

SPRAWOZDANIE

ĆWICZENIE: 2	TERMIN: ŚR 16:45-19:00	DATA: 31.01.2024	GRUPA: C4
TEMAT: MIKROFLUIDYCZNA POMPA ŚRUBOWA			
1.	MATEUSZ	KOWALCZYK	268533
2.	MICHAŁ	KOZŁOWSKI	268693

Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach, rozwój technologii mikrofluidycznych pomaga nam zrozumieć i manipulować przepływem cieczy na mikroskalę, co znajduje zastosowanie w różnorodnych dziedzinach. Mikrofluidyczne pompy śrubowe charakteryzują się wykorzystaniem śrubowego mechanizmu do generowania przepływu, co pozwala na doskonałą regulację ilości przetłoczonej cieczy. Ich mikroskopijne rozmiary i zaawansowane technologie pozwalają na integrację w mikrofluidycznych układach lab-on-a-chip, co sprawia, że są kluczowe w dziedzinie analizy chemicznej, biotechnologii i medycyny diagnostycznej. Pompy te oferują wysoką precyzję, co pozwala na prowadzenie eksperymentów i procesów na bardzo małą skalę, otwierając nowe perspektywy w dziedzinie mikrofluidyki. W świetle tego, przeprowadziliśmy eksperyment mający na celu zgłębienie mechanizmu sterowania przepływem cieczy za pomocą mikrofluidycznej pompy śrubowej.

Zastosowania mikrofluidycznej pompy śrubowej:

- **Mikroanaliza chemiczna:** Mikrofluidyczne pompy śrubowe umożliwiają precyzyjne dostarczanie reagentów w mikroskalowych systemach analitycznych, wspomagając mikroanalizę chemiczną.
- **Biotechnologia:** W obszarze biotechnologii mikrofluidyczne pompy śrubowe są wykorzystywane do precyzyjnego dawkowania i mieszania substancji w procesach związanych z biologią molekularną czy produkcją leków.
- **Medycyna diagnostyczna:** Stosowanie mikrofluidycznych pomp śrubowych w diagnostyce medycznej umożliwia kontrolę przepływu próbek, co jest kluczowe dla szybkiego i precyzyjnego diagnozowania różnych chorób.
- **Inżynieria tkankowa:** Mikrofluidyczne pompy śrubowe są wykorzystywane w inżynierii tkankowej do precyzyjnego dostarczania komórek i substancji do konkretnych obszarów, wspomagając tworzenie sztucznych tkanek.

Nasza pompa mikrofluidyczna skonstruowana została z zastosowaniem polimetylosiloksanu (PDMS), który powszechnie stosowany jest w dziedzinie mikrosystemów [1] medycznych na przykład ze względu na jego biokompatybilne właściwości. Została wykonana ona metodą druku 3D. Sterowanie pompą odbywa się za pomocą silnika krokowego, kontrolera silnika oraz Arduino MEGA 2560 dostosowanego idealnie do przeprowadzenia naszego eksperymentu.

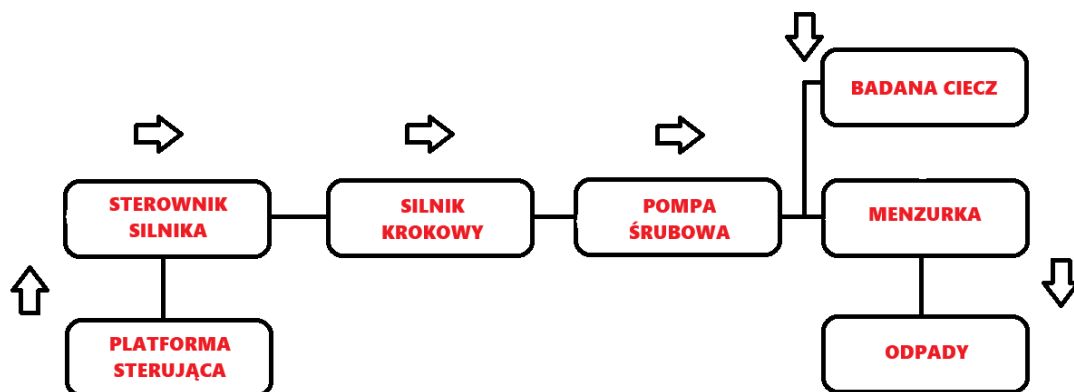
Metoda

W ramach naszego eksperymentu, skoncentrowaliśmy się na mikrofluidycznej pompie śrubowej, badając wpływ różnych parametrów na jej efektywność w sterowaniu przepływem cieczy. Po uprzednim sprawdzeniu stanu techniki oraz wtłoczeniu cieczy do rurki przepływowej, przyjrzelśmy się bardzo dokładnie procesom zasysania i tłoczenia cieczy testowych. W tym celu użyliśmy mikrofluidyczne menzurki o objętości 40 μL (z podziałką 1 μL) z gwintem M3 do pomiaru objętości i szybkości przepływu.

Pomiary zrealizowane zostały w dwóch trybach pracy naszej mikropompy:

- **Rotation Mode** - tryb zliczania obrotów,
- **Flow Control Mode** – tryb kontroli przepływem.

Poglądowy schemat pomiarowy [Rysunek 1] naszego stanowiska prezentował się następująco:



Rysunek 1: Poglądowy schemat działania stanowiska pomiarowego.

Eksperyment

Eksperyment odbywał się w dwóch trybach pracy, których wyniki przedstawiliśmy w osobnych tabelach. Na samym początku pomiarów korzystając z trybu ręcznego pompy staraliśmy się zassać do rurki ciecz, a następnie przyrównaliśmy ją do poziomu zerowego naszej menzurki. Czynność tę musieliśmy niestety powtórzyć, ponieważ podczas montażu napełnionej cieczą rurki do menzurki okazało się, że do rurki przedostał się pęcherzyk powietrza uniemożliwiający realizację dokładnego pomiaru.

Początkowe fazy eksperymentu przeprowadzono w trybie Rotation Mode. Naszym celem było zweryfikowanie, jaką objętość cieczy nasza mikropompa jest w stanie dostarczyć i odprowadzić do/z menzurki pomiarowej. Warto zaznaczyć, że warunki tego doświadczenia, takie jak liczba obrotów na minutę [RPM] oraz czas [t], pozostały stałe dla każdego pojedynczego pomiaru.

Drugim etapem przeprowadzanych badań było przeprowadzenie pomiarów ilości napompowanej do menzurki cieczy w zależności od czasu oraz trybu RPM.

Pomiary zrealizowane w ramach laboratorium przedstawiliśmy w [Tabela 1] oraz [Tabela 2].

Tabela 1: Wyniki pomiarów w trybie Rotation Mode.

Warunki pomiaru:		
RPM [liczba obrotów na minutę] = 10 Czas zassania/wtłoczenia = 60 [s]		
Ilość obrotów	Objętość wtłoczonej cieczy [μl]	Objętość zassanej cieczy [μl]
10	5,3	5,3
9	4,7	4,7
7	3,85	3,85
5	2,75	2,65
3	1,6	1,5
1	0,6	0,5

Tabela 2: Wyniki pomiarów w trybie Flow Control Mode.

RPM	Czas [s]	Ilość wtłoczonej cieczy [μl]
5	20	0,75
	40	1,5
	60	2,25
	80	3,1
10	20	1,6
	40	3,1
	60	4,8
	80	6,5
15	20	2,25
	40	4,75
	60	6,7
	80	-

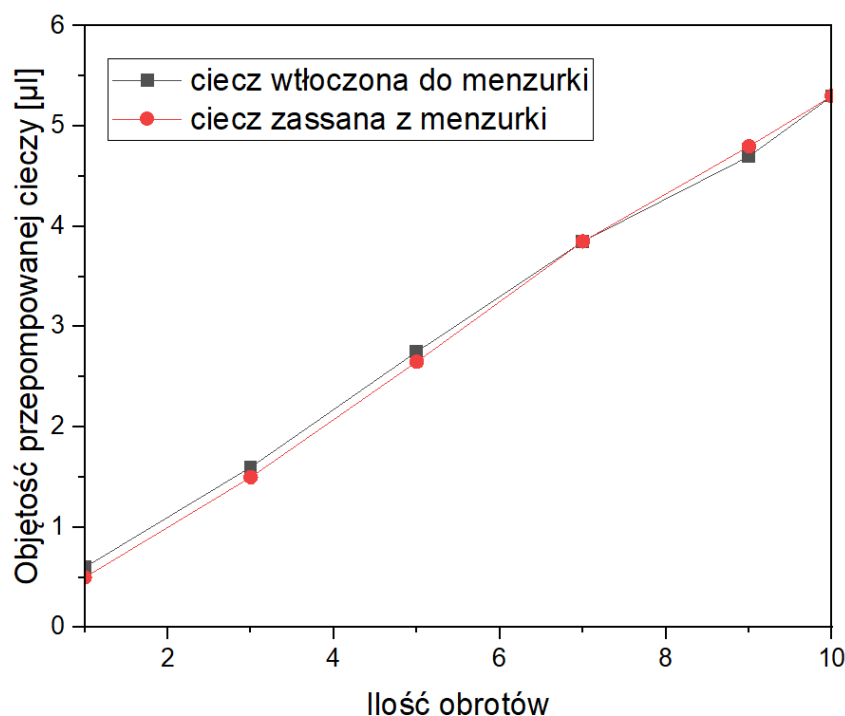
W celu przedstawienia wykresu [Rysunek 2] zgodnie z założeniami prowadzącego policzyliśmy wartości teoretyczne jakie powinny odpowiadać naszym pomiarom. Nasze pomiary przeprowadzone były na pompie śrubowej z gwintem M3 oraz menzurką 40 [μl]. W tym celu skorzystaliśmy ze wzoru :

$$\text{wart.teoretyczna} = \pi \cdot \left(\frac{\text{sr. podziałowa}}{2}\right)^2 \cdot \text{skok} \cdot \text{ilosc obrotow}$$

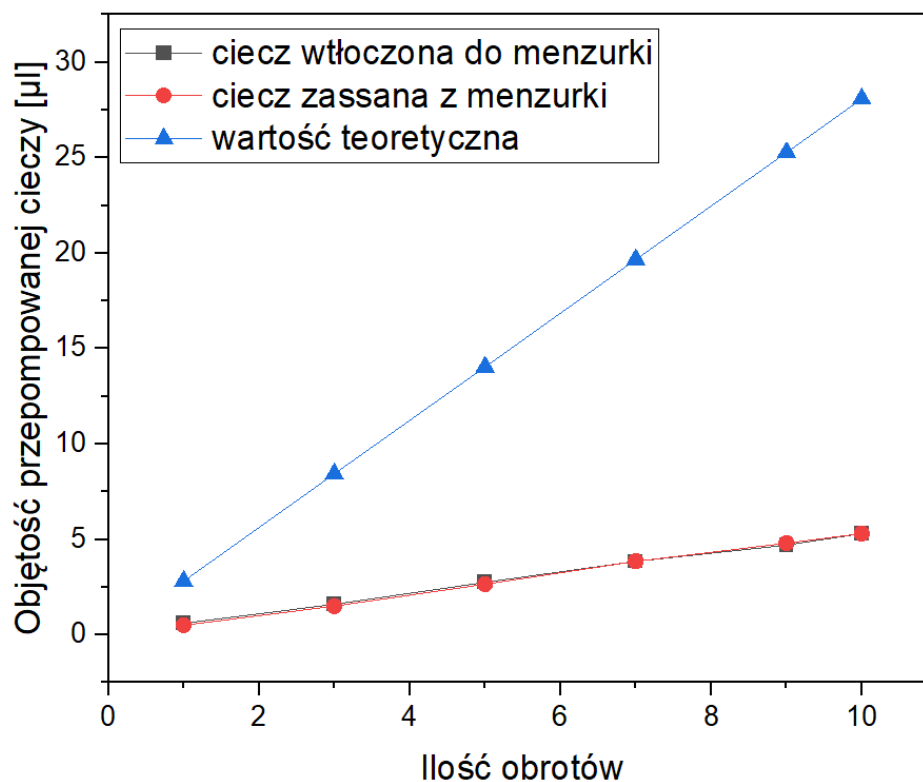
Wartość średnicy podziałowej oraz skoku podana została nam w instrukcji do zajęć. Wykres z uwzględnieniem wartości teoretycznych [Rysunek 3] przedstawiony został przez nas na następnej stronie, natomiast wartości po przeliczeniu prezentowały się następująco [Tabela 3]:

Tabela 3: Tabela wartości teoretycznych przepompowanej cieczy

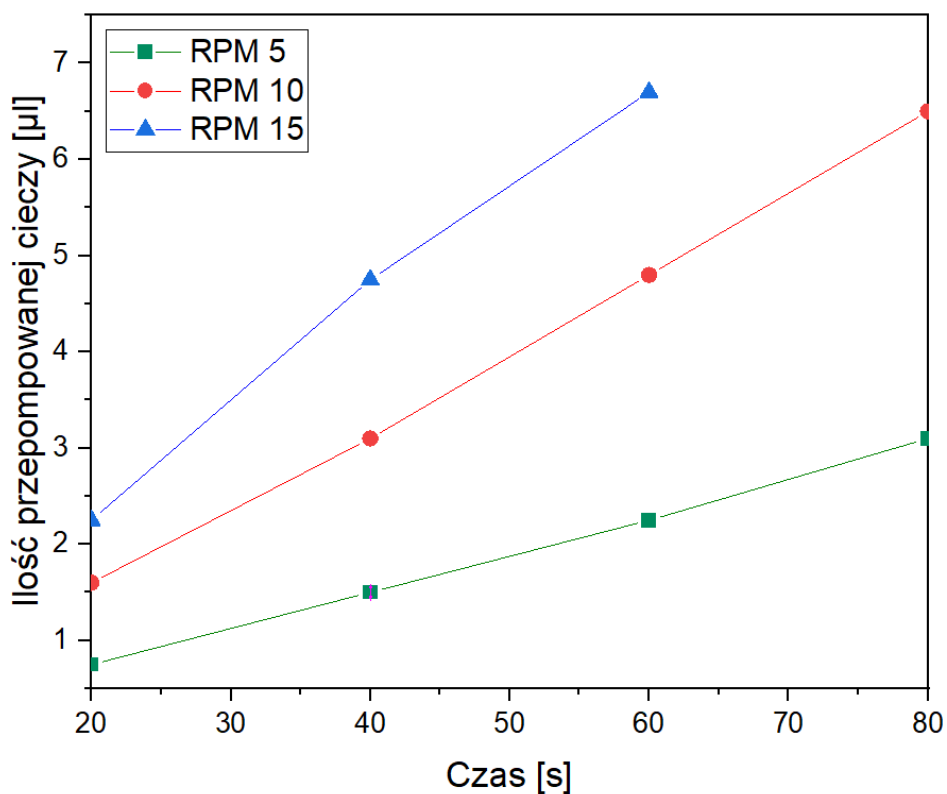
RPM	Teoretyczna objętość przepompowanej cieczy [μl]
10	28,09
9	25,28
7	19,66
5	14,04
3	8,43
1	2,81



Rysunek 2: Wykres przedstawiający histerezę wskazań między wtłoczeniem a zassaniem cieczy w stałym trybie RPM = 10.



Rysunek 3: Wykres przedstawiający histerezę wskazań między wtłoczeniem a zassaniem cieczy w stałym trybie RPM = 10 z załączonymi teoretycznymi wartościami odniesienia.



Rysunek 4: Wykres zależności ilości przepompowanej cieczy w stosunku do czasu oraz trybu pracy RPM.

Wnioski i podsumowanie

Podsumowując przeprowadzony przez nas eksperyment, zauważamy kluczowe aspekty, które wpływają na precyzję pomiarów. Pierwszym istotnym elementem jest odpowiednie zaaplikowanie cieczy do rurki pomiarowej, co ma istotne znaczenie dla uniknięcia wprowadzenia pęcherzyków powietrza do wnętrza rurki.

Następnie, nasze obserwacje potwierdziły, że liczba obrotów na minutę (RPM) ma bezpośredni wpływ na ilość przepompowanej cieczy przez badaną pompę śrubową. Zauważyliśmy, że zmiany tej objętości rosną w sposób liniowy i proporcjonalny do czasu przepompowania.

Dodatkowo, zaobserwowaliśmy lekką histereze podczas pomiarów w trybie Rotation Mode. Konkretnie, w tych samych warunkach pomiaru, pompa przy mniejszej ilości obrotów nie jest w stanie zassać takiej ilości cieczy, jaką udało jej się wcześniej wtłoczyć do menzurki (Różnica jest rzędu 0,1 μ l).

W porównaniu wyników otrzymanych z naszych eksperymentów z wynikami teoretycznymi, zauważamy pewne rozbieżności, co sugeruje, że pompa nie osiąga pełnej wydajności zgodnie z idealnymi założeniami pracy. Możliwym powodem tych rozbieżności może być występowanie tarcia w układzie między rurką a cieczą, co stanowi istotny czynnik wpływający na precyzję pomiarów.

Rola studenta

Analiza stanu techniki: Mateusz Kowalczyk, Michał Kozłowski; **Kontrola stanowiska przed wykonaniem badań:** Mateusz Kowalczyk, Michał Kozłowski; **Przeprowadzenie badań:** Mateusz Kowalczyk, Michał Kozłowski; **Przetwarzanie wyników:** Mateusz Kowalczyk, **Edycja sprawozdania:** Mateusz Kowalczyk.; **Kontrola jakości sprawozdania:** Michał Kozłowski

Bibliografia

[1] Engineers are from PDMS-land, Biologists are from Polystyrenia.

[2] Czym są i jakie zalety mają pompy śrubowe, by techtrade SEO, techtrade.pl, 17.01.2023.r:

<https://techtrade.pl/czym-sa-i-jakie-zalety-maja-pompy-srubowe/>