

Ćwiczenie nr 68

Pomiar przepuszczalności optycznej filtrów barwnych za pomocą spektrofotometru „Spekol”

1 Wstęp teoretyczny

1.1 Absorpcja i barwa

Barwa ciał nieprzeźroczystych oraz filtrów optycznych wynika ze zjawiska selektywnej absorpcji promieniowania elektromagnetycznego. Filtr barwny pochłania fale o określonych długościach, przepuszczając pozostałą część widma. Zjawisko to ma charakter rezonansowy; absorpcja jest maksymalna, gdy częstotliwość fali ν pokrywa się z częstotliwością drgań własnych cząsteczek substancji (Ling et al., 2018). Długość fali λ związana jest z częstotliwością relacją:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

gdzie c to prędkość światła w próżni.

1.2 Transmisja optyczna

Miarą przepuszczalności światła przez ośrodek jest transmisja optyczna T (współczynnik przepuszczalności). Definiuje się ją jako stosunek natężenia wiązki światła po przejściu przez próbkę J_f do natężenia wiązki padającej (lub przechodzącej przez wzorzec) J_{wz} (Dryński, 1976):

$$T(\lambda) = \frac{J_f(\lambda)}{J_{wz}(\lambda)} \cdot 100\%$$

Zależność $T(\lambda)$ nazywana jest charakterystyką widmową filtru i pozwala określić użyteczność elementu optycznego w konkretnych zastosowaniach spektroskopowych.

1.3 Spektrofotometr Spekol

Przyrząd wykorzystuje siatkę dyfrakcyjną do rozszczepienia światła białego (z żarówki) na widmo ciągłe. Poprzez mechaniczny obrót siatki wybierana jest wąska wiązka monochromatyczna o zadanej długości fali λ . Światło to przechodzi przez kuetę (z filtrem lub wzorcową) i pada na detektor fotoelektryczny. Prąd fotodetektora, proporcjonalny do natężenia światła, jest mierzony przez układ analogowy.

2 Przebieg doświadczenia

Pomiary wykonano przy użyciu spektrofotometru Spekol. Po okresie wygrzewania urządzenia (ok. 5 min) i wyzerowaniu układu przy zamkniętej przysłonie, przeprowadzono kalibrację na „100%” dla wzorcowej długości fali, używając pustej kuwety wzorcowej. Następnie w tor optyczny wprowadzano kuwetę z badanym filtrem i odczytywano wartość transmisji T . Procedurę powtórzono dla trzech filtrów: czerwonego, niebieskiego i zielonego, w zakresie długości fal od 450 nm do 850 nm. Punkty pomiarowe zagęszczano w obszarach szybkich zmian transmitancji.

3 Wyniki pomiarów

W poniższych tabelach zestawiono wyniki pomiarów transmisji T w funkcji długości fali λ .

Tabela 1: Wyniki pomiarów dla filtru czerwonego, niebieskiego i zielonego.

Filtr Czerwony		Filtr Niebieski		Filtr Zielony	
λ [nm]	T [%]	λ [nm]	T [%]	λ [nm]	T [%]
450	10	450	56	450	62
470	10	470	59	470	61
490	10	490	58	490	71
510	11	510	55	510	71
530	12	515	52	530	68
550	25	520	51	550	73
570	35	525	48	560	73
590	45	530	47	570	69
595	51	550	47	580	62
600	56	555	45	590	59
605	59	560	43	610	59
610	62	565	39	630	56
630	64	570	35	650	56
650	64	590	25	670	64
670	71	610	26	675	67
675	74	630	29	680	70
680	77	650	39	685	73
685	80	670	54	690	76
690	83	680	61	710	80
710	88	690	66	730	80
730	88	710	70	750	80
750	85	730	75	770	67
760	78	750	80	780	60
770	71	760	76	790	54
780	64	770	70	800	48
790	58	780	63	810	43
800	51	790	56	820	37
810	45	810	45	830	33
830	35	830	35	840	29
850	21	850	27	850	26

4 Analiza niepewności

Zastosowano metodę B szacowania niepewności pomiarowej.

4.1 Niepewność długości fali $u(\lambda)$

Działka elementarna bębna monochromatora wynosi $\Delta\lambda_d = 5$ nm. Przyjmując rozkład jednostajny, niepewność standardowa wynosi:

$$u(\lambda) = \frac{\Delta\lambda_d}{\sqrt{3}} = \frac{5 \text{ nm}}{1,73} \approx 2,9 \text{ nm}$$

4.2 Niepewność transmisji $u(T)$

Maksymalny błąd graniczny odczytu transmisji oszacowano sumując niepewność wzorcowania fotoprądu oraz niepewność paralaksy i odczytu eksperymentatora. Przyjęto $\Delta T_{max} = 7\%$ (punkty procentowe na skali). Niepewność standardowa:

$$u(T) = \frac{\Delta T_{max}}{\sqrt{3}} = \frac{7\%}{1,73} \approx 4,0\%$$

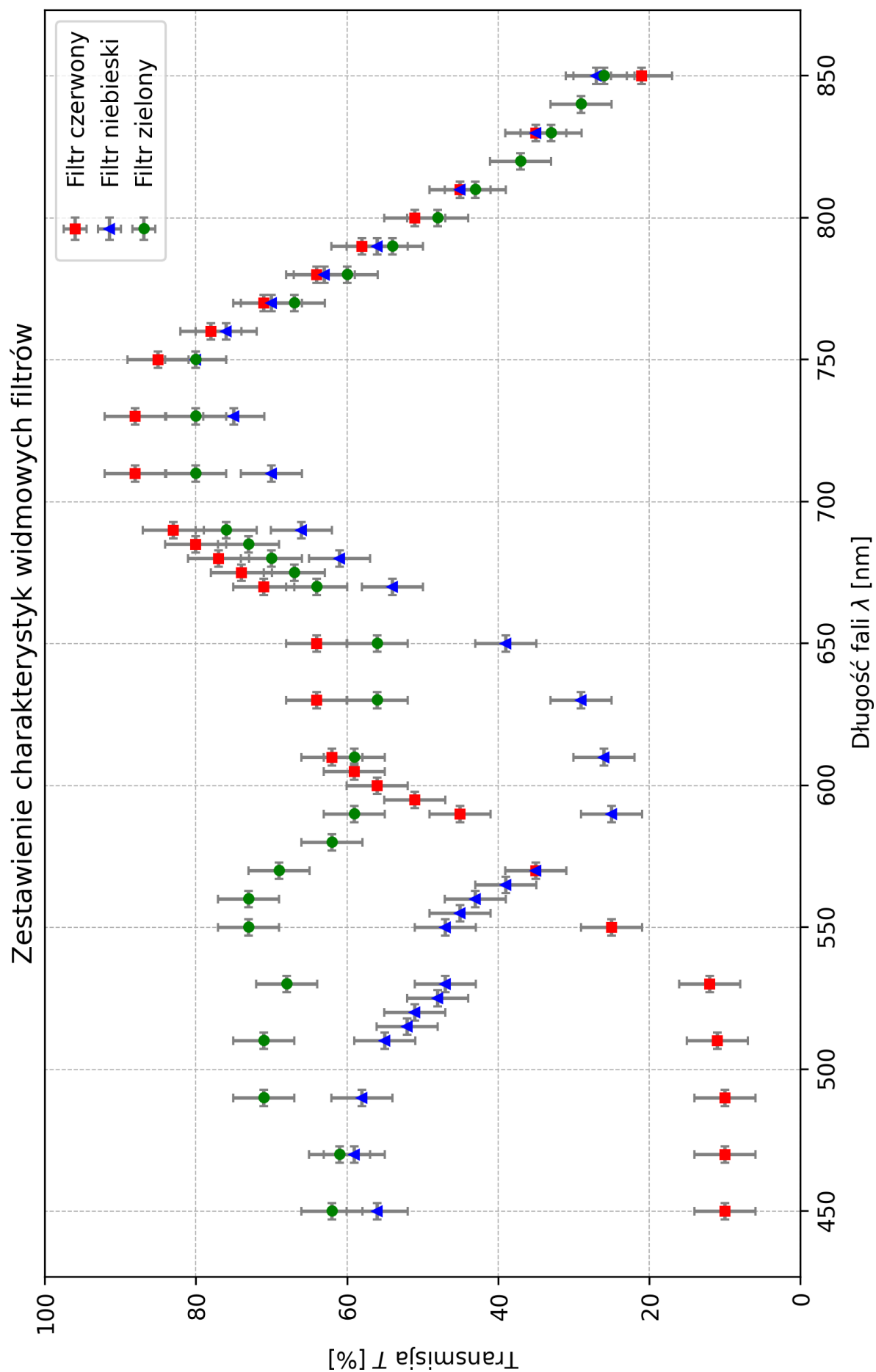
5 Wnioski

Przeprowadzono analizę widmową trzech filtrów barwnych. Na podstawie wyznaczonych charakterystyk $T(\lambda)$ (por. Wykresy) można stwierdzić:

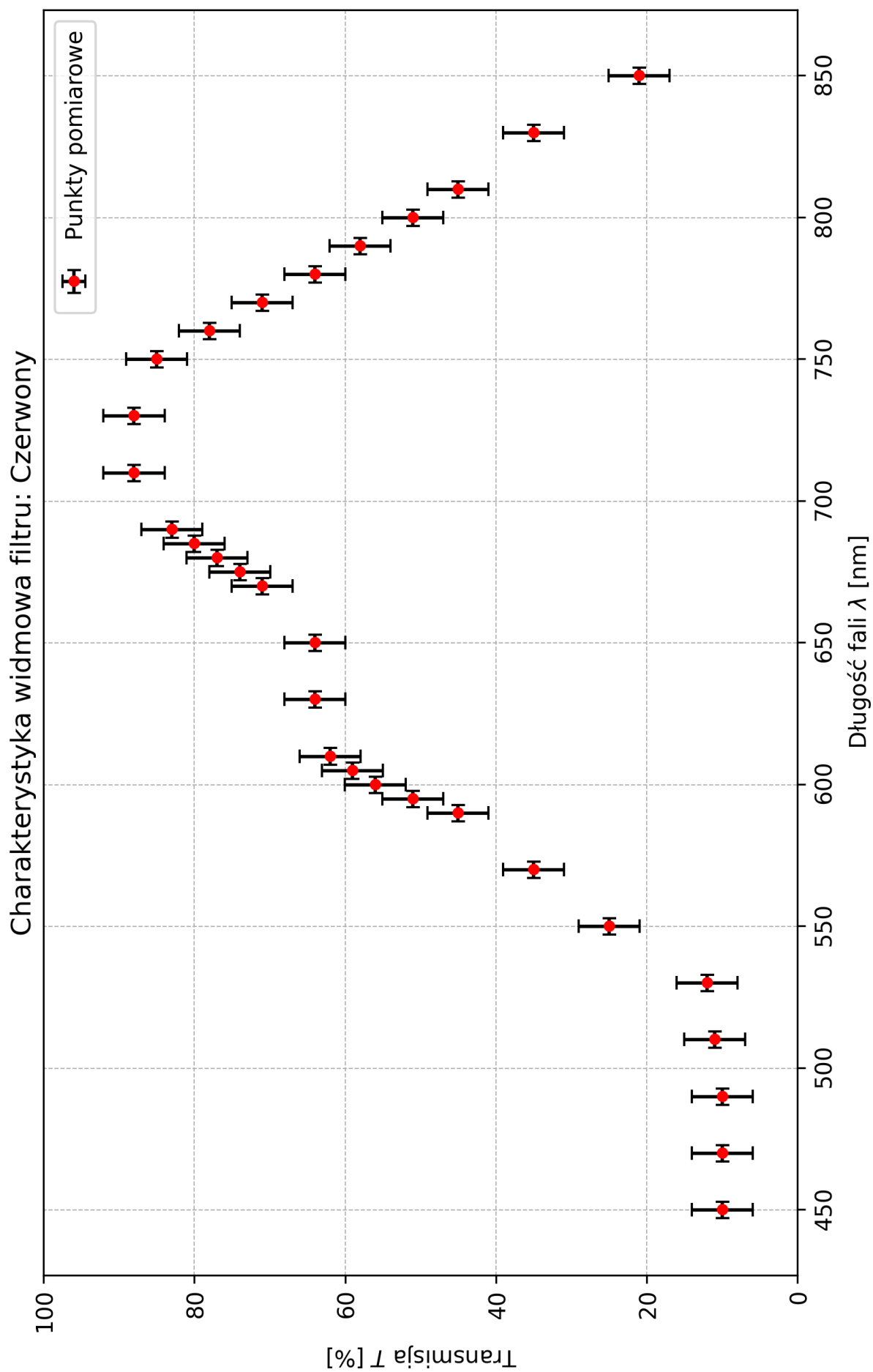
- **Filtr czerwony** jest filtrem długofalowym (tzw. dolnozaporowym w domenie częstotliwości). Silny wzrost transmisji następuje od ok. 550 nm, osiągając maksimum $T \approx 88\%$ dla $\lambda \in [710, 730]$ nm. Skutecznie blokuje fale krótsze niż 500 nm.
- **Filtr zielony** posiada charakterystykę pasmowo-przepustową z szerokim lokalnym maksimum transmisji w obszarze 550 nm ($T = 73\%$) oraz drugim wzrostem w bliskiej podczerwieni (> 700 nm).
- **Filtr niebieski** wykazuje maksimum w zakresie światła niebieskiego ($\lambda \approx 470$ nm, $T = 59\%$), jednak charakteryzuje się również znaczną przepuszczalnością w zakresie czerwieni i podczerwieni.

Głównym źródłem niepewności pomiarowej jest analogowy system odczytu spektrofotometru Spekol, co skutkuje niepewnością standardową transmisji na poziomie $u(T) \approx 4,0\%$.

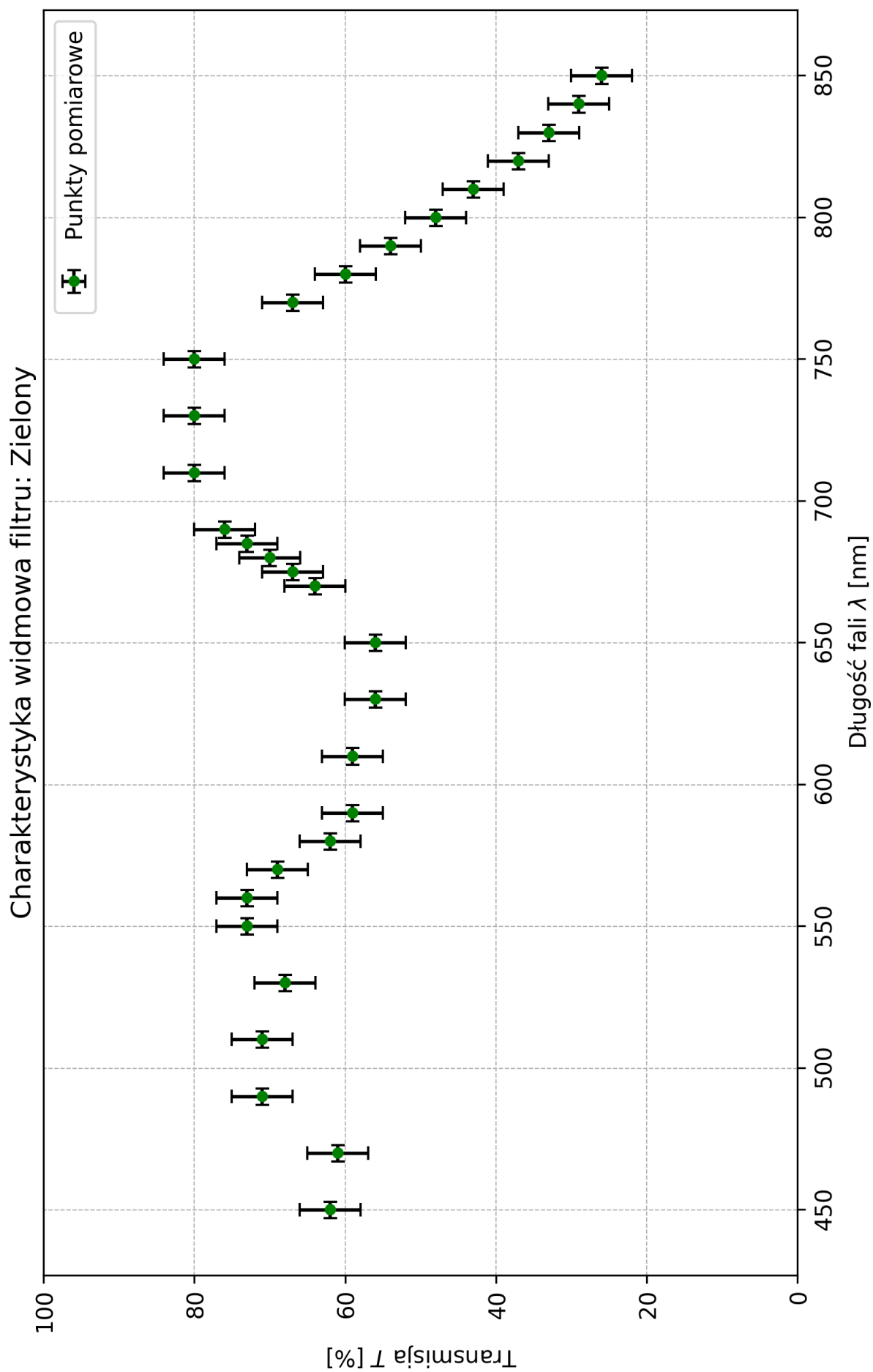
6 Wykresy



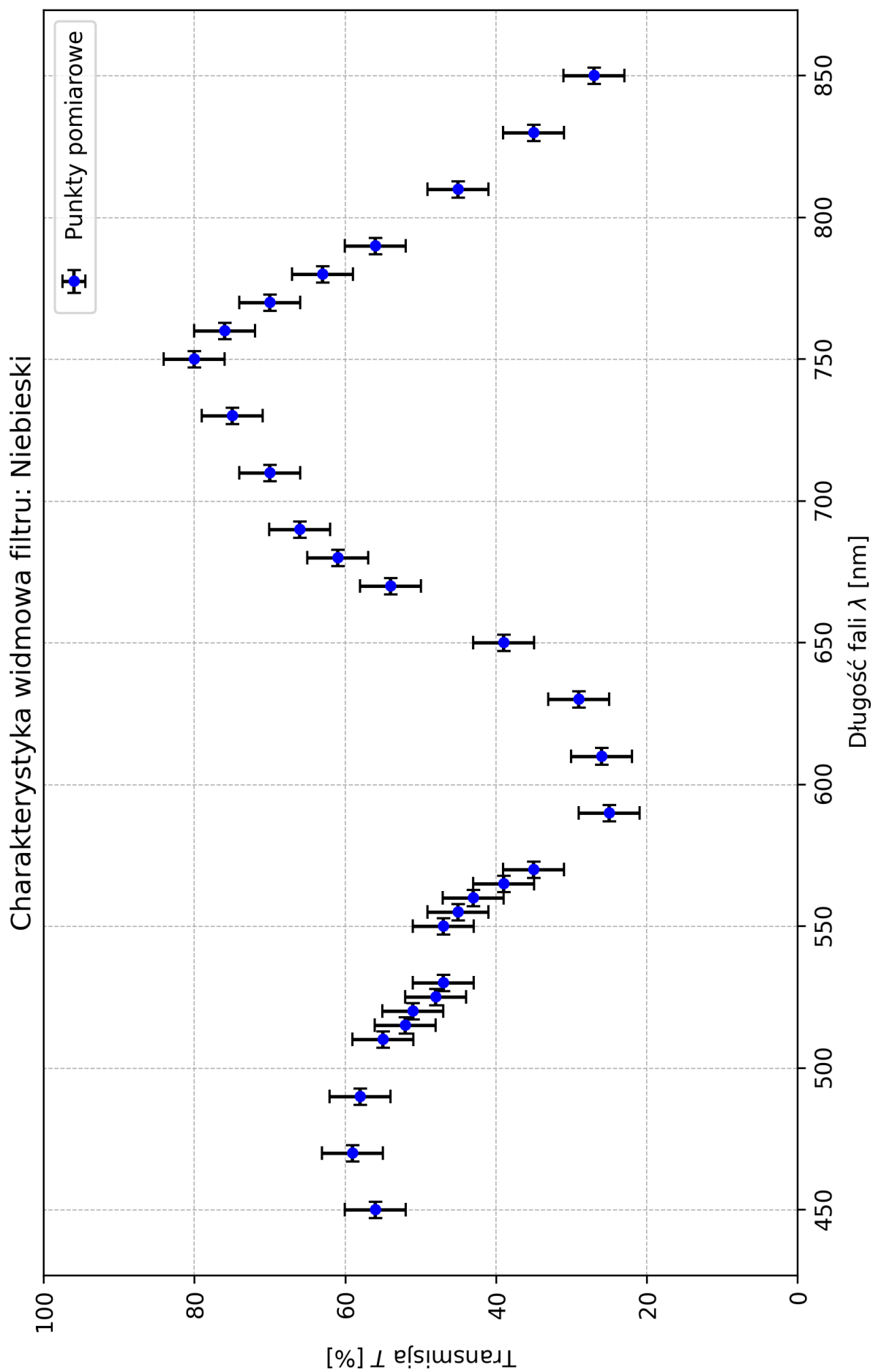
Rysunek 1: Porównanie charakterystyk widmowych wszystkich badanych filtrów.



Rysunek 2: Zależność transmisji od długości fali dla filtra czerwonego.



Rysunek 3: Zależność transmisji od długości fali dla filtra zielonego.



Rysunek 4: Zależność transmisji od długości fali dla filtra niebieskiego.

Literatura

Dryński, T. (1976). *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 5 edition.

Ling, S. J., Sanny, J., and Moebs, W. (2018). *Fizyka dla szkół wyższych, Tom 3*. OpenStax. Dostęp: 13.10.2025.