

**DZIAŁ: HYDRODYNAMIKA
ĆWICZENIE B: Wyznaczanie oporów przy przepływie płynów
[WYKONANIE ĆWICZENIA]**

opracowanie: A.W.

CEL ĆWICZENIA:

Wyznaczenie oporów miejscowych i na odcinkach prostoliniowych przy przepływie płynu rzeczywistego przez model rurociągu, model kolumny z wypełnieniem (lub reaktora ze złożem katalitycznym) oraz wybrane elementy instalacji. Określenie zależności pomiędzy parametrami geometrycznymi modelu a wyznaczonymi stratami ciśnienia.

ZAKRES OBOWIĄZUJĄCEGO MATERIAŁU:

Przykładowe zagadnienia:

1. Jakże rozróżniamy płyny? Jaki może być charakter przepływu płynu?
2. Wyjaśnij czym są liczby kryterialne, jakie mają zastosowanie? Podaj przykłady liczb kryterialnych.
3. Przedstaw krótko czego dotyczą: równanie ciągłości strumienia, równanie Bernoulliego, równanie Darcy-Weisbacha.
4. Wyjaśnij na czym polega zasadnicza różnica obserwowana podczas przepływu płynów idealnych i rzeczywistych.
5. W jakich procesach obserwuje się jednofazowy przepływ płynu przez złożę porowate?

Pozostałe pytania do zaliczenia ćwiczenia znajdują się w materiałach dodatkowych „ARKUSZ PYTAŃ”.

OMÓWIENIE NAJWAŻNIEJSZYCH ZAGADNIĘĆ:

znajduje się w materiałach dodatkowych „INSTRUKCJA-TEORIA”.

LITERATURA OBOWIĄZKOWA:

1. Jacek Molenda „Technologia chemiczna”, WSiP, Warszawa 1997,
2. Edgar Bortel „Zarys technologii chemicznej”, WN PWN, Warszawa 1992

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

3. Wieńczysław Kuczynski „Podręcznik do ćwiczeń z technologii chemicznej”, PWN, Warszawa 1974,
4. Praca zbiorowa „Kalendarz chemiczny”, cz. II., tom I., PWT, Warszawa 1955,
5. Krzysztof Schmidt-Szałowski, Jan Sentek, Jerzy Raabe, Ewa Boryk „Podstawy technologii chemicznej; Procesy w przemyśle nieorganicznym”, OWPPW, Warszawa 2004,
6. F. M. White, “Viscous Fluid Flow”, 2nd ed., McGraw-Hill, (1991); [arXiv:physics/0410237v1](https://arxiv.org/abs/physics/0410237v1); You-Jae Kim, J.-G. Han and Youn J. Kim “Numerical Analysis of Flow Characteristics of An Atmospheric Plasma Torch”, 12th International Congress on Plasma Physics, 25-29 October 2004, Nice (France),
7. “Technical handbook”, Magnetrol, bulletin 41-600.4, USA 2005,
8. Praca zbiorowa „Poradnik fizykochemiczny”, WNT, Warszawa 1974,
9. Roman Koch, Andrzej Noworyta „Procesy mechaniczne w inżynierii chemicznej”, WNT, Warszawa 1998,

APARATURA:

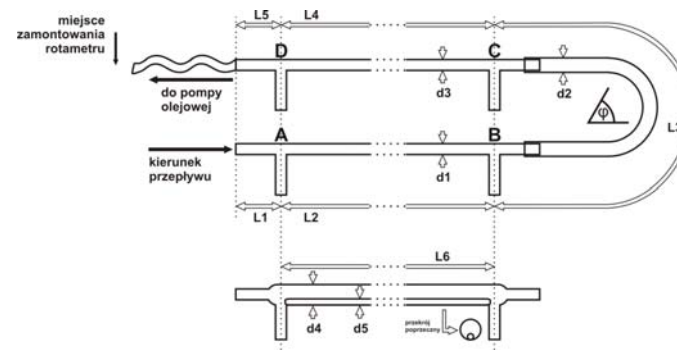
Wszystkie potrzebne elementy znajdują się na stanowisku pomiarowym (sala 405).

Aparatura wykorzystywana do ćwiczenia składa się z: rotametu, manometru wodnego, pompy olejowej oraz elementów instalacji (szklanych i z tworzywa sztucznego).

Straty ciśnienia przy przepływie płynu rzeczywistego można badać w trzech wariantach: dla modelu rurociągu (CZ. I.), dla modelu kolumny z wypełnieniem porowatym (CZ. II.) oraz dla typowych elementów, które mogą stanowić część instalacji (CZ. III.). Pełną listę dostępnych elementów zawiera załącznik w materiałach dodatkowych „RYSUNKI”.

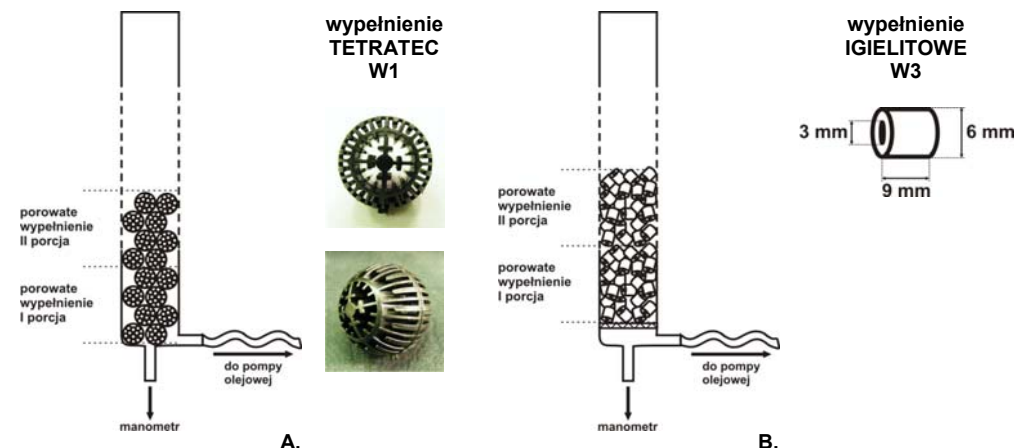
Poniżej przedstawiono schematy modeli oraz rysunki wybranych elementów.

CZĘŚĆ I. MODEL RUROCIĄGU



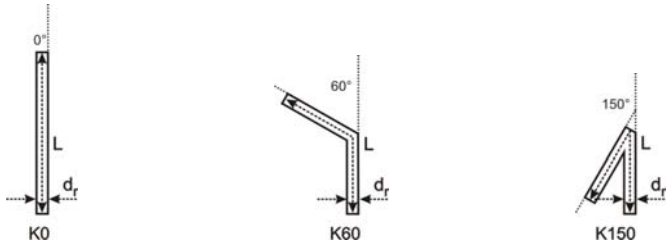
rys. 1. Schemat modelu rurociągu z zaznaczonymi wymiarami geometrycznymi oraz kierunkiem przepływu płynu (w punktach oznaczonych literami A, B, C, D należy zamontować manometr na czas pomiaru)

CZĘŚĆ II. MODEL KOLUMNY Z WYPEŁNIENIEM (A., B.) lub REAKTORA ZE ZŁOŻEM KATALITYCZNYM (A.)

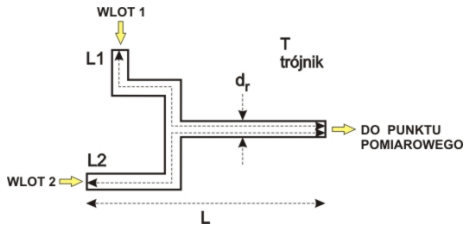


rys. 2. Modele kolumn z wypełnieniem porowatym lub reaktora ze złożem katalitycznym (na rysunkach zaznaczono wysokość złoża podzielonego na porcje)

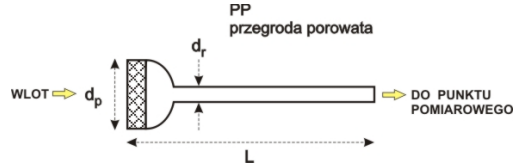
CZĘŚĆ III. ELEMENTY DODATKOWE (przykłady)



rys. 3. Kolanka



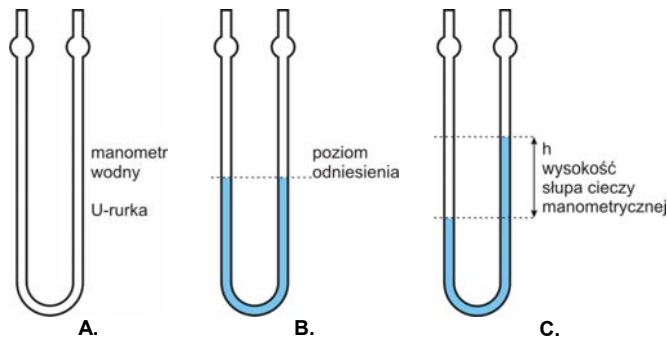
rys. 4. Trójnik



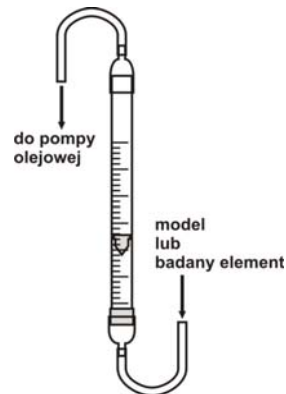
rys. 5. Przegroda porowata

SPOSÓB WYKONANIA POMIARÓW:

Poniżej przedstawiono rysunki przyrządów pomiarowych umożliwiających określenie natężenia przepływu i strat ciśnienia przy przepływie płynu przez wybrany do ćwiczenia układ. Do pomiaru ciśnienia wykorzystuje się najprostszy manometr wodny (U-rurkę). Różnica ciśnień działających na końce U-rurki powoduje wychylenie się poziomu cieczy manometrycznej. Prawdźliwie odczytana wartość wysokości słupa cieczy została pokazana na **rys. 6. C**. Do przeprowadzenia obliczeń konieczna jest również znajomość objętościowego natężenia przepływu. W tym celu do układu należy zamontować rotametr zgodnie ze schematem przedstawionym na **rys. 7**.



rys. 6. Sposób odczytywania ciśnienia za pomocą U-rurki



rys. 7. Rotametr

Zadaniem grupy wykonującej ćwiczenie jest przeprowadzenie pomiarów dla:

- CZ. I. modelu rurociągu składającego się z minimum 3-5 elementów i/lub
- CZ. II. modelu kolumny z wypełnieniem podzielonym na 5-10 porcji i/lub
- CZ. III. serii elementów dodatkowych ew. kilku alternatywnych pomiarów dla elementu, w którym jest to możliwe.

Wybór zestawu należy **UZASADNIĆ** i określić, jaka zależność miała być zbadana.

na pracowni obowiązuje prowadzenie zeszytu laboratoryjnego

WYKONANIE ĆWICZENIA:

UWAGA! z powodu dużego oporu niektórych elementów należy zwrócić uwagę na kolejność montowanych elementów oraz długość wybranego manometru! podczas wszystkich operacji nie dławić zbytnio przepływu! wszelkie przełączenia wykonywać przy wyłączonej pompie!

Zmontować układ pomiarowy.

Zapisać podstawowe dane do arkusza pomiarowego:

- p_0 – aktualne ciśnienie atmosferyczne [Pa]
- T_{AIR} – temperatura [°C] (w przypadku uwzględniania poprawki dla lepkości powietrza)
- wymiary geometryczne modeli oraz badanych elementów:
- $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ – długości [m]
- $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ – średnice [m]
- Q_v – objętościowe natężenie przepływu [m³/s]
- pomiary wykonane manometrem:
- $h_A, h_B, h_C, \dots, h_N$ – różnice poziomu cieczy manometrycznej [m]

Zapisać którym odcinkom modelu rurociągu, bądź jakim elementom odpowiadają poszczególne wartości mierzonych różnic poziomu cieczy manometrycznej.

Po zanotowaniu natężenia przepływu zmierzyć różnice poziomu cieczy manometrycznej ($h_A, h_B, h_C, h_D, \dots$) w kolejnych punktach modelu rurociągu: A, B, C, D, itd. Do układu można przyłączyć dodatkowe elementy np. trójnik, pętla, kolanka itp. tak aby wyznaczyć dla nich straty ciśnienia (w tym przypadku pomiar wykonuje się tylko w punkcie A po skorygowaniu poziomu odniesienia o opór początkowego odcinka). Pomiar strat ciśnienia dla modelu kolumny z wypełnieniem porowatym (lub reaktora ze złożem katalitycznym) przy różnych wysokościach złoża wykonuje się po przyłączeniu manometru bezpośrednio do modelu.

OPRACOWANIE WYNIKÓW:

- Korzystając z materiałów pomocniczych ustalić/obliczyć:
- charakter przepływu,
 - bezwzględne ciśnienie w punktach pomiarowych, np. A, B, C, D, itd.,
 - spadki ciśnienia na kolejnych odcinkach/elementach wraz z podaniem rodzaju oporów,

- całkowity opór dla danego modelu (całkowitą wysokość straconą) oraz opory na odcinkach prostoliniowych i miejscowe,
- współczynnik oporu miejscowego dla zastosowanych dodatkowych elementów (np. trójkąt).

Dla odcinków prostoliniowych wartości wyznaczone eksperymentalnie (Z , λ) porównać z wielkościami oporów obliczonymi teoretycznie.

Przedstawić dyskusję wyników, skomentować rozbieżności pomiędzy wartościami oczekiwanymi i uzyskanymi.

TABELA WYNIKÓW:

Wyniki należy zebrać w tabeli.

Do opracowania wyników i przygotowania sprawozdania bezpośrednio na laboratorium wykorzystać arkusz kalkulacyjny udostępniony przez prowadzącego. Wersję demonstracyjną arkusza przedstawiono w materiałach dodatkowych: „arkusz wyników-PRZYKLAD”.

odcinek	opis (w tym rodzaj oporów)	Re	Z [m]	λ_{exp}	λ_{teor}	φ_{exp}

POMOCNICZE DANE LICZBOWE:

wielkość	wartość	jednostka
przyspieszenie ziemskie g	9.81	[m/s ²]
gęstość wody ρ_{H_2O}	1000	[kg/m ³]
gęstość powietrza ρ_{AIR}	1.293	[kg/m ³]
lepkość dynamiczna powietrza w t=18°C μ_{AIR}	182.7	[μ P]

UWAGA! lepkość przeliczyć na jednostki układu SI

ZASADY BEZPIECZEŃSTWA, ODPADY:

Należy zachować ostrożność przy wykonywaniu połączeń elementów szklanych (zalecane jest stosowanie okularów ochronnych).

CZAS TRWANIA PRACOWNI (w zależności od sprawności wykonania):

Przygotowanie stanowiska, wykonanie pomiarów – 40-60 minut; pozostały czas należy wykorzystać na sprzątnięcie stanowiska, obliczenia, analizę wyników i przygotowanie sprawozdania.