

Abstrakt

W doświadczeniu zbadano efekt Zeemana zielonej linii rtęci 546.1 nm przy użyciu interferometru Fabry'ego-Perota. Detekcja promieniowania prowadzona była zarówno w kierunku poprzecznym, jak i podłużnym względem kierunku pola magnetycznego. Przy obserwacji podłużnej zaobserwowano różną skrętność polaryzacji promieniowania. Największe rozszczepienie zeemanowskie dla polaryzacji Π wyniosło $0.38(1) \text{ cm}^{-1}$ w polu magnetycznym o indukcji $1.62(2) \text{ T}$.

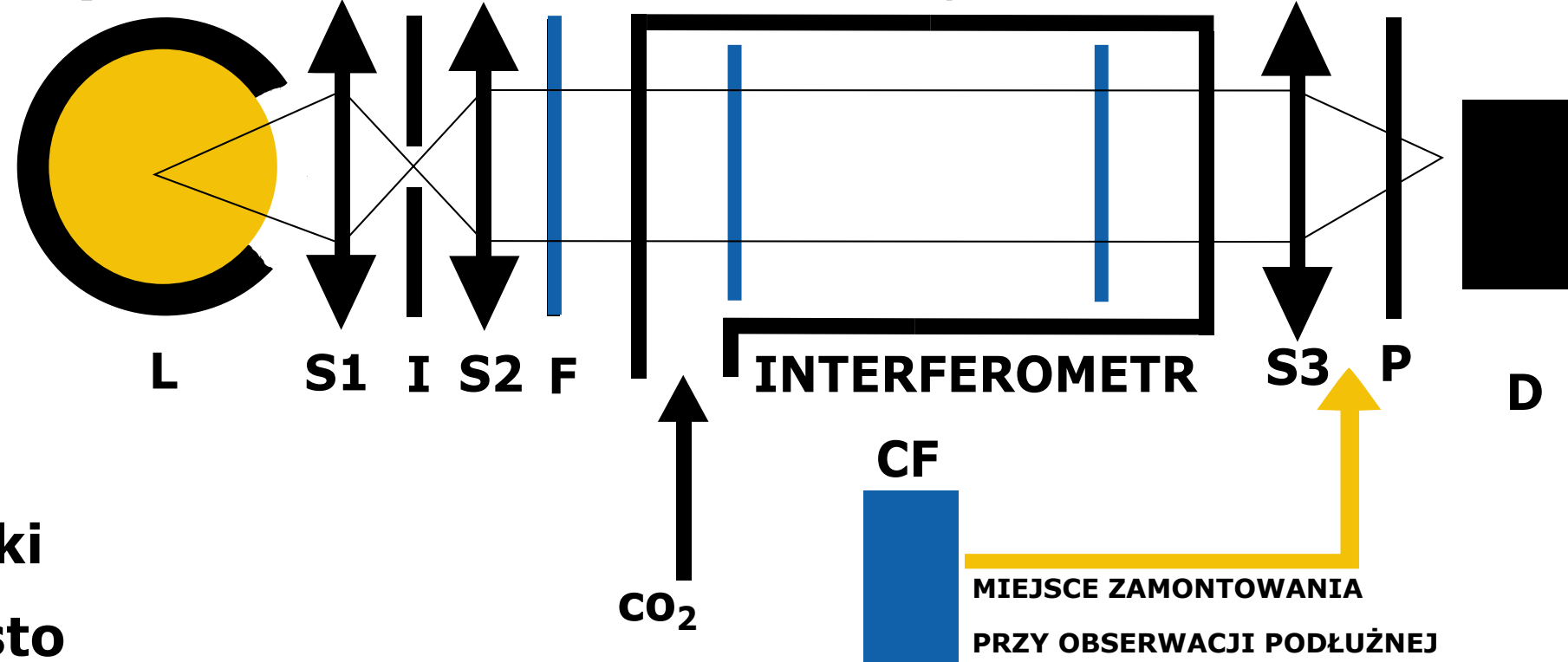
Procedura Badawcza

Emitowane z lampy rtęciowej (Oznaczenia jak na Rysunku 1) L światło po uformowaniu przez układ soczewek S1, S2 wraz z przesłoną irysową I w wiązkę prawie równoległą trafia na filtr pasmowo przepustowy F. Wiązka po przejściu przez interferometr Fabry'ego-Perota po skupieniu przez soczewkę S3 trafia na fotopowielacz D. Wtłaczanie dwutlenku węgla, przy zastosowaniu odpowiedniego układu [1], zwiększało ciśnienie gazu wypełniającego interferometr liniowo w czasie.

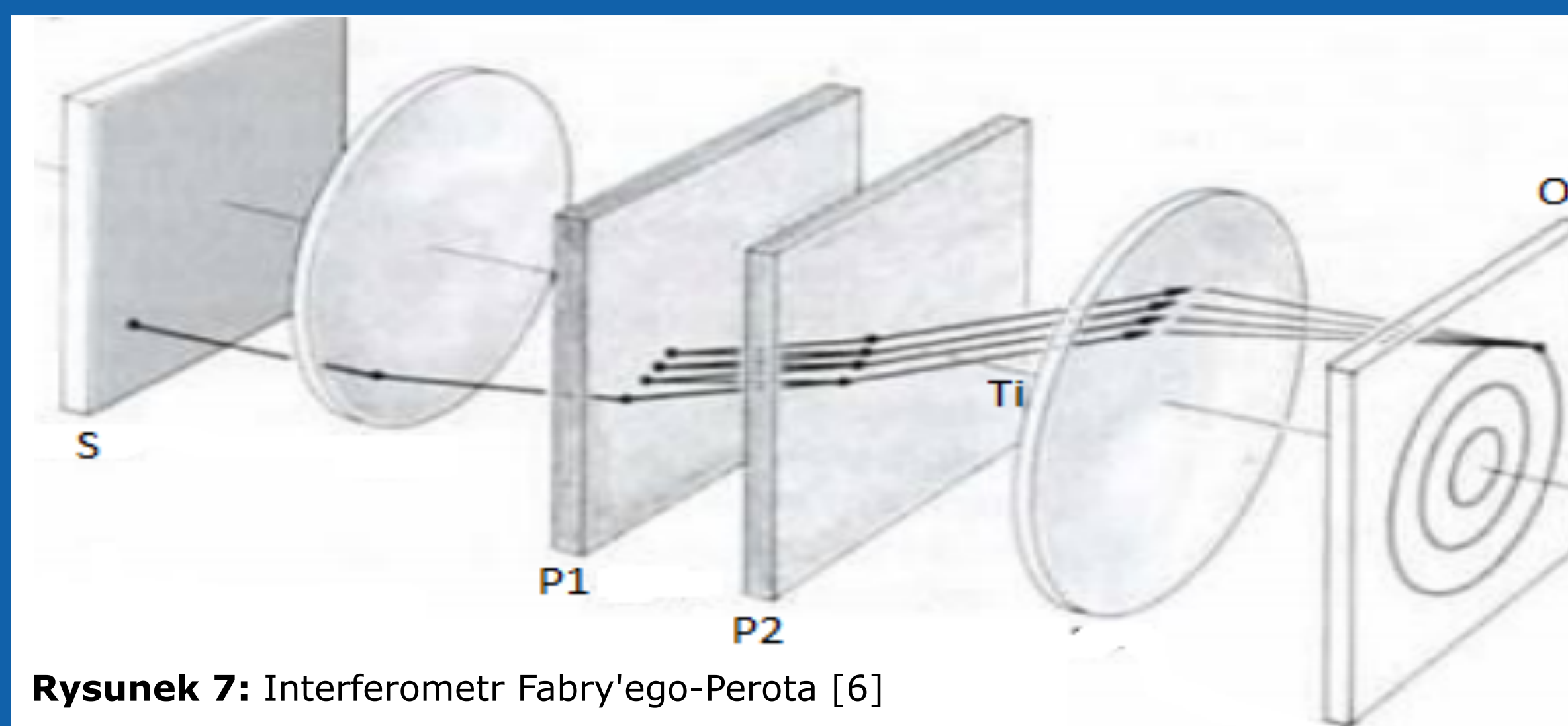
Położenia maksimów napięcia wywołane padaniem światła na detektor (Rysunek 2) wykazują liniową zależność od czasu. Włączenie pola magnetycznego w kierunku prostopadłym do kierunku biegnącej wiązki zmienia profil obserwowanego przebiegu napięć. Polaryzator P pozwala odseparować dwie wzajemnie prostopadłe składowe polaryzacje światła (Rysunek 3 i 4).

W efekcie zmiany kierunku pola na równoległy do kierunku wiązki zaobserwowano nowy rozkład napięcia w czasie. Podejrzewając kołową naturę polaryzacji światła padającego na detektor do układu wmontowano płytkę ćwierćfalową CF i polaryzator P. Gdy kąt pomiędzy osią polaryzatora a osią płytki wynosił 45° obserwowano tylko jedną z skrętności. Obrót polaryzatora o 90° stopni wybiera z spektrum drugą z chiralności (Rysunek 5).

Rysunek 1: Układ doświadczalny



Interferometr Fabry'ego-Pérot



Rysunek 7: Interferometr Fabry'ego-Perota [6]

Wielokrotnie odbita od zwierciadeł P1 i P2 wiązka światła z źródła S tworzy na ekranie O obraz interferencyjny. Rozkład natężeni zadany jest przez funkcję Ary'ego zależną od współczynnika odbicia R zwierciadeł i ich wzajemnej odległości l

$$I \simeq F_A = \frac{1 - R \cos \frac{4\pi l \cos \theta}{\lambda}}{1 + R^2 + 2R \cos \frac{4\pi l \cos \theta}{\lambda}}$$

Maksima tej funkcji zadają przedział dyspersji układu:

$$\nu_d = \frac{1}{2l} = 1.41(1) \frac{1}{\text{cm}}$$

Linie Spektralne pochodzące od lampy L poszerzone są w wyniku

1) Efektu Dopplera

$$\Delta \nu_D = 7.16 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{T}{M}} \frac{1}{\lambda} = 0.187(4) \frac{1}{\text{cm}},$$

2) Różnorodności izotopowej o

$$\Delta \nu_I = 0.057 \frac{1}{\text{cm}},$$

3) Niedoskonałości powierzchni luster o

$$\Delta \nu_L = \frac{1}{100 \cdot 2l} = 0.014 \frac{1}{\text{cm}}$$

4) Stosowanych przesłon i soczewek o

$$\Delta \nu_A = \nu \frac{D^2}{8f^2} = 0.006 \frac{1}{\text{cm}},$$

Łącznie daje to wartość mniejszą niż 10% przedziału dyspersji wynoszącej $1.41(1) \frac{1}{\text{cm}}$.

Przestrajalność Interferometru uzyskuje się przez zmianę drogi optycznej między zwierciadłami. tj. przez zmianę współczynnika załamania w interferometrze.

Bibliografia

- [1] Instrukcja do ćwiczenia Z5 www.2pf.if.uj.edu.pl
- [2] *Optyka i Fizyka Atomowa*, R.I Sołuchin, Wiedza Powszechna, 1982
- [3] *Optyka*, E. Hecht, PWN, 2016
- [4] *Mechanika Kwantowa, wykład 2017-2018*, M. Praszałowicz th-www.if.uj.edu.pl

Rysunek 5: Przebieg napięcia na fotodetektorze dla lampy rtęciowej przy obecności pola magnetycznego, przy detekcji podłużnej dla dwóch wzajemnie prostopadłych położen polaryzatora

Efekt Zeemana

Poziomy energetyczne atomu umieszczonego w polu magnetycznym B ulegają rozszczepieniu na $2J + 1$ poziomów, gdzie J oznacza całkowity moment pędu elektronu. Nowe poziomy są przesunięte względem niezaburzonego o

$$\Delta E = \mu_B g m B$$

Poprawka ta wynika z dodatkowego czynnika w Hamiltonianie

$$\hat{H}' = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = \frac{\mu_B (\hat{L} + 2\hat{S})}{\hbar} \vec{B}$$

Powstałe w wyniku przejścia promieniowanie może być spolaryzowane liniowo gdy magnetyczna liczba kwantowa się nie zmienia lub kołowo gdy taka zmiana następuje.

Baz Pola	W Polu	Polaryzacja	przejście
J = 1	m = +1	σ_+	$-1 \rightarrow 0$
	m = 0		$0 \rightarrow 1$
	m = -1		$1 \rightarrow 2$
J = 2	m = +2	π	$-1 \rightarrow -1$
	m = +1		$0 \rightarrow 0$
	m = 0		$1 \rightarrow 1$
	m = -1	σ_-	$-1 \rightarrow -2$
	m = -2		$0 \rightarrow -1$
			$1 \rightarrow 0$

Rysunek 6: Rozszczepienie Zeemana

Oznaczenia:
 g - czynnik Landégo
 m - magnetyczna liczba kwantowa
 μ_B - magneton Bohra
 $\hat{L}, \hat{S}$ - operatory momentu pędu i spinu

Wyniki

Obserwacja poprzeczna (Rysunek 4)

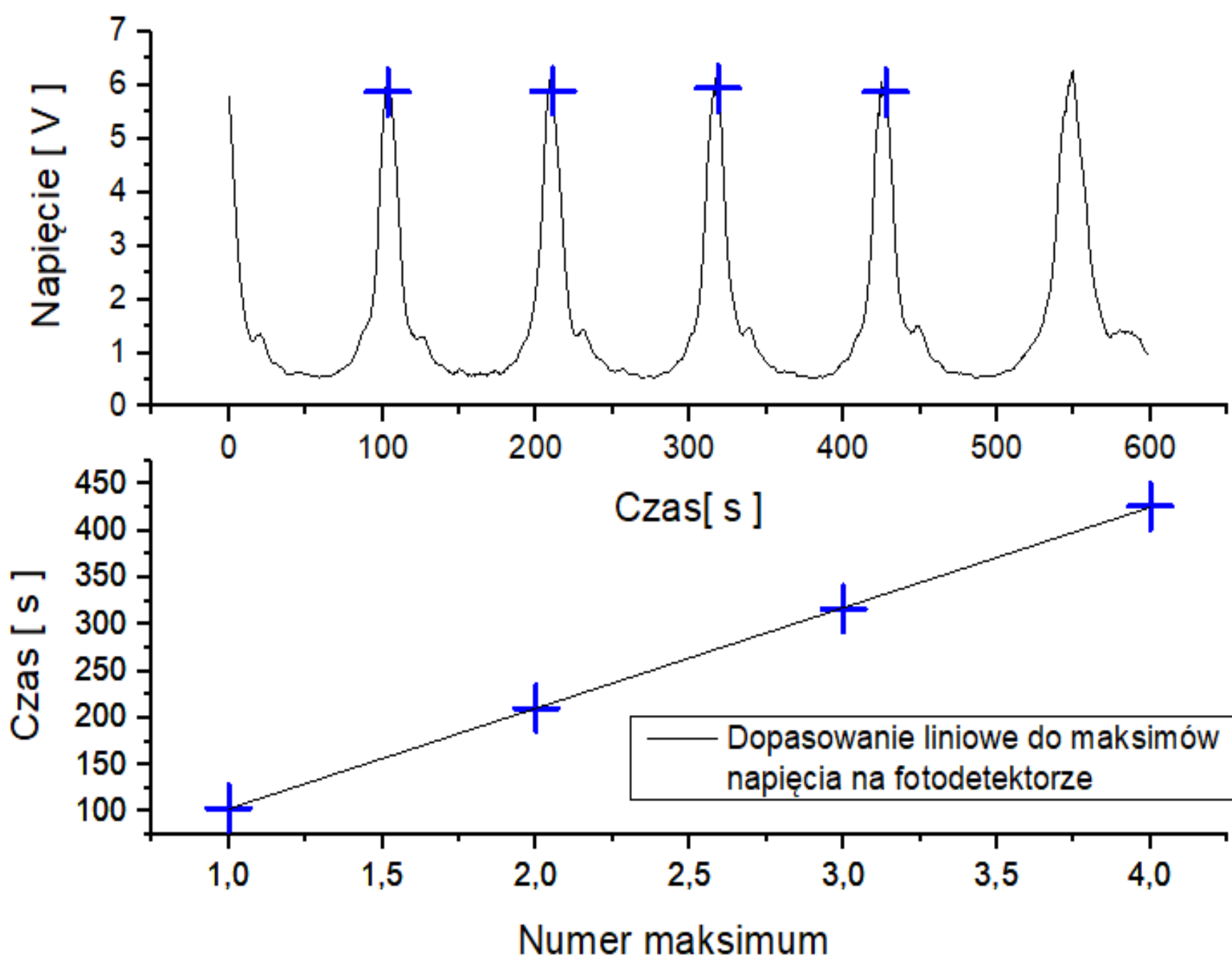
Prąd I_e [A]	Przejście	
	$-1 \rightarrow -1$	$1 \rightarrow 1$
38	$\Delta E = 0.47(1) \cdot 10^{-4} \text{ eV}$	$\Delta E = -0.45(1) \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
	$\Delta \nu = 0.38(1) \text{ cm}^{-1}$	$\Delta \nu = -0.36(2) \text{ cm}^{-1}$
	$B_1 = 1.62(2) \text{ T}$	$B_1 = 1.56(2) \text{ T}$
30	$\Delta E = 0.42(2) \cdot 10^{-4} \text{ eV}$	$\Delta E = -0.45(1) \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
	$\Delta \nu = 0.34(1) \text{ cm}^{-1}$	$\Delta \nu = -0.37(1) \text{ cm}^{-1}$
	$B_2 = 1.46(2) \text{ T}$	$B_2 = 1.58(2) \text{ T}$
20	$\Delta E = 0.32(1) \cdot 10^{-4} \text{ eV}$	$\Delta E = -0.31(1) \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
	$\Delta \nu = 0.25(1) \text{ cm}^{-1}$	$\Delta \nu = -0.24(1) \text{ cm}^{-1}$
	$B_3 = 1.10(2) \text{ T}$	$B_3 = 1.06(3) \text{ T}$

Obserwacja podłużna (Rysunek 5)

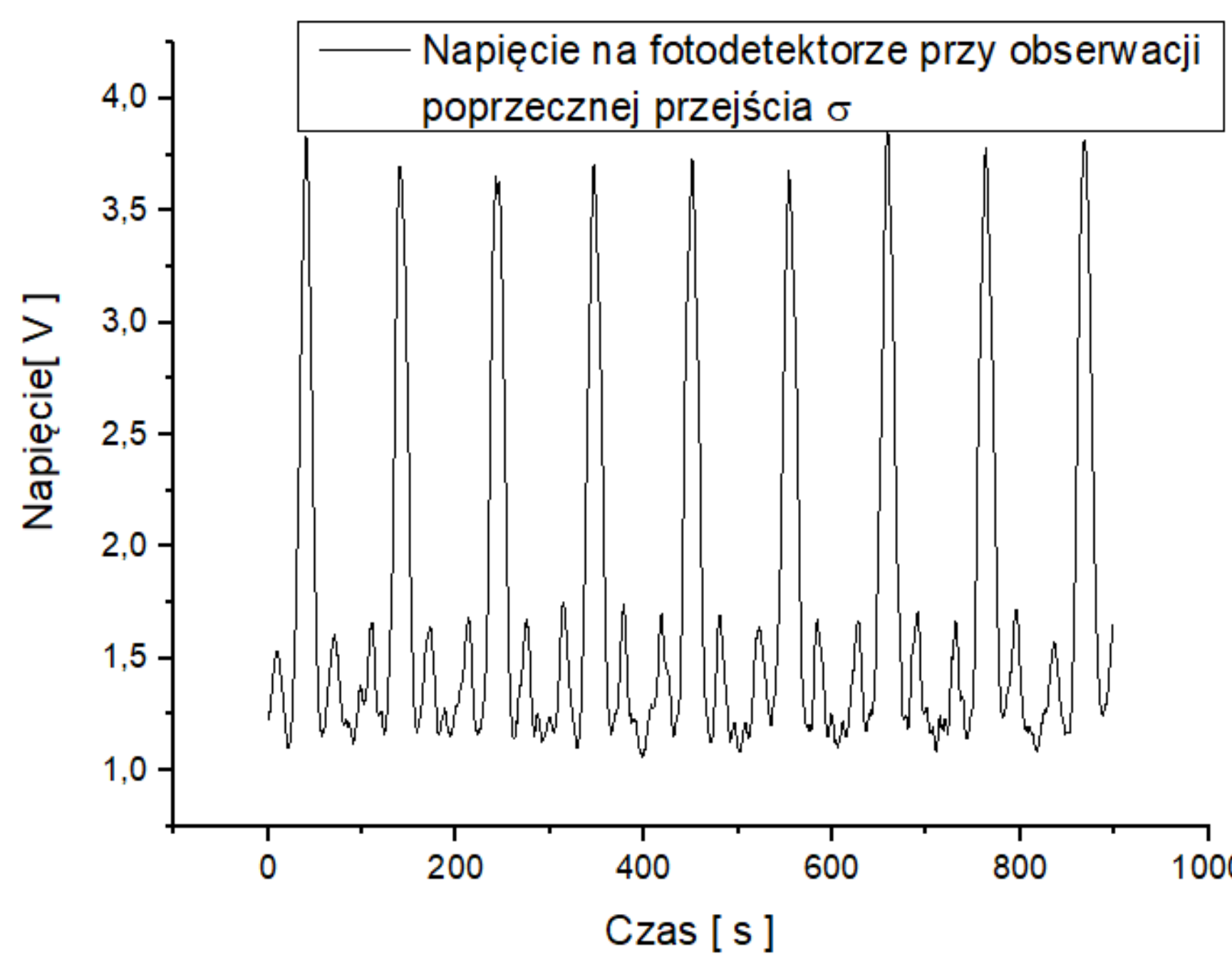
Przejście	σ_+		σ_-	
	II	I	III	IV
$\Delta E [10^{-4} \text{ eV}]$	0.30(2)	0.60(1)	0.25(3)	0.52(2)
$\Delta \nu [\text{cm}^{-1}]$	0.24(1)	0.51(1)	0.21(1)	0.42(2)
B [T]	1.04(2)	1.08(2)	1.08(2)	1.18(4)

WNIOSKI

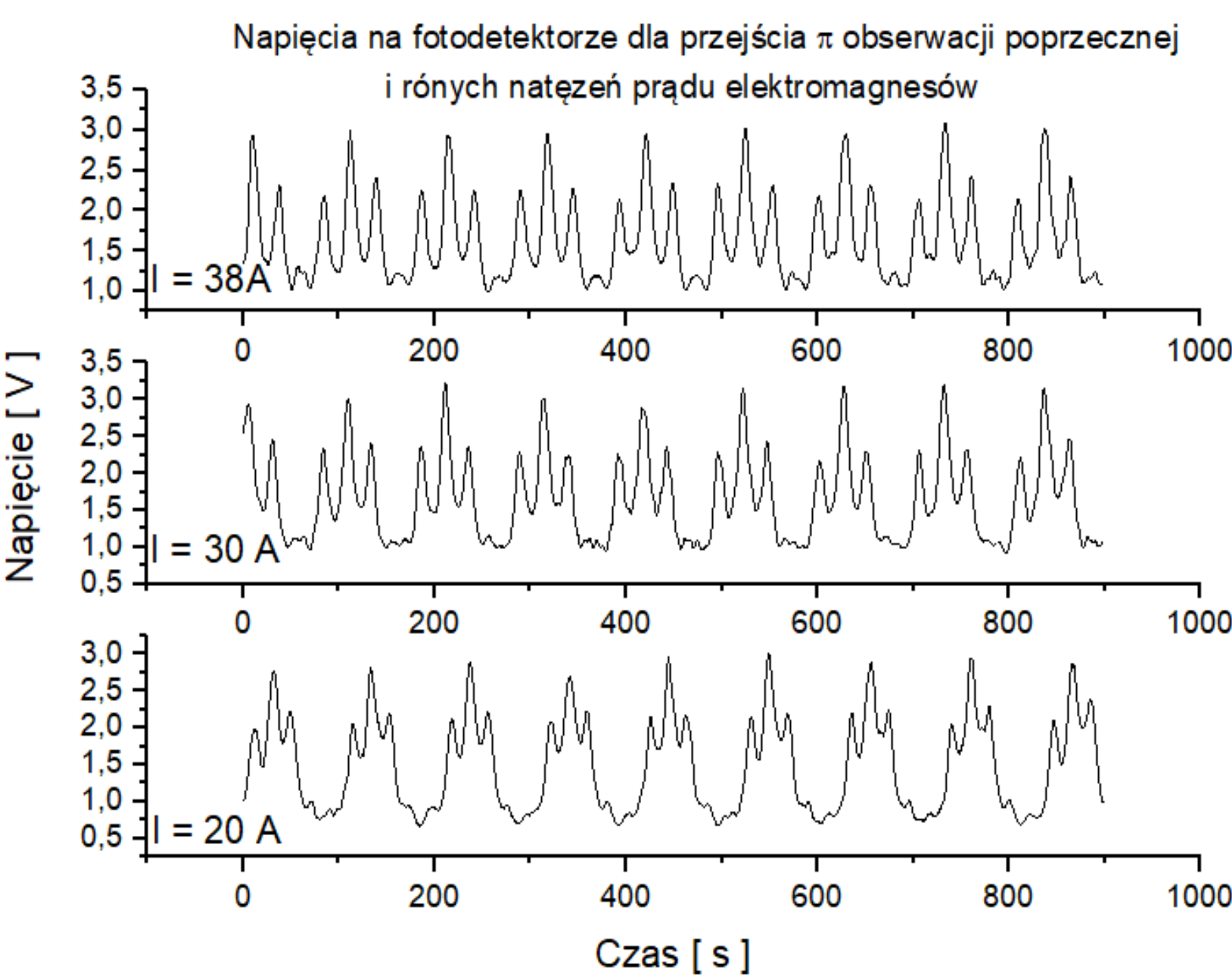
Współczynnik załamania dwutlenku węgla jest proporcjonalny do ciśnienia. Pole magnetyczne znosi degenerację poziomów energetycznych ze względu na magnetyczną liczbę kwantową. Zmianie momentu pędu atomu towarzyszy emisja spolaryzowanego światła. Pole elektromagnetyczne jest nośnikiem momentu pędu.



Rysunek 2: Przebieg napięcia na fotodetektorze dla lampy rtęciowej przy nieobecności pola magnetycznego



Rysunek 3: Przebieg napięcia na fotodetektorze dla lampy rtęciowej przy obecności pola magnetycznego, przy detekcji poprzecznej



Rysunek 4: Przebieg napięcia na fotodetektorze dla lampy rtęciowej przy obecności pola magnetycznego dla różnych natężeń prądu elektromagnesu, przy detekcji poprzecznej.

