

BADANIE NADSUBTELNEJ I IZOTOPOWEJ STRUKTURY W WIDMIE ATOMOWYM TALU ZA POMOCĄ INTERFEROMETRU FABRY'EGO-PEROTA

I. Cel ćwiczenia

1. Wszelchstronne zapoznanie się z teorią i problemami doświadczalnymi klasycznej metody badań spektroskopowych wysokiej zdolności rozdzielczej, której standardowym narzędziem jest interferometr Fabry'ego-Perota.
2. Doświadczalne wyznaczenie odległości spektralnej pomiędzy składowymi nadsubtelnej i izotopowej struktury linii talu Tl I o długości fali $\lambda = 535.046$ nm, dla naturalnej mieszaniny izotopów, Tl^{203} (29,5 %) i Tl^{205} (70,5%).
3. Przeprowadzenie wszelchstronnej analizy otrzymanych wyników, uwzględniającej zarówno niepewności metody pomiarowej jak i przybliżenia metody obliczeniowej.

II. Aparatura pomiarowa

1. Interferometr Fabry'ego-Perota wraz z układem próżniowym do ciśnieniowego przestrajania dwutlenkiem węgla. Stała interferometru wynosi $d = (8.330 \pm 0.005)$ mm, zastosowane są w nim zwierciadła **dielektryczne** o współczynniku odbicia $R = (0.93 \pm 0.01)$ dla **długości fali $\lambda = 535$ nm**.
2. Spektralna lampa talowa z katodą wnękową, wraz z układem zasilania.
3. Układ optyczny złożony z soczewek, przysłony irysowej, filtru interferencyjnego **IF 525**, matówki oraz ekranu z otworem kołowym o średnicy: **$D = 0.40$ mm**.
4. Fotopowielacz modułowy Hamamatsu Photonics H10722 oraz umieszczony w jednej obudowie: zasilacz fotopowielacza, regulowany wzmacniacz sygnału z fotopowielacza i przetwornik analogowo-cyfrowy. Sygnał z przetwornika jest przesyłany do komputera z programem **RUM**, służącym do wizualizacji i akwizycji danych. Poziom sygnału ze wzmacniacza można kontrolować zgrubnie na linijce diodowej, w celu uniknięcia obcinania sygnału na przetworniku analogowo-cyfrowym, którego maksymalne napięcie wejściowe wynosi 10 V.

Opis układu doświadczalnego (rys. 1 i 2)

Źródłem światła jest spektralna lampa talowa **L** z katodą wnątkową; w lampie występuje naturalny skład izotopów talu, TI^{203} (29,5 %) i TI^{205} (70,5%).

Przyrządem spektralnym o dużej rozdzielczości jest w tym układzie przestrajalny ciśnieniowo interferometr Fabry'ego-Perota, **F-P**.

Przestrajanie następuje w wyniku zmiany długości drogi optycznej interferujących promieni, poprzez zmianę wartości współczynnika załamania **n** dwutlenku węgla wypełniającego próżnioszczelną komorę **K**, w której znajduje się interferometr **F-P**. Zmiana **n** wywoływana jest zmianą ciśnienia **p** gazu wewnątrz komory **K**. Wpuszczanie gazu do tej komory odbywa się poprzez układ próżniowy (rys. 2), którego istotną częścią jest automatyczny zawór samosterujący (flostat). Za pomocą tego zaworu realizowany jest stały w czasie dopływ masy gazu do komory **K**, czyli liniowa w czasie zmiana ciśnienia **p** gazu, i jego współczynnika załamania **n**. W ten sposób osiągnięta jest **liniowość skali spektralnej interferogramu**, w ramach przedziału dyspersji.

Wymagania dotyczące oświetlenia płytek interferometru są następujące: do justowania metodą prążków jednakowego nachylenia potrzebna jest wiązka promieni rozbieżnych (w polu widzenia obserwuje się wtedy wiele pierścieni interferencyjnych pod różnymi kątami θ), natomiast do rejestracji interferogramu – wiązka prawie równoległa, o bardzo małej rozbieżności kątowej θ (m.in. w celu wyeliminowania **obrazów wtórnych** z obszaru rejestracji, czyli z centrum pierścieni interferencyjnych na ekranie **E**). Układ optyczny, który formuje wiązkę światła padającą na płytki **F-P** w żądany powyżej sposób, złożony jest z soczewek skupiających **S1** i **S2** oraz przysłony irysowej **I**; płaszczyzna, w której umieszczona jest przysłona **I**, jest jednocześnie płaszczyzną ostrego odwzorowania obrazu lampy dawanego przez soczewkę **S1**, oraz płaszczyzną ogniskową soczewki **S2**. Wiazkę promieni o większej rozbieżności kątowej można otrzymać przez otwarcie przysłony **I**, a wiązkę o małej rozbieżności kątowej ($\theta \cong 0$) – przez przymknięcie tej przysłony.

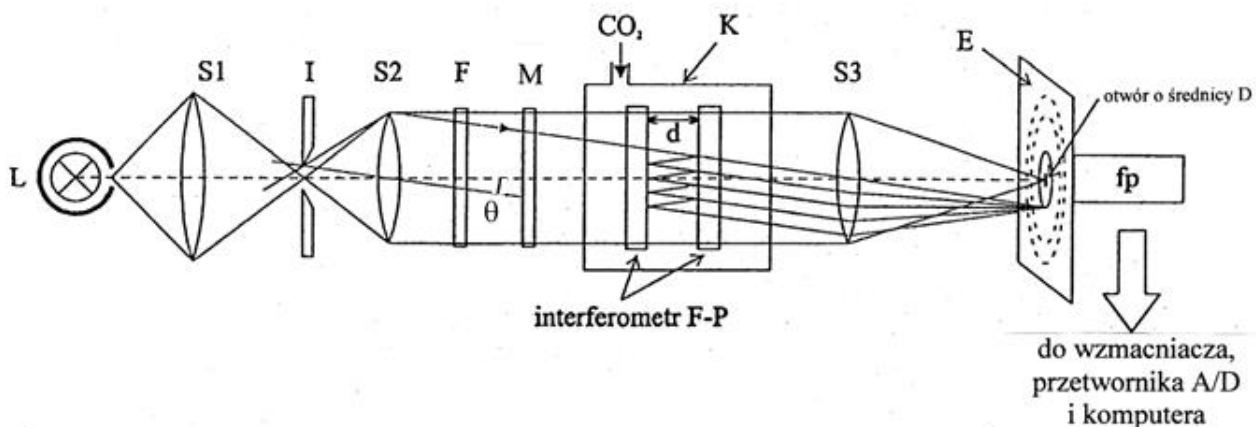
Matówka **M**, używana wyłącznie do justowania interferometru, pozwala wytworzyć w polu widzenia obserwatora jednorodne oświetlenie, na tle którego można precyzyjnie obserwować zmiany średnicy prążków interferencyjnych, istotne przy justowaniu metodą prążków jednakowego nachylenia.

Badana linia spektralna **TI** $\lambda = 535.046 \text{ nm}$ wydzielona jest z widma spektralnej lampy talowej za pomocą filtru interferencyjnego **F**.

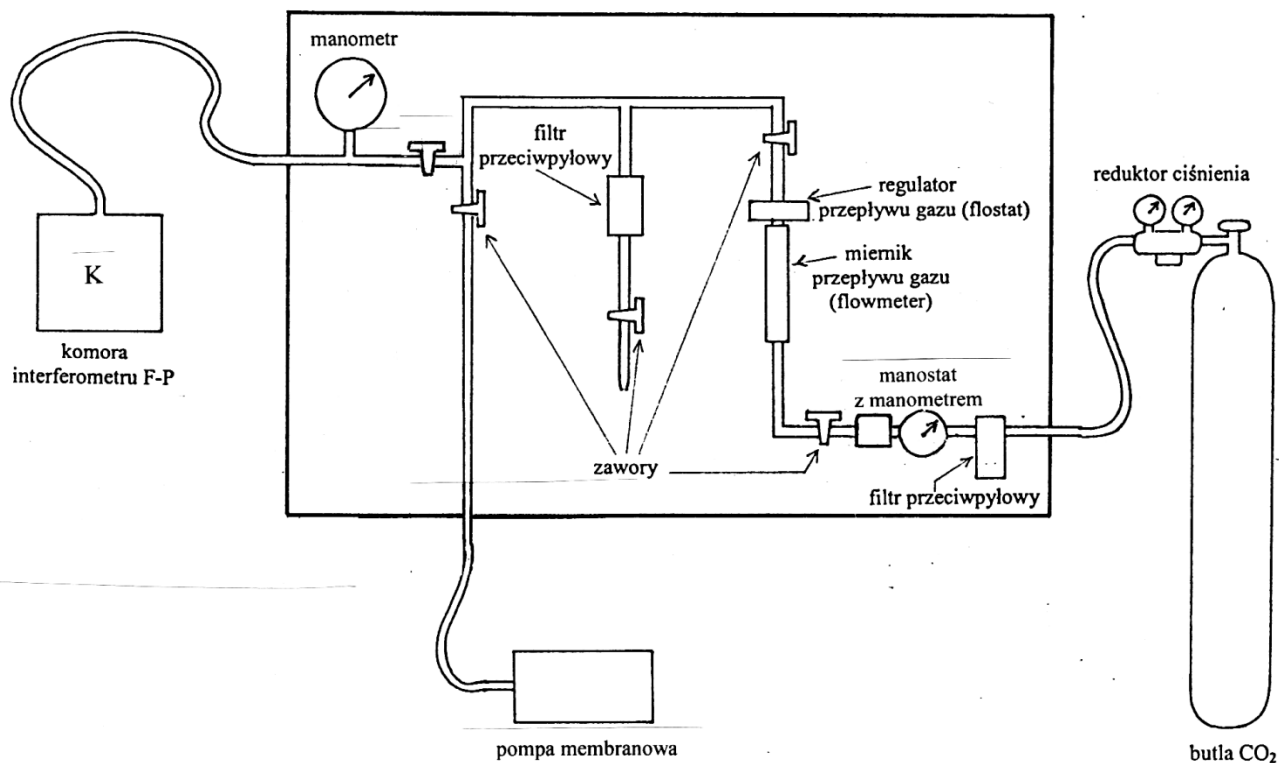
Obraz pierścieni interferencyjnych odwzorowany jest na ekranie **E** znajdującym się w płaszczyźnie ogniskowej soczewki **S3**.

Za ekranem **E**, w którym znajduje się otwór kołowy o średnicy **D**, umieszczony jest fotopowielacz **fp** rejestrujący światło z centrum obrazu interferencyjnego. Fotopowielacz wytwarza sygnał elektryczny proporcjonalny do natężenia światła padającego. Sygnał ten jest następnie wzmacniany, zamieniany na postać cyfrową w przetworniku analogowo-cyfrowym i przesyłany do komputera kablem USB, gdzie jest rejestrowany za pomocą programu **RUM** służącego do akwizycji danych.

Otrzymane **interferogramy**, czyli wykresy zależności natężenia światła w centrum obrazu interferencyjnego od ciśnienia gazu wewnątrz komory interferometru (pośrednio – od współczynnika załamania ośrodka pomiędzy zwierciadłami interferometru), stanowią materiał doświadczalny do liczbowego wyznaczenia wielkości rozszczepienia nadsubtelnego i przesunięcia izotopowego badanej linii talu.



Rys. 1 Uproszczony schemat układu doświadczalnego z interferometrem F-P



Rys. 2 Układ ciśnieniowego przestrajania interferometru F-P

III. Zagadnienia

Poniżej są zestawione zagadnienia, których znajomość jest konieczna do pełnego zrozumienia poszczególnych etapów doświadczenia. Zagadnienia te będą sukcesywnie dyskutowane i rozwijane trakcie kolejnych pracowni.

Zakres kolokwium wstępnego obejmuje przedstawienie ze zrozumieniem celu ćwiczenia, podstaw fizycznych metody eksperymentalnej oraz układu pomiarowego. Warunkiem koniecznym zaliczenia kolokwium wstępnego jest **przedstawienie na piśmie rozwiązań zadań 4.1 i 4.2** z niniejszej instrukcji. W razie trudności, zalecane jest skorzystanie z konsultacji w dniach poprzedzających przystąpienie do ćwiczenia. Zadanie 4.3 można odłożyć do kolejnego tygodnia.

1. Interferometr Fabry'ego-Perota

([1]+[2], [3] ćwic. 11 oraz Uzupełnienia I i II, [5] str. 216-224, [6])

- 1.1. Podstawowe wiadomości dotyczące interferencji; spójność, zasada Fermata, interferencja wielopromieniowa.
- 1.2. Budowa, zasada działania oraz zastosowanie interferometru Fabry'ego-Perota.
- 1.3. Parametry interferometru Fabry'ego-Perota:

a) teoretyczna zdolność rozdzielcza R ([1] str. 414, [3] str. 94, 119)

- wzór definicyjny,
- porównanie kryterium Rayleigha zdolności rozdzielczej dla siatki dyfrakcyjnej i interferometru F-P;

b) aparaturowa szerokość linii $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}$ ([1] str. 410-414, [3] str. 119)

- funkcja opisująca rozkład natężenia światła w prążku interferencyjnym (wzór Airy),
- definicja i wzór na aparaturową szerokość połówkową linii (w ułamku rzędu $\gamma_{1/2}$ oraz w liczbach falowych $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}$ [cm⁻¹]),
- zastosowanie zwierciadeł dielektrycznych jako sposób na zmniejszenie szerokości aparaturowej $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}$; budowa i cechy zwierciadeł dielektrycznych, porównanie z parametrami zwierciadeł metalicznych, ([3] str. 129-131);

c) przedział dyspersji $\Delta\tilde{\nu}_{dysp}$ ([1] str. 412-414, [3] str. 119)

- definicja i wyjaśnienie sensu fizycznego,
- wyprowadzenie wzoru (w liczbach falowych $\Delta\tilde{\nu}_{dysp}$ oraz w długościach fali $\Delta\lambda_{dysp}$),
- zależność zdolności rozdzielczej R od wielkości przedziału dyspersji;

d) finezja, rodzaje finezji;

e) dyspersja kątowna D_ϕ ([1] str. 413, [3] str. 118).

- 1.4. Efekty wpływające na szerokość linii spektralnej (powodujące pogorszenie **praktycznej** zdolności rozdzielczej interferometru).

1.4.1. Efekty aparaturowe związane z interferometrem:

- a) aparaturowa szerokość połówkowa linii $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}$ (pkt 1.3.b niniejszej instrukcji),
- b) zmiana temperatury t w obszarze interferometru, $\Delta\tilde{\nu}_t$ ([2] str. 144, [3] str. 442),
- c) zmiana ciśnienia p w obszarze interferometru, $\Delta\tilde{\nu}_p$ ([2] str. 144, [3] str. 442),

- d) niedoskonałość powierzchni płytek interferometru (chropowatość oraz odstępstwa od płaskości), $\Delta\tilde{\nu}_{pow}$ ([2] str. 165),
 - e) nierównoległość płytek interferometru spowodowana faktem, że stosowane metody justowania mają ograniczoną dokładność, $\Delta\tilde{\nu}_j$ (patrz pkt 1.5),
 - f)* szerokość prostokątnego profilu $\Delta\tilde{\nu}_{apert}$ związanego ze skończoną średnicą D apertury kołowej umieszczonej przed okienkiem fotopowielacza (patrz pkt. 4.1.d).
- 1.4.2. Efekty związane z zastosowanym źródłem światła (bez wyprowadzeń i wzorów) (np. [3], [4], [5] str. 86):
- a) efekt Dopplera $\Delta\tilde{\nu}_D$ ([3] str. 267-269), (patrz pkt 4.1.a),
 - b)* szerokość naturalna $\Delta\tilde{\nu}_{rad}$ ([3] str. 264),
 - c)* poszerzenia ciśnieniowe i starkowskie (np. [3] str. 277).
- 1.5. Sposoby justowania interferometru ([2] str. 138-144, [3] str. 437-443):
- a) justowanie wstępne, za pomocą odbić, bez posługiwania się obrazem interferencyjnym,
 - b) justowanie za pomocą prążków równej grubości (prążków Fizeau),
 - c) justowanie za pomocą prążków równego nachylenia.
- 1.6. Obrazy wtórne w obrazie interferencyjnym (jak powstają, jak je wyeliminować z obszaru rejestrowania sygnału, czyli z centrum prążków interferencyjnych na ekranie E , [2] str. 145).
- 1.7. Sposoby zestawiania interferometru F-P ze współdziałającymi przyrządami optycznymi.
- 1.7.1. Spektrograf interferencyjny (interferometr F-P skrzyżowany ze spektrografem, lub – w uproszczonej wersji – interferometr pracujący w układzie z filtrem optycznymi kamerą fotograficzną) ([2] str. 149, [3] str. 149, [8] str. 279).
- 1.7.2. Spektrometr interferencyjny (przestrajalny interferometr F-P skrzyżowany z monochmatorem lub z filtrem optycznym ([3] str. 279-284, [5] str. 223, [8] str. 280-283).
- 1.8. Sposoby interpretowania interferogramów (tzw. redukcja danych):
- a) w przypadku detekcji fotograficznej ($d = \text{const}$ oraz $n = \text{const}$) – potraktować temat pobieżnie ([2] str. 128-133, [3] str. 443-450),
 - b) w przypadku przestrajania widma ($d \neq \text{const}$ lub $n \neq \text{const}$); (sposoby przestrajania widma – pkt 1.7.2).
2. Zasada działania fotopowielacza (np. [3] str.31).
3. Nadsubtelna i izotopowa struktura linii spektralnych ([3] str. 250-259)
(Wyłącznie opisowo, ze zrozumieniem zjawisk fizycznych, ale bez szczegółów teorii i wyprowadzeń wzorów).
4. Zadania do opracowania pisemnego – obowiązuje przedstawienie liczbowych rozwiązań zadań 4.1 i 4.2 podczas kolokwium wstępnego.
- 4.1. Obliczyć w liczbach falowych [cm^{-1}] przyczynki do obserwowanej w eksperymencie efektywnej szerokości spektralnej prążka interferencyjnego $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}^{\text{exp}}$, pochodzące od następujących efektów:

- a) **Efekt Dopplera** przy założeniu, że temperatura źródła światła leży w granicach 100-150°C; $\Delta\tilde{\nu}_D = 0,716 \cdot 10^{-6} \tilde{\nu} \sqrt{\frac{T}{M}}$ [cm⁻¹], gdzie T – temperatura w kelwinach, M – liczba masowa, oraz $\tilde{\nu}$ – liczba falowa badanej linii spektralnej Tl $\lambda = 535.046$ nm,
- b) **Szerokość aparaturowa prążka interferencyjnego** $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}$; do obliczenia tej szerokości przyjąć wartości parametrów interferometru F-P podane w opisie aparatury (część II niniejszej instrukcji),
- c) **Poszerzenie prążka interferencyjnego spowodowane niedoskonałością powierzchni płytek interferometru** ([2] str. 165); w tym obliczeniu oszacować od dołu wielkość poszerzenia $\Delta\tilde{\nu}_{pow}$ zakładając, że płaskość każdej płytki jest $\lambda/200$, czyli taka, jaką gwarantują renomowane firmy optyczne. W ćwiczeniu F4 zastosowane są doskonałej jakości płytki interferencyjne produkcji firmy Hilger & Watts,
- d) * **Szerokość prostokątnego profilu linii** $\Delta\tilde{\nu}_{apert}$ związanego ze skończoną średnicą D apertury kołowej umieszczonej przed okienkiem fotopowielacza; w ćwiczeniu F4 do dyspozycji jest ekran z otworem o średnicy: $D = 0.40$ mm. Do obliczeń wystarczy przyjąć, że ogniskowa soczewki S3 odwzorowującej na ekranie obraz interferencyjny wynosi $f_3 \approx 60$ cm.

Wskazówka:

Skorzystać z metody kwadratów średnic interpretując szukaną szerokość $\Delta\tilde{\nu}_{apert}$ jako różnicę liczb falowych takich dwóch nieskończenie cienkich linii spektralnych $\tilde{\nu}_a$ i $\tilde{\nu}_b$, dla których maksima interferencyjne **tego samego rzędu** przypadają odpowiednio: w centrum obrazu interferencyjnego dla jednej linii oraz na obwodzie apertury D dla drugiej linii (pkt 1.8.a niniejszej instrukcji; [3] str. 447, wzór (14) z podstawieniem $d\lambda/\lambda = d\tilde{\nu}/\tilde{\nu}$ czyli $\Delta\tilde{\nu}_{apert} = \tilde{\nu} \{(D_{a,m}^2 - D_{b,m}^2)/8f^2\}$).

- 4.2. Wykorzystując wyniki zadania 4.1. a÷d oszacować liczbowo (w cm⁻¹) efektywną szerokość połówkową prążka interferencyjnego $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}^{exp}$, jaką spodziewamy się uzyskać doświadczalnie w realiach układu pomiarowego ćwiczenia F4.

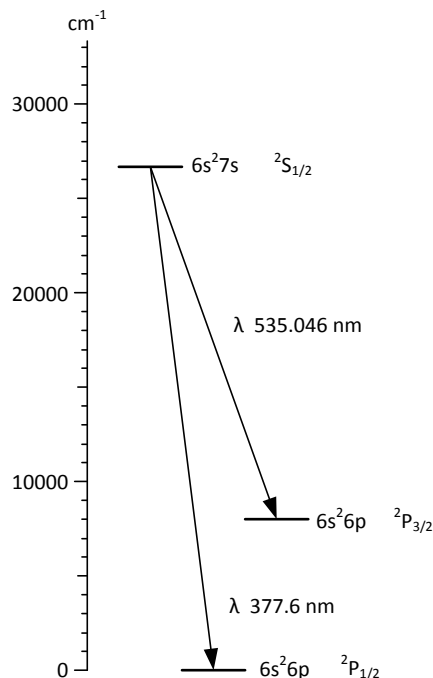
* Czy szukaną wartość $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}^{exp}$ jest sumą algebraiczną poszczególnych przyczynków, $\Delta\tilde{\nu}_D$, $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}$, $\Delta\tilde{\nu}_{izotop}$, $\Delta\tilde{\nu}_{pow}$ i $\Delta\tilde{\nu}_{apert}$, czy też w bardziej skomplikowany sposób składają się one na wypadkową szerokość prążka $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}^{exp}$? Pomocne są wiadomości o tym, jak oblicza się rozkład sumy niezależnych zmiennych losowych o znanych rozkładach, oraz w szczególności jak wyraża się szerokość połówkowa **splotu** dwóch rozkładów typu Gaussa, a jak typu Lorentza. W zadaniu można poprzestać na sumowaniu algebraicznym poszczególnych przyczynków, gdyż pominięcie w powyższej liście (4.1. a÷d) kilku innych efektów wpływających w rzeczywistości na wartość $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}^{exp}$, powoduje, że nasze oszacowanie jest tylko od dołu.

- 4.3. Zadania dotyczące nadsubtelnej i izotopowej struktury linii talu Tl I o długości fali $\lambda = 535.046$ nm (rys. 3, 4 i 5 w niniejszej instrukcji, [9] str. 1203 i 1208)
- a) Zapoznać się ze schematem podpoziomów struktury nadsubtelnej linii Tl I $\lambda = 535.046$ nm dla dwóch stabilnych izotopów talu Tl²⁰³ i Tl²⁰⁵, oraz ze schematem położenia wszystkich składowych nadsubtelnej i izotopowej struktury tej linii na osi liczb falowych (rys. 3, 4 i 5).

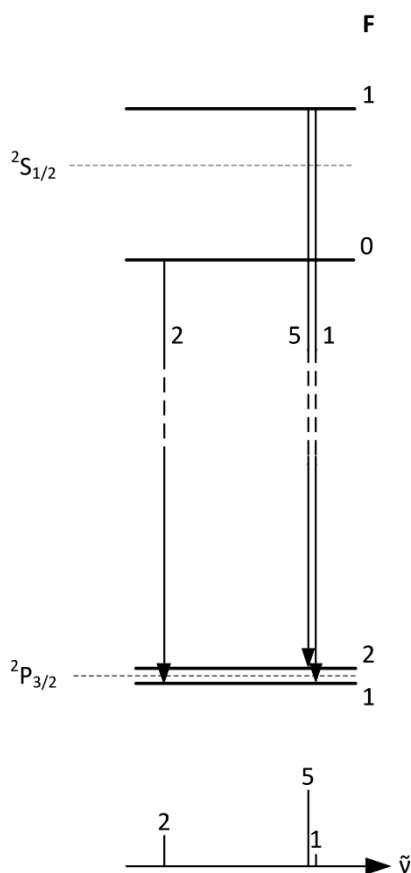
- b) Na podstawie rys. 5 oraz obliczonej wartości $\Delta\tilde{\nu}_{1/2}^{\text{exp}}$ (pkt 4.2) narysować w skali spodziewany wygląd interferogramu w ramach jednego rzędu interferencyjnego; wartość przedziału dyspersji $\Delta\tilde{\nu}_{\text{dysp}}$ obliczyć dla $d = 8.33$ mm. Założyć liniowy w czasie wzrost ciśnienia gazu w komorze interferometru.

IV. Proponowana literatura

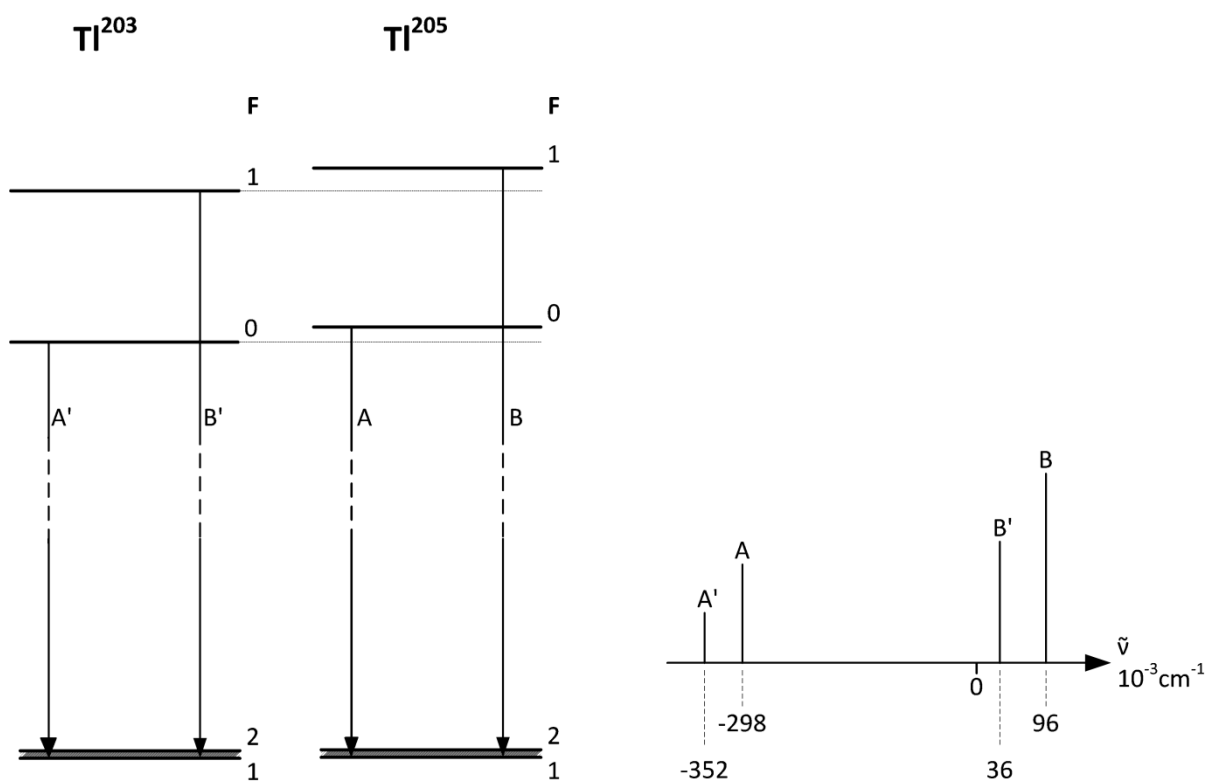
- [1]+[2] (prace te zainteresują przede wszystkim „dociekliwych”, jako źródło bardzo szczegółowych informacji doświadczalnych dotyczących pracy z interferometrem Fabry’ego-Perota):
- [1] K. Meissner, *Interference Spectroscopy. Part I*, JOSA **31**, 405-426 (1941)
- [2] S. Tolansky, *High Resolution Spectroscopy*, chapter 9
- [3] **Optyka i fizyka atomowa – ćwiczenia laboratoryjne**, praca zbiorowa pod redakcją R. I. Solouchina, PWN, 1982
- [4] Z. Leś, *Wstęp do spektroskopii atomowej (lub inny podręcznik o tej samej tematyce)*
- [5] A. N. Matveev, *Optics*, Mir Publishers 1988
- [6] **Obowiązują podstawowe wiadomości z optyki geometrycznej (soczewki) i falowej (interferencja) na poziomie kursu uniwersyteckiego „Fizyka Doświadczalna”**
- [7] D. Kunisz, *Fizyczne podstawy emisyjnej analizy widmowej*, PWN 1973
- [8] R. J. Hull, H. H. Stroke, JOSA **51**, 1203 (1961), kopia udostępniona jest do wglądu przy stanowisku pracy



Rys. 3 Schemat wybranych poziomów energetycznych talu Tl I



Rys. 4 Schemat podpoziomów struktury nadsubtelnej linii talu Tl I o długości fali $\lambda = 535.046$ nm; spin jądrowy $I = \frac{1}{2}$. Stosunek natężeń tych składowych wynosi odpowiednio 2:5:1.



Rys. 5 Nadsubtelna i izotopowa struktura linii talu Tl I o długości fali $\lambda = 535.046$ nm dla stabilnych izotopów 203 i 205.

Komentarz do rys. 5:

Zamieszczone na rys. 5 wartości liczbowe spektralnych odległości składowych linii Tl $\lambda = 535.046$ nm zostały zaczerpnięte z pracy [9] R. J. Hull, H. H. Stroke, JOSA, **51**, 1203, 1961. Oszacowana przez autorów wartość odchylenia standardowego σ zmierzonych wartości odległości spektralnych wynosi $0,004 \text{ cm}^{-1}$.

Okazuje się, że rozszczepienie nadsubtelne poziomu $^2P_{3/2}$ jest tak małe ($0,017 \text{ cm}^{-1}$, [9]) w porównaniu z szerokością spektralną pojedynczej składowej $\Delta \tilde{\nu}_{1/2}^{\text{exp}}$ (pkt 4.2), że klasycznymi metodami spektroskopii wysokiej zdolności rozdzielczej obserwuje się tylko dwie, a nie trzy składowe struktury nadsubtelnej (porównaj rys. 4 i 5).

Należy jednak oczekiwać, że obecność słabej, nie rozdzielonej trzeciej składowej w obrazie struktury nadsubtelnej badanej linii talu może mieć jakiś wpływ na zmierzoną wartość rozszczepienia. Jednakże, jak pokazuje graficzna suma dwóch komponent o względnych natężeniach 5:1, o szerokości Dopplera ok. 0.030 cm^{-1} oraz ich spektralnej odległości równej 0.017 cm^{-1} [9], pozycja maksimum nie rozdzielonej sumy linii jest zakłócona nie więcej niż o 0.002 cm^{-1} . W tej sytuacji, wobec cytowanego w pracy [9] odchylenia standardowego $\sigma = 0,004 \text{ cm}^{-1}$, autorzy zaniedbali wpływ efektu nie rozdzielenia linii przy analizie wartości zmierzonych odległości składowych izotopowej i nadsubtelnej struktury zielonej linii talu.

V. Program pracy doświadczalnej

Praca doświadczalna obejmuje następujące etapy.

1. Samodzielne, zgodne z **regułami sztuki**, przygotowanie do pracy układu doświadczalnego z przestrajającym ciśnieniowo interferometrem Fabry'ego-Perota.
2. Obserwacja składowych nadsubtelnej i izotopowej struktury zielonej linii Tl, dobranie właściwych parametrów układu detekcji i rejestracji sygnału oraz zarejestrowanie optymalnej jakości interferogramów przedstawiających strukturę badanej linii Tl $\lambda = 535.046$ nm.

Praca doświadczalna zasługuje na ocenę bardzo dobrą, jeżeli są spełnione następujące warunki:

- a) pełne zrozumienie i wykonanie **wszystkich** przedyskutowanych z prowadzącym czynności przygotowawczych zapewniających optymalną pracę całego układu,
- b) pełna dokumentacja doświadczalna w zeszycie laboratoryjnym,
- c) opisanie w sprawozdaniu – z merytorycznymi wyjaśnieniami – kolejnych etapów swojej pracy eksperymentalnej).

Wskazówki:

1. Przygotować układ optyczny do pracy.
 - 1.1. Włączyć spektralną lampę talową; **prąd lampy** – zgodnie z zaleceniami producenta – **nie powinien przekraczać 8 mA**.
 - 1.2. Zestawić układ optyczny zgodnie z rys. 1. Ustawić wszystkie elementy układu na osi optycznej. Przy poszukiwaniu prawidłowej geometrii układu należy kierować się tym, aby straty światła na poszczególnych elementach optycznych były możliwie małe.
 - 1.2. Wyeliminować obrazy wtórne z centrum obrazu interferencyjnego na ekranie **E**, w płaszczyźnie ogniskowej soczewki **S3**, poprzez dobranie właściwego położenia soczewek **S1** i **S2** oraz przysłony irysowej **I**.
 - 1.3. Wyjustować interferometr.

UWAGA: Proszę nie justować interferometru bez porozumienia się z osobą prowadzącą ćwiczenie! Bez znajomości budowy komory interferometru i jego elementów justujących można łatwo uszkodzić interferometr.

W zależności od stopnia rozjustowania interferometru dobiera się stosowną metodę:

- a) metoda odbić, która służy do justowania wstępnego, gdy w polu widzenia nie widać prążków interferencyjnych;
- b) metoda prążków jednakowej grubości (prążków Fizeau);
- c) metoda prążków jednakowego nachylenia, najczęściej stosowana w ćwiczeniu; jest ona odpowiednia do końcowego wyjustowania interferometru.

Dla uzyskania perfekcyjnej jakości justowania proszę pracować w obszarze najkorzystniejszej dla justowania dyspersji kątowej interferometru, czyli w pobliżu kąta $\theta = 0$ (w środku obrazu interferencyjnego powinna być jasna plamka). **Celowość poszczególnych czynności proszę przedyskutować z osobą prowadzącą ćwiczenie.**

Użycie matówki **M** jako wtórnego źródła światła o dużych rozmiarach znacznie zwiększa precyzję justowania interferometru metodą prążków jednakowego nachylenia, bowiem na tle dużego, w miarę jednorodnie rozpraszającego światła obszaru matówki można bez zakłóceń obserwować pierścienie interferencyjne.

2. Zapoznać się z budową i obsługą układu przestrajania ciśnieniowego.

UWAGA: Czynności związane z uruchomieniem tego układu można rozpocząć wyłącznie pod kontrolą osoby prowadzącej ćwiczenie.

3. Nauczyć się obsługiwać układ detekcji sygnału.

UWAGA: Fotopowielacz należy odsłaniać wyłącznie przy zgaszonym oświetleniu pokoju.

Zarejestrować interferogram linii T1 $\lambda = 535.046$ nm (5÷7 rzędów interferencyjnych). Na tym etapie, położenie soczewki S3 ustala się wstępnie, na podstawie bezpośredniej obserwacji ostrości pierścieni interferencyjnych na ekranie **E**. Należy tak dobrać wzmocnienie sygnału z fotopowielacza, aby dobrze wykorzystać zakres pracy przetwornika analogowo cyfrowego. Przy zbyt małym wzmocnieniu nie wykorzysta się w pełni możliwości przetwornika (dlaczego?), a przy zbyt dużym – sygnał zostanie obcięty na poziomie 10 V i nie będzie się nadawał do analizy.

4. Dobrać optymalne położenie soczewki **S3** odwzorowującej pierścienie interferencyjne na ekranie **E**.

Niedbałe wykonanie tej czynności zniweczyłoby wszystkie poprzednie zabiegi mające na celu uzyskanie możliwie najlepszej zdolności rozdzielczej na interferogramie. Położenie soczewki **S3**, ustalone wstępnie na podstawie bezpośredniej obserwacji pierścieni na ekranie **E**, można znaleźć bardziej obiektywnie, na podstawie analizy interferogramu zapisanego w taki sposób, że w jego kolejnych rzędach interferencji zmieniamy położenie soczewki **S3**. Za optymalne uznajemy to położenie soczewki **S3**, dla którego rozdzielenie składowych jest najlepsze.

5. Zarejestrować dobrej jakości interferogramy badanej linii talu $\lambda = 535.046$ nm (dla optymalnie dobranych wszystkich parametrów doświadczalnych: justowanie, wzmocnienie sygnału z fotopowielacza, prąd lampy, oświetlenie, ostre odwzorowanie obrazu). **Po zakończeniu dnia pracy, pliki z danymi należy skopiować na własny nośnik danych.**
6. Przedyskutować z prowadzącym sposób opracowania pomiarów oraz **zapoznać się z jego wymaganiami dotyczącymi treści i formy sprawozdania.**

VI. Zeszyt pomiarowy i sprawozdanie

W zeszycie pomiarowym (z ponumerowanymi stronami) należy zapisać:

1. w każdym tygodniu – datę, nazwisko prowadzącego i ewentualnie nazwisko drugiej osoby wykonującej ćwiczenie,
2. nazwę katalogu ze ścieżką, w którym są zapisywane pliki z danymi,
3. nazwy wszystkich zapisywanych plików, wraz z informacją o ich zawartości,
4. wszystkie ważne parametry układu – położenia soczewek i innych elementów na ławie optycznej, prąd lampy talowej, ciśnienia w układzie dostarczającym CO_2 , zmiany w justowaniu interferometru i inne.

Sprawozdanie powinno zawierać:

1. opis fizycznych podstaw działania interferometru F-P,
2. rozwiązania zadań, z podanymi nie tylko wynikami, ale też zastosowanymi wzorami i wstawianymi do nich wielkościami. Tam gdzie to jest zasadne, należy podać wnioski płynące z otrzymanych wyników,
3. zwięzły opis justowania układu optycznego i interferometru, z podaniem uzasadnienia wykonanych czynności (np.: w jakim celu stosuje się przesłonę irysową, co to są prążki jednakowego nachylenia, po co są stosowane soczewki),
4. zarejestrowane interferogramy wraz z ich analizą. Proszę przedstawić:
 - a) analizę liniowości przestrajania interferometru w czasie,
 - b) przeliczenie skali czasowej na skalę energii (liczb falowych). Uwaga: tego przeliczenia należy dokonać osobno dla każdego interferogramu – szybkość przestrajania interferometru jest bowiem nieco inna przy każdym przestrajaniu,
 - c) metodę i wyniki znajdowania położenia maksimów transmisyjnych.
5. obliczenia, wraz z niepewnościami, szukanych wielkości – rozszczepienia nadsubtelnego i izotopowego,
6. ksero z zeszytu pomiarowego.