

BADANIE NADSUBTELNEJ ORAZ IZOTOPOWEJ STRUKTURY W WIDMIE ATOMOWYM TALU

Joanna Wojnarska

ABSTRAKT

Z pomocą interferometru Fabry’ego-Perota zbadano strukturę izotopowa oraz nadsubtelną talu. Zbadano strukturę izotopową oraz nadsubtelną talu. Otrzymano stałe rozszczepień poziomów energetycznych wynikających z oddziaływania nadsubtelnego: $0.389(36) \text{ cm}^{-1}$ (^{205}Tl), $0.395(49) \text{ cm}^{-1}$ (^{203}Tl) oraz struktury izotopowej: $0.0530(77) \text{ cm}^{-1}$, $0.0571(78) \text{ cm}^{-1}$. Zbadano również wpływ zmiany ustawień układu optycznego na szerokość pików obserwowanych na interferogramie.

INTERFEROMETR FABRY’EGO-PEROTA (FP)

Przyrząd spektralny charakteryzujący się wysoką zdolnością rozdzielczą. Zbudowany jest z dwóch, gładkich, półprzepuszczalnych powierzchni o dużym współczynniku odbicia R. Jego działanie oparte jest na dyfrakcji wielowiązkowej, która możliwa jest dzięki wielokrotnym odbiciom pomiędzy płytkami (Rysunek 1).

Ważnym parametrem charakteryzującym interferometr jest *przedział dyspersji*, czyli różnica długości dwóch fal, dla których maksima interferencyjne kolejnych rzędów nachodzą na siebie. Na skali energii jest to:

$$\Delta\tilde{\nu}_{\text{dysp}} = \frac{1}{2dn} = 0.6002(36) \text{ cm}^{-1}$$

d – stała interferometru (Rysunek 1), n – współczynnik załamania światła.

Interferometr FP wykorzystywany jest nie tylko do precyzyjnych pomiarów, ale też ma swoje zastosowanie m.in. w laserach, jako rezonator optyczny.

OSZACOWANIE EFEKTYWNEJ SZEROKOŚCI PRAŻKÓW

- Aparaturowa szerokość połówkowa:

$$\Delta\tilde{\nu}_{1/2} = \frac{1}{2d\pi} \frac{1-R}{\sqrt{R}} = 0.0139 \text{ cm}^{-1}$$

- Efekt Dopplera: $\Delta\tilde{\nu}_D = 0.716 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{M}} = 0.0193 \text{ cm}^{-1}$,

T-temperatura lampy, M-liczba masowa Tl, λ –długość rejestrowanej fali

- Niedoskonałość płytek interferometru:

$$\Delta\tilde{\nu}_{\text{pow}} = \frac{1}{50} \Delta\tilde{\nu}_{\text{dysp}} = 0.0120 \text{ cm}^{-1},$$

przy założeniu chropowatości płytki $\lambda/200$

- Szerokość związana ze skończoną średnicą apertury kołowej:

$$\Delta\tilde{\nu}_{\text{aper}} = \frac{1}{\lambda} \frac{D}{8f^2} = 0.0010 \text{ cm}^{-1},$$

D–średnica otworu, f-ogniskowa soczewki

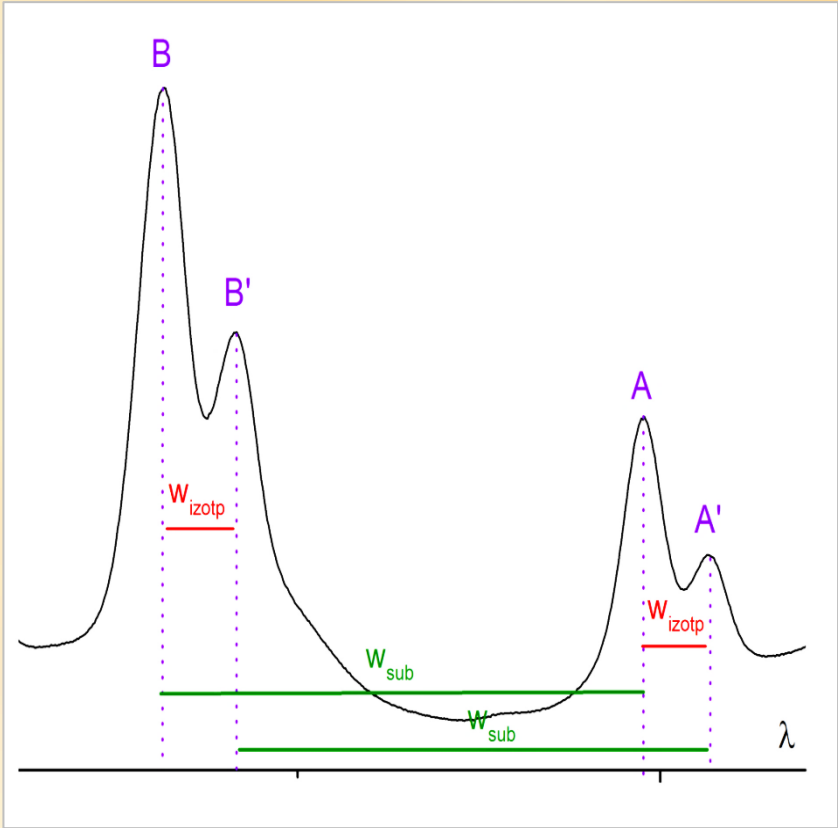
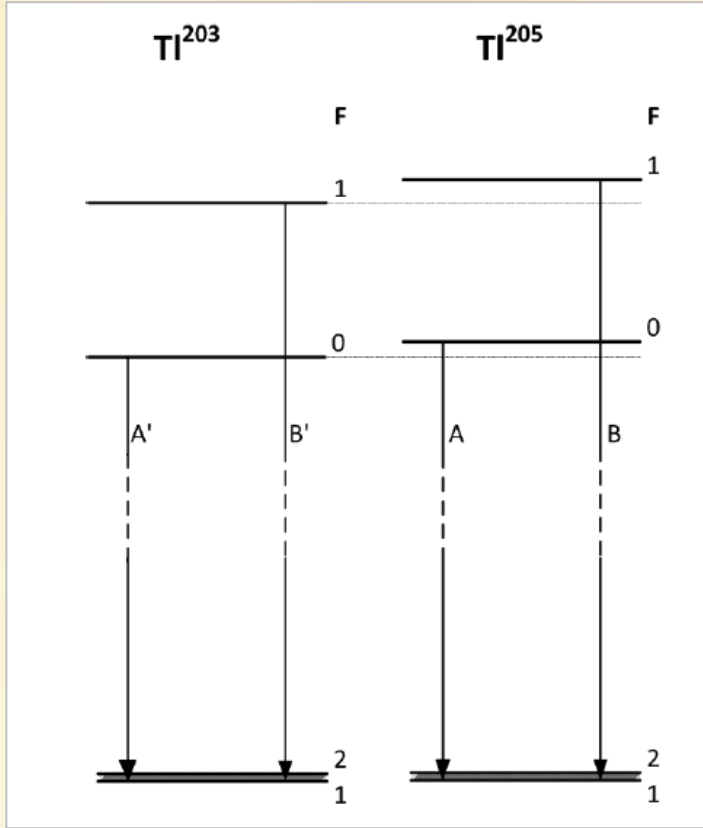
SUMA (oszacowanie efektywnej szerokości prążka od góry):

$$\Delta\tilde{\nu} = 0.0462 \text{ cm}^{-1}$$

STRUKTURA NADSUBTELNA I IZOTOPOWA

Struktura nadsubtelna to rozszczepienie poziomów energetycznych wywołane oddziaływaniem pomiędzy momentem magnetycznym jądra a polem magnetycznym wytworzonym przez chmurę elektronową.

Struktura izotopowa wiąże się z istnieniem izotopów danego pierwiastka. Różne masy jąder powodują zmianę siły oddziaływań z chmurą elektronową.



Rysunek 3. Poziomy energetyczne izotopów talu uwzględniające rozszczepienie nadsubtelne i izotopowe

Rysunek 4. Fragment widma z zaznaczonymi szukanymi odległościami odpowiadającymi rozszczepieniu izotopowemu w_{izotop} i nadsubtelnemu w_{sub}

WNIOSKI

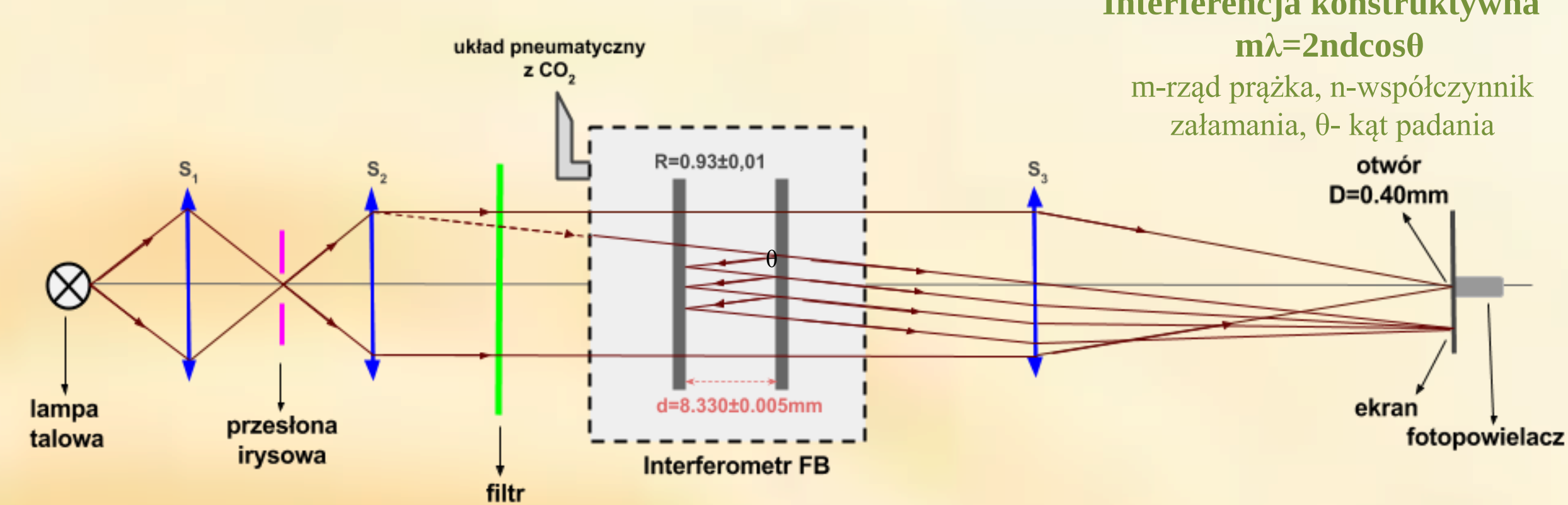
Interferometr Fabry’ego-Perota jest urządzeniem, które umożliwia bardzo dokładne poznanie struktury poziomów energetycznych pierwiastków.

W doświadczeniu udało się wyznaczyć rozszczepienia poziomów energetycznych dla talu, które wynikały z obecności struktury izotopowej oraz nadsubtelnej. Do prawidłowej interpretacji interferogramu potrzebna jest ogólna znajomość struktury energetycznej obu izotopów.

LITERATURA

- [1] Adam Strzałkowski *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN, (1978)
[2] instrukcja do ćwiczenia F4, II Pracownia Fizyczna UJ

UKŁAD DOŚWIADCZALNY

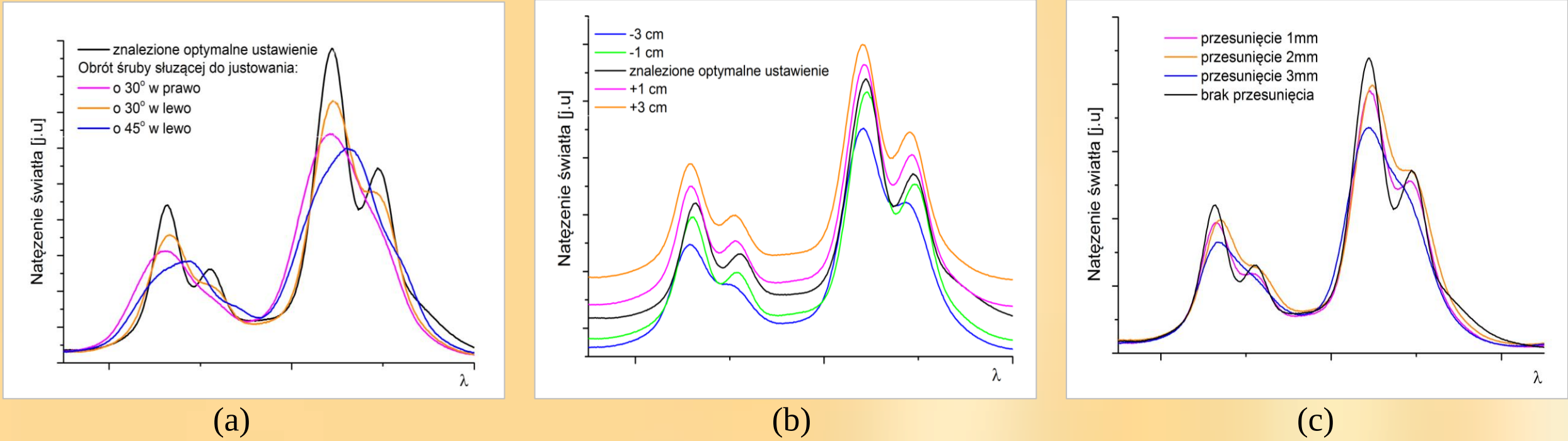


Rysunek 1. Schemat układu doświadczalnego (bez zachowanej skali)

Osiągnięcie jak najlepszej rozdzielczości na widmie wymagało przygotowania układu optycznego. Pozycje soczewek S2 i S3 ustalono tak, by tworzyły układ teleskopowy. Korzystając z metody prążków jednakowego nachylenia wyjustowano interferometr. Otrzymanie równoległych względem siebie luster było możliwe dzięki trzem śrubom, które wywierając nacisk na ich powierzchnie umożliwiały ich przesunięcia o dziesiątki nanometrów. Dodatkowo, dyspersja kątowa dla ustalonej długości fali λ oraz odległości d jest najmniejsza dla $\theta \approx 0^\circ$. Dlatego też justowanie oraz pomiary wykonywano z użyciem plamki centralnej.

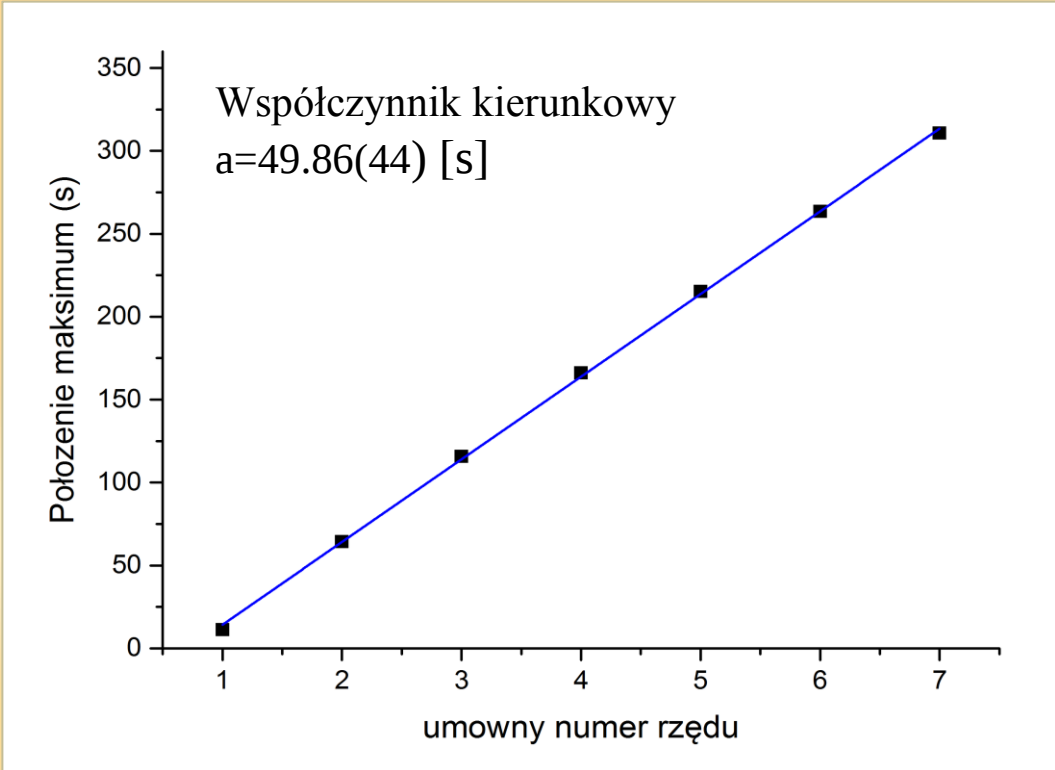
$$\frac{d\theta}{dd} = \frac{1}{dtg\theta} \quad \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{1}{\lambda tg\theta}$$

Zmianę drogi optycznej w interferometrze FP zapewniał układ pneumatyczny, który pozwalał na wpompowanie dwutlenku węgla do interferometru. Kluczowym elementem tego układu był flostat, który odpowiadał za stały, kontrolowany przepływ gazu do interferometru.

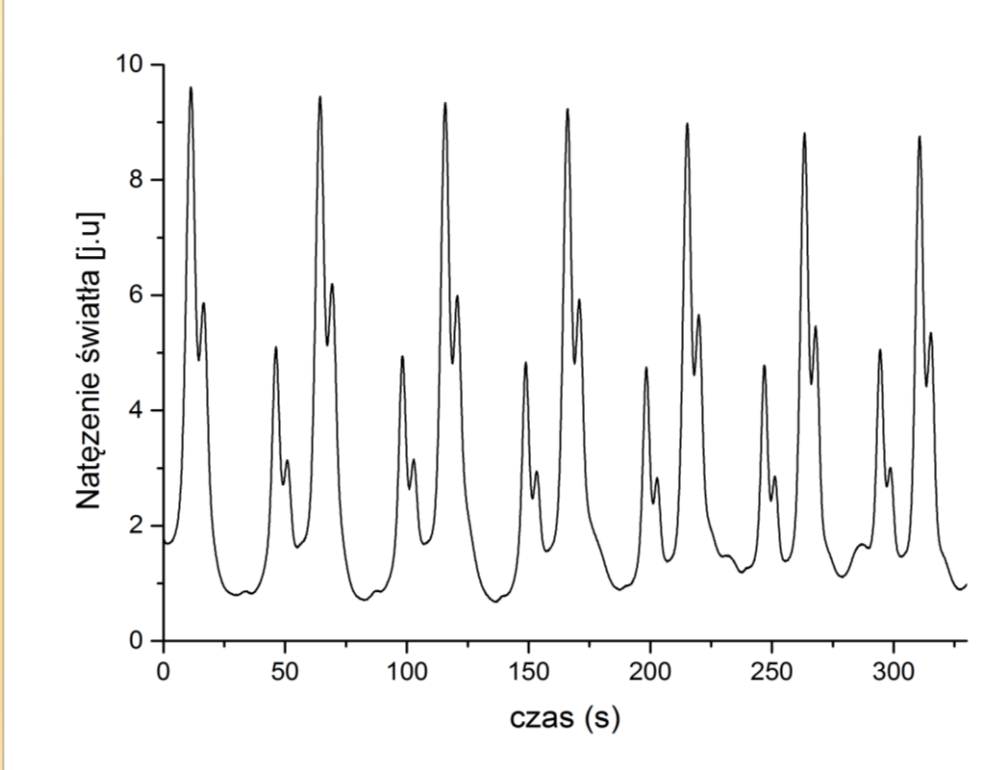


Rysunek 2. Wpływ: (a) wyjustowania (b) położenia soczewki S3 wzdłuż osi układu (c) położenia środka plamki centralnej przed fotopowielaczem na szerokość prążków

WYNIKI



Rysunek 5. Liniowość skali interferogramu



Rysunek 6. Otrzymany interferogram

Potwierdzono, że zmiana ciśnienia CO_2 w interferometrze powoduje liniową zmianę współczynnika załamania, a co za tym idzie zachowanie stałej odległości między sąsiednimi prążkami (Rysunek 5).

Liniowość interferometru pozwoliła na przeliczenie skali czasowej widma na skalę liczb falowych, dla małych zmian n zgodnie, z proporcją :

$$\frac{\Delta\tilde{\nu}}{\Delta\tilde{\nu}_{\text{dysp}}} = \frac{t}{a}$$

$\Delta\tilde{\nu}$ —odległość w skali liczb falowych odpowiadająca odległości czasowej w na interferogramie.

Szukane wartości rozszczepień obliczono jako różnice w położeniach maksimów pików, opierając się na Rysunku 4. Niepewność związana była: z liniowością interferogramu (współczynnik a), niepewnością wartości przedziału dyspersji oraz rozrzutem odległości pomiędzy kolejnymi maksimami interferencyjnymi.

Tabela 1. Otrzymane wartości rozszczepienia nadsubtelnego i izotopowego talu oraz porównanie z wartością tablicową

	ROZSZCZEPIENIE IZOTOPOWE		ROZSZCZEPIENIE NADSUBTELNE	
	odległość AA' [cm^{-1}]	odległość BB' [cm^{-1}]	odległość AB [cm^{-1}]	odległość A'B' [cm^{-1}]
Wartość doświadczalna	0.0530(77)	0.0571(78)	0.389(36)	0.395(49)
Wartość tablicowa	0.056	0.063	0.392	0.392