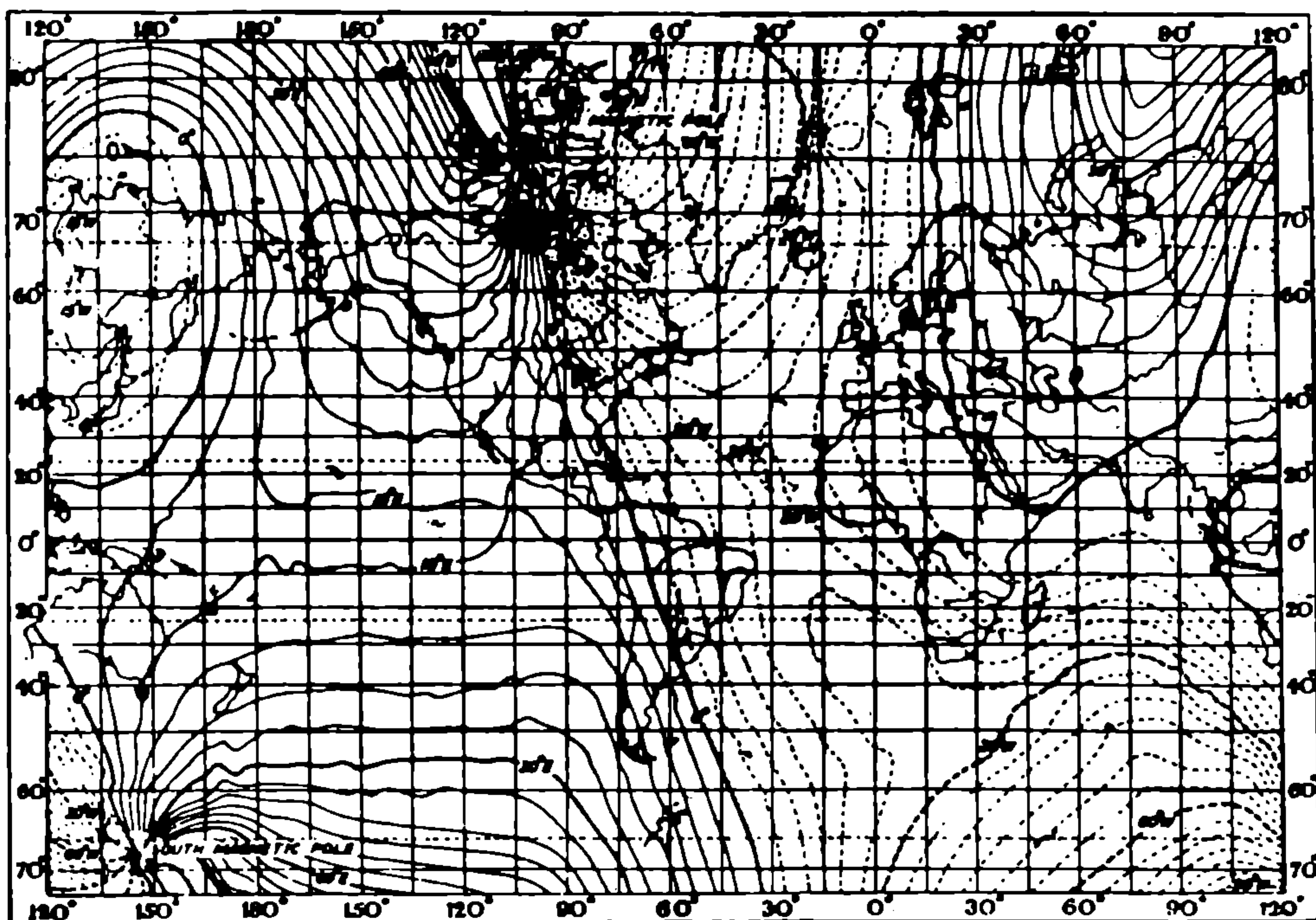
Μαγνητικὴ ἀπόκλιση

Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελὸνς ἀπὸ τὴ διεύθυνση τοῦ βορρᾶ, ποὺ στὴ φυσικὴ λέγεται **μαγνητικὴ ἀπόκλιση**, ἀνατολικὴ ἢ δυτικὴ ἀνάλογα μὲ τὴ διεύθυνση τῆς ἐκτροπῆς, διαφέρει ἀπὸ τόπο σὲ τόπο. Ἔτσι, παρουσιάστηκε στοὺς ναυτικούς ἡ ἀνάγκη νὰ συμβουλευόνται στὰ ταξίδια τους τὶς παρατηρήσεις τῶν ἄλλων γιὰ τὴ συμπεριφορὰ τῆς μαγνητικῆς βελὸνς. Ἡ ἀνάγκη αὕτῃ καλύφθηκε μὲ τὴν ἔκδοση τοῦ πρώτου μαγνητικοῦ χάρτη τῆς γῆς ἀπὸ τὸν Halley σὲ κλίμακα 1 : 33 ἑκατομ., ποὺ δημοσιεύθηκε τὸ 1701 στὴν Ἀγγλία. Ἀνάλογοι μαγνητικοὶ χάρτες δημοσιεύονται καὶ σήμερα. Οἱ καμπύλες ποὺ βλέπει κανεὶς σὲ ἓνα μαγνητικὸ χάρτη ἀποκλίσεως λέγονται **ἰσογώνιες** καὶ ἐνώνουν ὅλα τὰ μέρη ποὺ ἔχουν τὴν ἴδια μαγνητικὴ ἀπόκλιση. Οἱ ἰσογώνιες δὲν ἔχουν καμιὰ κανονικὴ διεύ-

θυνση καὶ σπάνια ἀκολουθοῦν διεύθυνση Β — Ν. Πάντως παρουσιάζουν μιὰ τάση νὰ ἀκολουθήσουν τὴ διεύθυνση τῶν ἡπείρων, ἐνῶ στὸν Εἰρηνικὸ ὠκεανὸ προτιμοῦν τὴ διεύθυνση Α — Δ. Στὴν Ἑλλάδα οἱ ἰσογώνιες καμπύλες παρουσιάζουν μιὰ διεύθυνση Β — Ν μὲ ἐλαφρὰ κάμψη πρὸς ΝΑ. Ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλιση στὴν Ἑλλάδα εἶναι δυτικὴ, μὲ τάση, ὅπως θὰ δοῦμε πιὸ κάτω, νὰ γίνεи ἀνατολική. Στὸ μαγνητικὸ χάρτη τῆς Εὐρώπης γιὰ τὴν περίοδο 1921, ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλιση εἶναι στὴ Θράκη 2°,30', στὴν Ἀττικοβοιωτία 3°, στὴν Ἀργολιδοκορινθία 3°30' καὶ στὰ Ἐπτάνησα 4° δυτικὴ, ἐνῶ στὴν Ἰταλία 5 - 7° δυτικὴ. Τουναντίον στὴ Μικρὰ Ἀσία εἶναι ἀνατολική.

Οἱ μαγνητικοὶ χάρτες τῆς γῆς δὲν μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ πολὺ καιρὸ, γιὰτὶ ὁ γήινος μαγνητισμὸς ἀλλάζει διεύθυνση καὶ ἐνταση μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου. Τυπικὸ παράδειγμα ἀλλαγῆς τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως παρουσιάζει τὸ Λονδίνο, ὅπου ἡ ἀπόκλιση τὸ 1540 ἦταν 5°,5 ἀνατολική, τὸ 1660 ἡ ἀπόκλιση ἔγινε μηδὲν καὶ ἀπὸ τότε ἀλλάξε κατεύθυνση πρὸς τὰ δυτικὰ μέχρι τὸ 1820, ὅπου ἔφθασε 24° δυτικὴ. Ἐπειτα ἡ δυτικὴ ἀπόκλιση τοῦ Λονδίνου ἄρχισε νὰ μικραίνει. Τὸ 1900 ἔπεσε στὶς 16°,8 τὸ 1940 στὶς 14°,5 τὸ 1953 στὶς 9° καὶ σήμερα ἀκόμα πιὸ χαμηλότερα. Ἀνάλογες παρατηρήσεις ἔγιναν στὸ Παρίσι καὶ στὴ Ρώμη, ὥστε μὲ βάση τὰ στοιχεῖα αὐτὰ νὰ ὑπολογισθεῖ ὅτι ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως παρουσιάζει μιὰ περίοδο γύρω στὰ 600 χρόνια.

Στὴν Ἑλλάδα δὲν ἔχουν γίνεи πολλές μετρήσεις τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ, πάντως καὶ ἀπὸ τὶς λιγοστὲς μετρήσεις ξεχωρίζει κανεὶς μιὰ αἰσθητὴ ἀλλαγὴ στὴν μαγνητικὴ ἀπόκλιση μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου. Ἔτσι τὰ Ἐπτάνησα, ποὺ τὸ 1921 εἶχαν 4° δυτικὴ ἀπόκλιση, τὸ 1936 εἶχαν μόνο 2°. Ἐπίσης ἡ Δυτικὴ Θράκη καὶ ἡ Ἀνατ. Λέσβος παρουσίασαν τὸ 1936 μηδὲν ἀπόκλιση, ἐνῶ τὸ 1921 εἶχαν περίπου 2°, δυτικὴ. Μὲ ἄλλα λόγια, ἡ ἀγώνιος καμπύλη, δηλ. ἡ γραμμὴ, ποὺ ἐνώνει τὰ μέρη μὲ μηδὲν ἀπόκλιση, μετατέθηκε ἀπὸ τὴν Ἀν. Μικρὰ Ἀσία στὴ Δυτ. Θράκη καὶ Λέσβο - Σάμο. Τὸ 1955 ἡ καμπύλη αὕτῃ εἶχε μετατεθεῖ στὴ Δυτ. Πελοπόννησο, Αἰτωλοακαρνανία, Δυτ.



Σχ. 1. ΧΑΡΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ

(Οι συνεχείς καμπύλες δείχνουν ανατολική και οι στικτές δυτική μαγνητική απόκλιση)

Ἡπειρο καὶ σήμερα πιὸ δυτικά. Μὲ τὴν εὐκαιρία αὕτη θὰ πρέπει νὰ τονίσουμε, ὅτι ἡ κάπως ἀκανόνιστη μορφή ποὺ παρουσιάζουν οἱ ἰσογώνιες καμπύλες στὴν Ἑλλάδα, ὀφείλεται στὴ διαφορετικὴ μαγνήτιση τῶν ἐπιφανειακῶν κυρίως πετρωμάτων. Στὴ Δυτ. Μακεδονία π.χ. ὅπου ὑπάρχουν ἐπιφανειακὰ ὑπερβασικὰ ἐκρηξιγενῆ πετρώματα, ποὺ ὅπως εἶναι γνωστὸ εἶναι ἰσχυρὰ μαγνητισμένα, οἱ ἰσογώνιες καμπύλες παρουσιάζονται πιὸ πυκνές ἀπ' ὅ,τι σὲ ἄλλα τμήματα τῆς χώρας, ὅπως π.χ. στὴν Ἡπειρο, στὴν Αἰτωλοακαρνανία, καὶ στὴ Δυτ. Πελοπόννησο.

Μαγνητικὴ ἔγκλιση. Οἱ ναυτικοὶ τοῦ μεσαίωνα εἶχαν παρατηρήσει πὼς ὅταν ταξίδευαν πρὸς βορρᾶν, ἡ μαγνητικὴ βελὼνη δὲν ἦταν ὀριζόντια, ἀλλὰ ἔγερνε ὅλο καὶ περισσότερο πρὸς βορρᾶν, ἐνῶ ὅταν ταξίδευαν πρὸς νότο, ἡ μαγνητικὴ βελὼνη γινόνοταν ὅλο καὶ πιὸ ὀριζόντια καὶ κατόπιν σὲ νότια πλάτη ἄρχιζε νὰ γέρνει πρὸς νότον. Ἔτσι, ἀπὸ τὸ 16ο αἰῶνα οἱ ναυτικοὶ εἶχαν πεισθεῖ ὅτι ἡ αἰτία ποὺ γυρίζει τὴ μαγνητικὴ βελὼνη πρὸς βορρᾶν δὲν μπορεῖ νὰ βρίσκεται στὸν πολικὸ ἀστέρα, ἀλλὰ μέσα στὴ γῆ. Σύμφωνα μὲ τὶς παρατηρήσεις τῆς ἐποχῆς ἐκείνης καὶ τὰ σχετικὰ πειράματα ποὺ ἔκανε, ὁ Ἀγγλὸς φυσικὸς Gilbert κατέληξε στὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ γῆ εἶναι ἓνας μεγάλος μαγνήτης καὶ ὅτι ὁ μαγνητισμὸς δὲν ἔχει δάρος. Ἀπὸ τότε μπορούμε νὰ πούμε ὅτι

μπήκαν οἱ βάσεις τῆς ἐπιστήμης τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ. Οἱ προηγούμενες παρατηρήσεις ἦταν σποραδικές. Ὁ Νόρμαν (1580) π.χ. βρῆκε στὸ Λονδίνο, ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὼνη ἐκλίνει πρὸς τὴ γῆ. Ἐπίσης ὁ Γερμανὸς Χάρτμαν (1510) διαπίστωσε ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὼνη παρουσίαζε ἀνατολικὴ ἀπόκλιση 6° στὴ Ρώμη καὶ 10° στὴ Νυρεμβέργη, τὸ 1544.

Ἡ γωνία ποὺ σχηματίζει ἡ μαγνητικὴ βελὼνη μὲ τὸν ὀρίζοντα λέγεται μαγνητικὴ ἔγκλιση, βόρεια ἢ νότια, ἀνάλογα μὲ τὸ ποῦ γέρνει ἡ βελὼνη. Οἱ γραμμὲς ποὺ ἐνώνουν μέρη μὲ τὴν ἴδια μαγνητικὴ ἔγκλιση, λέγονται **ἰσοκλινεῖς καμπύλες** καὶ παρουσιάζουν κανονικὴ κάπως μορφή, μὲ παράλληλη σχεδὸν ἀνάπτυξη ἀπὸ τὸν ἰσημερινὸ πρὸς τοὺς πόλους. Ὁ γήινος μαγνητικὸς ἰσημερινός, δηλ. ἡ καμπύλη ποὺ ἐνώνει τὶς θέσεις, ὅπου ἡ μαγνητικὴ ἔγκλιση εἶναι μηδέν, δὲν συμπίπτει μὲ τὸ γεωγραφικὸ ἰσημερινὸ τῆς γῆς, ἀλλὰ βρίσκεται λίγο βορειότερα, μὲ ἐξαίρεση τὴ Νότ. Ἀμερικὴ, ὅπου ἡ καμπύλη αὕτη βρίσκεται λίγο νοτιώτερα ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸ ἰσημερινό. Ἐπίσης οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τῆς γῆς, δηλ. τὰ σημεῖα ὅπου ἡ μαγν. ἔγκλιση εἶναι 90° , δὲν συμπίπτουν, ὅπως θὰ δοῦμε, μὲ τοὺς γεωγραφικοὺς πόλους.

Ἡ μαγνητικὴ ἔγκλιση παρουσιάζει μικρότερες μεταβολές σὲ σχέση μὲ τὴ μαγνητικὴ ἀπόκλιση. Στὴν Ἀθήνα π.χ. ἀπὸ τὸ 1936

μέχρι το 1941 μεταβλήθηκε μόνο 10', ενώ η απόκλιση μεταβλήθηκε πάνω από 30'. Στο Λονδίνο η μαγνητική έγκλιση το 1700 ήταν 74°, το 1800 κατέβηκε στις 71°, ενώ σήμερα βρίσκεται περίπου στις 67'. Υπάρχουν όμως περιοχές, όπου η μαγν. έγκλιση μεταβάλλεται πολύ έντονα. Στη Νότ. 'Αραβία π.χ. μεταβάλλεται +8' το χρόνο, ενώ στην περιοχή του Νοτ. 'Ατλαντικού η μεταβολή φθάνει —14' το χρόνο. Οι αλλαγές αυτές, όπως θα δούμε πιο κάτω, οφείλονται στην αύξηση ή ελάττωση του γήινου μαγνητισμού των περιοχών όπου παρουσιάζονται. Για τη μελέτη των μεταβολών του γήινου μαγνητικού πεδίου, η έντασή του αναλύεται για εύκολία σε δυο συνιστώσες, την Z, η κατακόρυφη και την H, η οριζόντια. Η τιμή της Z μεγαλώνει προχωρώντας από τον ίσημερινό προς τους πόλους, ενώ η H ελαττώνεται. Η μαγνητική έγκλιση από 49° που ήταν στην Κρήτη το 1936, έφθανε τις 58° στα βόρεια σύνορα της χώρας μας. Η ένταση της οριζόντιας συνιστώσας είναι 27.500 γάμμα στην Κρήτη και 24.500 γάμμα στην Βόρ. 'Ελλάδα. Στον ίσημερινό η οριζόντια συνιστώσα φθάνει 35.000 έως 40.000 γάμμα ή 0,35 έως 0,40 γκάους. Η μονάδα γκάους ή Γ, προς τιμήν του Γερμανού φυσικού, αντιστοιχεί σε 100.000 γ (γάμμα) και είναι πολύ μικρή, αν αναλογισθεί κανείς ότι συνεχές ρεύμα ενός άμπερ, που διαρρέει σύρμα μεγάλης εκτάσεως, προκαλεί σε απόσταση 200 μ. μαγνητικό πεδίο ενός γάμμα.

Μαγνητικοί πόλοι της γης

'Από παρατηρήσεις που έγιναν σε πολλά σημεία της γης, διαπιστώθηκε ότι οι μαγνητικοί πόλοι της γης όχι μόνο δε συμπίπτουν με τους γεωγραφικούς πόλους, αλλά ούτε βρίσκονται σε συμμετρικές θέσεις σχετικά με το κέντρο της γης. Ο βόρειος πόλος, που κανονικά θα έπρεπε να λέγεται νότιος πόλος, μιὰ και τραβάει το βόρειο άκρο της μαγνητικής βελόνης, (σύμφωνα με την αρχή ότι τα έτερώνυμα έλκονται) βρίσκεται σε βόρειο γεωγρ. πλάτος 73° και δυτικό γεωγρ. μήκος 100°, ενώ ο νότιος μαγν. πόλος της γης είναι σε νότιο γεωγρ. πλάτος 68°,7 και 143° ανατολ. γεωγρ. μήκος. Έτσι ο ένας μαγνητικός πόλος απέχει από τον αντίποδα του άλλου περίπου 2000 χλμ. Το περίεργο είναι, ότι ο μαγνητικός άξονας της γης, δεν περνάει από τα σημεία αυτά, αλλά από άλλα, όπου όμως η έγκλιση δεν είναι 90°. Τα σημεία αυτά έχουν για το βόρειο μαγνητικό πόλο 78°,5 βόρ. πλάτος και 68°,8 δυτ. μήκος, για δε το νότιο πόλο 78°,5 νότιο πλάτος και 116° ανατ. μήκος· δηλ. η γη παρουσιάζεται σα μαγνητικό δίπολο με μαγνητικό άξονα που σχηματίζει γωνία 11°,5 με το γεωγραφικό άξονα της γης. Το κέντρο του μαγνητικού διπόλου απέχει 342 χλμ. από το κέντρο της γης, δηλ. περίπου το 1/50 της γήινης ακτίνας. Η προβολή του στην έπι-

φάνεια της γης είναι στο σημείο με 6°,5 βόρειο γεωγρ. πλάτος και 161°,8 ανατολικό μήκος, δηλ. στο δυτικό Ειρηνικό.

Επίσης διαπιστώθηκε, ότι οι μαγνητικοί πόλοι της γης δε μένουν στην ίδια θέση. Το 1904 π.χ. ο βόρειος μαγνητικός πόλος ήταν στη χερσόνησο Μπόθια Φέλιξ στο σημείο με 70°,5 βόρ. πλάτος και 96°,5 δυτικό μήκος. Από τότε απομακρύνθηκε περίπου 600 χλμ. προς ΒΔ και πλησίασε το γεωγραφικό πόλο. Η άγγλική αποστολή στην 'Ανταρκτική (1912-13) καθόρισε τη θέση του νότιου πόλου σε 72°25' νότιο γεωγρ. πλάτος και 154° ανατολικό γεωγρ. μήκος, ενώ το 1945 είχε μετακινηθεί ο πόλος στη θέση 68° S και 146° E. Διαπιστώθηκε ακόμα, ότι ο βόρειος μαγνητικός πόλος αλλάζει θέση μέσα στο 24ωρο. Οι θέσεις αυτές σχηματίζουν μιὰ έλλειψη με 22 χλμ. τον μεγάλο άξονα και 14 χλμ. τον μικρό άξονα. Η μετακίνηση του μαγνητικού πόλου ακολουθεί τη διεύθυνση των δεικτών του ώρολογίου.

Η ένταση των μαγνητικών πόλων της γης είναι διαφορετική, περίπου 0,67 Γ στο νότιο πόλο και 0,63Γ στο βόρειο. Δηλ. η γη στην πραγματικότητα είναι ένας μαγνήτης, πολύ ασθενέστερος από τους μικρούς μαγνήτες των σχολείων. Εντούτοις, ο μαγνητισμός της έπαιξε και παίζει σπουδαιότατο ρόλο στη διατήρηση της ζωής πάνω στη γη. Χάρη σ' αυτόν όλες οι επικίνδυνες ακτινοβολίες που βομβαρδίζουν τη γη νύκτα-ήμέρα, τραβιούνται προς τους πόλους σε ύψος δεκάδων χιλιομέτρων, όπου προκαλούν το πολικό σέλας.

Αιώνιες μεταβολές γήινου μαγνητισμού

Όπως είδαμε η μαγνητική απόκλιση, η μαγνητική έγκλιση και γενικά η ένταση του γήινου μαγνητισμού, δε μένουν σταθερές. Άλλου αλλάζουν γρήγορα κι άλλου σιγανά. από τις ίσ ό π ο ρ ε ς κ α μ π ύ λ ε ς, που ένώνουν τις θέσεις με ίση μαγνητική μεταβολή, φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες μεταβολές του γήινου μαγνητισμού παρουσιάζονται στο ήμισφαίριο 90° δυτικά και 90° ανατολικά από το Γκρήνουιτς. Οι μεταβολές αυτές είναι τόσο γρήγορες, που δε μπορούν να αποδοθούν σε ήπειρογενετικές κινήσεις, ούτε σε αύξομειώσεις της θερμοκρασίας του γήινου φλοιού σε βάθη 10-50 χλμ., όπως νόμιζαν παλαιότερα, αλλά σε μεταβολές θερμοκρασίας σε μικρό βάθος, χάρη στη διείδυση μάγματος σε ανώτερους όρίζοντες της λιθόσφαιρας ή στην άνοδο λάβας στην επιφάνεια. Με την ψύξη τα πετρώματα που σχηματίζονται από τη μαγνητική λάβα μαγνητίζονται έξ έπαγωγής στο γήινο μαγνητικό πεδίο και ο μαγνητισμός τους, όταν τα πετρώματα κρυώσουν, γίνεται πολλαπλάσιος του αρχικού (φαινόμενο παραμένοντος θερμομαγνητισμού). Έτσι παρουσιάζεται αύξηση στην ένταση του γήινου μαγνητισμού (θετικές μεταβολές). Με την άποψη αυτή συμφωνεί και η παρατήρηση ότι

οί θετικές μεταβολές του γήινου μαγνητισμού παρουσιάζονται στις περιοχές των αλπικών γεωσυγκλίσεων, όπου σχηματίσθηκαν τα σημερινά μεγάλα βουνά, "Αλπεις, Δυναρίδες, Ίμαλάια, "Ανδεις κλπ. (Βλ. σχ. 2).

Στην 'Αν. 'Ελλάδα ο γήινος μαγνητισμός (κάθετη συνιστώσα) παρουσιάζει σήμερα αύξηση σε σύγκριση με τη Δυτ. 'Ελλάδα, που πρέπει να την αποδώσουμε στην αύξηση του παραμένου μαγνητισμού των έκρηξιγενών πετρωμάτων του Αιγαίου, λόγω ψύξεως.

Οι άρνητικές μεταβολές παρουσιάζονται στη ΝΔ 'Αμερική, Νότ. 'Ατλαντικό, Νότ. 'Αφρική και όρισμένες θέσεις του Ειρηνικού και οφείλονται στην ελάττωση του παραμένου μαγνητισμού του υποβάθρου του, λόγω αύξησης της θερμοκρασίας εις τα βάθη αυτά. Οι περιοχές με τις άρνητικές μαγνητικές μεταβολές είναι σήμερα μεγαλύτερες, από κείνες όπου παρουσιάζονται θετικές μεταβολές. Έτσι η γή παρουσιάζει σήμερα ελάττωση της μαγνητικής της ροπής. Τουναντίον σε προγενέστερη εποχή (Νεογενές - Παλαιοτεταρτογενές) η γή παρουσίαζε μεγαλύτερες θετικές μαγνητικές μεταβολές και είχε ισχυρότερη μαγνητική ροπή απ' ό,τι σήμερα. Όλες οι μεταβολές αυτές έχουν την αίτια τους μέσα στη γή και σε βάθος όχι μεγαλύτερο από 20 χλμ. Αυτό που δεν έχει ακόμα καλά εξηγηθεί είναι η μετατόπιση της μαγνητικής αποκλίσεως από Α προς Δ. Υποτίθεται ότι οφείλεται σε ηλεκτρικά ρεύματα που παράγονται στην επιφάνεια του πυρήνα της γής, ο οποίος πιθανόν στρέφεται με καθυστέρηση σε σύγκριση με το φλοιό της γής, ή με άλλα λόγια στην όλισθηση του φλοιού της γής πάνω στον πυρήνα της.

Μαγνητικές καταιγίδες

Έκτος από τις μακροχρόνιες μεταβολές στην ένταση και διεύθυνση του γήινου μαγνητισμού παρατηρήθηκαν άλλες, που γίνονται πιο γρήγορα, μέσα στην ίδια μέρα ή και σε λίγες ώρες μονάχα. Στις περιπτώσεις αυτές μιλάμε για μαγνητικές καταιγίδες. Το 1938 (16 'Απριλ.) η μαγνητική βελόνη στράφηκε στη Β. Γερμανία κάπου 5°. Τα τελευταία 100 χρόνια παρουσιάσθηκαν πάνω από 400 καταιγίδες. Το χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ότι παρουσιάζονται απότομα και σχεδόν ταυτόχρονα σε όλη τη γή, με διαφορά το πολύ μισό λεπτό της ώρας. Οι μαγνητικές καταιγίδες παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ένταση στις πολικές περιοχές με συχνά άσχημα αποτελέσματα. Πολλές φορές εξαιτίας τους εμποδίζεται όχι μόνο η ραδιοφωνική μετάδοση, αλλά και η τηλεφωνική επικοινωνία, γιατί στα καλώδια αναπτύσσονται ηλεκτρικά ρεύματα με τάση πολλές χιλιάδες βόλτ. Οι καταιγίδες αυτές συνδέονται με πολικό σέλας. Οι μαγνητικές καταιγίδες δεν έχουν καμιά σχέση με τον καιρό, αλλά οφείλονται, όπως και το σέλας, σε ήλιακες εκρήξεις (βλ. Δ. Κισκύρα: «'Ηλιακές εκρήξεις»,

«Αύγή», 28.2.56 και «Το πολικό σέλας στην 'Ελλάδα», «Αύγή», 27.1.57), που στέλνουν προς τη γή νέφος από ηλεκτρόνια και πρωτόνια. Τα σωματίδια αυτά κινούνται με ταχύτητα 1000 μέχρι 2000 χλμ./δευτ. και πλέον. Όποτε για να φθάσουν τη γή σε απόσταση κάπου 150 εκατ. χλμ. χρειάζονται 16 μέχρι 36 ώρες. Έτσι, η μαγνητική καταιγίδα ξεσπάει στη γή ακριβώς τόσες ώρες αργότερα από την ήλιακή έκρηξη. Τα σωματίδια αυτά προκαλούν έντονο ιονισμό στα ανώτερα τμήματα της ατμοσφαιρας (ιονόσφαιρα) με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν εκεί ηλεκτρικά ρεύματα με ένταση εκατομμύρια άμπέρ, που με τη σειρά τους προκαλούν μαγνητικά πεδία, όπως θα δούμε πιο κάτω, που επιδρούν πάνω στη γή.

Οι μαγνητικές διαταραχές στην περίπτωση μαγνητικών καταιγίδων συνήθως διαρκούν μερικές ώρες. Έπειτα όμως από κάθε μαγνητική καταιγίδα παρουσιάζεται μια άλλη μαγνητική εκδήλωση, ανεξάρτητη από την καταιγίδα. Πρόκειται για μια ελάττωση στην οριζόντια συνιστώσα του γήινου μαγνητικού πεδίου, που διαρκεί εβδομάδες και μήνες μετά την καταιγίδα. Η πιθανότερη εξήγηση είναι, ότι σε μεγάλη απόσταση από τη γή, πάνω από 30.000 χλμ. βρίσκεται ένα νέφος από ηλεκτρόνια και άλλα ηλεκτρισμένα σωματίδια, που περιβάλλει τη γή σαν δακτύλιος γύρω από το μαγνητικό ίσημερινό. Ο δακτύλιος αυτός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα με διεύθυνση από ανατολών προς δυσμάς, ανεξάρτητα από τα ρεύματα του ατμοσφαιρικού ηλεκτρισμού που έχουν χιλιάδες φορές μικρότερη ένταση. Όπως είναι γνωστό, η γή είναι ηλεκτρισμένη και μάλιστα άρνητικά, τα ηλεκτρικά όμως αυτά ρεύματα είναι μικρά, κλάσμα του βόλτ ανά χιλιόμετρο (10-200 μιλιβόλτ). Σε μερικές περιοχές το ρεύμα του δακτυλίου διευθύνεται προς τα κάτω, ενώ σε άλλες προς τα πάνω. Μερικοί δέχονται ότι το ηλεκτρικό ρεύμα στο δακτύλιο αυτό εξαρτάται από τις κινήσεις των ηλεκτρονίων και των ιόντων μέσα σ' αυτόν και εξαφανίζεται, όταν οι ταχύτητές τους εξισωθούν από τις συγκρούσεις μεταξύ τους. Είναι πολύ πιθανό, ότι ο δακτύλιος αυτός έχει σχέση με τη ζώνη φορτισμένων σωματιδίων γύρω από τη γή, και σε απόσταση 1000 χλμ., που ανακάλυψε ο φάν Άλλεν το 1958 και που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες ζώνες ηλεκτρισμένων σωματιδίων φαίνεται ότι σχηματίζονται γύρω από τη γή και στις εκρήξεις από άτομικές βόμβες.

Στις μαγνητικές καταιγίδες παρατηρείται ελάττωση στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας, γιατί με την αύξηση του γήινου μαγνητισμού προκαλείται μεγαλύτερη απόκλιση της κοσμικής ακτινοβολίας προς τους μαγνητικούς πόλους της γής, ώστε στην υπόλοιπη γή να παραμένουν λιγότερες κοσμικές ακτίνες. (Για την επίδραση του γήινου μαγνητισμού στην κοσμική ακτινοβολία βλ. Δ. Κισκύρα, «Σχέσεις κοσμικών ακτίνων και γήινου μαγνητισμού», «Αύγή», 2.3.57).

Μικρές μαγνητικές διαταραχές καὶ διακυμάνσεις

Παρουσιάζονται καὶ ὅταν δὲν ὑπάρχουν μαγνητικές καταιγίδες. Ἡ ἔρευνα ἔδειξε, ὅτι οἱ διακυμάνσεις αὐτὲς εἶναι μεγαλύτερες τὴν ἡμέρα παρὰ τὴ νύκτα, ποὺ σημαίνει ὅτι οἱ μεταβολὲς αὐτὲς ἔχουν σχέση με τὸν ἥλιο καὶ χαρακτηρίζονται σὰν S — μεταβολές. Παρατηρήθηκε ἀκόμα, ὅτι ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλιση μεταβάλλεται ἀνάλογα με τὴ θέση τοῦ φεγγαριοῦ καὶ μάλιστα περισσότερο, ὅταν τὸ φεγγάρι εἶναι στὸν ὀρίζοντα παρὰ στὸ Zenith ἢ Nadir. Ἐπίσης ὅταν βρίσκεται πλησιέστερα (περίγειον) ἢ μακρύτερα (ἀπόγειον) ἀπὸ τὴ γῆ. Οἱ διακυμάνσεις αὐτὲς εἶναι γνωστὲς σὰν L — μεταβολές (Luna = φεγγάρι) καὶ ὀφείλονται στὴν ὑπεριώδη ἀκτινοβολία τοῦ ἡλίου, ἐνῶ οἱ μαγνητικὲς διαταραχὲς στὰ σωματίδιά του.

Τὸ ἡλιακὸ φῶς, τόσο οἱ ὑπεριώδεις καὶ ἄλλες ἀκτίνες, ὅσο καὶ τὰ σωματίδια (ἠλεκτρόνια, πρωτόνια) προκαλοῦν ἰονισμό στὰ ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμόσφαιρας, παίρνοντας ἢ δίνοντας ἠλεκτρόνια. Ἡ παρουσία τῆς ἰονόσφαιρας δημιουργεῖ τὶς γνωστὲς μαγνητικὲς διακυμάνσεις καὶ διαταραχὲς, ὅπως ἐξηγεῖ ἡ θεωρία τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ Δυναμό. Τὸν ἠλεκτρομαγνήτη ἀποτελεῖ ἐδῶ ἡ γῆ με τὸ μόνιμο μαγνητικὸ πεδίο, τὸ ἐπαγωγίμο ἀποτελεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα καὶ τὸ σύρμα γύρω ἀπὸ τὸ ἐπαγωγίμο ἢ ἰονόσφαιρα. Γιὰ νὰ παραχθεῖ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα θὰ πρέπει νὰ κινηθεῖ τὸ ἐπαγωγίμο, δηλαδή ἡ ἀτμόσφαιρα. Αὐτὸ γίνεται με τὴν παλίρροια ποὺ προκαλοῦν στὴν ἀτμόσφαιρα ὁ ἥλιος καὶ τὸ φεγγάρι, ὅπως καὶ με τὴ διαφορὰ θερμοκρασίας μεταξὺ νύκτας καὶ ἡμέρας. Με τὴν κίνηση αὕτη ἡ ἰονόσφαιρα θὰ διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, γύρω ὁμοῦ ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸ αὐτὸ ρεῦμα τῆς ἰονόσφαιρας θὰ δημιουργεῖται μαγνητικὸ πεδίο, ποὺ θὰ προστίθεται στὸ μόνιμο μαγνητικὸ πεδίο, προκαλώντας μαγνητικὲς διακυμάνσεις καὶ διαταραχὲς.

Ὅταν ἡ παλίρροια τῆς ἀτμόσφαιρας καὶ γενικὰ ἡ κίνηση σ' αὐτὴν εἶναι μεγαλύτερη, τότε θὰ παρουσιάζεται ἰσχυρότερο ἠλεκτρικὸ ρεῦμα στὴν ἰονόσφαιρα καὶ συνεπῶς θὰ εἶναι ἐντονώτερο τὸ παραγόμενο μαγνητικὸ πεδίο, δηλ. ἐντονώτερο ἢ μαγνητικὴ διαταραχὴ. Τὸ καλοκαίρι π.χ. οἱ μαγνητικὲς διαταραχὲς εἶναι μεγαλύτερες ἀπ' ὅτι τὸν χειμῶνα καὶ τὴν ἡμέρα μεγαλύτερες, παρὰ τὸ θράδυ, γιατί τὴν ἡμέρα ὁ ἰονισμὸς εἶναι μεγαλύτερος, ἐπειδὴ τὸ θράδυ δὲν φθάνουν οἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Στὸ Βερολίνο ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλιση ἔχει μεταβληθεῖ μεταξὺ 8ης πρωινῆς καὶ 2ας ἀπογευματινῆς τὸ καλοκαίρι περίπου 1/2 τῆς μοίρας. Στὶς ἡλιακὲς ἐκρήξεις παρουσιάζεται ἐντονώτατος ἰονισμὸς στὴν ἀτμόσφαιρα, ποὺ σημαίνει μεγαλύτερο σύρμα, συνεπῶς αὔξηση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ὑπολογίζεται ὅτι ἡ ἰονόσφαιρα σὲ ἡρεμὴ περίοδο τοῦ ἡλίου ἀν-

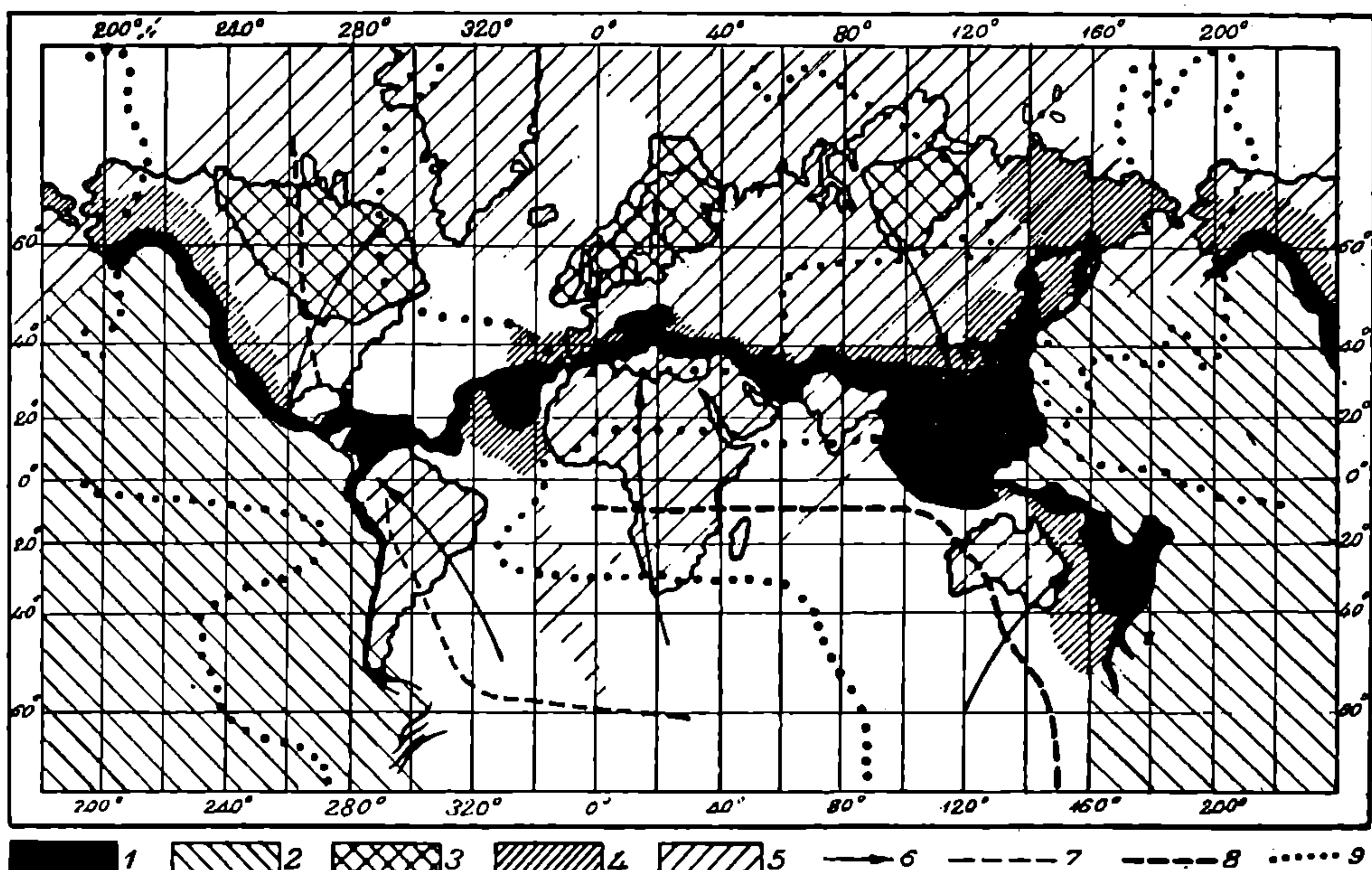
τιστοιχεῖ σὲ στρώμα χαλκοῦ με πάχος 1 μ., ποὺ περιβάλλει τὴ γῆ, ὅποτε σὲ περίοδο ἡλιακῶν ἐκρήξεων θὰ ἀντιστοιχεῖ στρώμα πολλὲς φορὲς παχύτερο.

Ἀνομοιομορφία στὸ μαγνητισμὸ τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς

Κανονικὰ θὰ ἔπρεπε τὸ γήινο μαγνητικὸ πεδίο νὰ παρουσιάζει τὴ μικρότερη ἔνταση στὶς περιοχὲς τοῦ ἰσημερινοῦ καὶ νὰ μεγαλώνει, ὅσο πηγαίνουμε πρὸς τοὺς πόλους. Αὐτὸ ὁμοῦ δὲν συμβαίνει. Τὴ μικρότερη μαγνητικὴ ἔνταση παρουσιάζει ἡ περιοχή νότια τῆς Βραζιλίας, σὰν νὰ ἐπρόκειτο γιὰ ἀσθενέστερο πόλο τῆς γῆς καὶ μάλιστα βόρειο μαγνητικὸ πόλο, ἐφόσον ἡ περιοχή αὕτη εἶναι στὸ νότιο ἡμισφαίριο καὶ ἔχει μικρότερη μαγνητικὴ ἔνταση ἀπ' τὸ κανονικόν. Μεγάλη μαγνητικὴ ἔνταση παρουσιάζει ἡ κεντρικὴ περιοχή Καναδᾶ καὶ Σιδηρίας, σὰν νὰ ἐπρόκειτο γιὰ δύο ἄλλους βόρειους μαγνητικοὺς πόλους. Ἄλλοῦ πάλι, ὅπως στὸ Κούρσκ τῆς Οὐκρανίας, ἡ ἔνταση τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ ξεπερνάει δύομισι φορές τὸ μαγνητισμὸ τῶν πόλων, πράγμα ποὺ ἔδωκε ἀφορμὴ στὴν ἀνακάλυψη σὲ βάθος 150 μ. τεράστιων ἀποθεμάτων ἀπὸ σιδηρομεταλλεύματα, ὑπολογιζόμενα σὲ 20 δισεκατομμύρια τόννους. Μικρότερες ἀνωμαλίες τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου παρουσιάζονται σὲ πολλὲς περιοχὲς τῆς γῆς καὶ ὀφείλονται σὲ διάφορο καταμερισμὸ μαγνητισμένων ὀρυκτῶν καὶ πετρωμάτων στὸ φλοιὸ τῆς γῆς.

Τὰ μαγνητισμένα ὀρυκτὰ περιορίζονται σὲ μικρὸ βάθος κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς μόνο σὲ 20 τὸ πολὺ μέχρι 25 χλμ., γιατί στὸ βάθος αὐτὸ ἐπικρατοῦν θερμοκρασίες γύρω στοὺς 700 - 800° C. Εἶναι γνωστὸ, ὅτι τὰ σώματα χάνουν τὶς μαγνητικὲς τοὺς ιδιότητες σὲ μιὰ θερμοκρασία, ποὺ λέγεται θερμοκρασία ἢ σημείο Κιουρί. Γιὰ τὸ σπουδαιότερο σιδηρομαγνητικὸ ὀρυκτό, τὸ μαγνητίτη, ἡ θερμοκρασία αὕτη εἶναι γύρω στοὺς 550° C, ἐνῶ γιὰ τὸ σίδηρο εἶναι γύρω στοὺς 800° C. Ἐπομένως σὲ τέτοια βάθη δὲν μπορεῖ νὰ ὑπάρχουν μαγνητισμένα σώματα, μιὰ καὶ ἡ ἔρευνα ἔδειξε, ὅτι ἡ πίεση δὲν ἐξασκεῖ μεγάλη ἐπίδραση στὴν μετατόπιση τοῦ σημείου Κιουρί. Ἄν δεχθούμε ὅτι ἡ γῆ σὲ ὅλο τὸ πάχος τῶν 20 χλμ. ἀποτελεῖται ἀπὸ μαγνητισμένα σώματα, ὅπως εἶναι αὐτὰ τῆς περιοχῆς Κούρσκ ἢ καὶ ἀκόμη μεγαλύτερο με μαγνητικὴ ἐπιδεκτικότητα τὴ μονάδα, τότε ἡ μαγνητικὴ ροπὴ τῆς γῆς θὰ ἦταν μόνο 100×10^{25} , δηλ. μόνο 12% τῆς πραγματικῆς ($M = 8,06 \times 10^{25} \text{ G/cm}^3$), ποὺ σημαίνει, ὅτι τὸ μεγαλύτερο ποσοστὸ τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ δὲν μπορεῖ νὰ ὀφείλεται στὸ μαγνητισμὸ τῶν πετρωμάτων τῆς γῆς.

Τὶς μεγάλες μαγνητικὲς ἀνωμαλίες τῆς γῆς προσπάθησαν νὰ ἐξηγήσουν μερικοὶ (Jeppu), συνδυάζοντας τὰ φαινόμενα αὐτὰ με γεωτεκτονικὰ αἷτια. Σύμφωνα με τὴν ὑπόθεση αὕτη ἡ Β. Ἀμερικὴ καὶ ἡ Ἀν. Ἀ-



Σχ. 2 ΧΑΡΤΗΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΛΠΙΚΩΝ ΟΡΟΓΕΝΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΗΣ ΓΗΣ (κατά JENNY)

1. Άλπικη όρογένεση. 2. Περιοχή Ειρηνικού Ωκεανού. 3. Καναδική άσπίδα, Σιβηρία, Κελτική, Φενοσκανδιναυία. 4. Πυρήνες μεταξύ άλπικου συστήματος και μαζών Γκοντβάνας και Λαυρεντίας. 5. Προχώρειες και πισωχώρειες μάζες Γκοντβάνας και Λαυρεντίας. 6. Διευθύνσεις κίνησης γήινων μαζών, κατά την άλπικη όρογένεση. 7. Μαγνητικές θετικές άνωμαλίες. 8. Μαγνητικές άρνητικές άνωμαλίες. 9. Ουδέτερη μαγνητική άνωμαλία.

σία, που κατά την άλπικη όρογένεση κινήθηκαν προς νότο, παρουσιάζουν θετικές άνωμαλίες του γήινου μαγνητικού πεδίου, χάρη στον παραμένοντα μαγνητισμό από τα βορειότερα πλάτη, που είναι μεγαλύτερος απ' αυτόν που αντιστοιχεί στις καινούργιες τους θέσεις, δηλ. σε νοτιώτερα πλάτη (βλ. σχ. 2). Το αντίθετο συμβαίνει για την Άφρική, Αυστραλία και Εύρωπη, που κατά την όρογένεση αυτή κινήθηκαν προς βορράν. Αύτες θα παρουσιάζουν άρνητικές άνωμαλίες, δηλ. η Άφρική και Αυστραλία μεγαλύτερη ένταση απ' ό,τι αντιστοιχεί στα μικρότερα πλάτη, που βρίσκονται σήμερα, αλλά με αντίθετο σημείο μιὰ και βρίσκονται στο νότιο ημισφαίριο της γής. Η Εύρωπη, όμως, που βρίσκεται στο βόρ. ημισφαίριο παρουσιάζει μικρότερες τιμές απ' ό,τι αντιστοιχεί στο γεωγραφικό της πλάτος. Μένει όμως ανεξήγητη η παρουσία θετικού μαγνητικού πόλου στη Νότια Άμερική και στην Ανατολική Ανταρκτική.

Ίδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργούν μερικά ήφαιστειακά πετρώματα στην Άφρική, Άμερική και Εύρωπη. Αυτά παρουσιάζουν δικό τους μαγνητικό πεδίο με διεύθυνση αντίθετη προς τη σημερινή διεύθυνση

του γήινου μαγνητικού πεδίου. Οί μετρήσεις επίσης του παραμένοντος θερμομαγνητισμού σε αρχαία βάζα, έδειξαν ότι η μαγνητική απόκλιση ήταν διαφορετική το 600-700 π.Χ. από τη σημερινή.

Αν, λοιπόν, δεχθούμε ότι η διεύθυνση του γήινου μαγνητισμού σε προγενέστερες εποχές είχε εξαρτηθεί, όπως και σήμερα, από ένα μαγνητικό δίπολο με άξονα, που σχηματίζει μικρή γωνία με τον άξονα στροφής της γής, τότε μπορούμε από τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου σε πετρώματα, να προσδιορίσουμε την διεύθυνση του μαγνητικού άξονα και των μαγνητικών πόλων της γής σε παλαιότερες εποχές (παλαιομαγνητική μέθοδος). Πάντως στις περιπτώσεις αυτές χρειάζεται μεγάλη προσοχή, γιατί πολλά μπορεί να έχουν συμβεί με την πάροδο των αιώνων, που να επηρέασαν τη θέση των πετρωμάτων αυτών. Μπορεί ακόμα και τεκτονικές επιδράσεις να αλλοίωσαν τα μαγνητικά στοιχεία των πετρωμάτων αυτών, χωρίς να έχει μεσολαβήσει αλλαγή στη διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου.

Ανάλογες παρατηρήσεις έγιναν και σε ιζηματογενή πετρώματα νεώτερης όμως γεωλογικής ηλικίας και βρέθηκε διαφορά στη διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου, ιδι-

αίτερα στη μαγνητική απόκλιση της εποχής του σχηματισμού των. Μὲ ιδιαίτερη προσοχή ἐξετάσθηκαν ἰζήματα τῆς εποχῆς τῶν παγετώνων στὶς Σκανδιναυικὲς χώρες. Τὰ ἰζήματα αὐτά, κατὰ κύριο λόγο ἀργιλλικά, περιέχουν καὶ μικρὰ κομματάκια ἀπὸ μαγνητικὰ ὀρυκτὰ (μαγνητίτη) ποὺ ἀπέσπασαν οἱ παγετώνες ἀπὸ τὰ ἐκρηξιγενῆ καὶ κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα τῆς περιοχῆς αὐτῆς, πάνω στὰ ὁποῖα γλιστροῦσαν. Ὅπου ἀργότερα τὰ κομματάκια αὐτὰ ἀποτέθηκαν μέσα στὸ νερὸ μαγνητίσθηκαν ἐξ ἐπαγωγῆς στὸ τότε μαγνητικὸ πεδίο, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ πάρει ὁ μεγάλος τους ἄξονας τὴ διεύθυνση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς εποχῆς ἐκείνης. Ἔτσι, μετρώντας σήμερα μὲ κατάλληλα ὄργανα τὴ διεύθυνση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῶν πετρωμάτων αὐτῶν μποροῦμε νὰ βγάλουμε συμπέρασμα γιὰ τὴ διεύθυνση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου σὲ παλαιότερες ἐποχές. Καὶ στὴν περίπτωση αὐτὴ χρειάζεται μεγάλη προσοχή, γιατί εἶναι δυνατὸ τὰ τεμαχίδια αὐτὰ νὰ εἶχαν δικό τους παραμένοντα μαγνητισμό, πιθανῶς μεγαλύτερο ἀπ' αὐτὸν ποὺ πῆραν ἐξ ἐπαγωγῆς στὸ γήινο μαγνητικὸ πεδίο τῆς εποχῆς ποὺ ἀποτέθηκαν.

Προέλευση τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ

Ἐπειτα ἀπ' αὐτὰ ποὺ εἶπαμε, γεννιέται τὸ ἐρώτημα, ποὺ ὀφείλεται ὁ γήινος μαγνητισμός. Ὅπως εἶδαμε, ἓνα μικρὸ ποσοστὸ τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ ὀφείλεται σὲ ἐξωγήινα αἰτία. Τὸ ἄλλο, κάπου 94%, ἔχει τὴν αἰτία του μέσα στὴ γῆ. Ποιὰ ὁμως εἶναι ἡ αἰτία αὕτη; Ἡ ἀπάντηση στὸ ἐρώτημα αὐτὸ εἶναι πολὺ δύσκολη. Ἔχουν περάσει 365 χρόνια ἀπ' τὴν ἐποχὴ ποὺ ἀνακαλύφθηκε ὁ γήινος μαγνητισμός καὶ ἀκόμα δὲ δόθηκε ἡ σωστὴ ἀπάντηση στὸ ἐρώτημα. Φυσικὰ δόθηκαν πολλὲς ἐξηγήσεις καὶ θεωρίες. Ἐγιναν ἀκόμα καὶ διεθνεῖς συσκέψεις, ὅπως τὸ πρῶτο πολικὸ ἔτος τὸ 1882 καὶ τὸ δεύτερο τὸ 1932-33 καὶ τώρα τελευταῖα, τὸ 1957-58, τὸ διεθνὲς γεωφυσικὸ ἔτος. Μέχρι τώρα ὁμως δὲν μπόρεσαν οἱ σοφοὶ τοῦ κόσμου νὰ δώσουν μιὰ ἱκανοποιητικὴ ἀπάντηση στὸ θέμα τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ. Ἔτσι ἀξίζει τὸν κόπο νὰ ποῦμε μερικὰ λόγια γιὰ τὶς σπουδαιότερες θεωρίες γύρω ἀπ' αὐτὸ τὸ θέμα.

Οἱ βασικὲς θεωρίες γιὰ τὴν προέλευση τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ ξεκινοῦν ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ὁ μαγνητικὸς ἄξονας τῆς γῆς σχηματίζεται μὲ τὸ γεωγραφικὸ μιὰ γωνία περίπου $11^{\circ},5$, δηλ. τὸ μισὸ τῆς ἐκλειπτικῆς, ποὺ δείχνει ὅτι ὁ γήινος μαγνητισμός ἔχει κάποια σχέση μὲ τὴν περιστροφή τῆς γῆς. Ἡ ἀποψη αὕτη ἐνισχύθηκε, ὅταν τὸ 1915 ἀποδείχθηκε πειραματικὰ (Ἀϊνστάιν καὶ Ντὲ Χάας) ὅτι σιδηρομαγνητικὰ σώματα, ὅπως σίδηρος, νικέλιο, κοβάλτιο καὶ κράματά τους, μαγνητίζονται ὅταν περιστρέφονται μὲ ὑπερβολικὴ ταχύτητα γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονά τους, μὲ διεύθυνση μάλιστα μαγνητικοῦ πεδίου τῇ διεύθυνση τοῦ ἄξονα περιστροφῆς. Σ' αὐτὸ

προστέθηκε καὶ ἡ ἀνακάλυψη τοῦ Hale (1917) ὅτι καὶ ὁ ἥλιος ἔχει μαγνητικὸ πεδίο, ποὺ ἡ διεύθυνσή του συμπίπτει μὲ τὸν ἄξονα περιστροφῆς. Στὰ πειράματα ὁμως ποὺ ἔγιναν ἡ περιστροφή τῶν σωμάτων ἦταν ἀσύγκριτα μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν περιστροφή τῆς γῆς, ὥστε νὰ μὴ δικαιολογεῖται ὁ μαγνητισμός τῆς γῆς μόνο ἀπὸ τὴν περιστροφή. Ἐξάλλου ὁ ἥλιος, ποὺ περιστρέφεται 27 φορές ἀργότερα ἀπὸ τὴ γῆ ἔπρεπε νὰ δείχνει ἀσθενέστερο μαγνητικὸ πεδίο, ἐντούτοις ἡ ἔντασή του εἶναι πολλαπλάσια ἀπὸ τὴν ἔνταση τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου, μὲ μεγάλες μάλιστα διακυμάνσεις (ἀπὸ 10 μέχρι 50 Γ), ἐνῶ στὶς κηλίδες διαπιστώθηκαν μαγνητικὰ πεδία μὲ 3600 Γ.

Πρὶν λίγα χρόνια ὁ φυσικὸς Μπλάκεττ ἔκανε τὴν ὑπόθεση, ὅτι ὑπάρχει μιὰ ἄγνωστη σχέση μεταξύ βαρύτητας καὶ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ, ποὺ μόνο σὲ κοσμικὴ κλίμακα μπορεῖ νὰ παρατηρηθεῖ. Μὲ βάση ὁμως τὴν παρατήρηση ὅτι οἱ μαγνητικὲς ροπὲς τοῦ ἡλίου καὶ τῆς γῆς παρουσιάζουν τὴν ἴδια ἀναλογία, ὅπως καὶ οἱ ὁρμὲς περιστροφῆς τους, θὰ ἔπρεπε, σύμφωνα μὲ τὴ θεωρία αὕτη, τὸ φεγγάρι νὰ παρουσιάζει τὴν ἴδια μαγνητικὴ ἔνταση μὲ τὴ γῆ, ἐνῶ ἄλλοι ὑπολογισμοὶ κατεβάζουν τὴν ἔνταση τοῦ μαγνητισμοῦ τοῦ φεγγαριοῦ στὸ $1/600$ τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ. Ἐδῶ θὰ πρέπει νὰ τονισθεῖ, ὅτι οἱ μετρήσεις τοῦ Λούνικ III τὸ 1959, ἔδειξαν ὅτι ὁ μαγνητισμός τοῦ φεγγαριοῦ εἶναι μηδαμινός, κάπου τὸ $1/400$ τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ καὶ ἐπιπλέον, ὅτι δὲν διαπιστώθηκε γύρω ἀπὸ τὸ φεγγάρι καμιὰ ζώνη ἀπὸ ἠλεκτρισμένα σωματίδια.

Ὁ γεωφυσικὸς Χάαλκ γιὰ νὰ ἐξηγήσει τὸ γήινο μαγνητισμό, ὑποθέτει ὅτι τὸ ἐσωτερικὸ τῆς γῆς, λόγω τῆς ὑπερβολικῆς θερμοκρασίας ($3.000 - 10.000^{\circ}$ C.), θὰ δρίσκεται σὲ κατάσταση ἰονισμού, καὶ ὅτι στὸ κέντρο θὰ μαζεύονται τὰ θετικὰ ἠλεκτρισμένα σωματίδια καὶ ψηλότερα τὰ ἠλεκτρόνια, ποὺ μὲ τὴν περιστροφή τῆς γῆς θὰ προκαλοῦν τὴν ἐμφάνιση τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ. Ἀργότερα ὑποστήριξε τὴν ἴδια ἀποψη καὶ στὴν περίπτωση, ποὺ λόγω τῶν ὑπερβολικῶν πιέσεων (3,5 ἑκατ. ἀτμόσφαιρες) στὸ ἐσωτερικὸ τῆς γῆς, θὰ μπορούσαν τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια νὰ κάνουν μικρὲς κινήσεις, ἀπομακρυνόμενα ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς γῆς ἔστω καὶ ἓνα ἑκατοστὸ τοῦ μέτρου. Καὶ τότε ἀκόμα ἡ μαγνητικὴ ροπὴ τῶν ἠλεκτρονίων θὰ μπορούσε νὰ ἐξηγήσει τὴ δημιουργία τοῦ γνωστοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς γῆς. Ἡ θεωρία ὁμως αὕτη βασίζεται σὲ ἄγνωστα καὶ ὀλοτελα ὑποθετικὰ πράγματα, ὥστε λίγο ἀργότερα καὶ ὁ ἴδιος ὁ ἱδρυτὴς της νὰ ὑποχωρήσει.

Μερικὲς θεωρίες (Μπούλλαρντ καὶ Ἐλσάσσερ), γιὰ νὰ ἐξηγήσουν τὸ γήινο μαγνητισμό, δέχονται ὅτι ὀφείλονται σὲ γήινα ἠλεκτρικὰ ρεύματα ποὺ διαρρέουν τὸν πυρήνα τῆς γῆς. Τὰ ἠλεκτρικὰ αὐτὰ ρεύματα παράγονται κατὰ τὴν κίνηση ἠλεκτρισμένων σωματιδίων (π.χ.

σὲ περιπτώσεις διαφορᾶς θερμοκρασίας λόγω ἀγνώστων ραδιενεργῶν μετατροπῶν). Ἐπειδὴ ὁ πυρήνας τῆς γῆς δὲν εἶναι στερεὸς ἐπιτρέπεται νὰ δεχθούμε ὅτι συμβαίνουν τέτοιες κινήσεις. Χάρη στίς κινήσεις αὐτὲς μποροῦν ἀσθενῆ μαγνητικὰ πεδία νὰ προκαλέσουν σὲ σώματα μὲ καλὴ ἀγωγιμότητα ἰσχυρὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα καὶ αὐτὰ μὲ τὴ σειρά τους ἔντονα μαγνητικὰ πεδία γύρω ἀπὸ τὴ γῆ (πάλι ἡ περίπτωση Δυναμό). Οἱ δυνάμεις ἐκτροπῆς ἀπὸ τὴν περιστροφή τῆς γῆς κατευθύνουν τὰ ρεύματα αὐτὰ πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς, ὥστε τελικὰ νὰ ἐπικρατεῖ πάνω στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς ἓνα ἀπλὸ μαγνητικὸ δίπολο. Οἱ θεωρίες αὐτὲς ἐξηγοῦν μερικὰ προβλήματα τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ, ὅπως τὴ μετάθεση τῶν κέντρων τῶν αἰωνίων μεταβολῶν πρὸς δυσμάς, ἀφήνουν ὅμως ἀνεξήγητη τὴ σύμπτωση τοῦ ἄξονα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου μὲ τὸν ἄξονα περιστροφῆς τῆς γῆς.

Ἄλλοι πάλι δέχονται, ὅτι ὁ γήινος μαγνητισμὸς ὀφείλεται σὲ ἓνα κοσμικὸ μαγνητικὸ πεδίο, ποὺ μαγνήτισε κάποτε ἐξ ἐπαγωγῆς τὸ γήινο φλοιό. Ὁ μαγνητισμὸς αὐτὸς θὰ ἐντυπώθηκε στὴ γῆ, ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ φλοιοῦ τῆς ἔπεσε κάτω ἀπὸ 500° C. καὶ θὰ αὐξήθηκε ἀργότερα πρὶν ἀπὸ τὴν ψύξη τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς. Ἔτσι ὅμως γεννιοῦνται ἄλλα ἐρωτήματα, πῶς δημιουργήθηκε τὸ κοσμικὸ μαγνητικὸ πεδίο.

Ἀπ' ὅσα εἰπώθηκαν βγαίνει τὸ συμπέρασμα, ὅτι καμιά ἀπὸ τὶς θεωρίες ποὺ προτάθηκαν μέχρι σήμερα, δὲ μπορεῖ νὰ ἐξηγήσει στὸ σύνολό του τὸ γήινο μαγνητισμὸ καὶ θὰ πρέπει νὰ συνδυαστοῦν δύο ἢ περισσότερες θεωρίες. Θὰ μπορούσε κανεὶς νὰ ὑποθέσει,

ὅτι τὰ ἐξωγήινα φαινόμενα (ἥλιος) ποὺ σήμερα προκαλοῦν τὸ 6% περίπου τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ, θὰ εἶχαν παλαιότερα προκαλέσει, χάρις σὲ ἰσχυρότατες ἡλιακὲς ἐκρήξεις ποὺ θὰ εἶχαν σὰν ἀποτέλεσμα ἐντονότατο ἰονισμὸ τῆς ἀτμόσφαιρας καὶ δημιουργία ἰσχυροτάτων ἠλεκτρικῶν ρευμάτων, ἔντονα μαγνητικὰ πεδία, στὰ ὁποῖα θὰ μαγνητίσθηκαν ἐξ ἐπαγωγῆς τὰ σιδηρομαγνητικὰ ὄρυκτά. Ὁ μαγνητισμὸς αὐτὸς θὰ διατηρήθηκε μέχρι σήμερα, ἀποτελώντας ἓνα ποσοστὸ τοῦ σημερινοῦ γήινου μαγνητισμοῦ. Ἡ ὑπαρξη ἀτμόσφαιρας πρέπει νὰ θεωρηθεῖ ἐδῶ σὰν ἀπαραίτητη προϋπόθεση, γιατί τὸ φεγγάρι, ποὺ δὲν ἔχει ἀτμόσφαιρα, δὲν παρουσιάζει μαγνητισμό. Καὶ ἀτμόσφαιρα εἶχε ἡ γῆ ἀπὸ ἑκατοντάδες ἑκατομύρια χρόνια, παλαιότερα μάλιστα ἢ περιστροφή τῆς ἦταν γρηγορώτερη (διάρκεια ἡμέρας 3 - 5 ὥρες). Γιὰ τὸ ὑπόλοιπο μέρος τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ πρέπει νὰ δεχθούμε αἷτια, ποὺ δροῦν καὶ σήμερα, γι' αὐτὸ δεχόμεστε σὰν συμπλήρωμα τὴ θεωρία τῶν Μπούλλαρντ καὶ Ἐλσάσσερ.

Ἀνεξάρτητα ἀπ' τὸ ἂν οἱ θεωρίες αὐτὲς ἔδωσαν ἱκανοποιητικὴ ἢ μὴ, ἐξήγηση γιὰ τὴν προέλευση τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ, βοήθησαν στὴν λύση πολλῶν προβλημάτων τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ. Ἡ μελέτη ἐξάλλου τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ προσέφερε πολλὰ ὑπηρεσίες στὴ γεωλογία, τόσο στὴ γενικὴ γεωλογία τῆς δομῆς τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς, ὅσο καὶ στὴν ἐφαρμοσμένη γεωλογία (τεχνικὴ γεωλογία, κοιτασματολογία). Μεγάλῃ ἐπίσης ἦταν ἡ συμβολὴ τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ στὴ μελέτη τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμόσφαιρας (ἰονόσφαιρας), τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας καὶ τῆς φυσικῆς τοῦ ἡλίου.

B I B Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

1. **Bartels J.**: The eccentric dipol approximating the earth's magnetic field. *Terr. Magn. Atm. Electr.* 41, 1936, 225-250.

2. **Bartels J.**: Geophysik, Das Fischer Lexikon, Frankfurt a M 1960.

3. **Γαλανόπουλος Α.**: Τὸ μυστήριον τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου. *Αἰὼν τοῦ ἀτόμου*. Ἰούλιος 1958, 238-240.

4. **Chapman - Bartels**: Geomagnetism Oxford 1941. Δύο τόμοι.

5. **Chapman S.**: The Earth's Magnetism London 1951.

6. Commission Geodesique Hellénique. Rapport sur la mesure de magnétisme terrestre en Grèce, Ἀθήναι 1936.

7. **Haalck H.**: Der Gesteinmagnetismus. Berlin 1942.

8. **Haalck H.**: Über die Ursachen des magnetischen Rindenfeldes der Erde. *Geol. Bartr. Geophysik*, 62, 1952, 208-221.

9. **Haalck H.**: Lehrbuch des ungewünschten Geophysik I, II Berlin 1953/1958.

10. **Jenny P.W.**: Problems in the geologic interpretation of the earth's major ma-

gnetic anomalies *Terr. Magn.* 37, 1944, 97.

11. **Κισκύρας Δ.**: Γήινος μαγνητισμὸς καὶ ραδιοφωνία. *Φυσικὸς κόσμος* 1940. Τεύχ. 1-2.

12. **Kiskyras D.**: Zur Frage des Thermo-remanenz von Mineralien und Gesteinen. *Beitr. z. angew. Geoph.* II, 1944, 143-162.

13. **Kiskyras D.**: Ein Beitrag zur Kenntniss der magnetischen Säkularvariation. *Gerl. Beitr. Geoph.* 60/1944, 222-234.

14. **Maurain Ch.**: Magnétisme et électricité terrestre. Fascicule I, Paris 1935.

15. **Nippoldt A.**: Erdmagnetismus und Polarlicht (Einführung in das Geophysik) I, Berlin 1929, 1-168.

16. **Rothé, Thellier etc.** Problèmes de Géomagnétisme (Bibliothèque cosmophysique), Paris 1950.

17. **Σιωκος Θ.**: Τὸ αἷτιον τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ *Τεχν. Χρονικά Τεύχ.* 417-418, Ἀθήναι 1959.

18. **Χρυσάνθης Α.**: Τὰ πεπραγμένα τῆς Ὑδρογραφικῆς Ὑπηρεσίας τοῦ Β.Ν. κατὰ τὸ ἔτος 1940, Ἀθήναι 1941.