



DLF

DYDAKTYCZNE
LABORATORIUM
FIZYCZNE

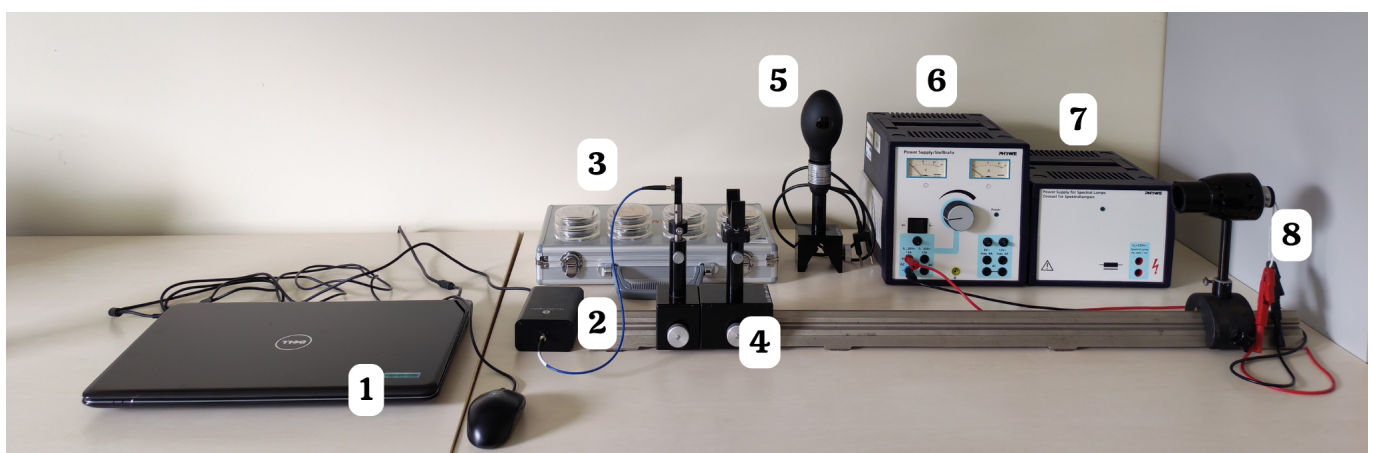
Ćwiczenie 24

Badanie spektralnych właściwości
filtrów optycznych



I Proponowane zagadnienia do opracowania

1. Filtry optyczne: rodzaje, zasada działania, parametry, zastosowania.
2. Prawo Lamberta-Beera.
3. Widmo transmisji, emisji i absorpcji światła.
4. Zjawisko polaryzacji, odbicia i załamania światła.
5. Interferencja światła na cienkich warstwach.
6. Budowa i zasada działania przyrządów spektralnych:
 - (a) źródło światła ciągłego;
 - (b) układ optyczny spektrometru;
 - (c) siatka dyfrakcyjna jako element dyspersyjny;
 - (d) budowa światłowodu, światłowody jedno- i wielomodowe.
7. Parametry spektrometru:
 - (a) obszar widmowy;
 - (b) dyspersja liniowa.



Rys. 1: Stanowisko pomiarowe do badania właściwości filtrów optycznych: 1 - komputer z oprogramowaniem *SpectraGryph*; 2 - spektrometr światłowodowy; 3 - zestaw filtrów optycznych; 4 - uchwyt na filtry z możliwością ustawienia kąta; 5 - lampa spektralna rtęciowa (Hg); 6 - zasilacz lampy żarowej; 7 - zasilacz lampy spektralnej; 8 - lampa żarowa.

II Zadania doświadczalne

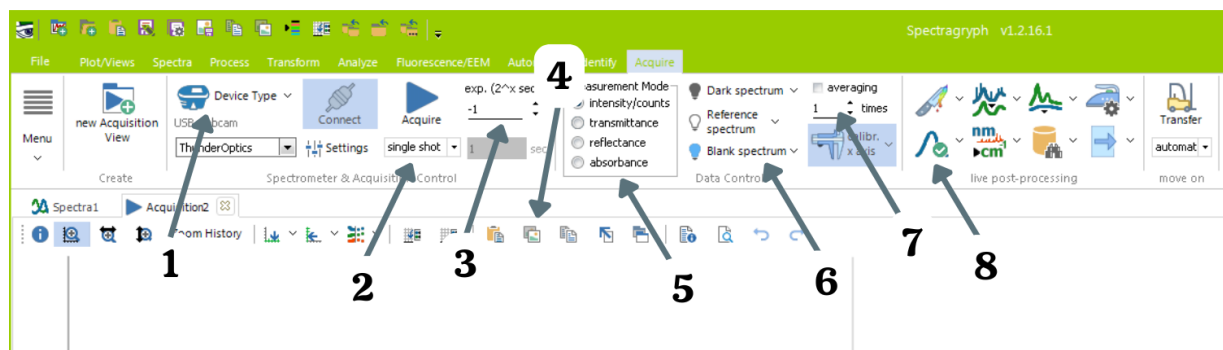
1. Zapoznać się z układem pomiarowym przedstawionym na rys. 1.
2. Ustalić z prowadzącym przebieg doświadczenia i szczegóły pomiarów do wykonania oraz wybrać filtry, które mają zostać zbadane. W doświadczeniu, oprócz lampy żarowej, możliwe jest także wykorzystanie lamp spektralnych, np. Hg, Cd, HgCd, Zn, He, Tl.



Uwaga!

W trakcie pracy lampa żarowa oraz lampy spektralne nagrzewają się do wysokich temperatur. Dotykanie włączonych lamp grozi poparzeniem!

3. Włączyć zasilanie komputera i spektrometru (zasilany z komputera przez USB), zasilacza lampy żarowej (włącznikiem na tylnej ścianie obudowy) oraz zasilacza lampy spektralnej (w razie potrzeby).
4. Uruchomić program *SpectraGryph*, umożliwiający komunikację ze spektrometrem.
5. Połączyć komputer ze spektrometrem. W tym celu:
 - (a) Wybrać zakładkę *Acquire*.
 - (b) W panelu *Spectrometer & Acquisition Control* wybrać **Device Type** → **USB webcam**. Sprawdzić, czy program przypisał prawidłowe urządzenie („ThunderOptics” pod symbolem Device Type) - 1 na rys. 2.
 - (c) Nacisnąć przycisk **Connect**. Otworzy się okno „webcam spectrum image” dające podgląd na obraz zarejestrowany przez kamerę. Okno można zminimalizować (znajdzie się ono w lewym dolnym rogu okna programu).



Rys. 2: Okno programu *SpectraGryph*: 1 - wybór urządzenia; 2 - wybór trybu pomiaru; 3 - ustawienie czasu ekspozycji; 4 - skopiowanie obrazu wykresu do schowka komputera; 5 - wybór typu pomiaru; 6 - ustawienie widma tła i widma referencyjnego; 7 - ustawienia uśredniania; 8 - uwzględnienie krzywej czułości urządzenia (rys. 3) w zmierzonym widmie.



Wskazówka

Natężenie sygnału tła zależy od czasu ekspozycji. Należy zawsze rejestrować widmo tła po zmianie czasu ekspozycji.

6. Skalibrować spektrometr. W tym celu:

- (a) Wykonać pomiar tła, zasłaniając wejście światłowodu i wykonując pomiar w trybie *single shot* poprzez naciśnięcie przycisku **Acquire** (2 na rys. 2).
- (b) Rozwinąć opcje *Dark spectrum* i wybrać **set as dark spectrum** (6 na rys. 2). Kiedy opcja *Dark spectrum* jest podświetlona na niebiesko, widmo tła jest automatycznie odejmowane w kolejnych pomiarach.
- (c) Zebrać widmo referencyjne dla wybranej lampy, żarowej lub spektralnej, ponownie naciskając przycisk **Acquire**. Rozwinąć opcje *Reference spectrum* i wybrać **set as reference spectrum** (6 na rys. 2). Kiedy opcja *Reference spectrum* jest podświetlona, widmo referencyjne jest automatycznie uwzględniane w kolejnych pomiarach.

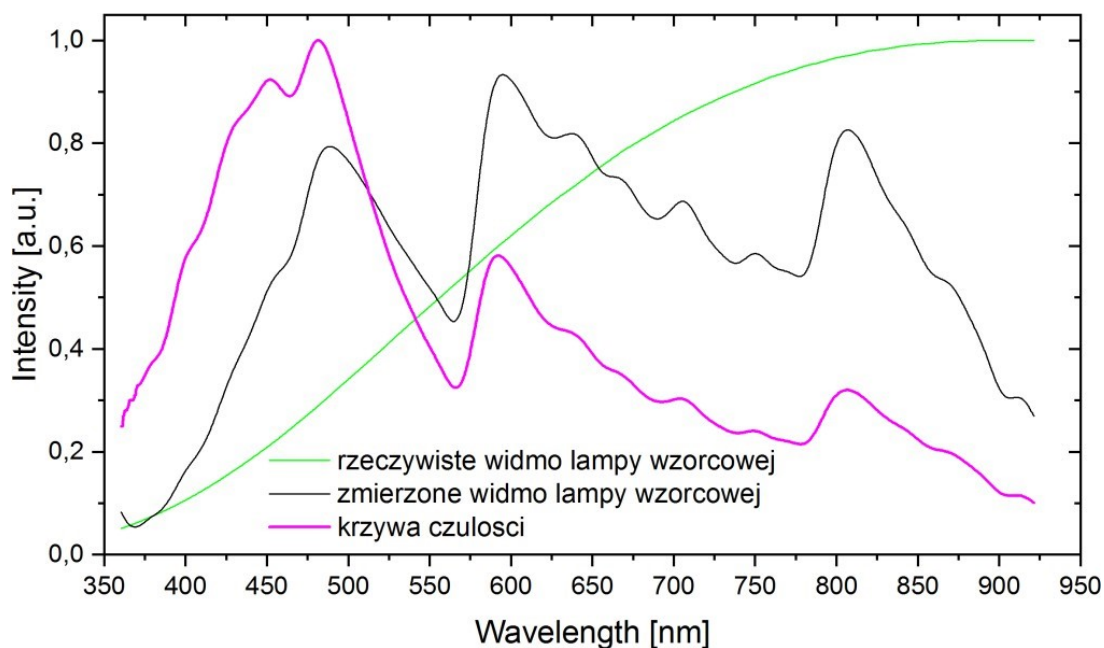
7. W uchwyt przed wejściem światłowodu wstawić wybrany do zbadania filtr.



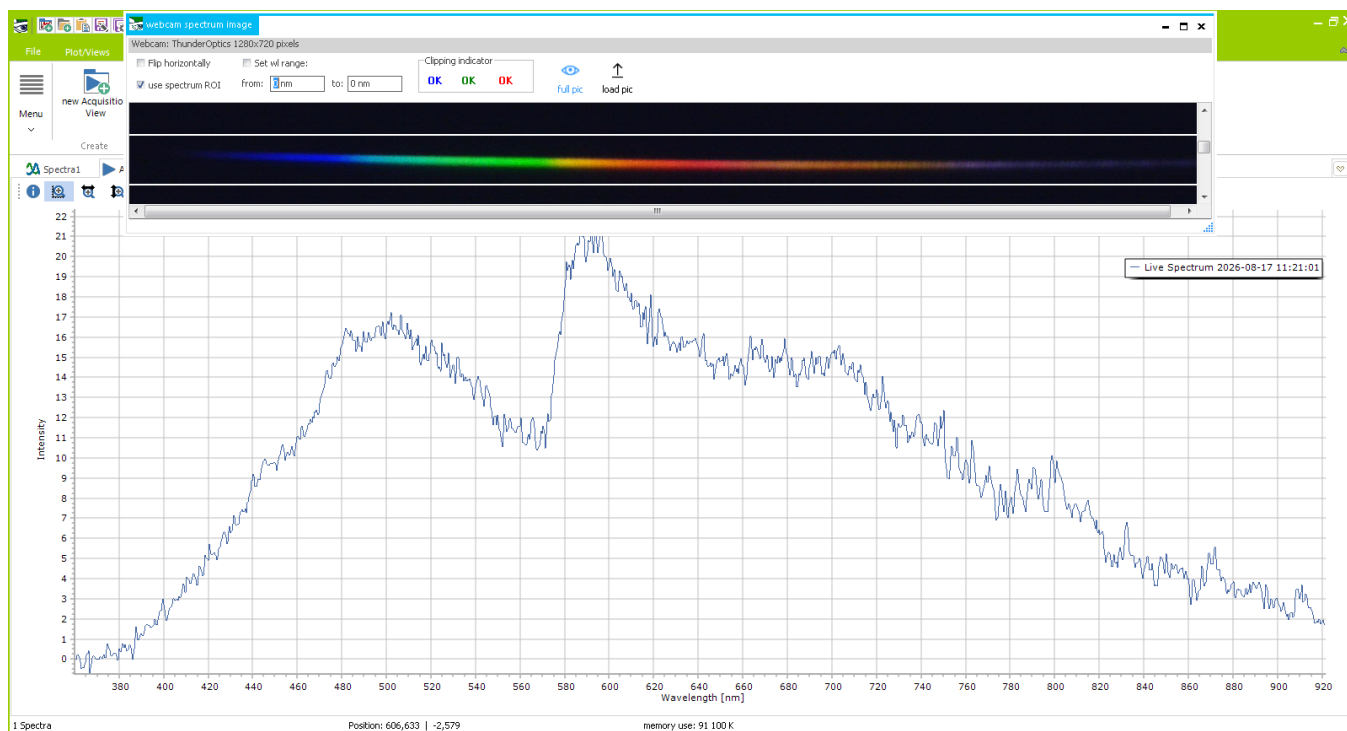
Uwaga!

Filtry należy chwycić za plastikową ramkę. Nie dotykać powierzchni filtra, przez którą przechodzi wiązka światła.

8. Nacisnąć przycisk **correct sensitivity** (8 na rys. 2), który zapewni uwzględnienie czułości aparaturowej spektrometru w zmierzonych widmach.
9. Wykonać pomiary intensywności (*intensity/counts*) przechodzącego przez filtr światła (5 na rys. 2) w trybie *single shot*. Zmieniać kąt ustawienia filtra względem osi optycznej co 10° i każdorazowo rejestrować widmo.
10. Zarejestrowane widmo należy zapisać w postaci kodu ASCII wybierając kolejno opcje w menu: **File** → **Save/Export Data** → **Save Data as...** i zapisując plik w formacie **Spekwin32 ASCII** (rozszerzenie *.dat).
11. Charakterystyki spektralne filtrów przedstawić na wykresie.
12. Przedyskutować, jak ustawienie filtra względem osi optycznej wpływa na widmo przechodzące przez filtr. Uwzględnić krzywą aparaturową spektrometru przedstawioną na rys. 3.
13. Przedyskutować charakterystyki filtrów górnoprzepustowych, dolnoprzepustowych i pasmowych.



Rys. 3: Krzywa czułości spektrometru SMA-E ThunderOptics ze szczeliną $50\ \mu\text{m}$ i matówką umieszczonymi przed światłowodem wielomodowym.



Rys. 4: Widmo referencyjne lampy żarowej widoczne jako obraz w oknie *webcam spectrum image* oraz jako wykres zależności liczby zliczeń od długości fali.

III Zestaw przyrządów

1. Spektrometr ThunderOptics, model SMA-E.
2. Światłowody wielomodowe.
3. Lampa żarowa z zasilaczem.
4. Filtry optyczne.
5. Zestaw komputerowy.
6. Możliwość wykorzystania lamp spektralnych, np. Hg, Cd, HgCd, Zn, He, Tl.

IV Literatura

1. W. Demtröder – „Spektroskopia laserowa”, PWN, Warszawa 1993.
2. R. I. Sołouchin – „Optyka i fizyka atomowa”, PWN, Warszawa 1982.
3. G. K. Woodgate – „Struktura atomu”, PWN, Warszawa 1974.
4. Z. Leś – „Wstęp do spektroskopii atomowej”, PWN, Łódź 1970.
5. D. Kunisz – „Fizyczne podstawy emisyjnej analizy widmowej”, PWN, Warszawa 1973.
6. H. A. Enge, M. R. Wehr, J. A. Richards – „Wstęp do fizyki atomowej”, PWN, Warszawa 1983.
7. A. Kopystyńska – „Wykłady z fizyki atomu”, PWN, Warszawa 1989.
8. J. H. Moore, C. Davies, M. A. Coplan – “Building Scientific Apparatus”, Westview Press, 2002.
9. B. Weltz – “Atomic Absorption Spectroscopy”, Verlag Chemie, New York, 1976.
10. W. Demtröder – “Laser Spectroscopy. Basic Concepts and Instrumentation”, Springer, 1988.
11. A. P. Arya – “Fundamentals of Atomic Physics”, Allyn & Bacon, Inc., Boston 1971.
12. H. A. Enge, M. R. Wehr, J. A. Richards – “Introduction to Atomic Physics”, Wesley, 1981.
13. A. A. Radzig, B. M. Smirnov – “Reference Data on Atoms, Molecules, and Ions”. Springer, 1985.
14. F. Mayinger, O. Feldmann – “Optical Measurements”, Springer, 2001.

V Dodatek - Schematy poziomów energetycznych wybranych lamp spektralnych

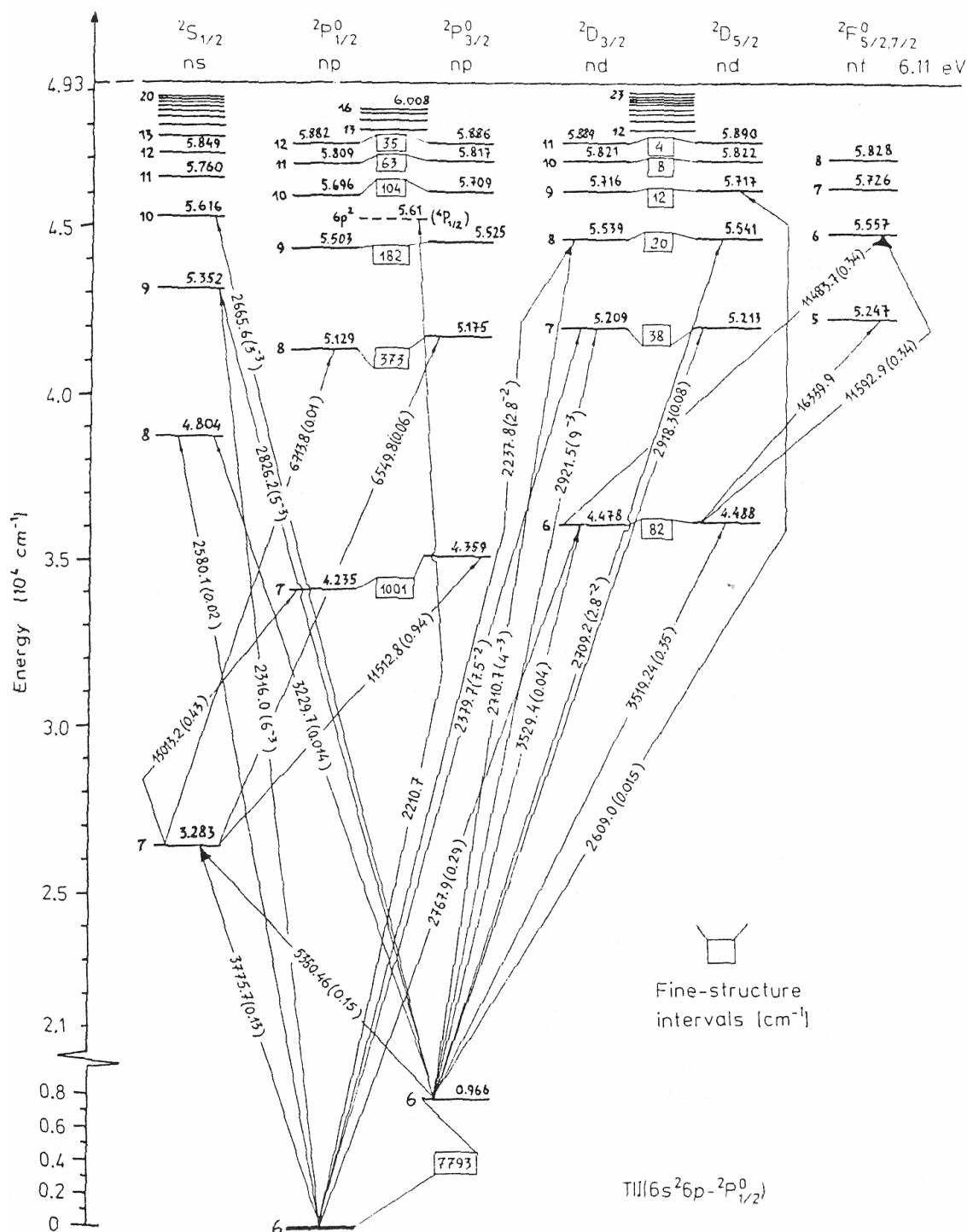
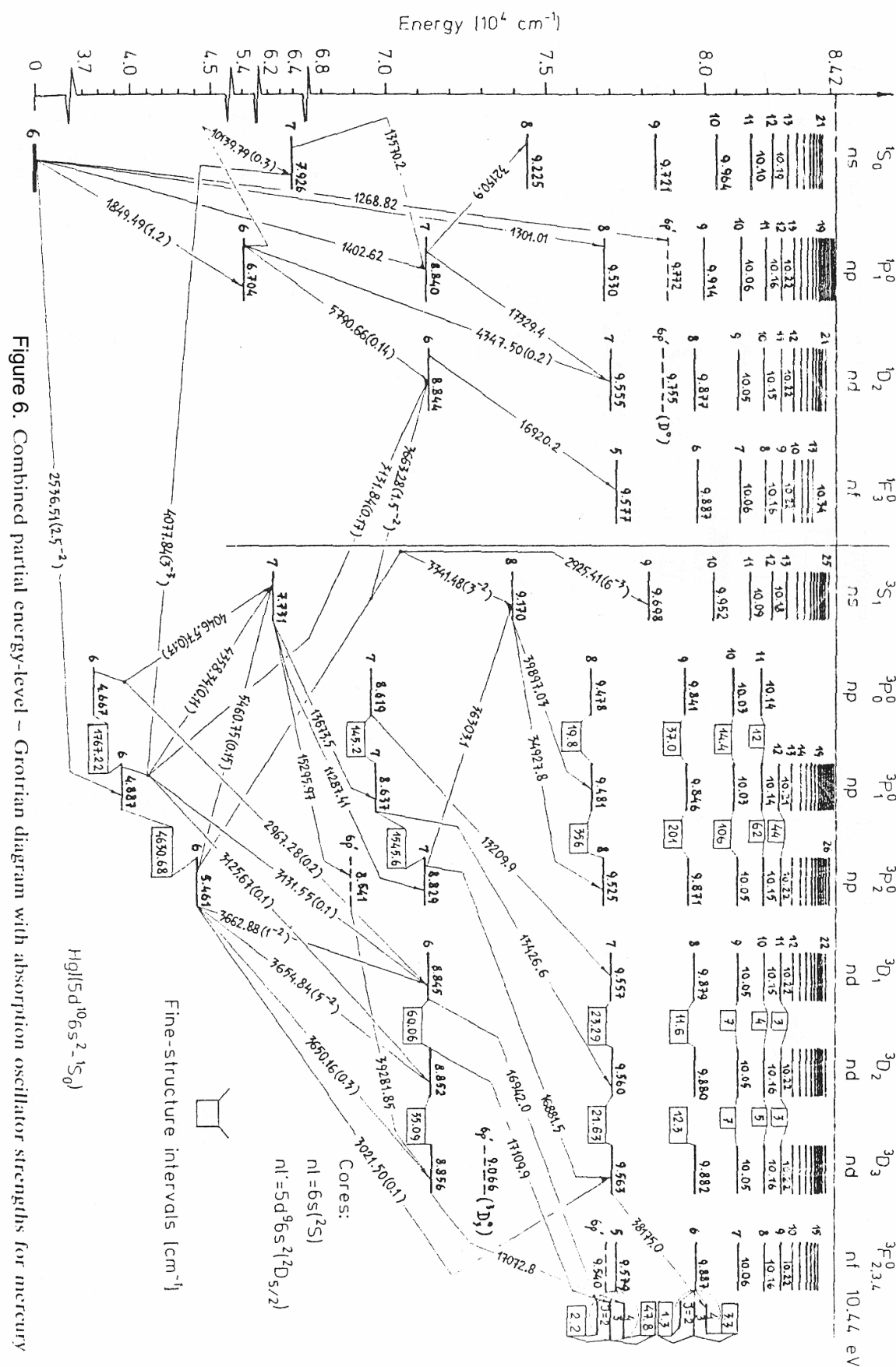
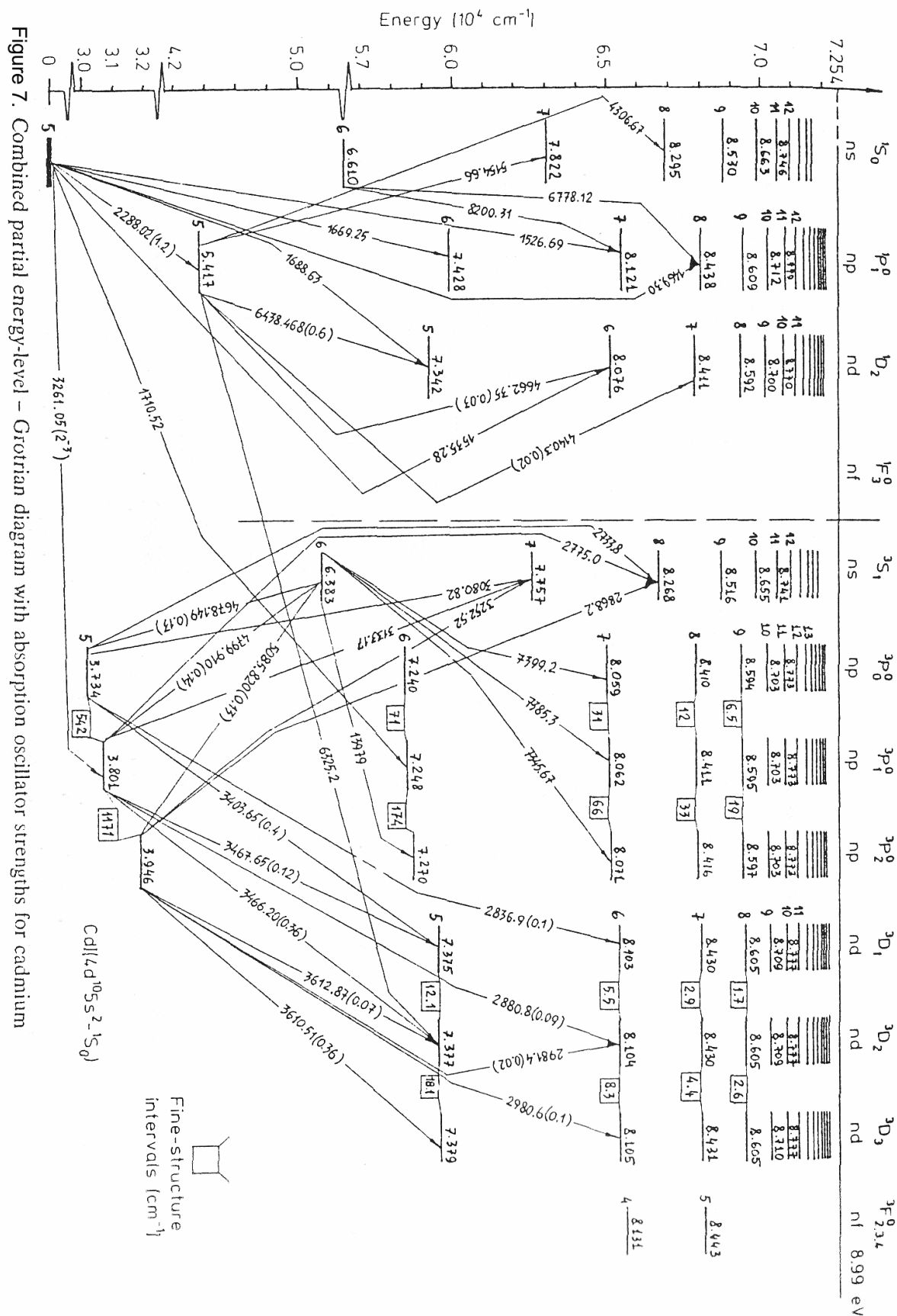


Figure 8. Combined partial energy-level - Grotrian diagram with absorption oscillator strengths for thallium

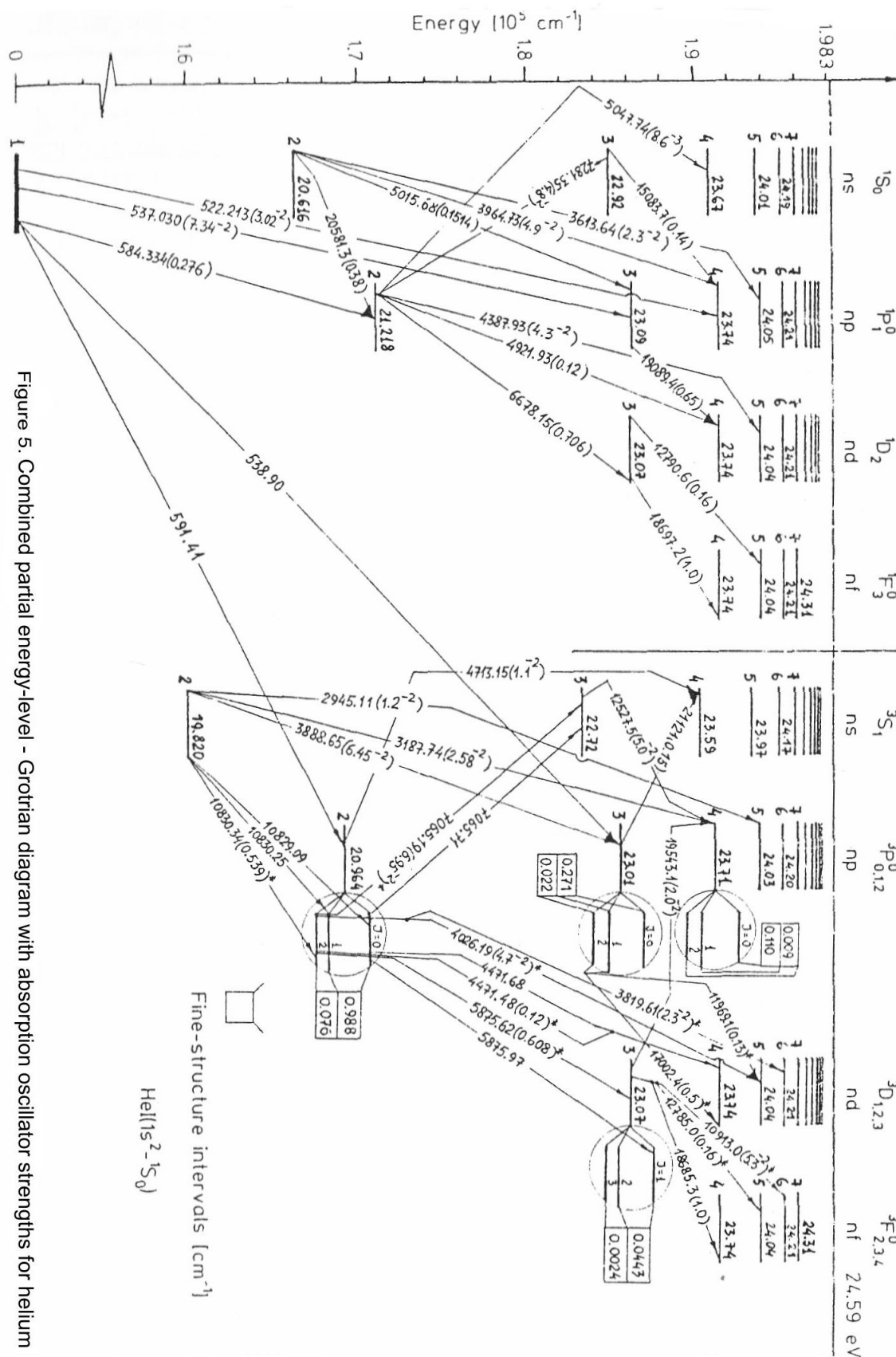
Rys. 5: Schemat poziomów energetycznych talu (Tl) [13].



Rys. 6: Schemat poziomów energetycznych rtęci (Hg) [13].



Rys. 7: Schemat poziomów energetycznych kadmu (Cd) [13].



Rys. 8: Schemat poziomów energetycznych helu (He) [13].