

## SPIS TREŚCI

|                     |    |
|---------------------|----|
| Przedmowa . . . . . | 11 |
|---------------------|----|

### WSTĘP

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| § | 1. Krótkie dane historyczne . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                              | 13 |
|   | Badania nad magnetyzmem ziemskim w Polsce (napisał Tadeusz Olczak) . . . . .                                                                                                                                                                                                                                       | 25 |
| § | 2. Podstawowe prawa stałego pola magnetycznego . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                           | 34 |
| § | 3. Pole magnetyczne zamkniętego obwodu liniowego . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                         | 37 |
| § | 4. Potencjał magnetyczny obwodu elementarnego . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                            | 39 |
| § | 5. Pole magnetyczne liniowego prądu kołowego . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                             | 41 |
| § | 6. Wpływ skończonych rozmiarów poprzecznego przekroju obwodu . .                                                                                                                                                                                                                                                   | 46 |
| § | 7. Pole magnetyczne pierścieni Helmholtza . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                | 48 |
| § | 8. Pole magnetyczne solenoidu cylindrycznego . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                             | 52 |
| § | 9. Pole magnetyczne solenoidu wielowarstwowego (cewki) . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                   | 56 |
| § | 10. Namagnesowanie skał . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 57 |
| § | 11. Potencjał magnetyczny ciała namagnesowanego . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                          | 60 |
| § | 12. Potencjał magnetyczny kuli jednorodnie namagnesowanej . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                | 62 |
| § | 13. Potencjał jednorodnie namagnesowanego walca . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                          | 63 |
| § | 14. Potencjał magnetyczny elipsoidy . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                      | 64 |
| § | 15. Magnesowanie się skał w jednorodnym polu magnetycznym . . . .                                                                                                                                                                                                                                                  | 66 |
| § | 16. Wyznaczenie współczynników rozmagnesowywania . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                         | 71 |
| § | 17. Wpływ kształtu próbki na wielkość momentu magnetycznego i namagne-<br>sowania . . . . .                                                                                                                                                                                                                        | 73 |
| § | 18. Magnes trwały i jego właściwości . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                     | 76 |
|   | 1. Zależność wartości momentu magnetycznego od materiału i kształtu<br>magnesu (76). 2. Wpływ zewnętrznego pola magnetycznego (78).<br>3. Wpływ temperatury (80). 4. Wpływ styczności (82). 5. Wpływ<br>uderzeń (83). 6. Zmiana momentu magnetycznego z biegiem cza-<br>su (83). 7. Stabilizacja magnetyczna (84). |    |
| § | 19. Magnetyczne materiały i stopy . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                        | 85 |

**Część pierwsza****STAŁE POLE MAGNETYCZNE ZIEMI****Rozdział I****OPIS POLA MAGNETYCZNEGO ZIEMI**

|      |                                                                                                               |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Elementy pola magnetycznego Ziemi . . . . .                                                                   | 93  |
| § 2. | Graficzne przedstawienie pola magnetycznego ziemskiego. Mapy magnetyczne . . . . .                            | 95  |
| § 3. | Metody badania pola magnetycznego Ziemi. Zdjęcia magnetyczne. Obserwatoria magnetyczne . . . . .              | 105 |
|      | 1. Zdjęcia magnetyczne (105). 2. Generalne zdjęcie magnetyczne ZSRR (106). 3. Obserwatoria magnetyczne (108). |     |

**Rozdział II****ANALIZA POLA MAGNETYCZNEGO ZIEMI**

|      |                                                                                                                     |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Pole magnetyczne Ziemi jako pole jednorodnie namagnesowanej kuli . . . . .                                          | 110 |
|      | 1. Gradienty (113). 2. Moment magnetyczny Ziemi (114). 3. Bieguny geomagnetyczne. Współrzędne geomagnetyczne (116). |     |
| § 2. | Rozkład na szereg potencjału magnetycznego Ziemi. Teoria Gaussa . . . . .                                           | 118 |
| § 3. | Treść fizyczna członów szeregu Gaussa . . . . .                                                                     | 124 |
| § 4. | Podział pola magnetycznego Ziemi na „wewnętrzne” i „zewnętrzne”. . . . .                                            | 130 |
| § 5. | Wirowe pole magnetyczne . . . . .                                                                                   | 134 |

**Rozdział III****STRUKTURA POLA MAGNETYCZNEGO ZIEMI I TEORIE FIZYCZNE JEGO POCHODZENIA**

|      |                                                               |     |
|------|---------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Struktura pola magnetycznego Ziemi . . . . .                  | 137 |
| § 2. | Pole kontynentalne, czyli szczątkowe, i jego teoria . . . . . | 138 |
| § 3. | Anomalie magnetyczne . . . . .                                | 150 |
| § 4. | Hipotezy o pochodzeniu pola magnetycznego Ziemi . . . . .     | 159 |

**Rozdział IV****ZMIANY WIEKOWE**

|      |                                                   |     |
|------|---------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Zjawiska związane ze zmianami wiekowymi . . . . . | 170 |
| § 2. | Teoria zmian wiekowych . . . . .                  | 182 |

**Część druga****ZMIENNE POLE MAGNETYCZNE ZIEMI****Rozdział V****KLASYFIKACJA ZMIAN POLA MAGNETYCZNEGO ZIEMI I METODY ICH BADANIA**

|      |                                                                                      |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Wiadomości ogólne i klasyfikacja zmian magnetycznych . . . . .                       | 187 |
| § 2. | Metody wydzielenia dobowych zmian magnetycznych (opracowanie statystyczne) . . . . . | 188 |
| § 3. | Metoda sferycznej i harmonicznej analizy zmian . . . . .                             | 192 |
|      | 1. Analiza harmoniczna (192). 2. Analiza sferyczna (194).                            |     |
| § 4. | Aktywność magnetyczna . . . . .                                                      | 197 |

## Rozdział VI

## ZMIANY MAGNETYCZNE I ZORZE POLARNE

|      |                                                                       |     |
|------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Dobowe zmiany słoneczne . . . . .                                     | 205 |
| 1.   | Układ prądów elektrycznych odpowiadających polu zmian dobowych (212). |     |
| § 2. | Dobowe zmiany księżycowe . . . . .                                    | 222 |
| § 3. | Zaburzenia magnetyczne . . . . .                                      | 225 |
| 1.   | Aperiodyczna zmiana zaburzona $D_{ap}$ (228).                         |     |
| 2.   | Zmiany zatokowe (232)                                                 |     |
| 3.   | Pulsacje magnetyczne (235).                                           |     |
| § 4. | Wariacje w obszarach wysokich szerokości geograficznych . . . . .     | 236 |
| 1.   | Dobowe zmiany słoneczne $S_q$ (238).                                  |     |
| 2.   | Zmiana zaburzona aperiodyczna (241).                                  |     |
| 3.   | Aktywność magnetyczna (241).                                          |     |
| § 5. | Zorze polarne . . . . .                                               | 245 |
| 1.   | Typy zórz polarnych (246).                                            |     |
| 2.   | Kierunek promieni zórz polarnych (246).                               |     |
| 3.   | Wysokość zórz polarnych (247).                                        |     |
| 4.   | Rozmieszczenie geograficzne zórz polarnych (249).                     |     |
| 5.   | Rozmieszczenie dobowe zórz polarnych (251).                           |     |
| 6.   | Widmo zórz polarnych (251).                                           |     |
| 7.   | Związek zórz polarnych z aktywnością magnetyczną i słoneczną (252).   |     |

## Rozdział VII

## TEORIA ZMIAN MAGNETYCZNYCH I ZÓRZ POLARNYCH

|      |                                                                                                             |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Jonosfera i jej właściwości . . . . .                                                                       | 254 |
| 1.   | Rozchodzenie się fal radiowych w jonosferze. Zależność współczynnika załamania od gęstości jonizacji (254). |     |
| 2.   | Metody badania jonosfery (257).                                                                             |     |
| 3.   | Pomiar wysokości warstwy odbijającej (259).                                                                 |     |
| 4.   | Skład jonosfery i tworzenie się warstw zjonizowanych (263).                                                 |     |
| 5.   | Przewodnictwo jonosfery (267).                                                                              |     |
| 6.   | Warstwa sporadyczna (268).                                                                                  |     |
| 7.   | Zjawiska przyływowe w jonosferze (268).                                                                     |     |
| § 2. | Teoria zmian dobowych . . . . .                                                                             | 270 |
| 1.   | Teoria atmosferycznego dynamo (271).                                                                        |     |
| 2.   | Teoria prądów dryfujących (272).                                                                            |     |
| § 3. | Podstawowe założenia teorii zórz polarnych i zaburzeń magnetycznych                                         | 278 |
| § 4. | Ruch ładunku w polu magnetycznym dipola . . . . .                                                           | 279 |
| § 5. | Teoria Chapmana i Ferraro . . . . .                                                                         | 290 |
| § 6. | Teoria Alfvena . . . . .                                                                                    | 293 |

## Część trzecia

ZASTOSOWANIE ZJAWISK MAGNETYZMU ZIEMSKIEGO  
W PRAKTYCE

## Rozdział VIII

## MAGNETYCZNE METODY POSZUKIWAWCZE

|      |                                                                 |     |
|------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Metoda magnetometryczna i jej rozwój . . . . .                  | 297 |
| § 2. | Właściwości magnetyczne skał i minerałów . . . . .              | 300 |
| 1.   | Minerały ferromagnetyczne (303).                                |     |
| 2.   | Skały wybuchowe (310).                                          |     |
| 3.   | Skały osadowe (314).                                            |     |
| § 3. | Namagnesowanie szczątkowe skał i przyczyny jego powstawania . . | 314 |
| § 4. | Wpływ zmian magnetycznych na stan namagnesowania skał . . . .   | 317 |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 5.  | Metody badania właściwości magnetycznych skał . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 321 |
| 1.    | Metoda balistyczna (322). 2. Metoda magnetometryczna (324). 3. Magnetometr B. M. Janowskiego i C. T. Czernyszewa (332). 4. Metoda pomiaru sił działających na próbkę w niejednorodnym polu magnetycznym (335). 5. Metoda walca (340). 6. Magnetometr astatyczny S. Sz. Dołginowa (341). 7. Metoda T. N. Rose (344). 8. Magnetometr kontaktowy do pomiarów magnetycznych właściwości próbek skał i materiałów o małej objętości (345).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
| § 6.  | Metodyka planowania prac magnetometrycznych . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 347 |
| § 7.  | Zdjęcia aeromagnetyczne . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 349 |
| § 8.  | Proste zadanie magnetometrii. Pola magnetyczne ciał o prawidłowym kształcie . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 353 |
| 1.    | Kula (354). 2. Walec, którego długość jest duża w stosunku do średnicy, namagnesowany w kierunku osi geometrycznej (358). 3. Elipsoida (362). 4. Nieskończenie długi walec kołowy namagnesowany prostopadle do osi (364). 5. Walec eliptyczny, nieskończenie długi, namagnesowany wzdłuż większej osi elipsy (368). 6. Cienka, nieskończenie długa płytką, namagnesowana wszcz (370). 7. Graniastosłup prostokątny, nieskończenie długi, namagnesowany pionowo. Warstwa pionowa (373). 8. Płytką cienką, nieskończenie długą, leżącą poziomo. Cienka warstwa pozioma (375). 9. Warstwa półnieskończona ułożona poziomo (377). 10. Warstwa nachylona nieskończonej długości, namagnesowana pionowo (378). 11. Metoda pałek w rozwiązywaniu zadania prostego (380). 12. Metoda eksperymentalna rozwiązywania zadania prostego (385). |     |
| § 9.  | Możliwości zastosowania zadania płaskiego . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 387 |
| § 10. | Odwrotne zadanie magnetometrii . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 390 |
| 1.    | Wyznaczenie kształtu złoża skalnego (390). 2. Wieloznaczność odwrotnego zadania magnetometrii (393). 3. Metody analityczne w rozwiązywaniu zadania odwrotnego (394).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
| § 11. | Metodyka interpretacji anomalii magnetycznych . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 411 |

## Rozdział IX

### DEWIACJA KOMPASU MAGNETYCZNEGO NA STATKU

|      |                                                                               |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Podstawowe równania pola magnetycznego na statku . . . . .                    | 420 |
| § 2. | Przekształcanie równań Poissona . . . . .                                     | 422 |
| § 3. | Obliczenia dewiacji . . . . .                                                 | 424 |
| § 4. | Kompensacja dewiacji . . . . .                                                | 426 |
| § 5. | Magnetometr deflektorowy Dekolonga . . . . .                                  | 429 |
| 1.   | Zasada pomiaru (429). 2. Opis przyrządu (430). 3. Kolejność obserwacji (431). |     |

## Część czwarta

### METODY I APARATURA DO POMIARÓW ELEMENTÓW MAGNETYZMU ZIEMSKIEGO

## Rozdział X

### POMIARY ELEMENTÓW MAGNETYZMU ZIEMSKIEGO

|      |                                                                   |     |
|------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Klasyfikacja metod pomiarów i aparatury pomiarowej . . . . .      | 433 |
| § 2. | Pomiar deklinacji . . . . .                                       | 435 |
| 1.   | Zasada pomiaru (435). 2. Przyrządy do pomiarów odchylenia (dekli- |     |

|       |                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|       | nacji) (436). 3. Błędy pomiarów deklinacji (439). 4. Kolejność w obserwowaniu deklinacji i schemat zapisów (440).                                                                                                       |     |
| § 3.  | Obserwacje astronomiczne przy zdjęciach magnetycznych . . . . .                                                                                                                                                         | 441 |
| § 4.  | Pomiar inklinacji za pomocą inklinatora igłowego . . . . .                                                                                                                                                              | 450 |
|       | 1. Zasada pomiaru (450). 2. Opis przyrządu (450). 3. Ustawienie inklinatora w południku magnetycznym (451). Błędy pomiarów (452). 5. Kolejność obserwacji (454).                                                        |     |
| § 5.  | Pomiar inklinacji za pomocą inklinatora indukcyjnego . . . . .                                                                                                                                                          | 455 |
|       | 1. Zasada pomiaru (455). 2. Budowa inklinatora indukcyjnego (455). 3. Teoria inklinatora indukcyjnego (456). 4. Błędy inklinatora indukcyjnego i ich wyeliminowanie (462). 5. Kolejność obserwacji i ich schemat (464). |     |
| § 6.  | Pomiar inklinacji metodą indukcji w miękkim żelazie . . . . .                                                                                                                                                           | 465 |
|       | 1. Zasada pomiaru (465). 2. Podstawy teoretyczne metody (465). 3. Opis przyrządu (467). 4. Kolejność i schemat obserwacji (467).                                                                                        |     |
| § 7.  | Pomiar składowej poziomej. Metoda absolutna Gaussa . . . . .                                                                                                                                                            | 469 |
|       | 1. Podstawy teoretyczne (469). 2. Wyznaczenie okresu wahań (podstawy teoretyczne) (470). 3. Wzajemne oddziaływanie dwóch magnesów (472). 4. Wprowadzanie wyrazów poprawkowych (479).                                    |     |
| § 8.  | Kolejność obserwacji metodą absolutną . . . . .                                                                                                                                                                         | 482 |
|       | 1. Wyznaczanie okresu za pomocą zegara synchronicznego (485).                                                                                                                                                           |     |
| § 9.  | Wyznaczanie stałych współczynników . . . . .                                                                                                                                                                            | 489 |
| § 10. | Błędy oznaczenia $H$ , zależne od błędów przypadkowych bezpośrednich obserwacji . . . . .                                                                                                                               | 495 |
| § 11. | Błędy systematyczne spowodowane niedoskonałością przyrządu . . . . .                                                                                                                                                    | 497 |
| § 12. | Absolutna metoda elektryczna wyznaczania składowej poziomej . . . . .                                                                                                                                                   | 503 |
| § 13. | Teodolit magnetyczny absolutny WNIIM . . . . .                                                                                                                                                                          | 505 |
| § 14. | Metoda względna Gaussa do wyznaczania składowej poziomej . . . . .                                                                                                                                                      | 509 |
| § 15. | Pomiar składowej poziomej za pomocą metody wychyleń (skrótowa metoda Gaussa) . . . . .                                                                                                                                  | 510 |
| § 16. | Względna metoda elektryczna pomiarów $H$ . . . . .                                                                                                                                                                      | 512 |
|       | 1. Budowa przyrządu (513). 2. Kolejność obserwacji (514).                                                                                                                                                               |     |
| § 17. | Teodolit magnetyczny „Kombajn“ . . . . .                                                                                                                                                                                | 514 |
| § 18. | Pomiar składowej poziomej za pomocą magnetometru kwarcowego La Coura . . . . .                                                                                                                                          | 515 |
|       | 1. Teoria metody (515). 2. Błąd w oznaczaniu $H$ (518). 3. Opis przyrządu (518). 4. Kolejność czynności (519).                                                                                                          |     |
| § 19. | Kompas podwójny do pomiaru $H$ . . . . .                                                                                                                                                                                | 519 |
|       | 1. Zasada pomiaru (519). 2. Teoria przyrządu (520). 3. Opis przyrządu (521).                                                                                                                                            |     |
| § 20. | Pomiar składowej pionowej za pomocą metody elektrycznej . . . . .                                                                                                                                                       | 522 |

## Rozdział XI

METODY POMIARÓW STOSOWANE W BADANIACH  
ANOMALII MAGNETYCZNYCH

|      |                                                                                                                                                                                                        |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. | Wstęp . . . . .                                                                                                                                                                                        | 524 |
| § 2. | Magnetometr połowy M-1 . . . . .                                                                                                                                                                       | 525 |
|      | 1. Zasada pomiaru składowej poziomej (525). 2. Zasada pomiaru składowej pionowej (525). 3. Teoria metody pomiaru (525). 4. Błędy pomiaru składowej poziomej (527). 5. Błędy pomiaru składowej pionowej |     |

|      |                                                                                                                                                                                                      |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      | (528). 6. Opis przyrządu (529). 7. Kolejność obserwacji składowej poziomej (530). 8. Kolejność obserwacji składowej pionowej (530).                                                                  |     |
| § 3. | Waga magnetyczna M-2 . . . . .                                                                                                                                                                       | 531 |
|      | 1. Zasada pomiaru (531). 2. Teoria wagi magnetycznej pionowej (532). 3. Teoria wagi poziomej (532). 4. Wyznaczenie wartości podziałki (534). 5. Opis przyrządu (516). 6. Kolejność obserwacji (538). |     |
| § 4. | Aeromagnetometr A. A. Łogaczewa . . . . .                                                                                                                                                            | 538 |
|      | 1. Teoria aeromagnetometru (539). 2. Budowa aeromagnetometru (540).                                                                                                                                  |     |
| § 5. | Sondy o nasyceniu magnetycznym . . . . .                                                                                                                                                             | 542 |

## Rozdział XII

## PRZYRZĄDY WARIACYJNE

|       |                                                                                                                                                       |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1.  | Ogólne zasady teoretyczne budowy przyrządów wariacyjnych . . . . .                                                                                    | 553 |
| § 2.  | Wariometry składowej poziomej i deklinacji (unifilar) . . . . .                                                                                       | 556 |
| § 3.  | Wpływ temperatury na wskazania unifilaru. Metody kompensacji . . . . .                                                                                | 561 |
| § 4.  | Unifilar jako wariometr składowej północnej i wschodniej . . . . .                                                                                    | 566 |
| § 5.  | Waga magnetyczna — wariometr składowej pionowej . . . . .                                                                                             | 568 |
| § 6.  | Wpływ temperatury na wskazania wagi magnetycznej . . . . .                                                                                            | 571 |
| § 7.  | Metody wyznaczania wartości podziałki wariometrów . . . . .                                                                                           | 575 |
| § 8.  | Wariometr składowej pionowej układu B. M. Janowskiego . . . . .                                                                                       | 577 |
| § 9.  | Ustawienie przyrządów do badania wariacji . . . . .                                                                                                   | 580 |
|       | 1. Wariometr składowej pionowej układu Janowskiego (583). 2. Waga magnetyczna jako wariometr składowej pionowej (584). 3. Przyrząd rejestrujący (584) |     |
| § 10. | Magnetografy układu B. E. Briunellego . . . . .                                                                                                       | 586 |
| § 11. | Magnetografy szybkobieżne systemu La Coura . . . . .                                                                                                  | 588 |
| § 12. | Stacja A. G. Kałasznikowa . . . . .                                                                                                                   | 590 |
|       | Dodatek I. Spis obserwatoriów magnetycznych . . . . .                                                                                                 | 595 |
|       | Dodatek II. Bieg dobowy deklinacji w Pawłowsku, czerwiec 1930 r. . . . .                                                                              | 598 |
|       | Dodatek III. Tablice wartości składowych pionowej $Z$ i poziomej $H$ , spowodowanych przez ciała namagnesowane różnego kształtu . . . . .             | 600 |
|       | Literatura . . . . .                                                                                                                                  | 605 |
|       | Skorowidz nazwisk . . . . .                                                                                                                           | 609 |
|       | Skorowidz rzeczowy . . . . .                                                                                                                          | 612 |