

## Wstęp

1. Rewolucje relatywistyczna i kwantowa w fizyce
2. Pierwsze reakcje filozofów nauki
3. Obraz rewolucji naukowych w podręcznikach i pracach popularnonaukowych
4. Kuhn o strukturze rewolucji naukowych
5. Zasadniczy błąd Kuhna
6. Lakatos o racjonalności rewolucji naukowych
7. Rzut oka na debaty po Kuhnie i Lakatosie
8. Moje inspiracje

## Rozdział 1. Obraz świata mechaniki klasycznej

- 1.1. UWAGI WSTĘPNE: Wspólnoty naukowe
- 1.2. UWAGI WSTĘPNE: Wdrażanie w naukowe style myślowe
- 1.3. UWAGI WSTĘPNE: Fizyczne obrazy świata i związane z nimi programy badawcze
- 1.4. CENTRALNE PYTANIE TEJ KSIĄŻKI
- 1.5. Obraz świata mechaniki klasycznej
- 1.6. Siły działające na odległość a siły działające przez kontakt
- 1.7. Prawa Coulomba dla sił między ładunkami elektrycznymi i biegunami magnesów
- 1.8. KOMENTARZ: O logice odkrywania

## Rozdział 2. Mechaniczna falowa teoria światła i jej nierozwiązywalne (?) problemy

- 2.1. Pierwsze – mechaniczne – teorie światła
- 2.2. M-falowa teoria światła
- 2.3. „Anomalie” i „hipotezy ad hoc”
- 2.4. Daremne próby przeprowadzenia experimentum crucis między hipotezami ad hoc
- 2.5. Patowa sytuacja po dwóch eksperymentach Michelsona i Morleya
- 2.6. KOMENTARZ: O rzekomych anomaliach i o tym, że bywają one bezpłodne

## Rozdział 3. Narodziny elektrodynamiki Maxwella i elektromagnetycznej teorii światła

- 3.1. Odkrycie magnetycznych własności prądów
- 3.2. KOMENTARZ: O wpływie poglądów nienaukowych na rozwój nauki
- 3.3. Narodziny elektrodynamiki
- 3.4. Odkrycie indukcji elektromagnetycznej
- 3.5. Inne odkrycia w dziedzinie elektryczności i magnetyzmu
- 3.6. KOMENTARZ: Odkrycia „przegapione”

- 3.7. Siły elektryczne według Webera
  - 3.8. Faraday o naturze linii sił
  - 3.9. Zasada zachowania energii a zarzuty Maxwella wobec teorii Webera
  - 3.10. KOMENTARZ: O dowolności wyboru programu badawczego
  - 3.11. Maxwell o ruchu nieważkiej i nieściśliwej cieczy w ośrodku stawiającym opór
  - 3.12. Oddziaływania elektromagnetyczne wyrażone matematycznie w języku pól
  - 3.13. KOMENTARZ: Matematyka kontra wyobrażenia
  - 3.14. Maxwella model wirów molekularnych a siły magnetyczne
  - 3.15. Warstwy elektrycznych cząstek między wirami a indukowanie prądów
  - 3.16. KOMENTARZ: Matematyka kontra wyobrażenia raz jeszcze
  - 3.17. Model sprężystych wirów molekularnych a prąd przesunięcia
  - 3.18. KOMENTARZ: Co nie może zdarzyć się w umyśle jednostki, może zdarzyć się na papierze
  - 3.19. Układ równań Maxwella i elektromagnetyczna falowa teoria światła
  - 3.20. KOMENTARZ: Narodziny nowego programu badawczego
  - 3.21. Końcowe stanowisko Maxwella
- Rozdział 4. Ku elektrodynamice ciał w ruchu
- 4.1. Pierwsze reakcje na teorię Maxwella
  - 4.2. Hertz odkrywa fale radiowe
  - 4.3. KOMENTARZ: O mechanizmie akceptacji nowego programu badawczego
  - 4.4. Klasyczne transformacje czasowe i przestrzenne a transformacje Voigta
  - 4.5. FitzGerald o kontrakcji
  - 4.6. Czy eter porusza się wraz z ciałami?
  - 4.7. Droga Lorentza do elektrodynamiki ciał w ruchu
  - 4.8. Lorentz o kontrakcji
  - 4.9. Czas lokalny a czas uniwersalny
  - 4.10. Larmor o eterze i materii
  - 4.11. Kolejne kroki Lorentza
  - 4.12. KOMENTARZ: Kolejne starcie matematyki z wyobrażnią
  - 4.13. Badania nad wzrostem masy elektronów w ruchu
  - 4.14. Czy wszystko jest zbudowane z eteru?
  - 4.15. Poincaré o teorii Lorentza i czasie lokalnym
  - 4.16. Skrajny empiryzm a fizyka bez eteru

4.17. Nowe badania eksperymentalne nad wpływem ruchu Ziemi na przebieg zjawisk elektromagnetycznych

4.18. Lorentz o zjawiskach elektromagnetycznych w układzie poruszającym się z dowolną prędkością mniejszą niż prędkość światła

4.19. Poincaré o dynamice elektronu

4.20. Einstein o elektrodynamice ciał w ruchu

4.21. Einstein o związku bezwładności ciała i zawartej w nim energii

4.22. KOMENTARZ: Co przywiodło Einsteina do sformułowania szczególnej teorii względności?

4.23. Reakcja Lorentza, Poincarégo i innych na pracę Einsteina

4.24. KOMENTARZ: A co, gdyby Einsteina nie było?

Rozdział 5. Od zasad termodynamiki do pierwszych wzorów kwantowych

5.1. Badania nad ciepłem do połowy XIX w.

5.2. Pierwsza zasada termodynamiki

5.3. Widma gazów i funkcja Kirchhoffa

5.4. Druga zasada termodynamiki

5.5. Kinetyczna teoria gazów

5.6. KOMENTARZ: O niejasnych związkach między termodynamiką a mechaniką

5.7. Początki fizyki statystycznej

5.8. Boltzmannowa statystyczna interpretacja drugiego prawa termodynamiki

5.9. Planck przeciw fizyce statystycznej i atomizmowi

5.10. Pierwsze badania nad promieniowaniem ciał czarnych i pierwsze spekulacje teoretyczne

5.11. Dalsze badania eksperymentalne nad promieniowaniem ciał czarnych i towarzyszące im dociekania teoretyczne

5.12. Zasada chaosu molekularnego

5.13. Planck o procesach nieodwracalnych

5.14. Pomiary widma ciał czarnych dla dużych  $\lambda T$

5.15. Planck modyfikuje prawo Wiena

5.16. Kwanty energii i kwantowy wzór na jej rozkład w widmie ciała czarnego

5.17. KOMENTARZ: Co nie może zdarzyć się w umyśle jednostki, może zdarzyć się na papierze – raz jeszcze

Rozdział 6. Odkrywanie elektronu i innych składników mikroświata

6.1. Pierwsze badania nad promieniami katodowymi

6.2. Ku korpuskularnej teorii promieni katodowych

6.3. Ku falowej teorii promieni katodowych

6.4. Spory o naturę promieni katodowych

6.5. Pierwsze prace J.J. Thomsona

- 6.6. Wzór Balmera dla widma wodoru
- 6.7. Efekt fotoelektryczny
- 6.8. Dalsze badania nad promieniami katodowymi
- 6.9. Röntgen zauważa to, co inni „widzieli, a nie zobaczyli”
- 6.10. Badania Röntgena nad promieniami X
- 6.11. KOMENTARZ: Czy Röntgen dokonał rewolucji naukowej?
- 6.12. Dalsze systematyczne badania eksperymentalne nad promieniami X i towarzyszące im dociekania teoretyczne
- 6.13. Odkrycie helu

#### Spis treści

- 6.14. Promieniotwórczość uranu
- 6.15. Odkrywanie elektronu
- 6.16. Badania J.J. Thomsona nad promieniami katodowymi w pierwszych miesiącach 1897
- 6.17. J.J. Thomson, lato 1897
- 6.18. Dalsze systematyczne badania nad promieniami X,  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$
- 6.19. Odkrycie polonu i radu
- 6.20. Dalsze badania nad promieniami X,  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$
- 6.21. Atomy, elektrony, promieniotwórczość itd. 1902–1905
- 6.22. KOMENTARZ: Klasyczne odkrywanie nieklasycznych składników mikroświata

#### Rozdział 7. Ku kwantowym modelom atomów

- 7.1. Pierwsze spekulacje na temat budowy atomów
- 7.2. Kwanty światła
- 7.3. Atomy, elektrony i promieniotwórczość 1905–1907
- 7.4. Kwantowa teoria ciepła właściwego
- 7.5. Atomy, elektrony, promieniowanie 1908–1910
- 7.6. Odkrycie jądra atomowego
- 7.7. Reakcje na kwantową teorię światła
- 7.8. Kwantowe i niekwantowe modele atomów
- 7.9. KOMENTARZ: O walce logiki z wyobraźnią
- 7.10. Pierwszy kongres o promieniowaniu i kwantach
- 7.11. P ostępy badań nad mikroświatem
- 7.12. Pierwsze dociekania Bohra
- 7.13. Bohr o budowie atomu wodoru
- 7.14. Bohr o budowie atomów i cząsteczek
- 7.15. KOMENTARZ: Sytuacja odkryciogenna
- 7.16. UZUPEŁNIENIE: Dalsza droga do mechaniki kwantowej

## Rozdział 8. O mechanizmie relatywistycznej i kwantowej rewolucji w fizyce

- 8.1. Pierwsze refleksje
- 8.2. Badania normalne
- 8.3. Czy rozwój nauki jest zdeterminowany?
- 8.4. Rola wymiany pokoleń w procesie narodzin nowego programu badań
- 8.5. Niespójność systemu jako zarzewie rewolucji naukowej
- 8.6. Okres przejściowy, eklektyczny
- 8.7. Nowy obraz świata i nowy program badań
- 8.8. Mít geniuszu
- 8.9. Uwagi na zakończenie

### Bibliografia

### Indeks nazwisk

1. Rewolucje relatywistyczna i kwantowa w fizyce
2. Pierwsze reakcje filozofów nauki
3. Obraz rewolucji naukowych w podręcznikach i pracach popularnonaukowych
4. Kuhn o strukturze rewolucji naukowych
5. Zasadniczy błąd Kuhna
6. Lakatos o racjonalności rewolucji naukowych
7. Rzut oka na debaty po Kuhnie i Lakatosie
8. Moje inspiracje

### Rozdział 1. Obraz świata mechaniki klasycznej

- 1.1. UWAGI WSTĘPNE: Wspólnoty naukowe
- 1.2. UWAGI WSTĘPNE: Wdrażanie w naukowe style myślowe
- 1.3. UWAGI WSTĘPNE: Fizyczne obrazy świata i związane z nimi programy badawcze
- 1.4. CENTRALNE PYTANIE TEJ KSIĄŻKI
- 1.5. Obraz świata mechaniki klasycznej
- 1.6. Siły działające na odległość a siły działające przez kontakt
- 1.7. Prawa Coulomba dla sił między ładunkami elektrycznymi i biegunami magnesów
- 1.8. KOMENTARZ: O logice odkrywania

### Rozdział 2. Mechaniczna falowa teoria światła i jej nierozwiązywalne (?) problemy

- 2.1. Pierwsze – mechaniczne – teorie światła
- 2.2. M-falowa teoria światła
- 2.3. „Anomalie” i „hipotezy ad hoc”
- 2.4. Daremne próby przeprowadzenia experimentum crucis między

hipotezami ad hoc

2.5. Patowa sytuacja po dwóch eksperymentach Michelsona i Morleya

2.6. KOMENTARZ: O rzekomych anomaliach i o tym, że bywają one bezpłodne

Rozdział 3. Narodziny elektrodynamiki Maxwella i elektromagnetycznej teorii światła

3.1. Odkrycie magnetycznych własności prądów

3.2. KOMENTARZ: O wpływie poglądów nienaukowych na rozwój nauki

3.3. Narodziny elektrodynamiki

3.4. Odkrycie indukcji elektromagnetycznej

3.5. Inne odkrycia w dziedzinie elektryczności i magnetyzmu

3.6. KOMENTARZ: Odkrycia „przegapione”

3.7. Siły elektryczne według Webera

3.8. Faraday o naturze linii sił

3.9. Zasada zachowania energii a zarzuty Maxwella wobec teorii Webera

3.10. KOMENTARZ: O dowolności wyboru programu badawczego

3.11. Maxwell o ruchu nieważkiej i nieściśliwej cieczy w ośrodku stawiającym opór

3.12. Oddziaływania elektromagnetyczne wyrażone matematycznie w języku pól

3.13. KOMENTARZ: Matematyka kontra wyobrażenia

3.14. Maxwella model wirów molekularnych a siły magnetyczne

3.15. Warstwy elektrycznych cząstek między wirami a indukowanie prądów

3.16. KOMENTARZ: Matematyka kontra wyobrażenia raz jeszcze

3.17. Model sprężystych wirów molekularnych a prąd przesunięcia

3.18. KOMENTARZ: Co nie może zdarzyć się w umyśle jednostki, może zdarzyć się na papierze

3.19. Układ równań Maxwella i elektromagnetyczna falowa teoria światła

3.20. KOMENTARZ: Narodziny nowego programu badawczego

3.21. Końcowe stanowisko Maxwella

Rozdział 4. Ku elektrodynamice ciał w ruchu

4.1. Pierwsze reakcje na teorię Maxwella

4.2. Hertz odkrywa fale radiowe

4.3. KOMENTARZ: O mechanizmie akceptacji nowego programu badawczego

4.4. Klasyczne transformacje czasowe i przestrzenne a transformacje Voigta

- 4.5. FitzGerald o kontrakcji
- 4.6. Czy eter porusza się wraz z ciałami?
- 4.7. Droga Lorentza do elektrodynamiki ciał w ruchu
- 4.8. Lorentz o kontrakcji
- 4.9. Czas lokalny a czas uniwersalny
- 4.10. Larmor o eterze i materii
- 4.11. Kolejne kroki Lorentza
- 4.12. KOMENTARZ: Kolejne starcie matematyki z wyobraźnią
- 4.13. Badania nad wzrostem masy elektronów w ruchu
- 4.14. Czy wszystko jest zbudowane z eteru?
- 4.15. Poincaré o teorii Lorentza i czasie lokalnym
- 4.16. Skrajny empiryzm a fizyka bez eteru
- 4.17. Nowe badania eksperymentalne nad wpływem ruchu Ziemi na przebieg zjawisk elektromagnetycznych
- 4.18. Lorentz o zjawiskach elektromagnetycznych w układzie poruszającym się z dowolną prędkością mniejszą niż prędkość światła
- 4.19. Poincaré o dynamice elektronu
- 4.20. Einstein o elektrodynamice ciał w ruchu
- 4.21. Einstein o związku bezwładności ciała i zawartej w nim energii
- 4.22. KOMENTARZ: Co przywiodło Einsteina do sformułowania szczególnej teorii względności?
- 4.23. Reakcja Lorentza, Poincarégo i innych na pracę Einsteina
- 4.24. KOMENTARZ: A co, gdyby Einsteina nie było?

## Rozdział 5. Od zasad termodynamiki do pierwszych wzorów kwantowych

- 5.1. Badania nad ciepłem do połowy XIX w.
- 5.2. Pierwsza zasada termodynamiki
- 5.3. Widma gazów i funkcja Kirchhoffa
- 5.4. Druga zasada termodynamiki
- 5.5. Kinetyczna teoria gazów
- 5.6. KOMENTARZ: O niejasnych związkach między termodynamiką a mechaniką
- 5.7. Początki fizyki statystycznej
- 5.8. Boltzmannowa statystyczna interpretacja drugiego prawa termodynamiki
- 5.9. Planck przeciw fizyce statystycznej i atomizmowi
- 5.10. Pierwsze badania nad promieniowaniem ciał czarnych i pierwsze spekulacje teoretyczne
- 5.11. Dalsze badania eksperymentalne nad promieniowaniem ciał czarnych i towarzyszące im dociekania teoretyczne
- 5.12. Zasada chaosu molekularnego

- 5.13. Planck o procesach nieodwracalnych
- 5.14. Pomiary widma ciał czarnych dla dużych  $\lambda T$
- 5.15. Planck modyfikuje prawo Wiena
- 5.16. Kwanty energii i kwantowy wzór na jej rozkład w widmie ciała czarnego
- 5.17. KOMENTARZ: Co nie może zdarzyć się w umyśle jednostki, może zdarzyć się na papierze – raz jeszcze

## Rozdział 6. Odkrywanie elektronu i innych składników mikroświata

- 6.1. Pierwsze badania nad promieniami katodowymi
- 6.2. Ku korpuskularnej teorii promieni katodowych
- 6.3. Ku falowej teorii promieni katodowych
- 6.4. Spory o naturę promieni katodowych
- 6.5. Pierwsze prace J.J. Thomsona
- 6.6. Wzór Balmera dla widma wodoru
- 6.7. Efekt fotoelektryczny
- 6.8. Dalsze badania nad promieniami katodowymi
- 6.9. Röntgen zauważa to, co inni „widzieli, a nie zobaczyli”
- 6.10. Badania Röntgena nad promieniami X
- 6.11. KOMENTARZ: Czy Röntgen dokonał rewolucji naukowej?
- 6.12. Dalsze systematyczne badania eksperymentalne nad promieniami X i towarzyszące im dociekania teoretyczne
- 6.13. Odkrycie helu

## Spis treści

- 6.14. Promieniotwórczość uranu
- 6.15. Odkrywanie elektronu
- 6.16. Badania J.J. Thomsona nad promieniami katodowymi w pierwszych miesiącach 1897
- 6.17. J.J. Thomson, lato 1897
- 6.18. Dalsze systematyczne badania nad promieniami X,  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$
- 6.19. Odkrycie polonu i radu
- 6.20. Dalsze badania nad promieniami X,  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$
- 6.21. Atomy, elektrony, promieniotwórczość itd. 1902–1905
- 6.22. KOMENTARZ: Klasyczne odkrywanie nieklasycznych składników mikroświata

## Rozdział 7. Ku kwantowym modelom atomów

- 7.1. Pierwsze spekulacje na temat budowy atomów
- 7.2. Kwanty światła
- 7.3. Atomy, elektrony i promieniotwórczość 1905–1907
- 7.4. Kwantowa teoria ciepła właściwego



- 7.5. Atomy, elektrony, promieniowanie 1908–1910
- 7.6. Odkrycie jądra atomowego
- 7.7. Reakcje na kwantową teorię światła
- 7.8. Kwantowe i niekwantowe modele atomów
- 7.9. KOMENTARZ: O walce logiki z wyobraźnią
- 7.10. Pierwszy kongres o promieniowaniu i kwantach
- 7.11. P ostępy badań nad mikroświatem
- 7.12. Pierwsze dociekania Bohra
- 7.13. Bohr o budowie atomu wodoru
- 7.14. Bohr o budowie atomów i cząsteczek
- 7.15. KOMENTARZ: Sytuacja odkryciogenna
- 7.16. UZUPEŁNIENIE: Dalsza droga do mechaniki kwantowej

## Rozdział 8. O mechanizmie relatywistycznej i kwantowej rewolucji w fizyce

- 8.1. Pierwsze refleksje
- 8.2. Badania normalne
- 8.3. Czy rozwój nauki jest zdeterminowany?
- 8.4. Rola wymiany pokoleń w procesie narodzin nowego programu badań
- 8.5. Niespójność systemu jako zarzewie rewolucji naukowej
- 8.6. Okres przejściowy, eklektyczny
- 8.7. Nowy obraz świata i nowy program badań
- 8.8. Mit geniuszu
- 8.9. Uwagi na zakończenie

Bibliografia

Indeks nazwisk