

**Opis przedmiotu zamówienia**  
**Zakup i dostawa do Politechniki Krakowskiej trzech stanowisk do laboratorium**  
**mechaniki płynów (2)**

**Zamawiający:**

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki  
Katedra Energetyk al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

**Opis przedmiotu zamówienia**

**Specyfikacja:**

**1. Stanowisko bazowe umożliwiające przeprowadzenie podstawowych ćwiczeń laboratoryjnych z mechaniki płynów wraz z akcesoriami:**

Wyposażenie minimalne:

Moduł bazowy, który zapewnia podstawowe wyposażenie do wskazanych ćwiczeń, który zapewnia dostarczanie wody w obiegu zamkniętym; określanie objętościowego natężenia przepływu, pozycjonowanie jednostki eksperymentalnej na powierzchni roboczej modułu bazowego oraz zbieranie kapiącej wody. Zamknięty obieg wody z leżącym poniżej zbiornikiem magazynowym z wydajną pompą zatapialną oraz zbiornikiem pomiarowym.

Pompa: moc min. 250 W, maksymalny strumień przepływu 150 l/min, wysokość podnoszenia 7,6 m

Zbiornik magazynowy o pojemności do 200 l

Zbiorniki pomiarowe o pojemności 10 i 60 l

Wymiary maksymalne urządzenia: 1.3 x 0.8 x 1.1 m

Akcesoria: stoper, miarka do małych przepływów, instrukcja obsługi

- Akcesorium do pomiaru ciśnienia hydrostatycznego w cieczy na przykładzie przegrody zakrzywionej

Wyposażenie i dane techniczne:

Zbiornik na wodę o kącie nachylenia przegrody od 0° do 90° i pojemności do 2 L, wyskalowany miarką od 0 do 250 mm, w którym maksymalny obszar efektywny wynosi 75x100 mm.

Dźwignia z ramieniem o długości maksymalnej 250 mm

Odważniki: 2,5 N, 2 N, 2x1N, 0,5 N



- do pomiaru stateczności ciał pływających na przykładzie prostopadłościanu o zmiennym środku ciężkości

Wypożyczenie i dane techniczne:

Pływający korpus o wymiarach dł. x szer. x wys.: 300x130x190 mm z masztami o wysokości do: 400 mm. Korpus posiada skalę poziomą 180 mm, pionową, 400 mm, skalę zanurzenia 120 mm oraz skalę wychylenia korpusu  $\pm 30^\circ$

Zestaw zawiera zbiornik na wodę: 50L

- Akcesorium do pomiaru sił oddziaływania płynu na przeszkody w oparciu o 4 typy deflektorów strumienia

Wypożyczenie i dane techniczne:

Akcesorium wyposażone jest w zbiornik o średnicy wew. 200 mm i wysokości do 400 mm. Do zbiornika zamontowana jest dysza o średnicy 10 mm, przez którą przepływa woda oddziałując na przeszkody będące na wyposażeniu:

    płaska powierzchnia:  $90^\circ$

    powierzchnia skośna:  $45^\circ/135^\circ$

    powierzchnia półokrągła:  $180^\circ$

    powierzchnia stożkowa:  $135^\circ$

Dodatkowo zestaw zawiera obciążniki:

    4x 0,2N, 3x 0,3N, 2x 1N, 2x 2N, 2x 5N

- Akcesorium do pomiaru liniowych i miejscowych strat ciśnienia w rurociągu składające się z min. 6 odmiennych sekcji rurociągu, które mogą pracować niezależnie

Wypożyczenie i dane techniczne:

Akcesorium wyposażone jest w odcinki rur PCV 20x1,5mm do mocowania armatury lub obiektów pomiarowych

Odcinki rur o długości do 800 mm powinny charakteryzować się następującym wyposażeniem:

- prosty odcinek rury:  $d=20 \times 1,5 \text{ mm}$ , długość: 800mm, PVC
- nagłe skurczenie:  $d=32 \times 1,8-20 \times 1,5 \text{ mm}$ , PVC
- nagłe rozszerzenie:  $d=20 \times 1,5-32 \times 1,8 \text{ mm}$ , PVC
- z 2x trójnikiem  $45^\circ$  i 2x trójnikiem
- z kolankiem 2x  $90^\circ$ :  $d=20 \times 1,5 \text{ mm}$ , PVC i kolankiem 2x  $45^\circ$ :  $d=20 \times 1,5 \text{ mm}$ , PVC

Wypożyczenie obowiązkowe: 2x manometry dwururowe: 0...1000 mm słupa wody

Zakresy pomiarowe ciśnienia: 0...0,1bar

- Akcesorium umożliwiające zobrazowanie linii prądu, które kształtują się po przejściu przez takie przeszkody jak: mały cylinder, duży cylinder, profil aerodynamiczny (min. 2 szt.), przeszkoda o zaokrąglonej i ostrej krawędzi



**Politechnika Krakowska**  
im. Tadeusza Kościuszki

Wyposażenie i dane techniczne:

Akcesorium wyposażone w zbiornik eksperymentalny o wymiarach dł. x szer. x wys.: 625 x 20 x 150 mm. Kontrastem jest atrament, który wtryskiwany jest przy pomocy dysz (min. 7 szt.)

Dodatkowe wymagane wyposażenie: Zbiornik na wodę: do 12,5L, Zbiornik na atrament do 200 ml.

## **2. Stanowisko bazowe umożliwiające przeprowadzenie podstawowych ćwiczeń laboratoryjnych z mechaniki płynów z układem akwizycji danych wraz z akcesoriami:**

Wyposażenie minimalne:

Moduł bazowy który zapewnia zamknięty obieg wody ze zintegrowanym podgrzewaczem, wyposażony w blat roboczy dla poszczególnych jednostek eksperymentalnych i gromadzenie wody kroplowej. W zestawie znajdują się złącza do chłodzenia wodą, które są podłączone do źródła wody dostarczanego przez laboratorium. Moduł bazowy zapewnia również sprzęt pomiarowy i sterujący, a także systemy komunikacyjne.

Pompa 1: moc min. 50 W, wydajność: 15 l/min, wysokość podnoszenia 12 m

Pompa 2: moc min. 25 W, wydajność: 10 l/min, wysokość podnoszenia 5 m

Podgrzewacz wody o mocy 800 W

Zbiornik wody: min. 10 l

Aparatura pomiarowa umożliwiająca pomiar:

- przepływu: 0-15 l/min.
- temperatury: 0-70 °C
- ciśnienia w zakresie: 0-1 bar, 0-0.2 bar, 0-0.05 bar

Zasilanie: 230 V

Wymiary maksymalne urządzenia: 1 x 0.7 x 0.7 m

- Akcesorium umożliwiające zobrazowanie przepływu przez przewody osiowosymetryczne tj. zobrazowanie przepływu laminarnego, turbulentnego wraz z pomiarem wartości charakterystycznych przepływu, pomiar przepływu przez odcinek prosty i kolanko 90 °

Wyposażenie i dane techniczne:

Zbiornik wlotowy o pojemności do 100 ml połączony z rurką wykonaną z szkła akrylowego Ø10 mm o długości do 380mm. Zestaw zawiera też kolanko 90° o promieniu do 60mm.

Prostownica o strukturze plastra miodu wykonana z poliwęglanu o kształcie rurki Ø 3,5mm

Zbiornik na atrament o pojemności do 125 mm

Zakresy pomiarowe:



**Politechnika Krakowska**  
im. Tadeusza Kościuszki

zakres pomiarowy natężenia przepływu: 0-15 L/min

zakres pomiarowy temperatury: 0-50°C

- Akcesorium do pomiaru profilu prędkości w rurze

Wyposażenie i dane techniczne:

Rura o długości: 310 mm i przekroju wewn.: 5 mm o wlocie stożkowym (kąt wlotu: 36) wykonana ze stali nierdzewnej

Pomiar prędkości za pomocą ruchomej w pionie rurki Pitotstatic wykonanej ze stali nierdzewnej i polipropylenu. Czujnik zegarowy, cyfrowy. Dane przekazywane za pomocą złącza RS 232

Zakresy pomiarowe:

wskazany zakres pomiarowy natężenia przepływu: 0- 5,3 L/min

wskazany zakres pomiarowy ciśnienia: 0-150 mbar

wskazany zakres pomiarowy temperatury: 0-50 °C

- Akcesorium do badań prawa Bernoulliego na przykładzie zwężki Venturiego

Wyposażenie i dane techniczne:

Dysza Venturiego (przezroczysta) o przekroju: 79-491 mm<sup>2</sup> i kącie otwarcia: 8° wraz z konturem wlotu z liniowym wzrostem ciśnienia na długości

Przylącza ciśnieniowe na dyszy Venturiego:

punkt pomiarowy przy Ø 25 mm

punkt pomiarowy przy Ø 13,2 mm

punkt pomiarowy przy Ø 11,1 mm

punkt pomiarowy przy Ø 10 mm (ciśnienie odniesienia)

punkt pomiarowy na Ø 11,1 mm

punkt pomiarowy na Ø 13,2mm

punkt pomiarowy na Ø 25mm

Rurka Pitota:

ruchoma w obszarze: 155mm o średnicy wewn. 1,1 mm oraz zewn. 2 mm

Zakresy pomiarowe:

wskazany zakres pomiarowy ciśnienia: 0-5500 Pa

wskazany zakres pomiarowy natężenia przepływu: 0-13,5 L/min

### **3. Stanowisko bazowe umożliwiające przeprowadzenie podstawowych ćwiczeń laboratoryjnych z aerodynamiki wraz z akcesoriami:**

Wyposażenie minimalne:



**Politechnika Krakowska**  
im. Tadeusza Kościuszki

Moduł bazowy. Który zawiera wentylator promieniowy, który może być używany do generowania prędkości przepływu do 40 m/s. Prędkość jest regulowana bezstopniowo za pomocą przetwornika częstotliwości. Zbiornik stabilizujący z prostownicą przepływu zapewnia stały, niski poziom turbulencji i powtarzalny przepływ w sekcji pomiarowej. Starannie ukształtowana dysza zapewnia w dużej mierze jednorodny rozkład prędkości przepływu powietrza. Akcesoria są mocowane za pomocą szybkozłączek i mogą być szybko i łatwo wymieniane. Punkty pomiarowe wzdłuż sekcji pomiarowej umożliwiają pomiary ciśnienia i prędkości. Manometry rurkowe są używane do wyraźnego pokazywania ciśnienia.

Wentylator: moc min. 370 W, wydajność: 15 m<sup>3</sup> /min, prędkość strumienia 40 m/s

Aparatura pomiarowa umożliwiająca pomiar:

- temperatury: 0-60 °C
- ciśnienia w zakresie: 0-370 mm słupa wody (dokładność: 1 Pa)

Zasilanie: 230 V

Wymiary maksymalne urządzenia: 2 x 0.8 x 2 m

- Akcesorium umożliwiające badanie warstwy przyściennej wzdłuż płyty

Wypożyczenie i dane techniczne:

Rurka Pitota:

średnica: 0,7 mm

zakres ruchu: 0,35-50 mm

Płytki ruchome w zakresie 0-250 mm o wymiarach: 260x55 mm, grubości: 5mm z fazą 30° o powierzchni gładkiej (chropowatość nie większa niż 25 µm) oraz powierzchni chropowatej do 400 µm

Nachylenie płytki: 1:12,5

- Akcesorium umożliwiające pomiar sił aerodynamicznych, które działają na profil aerodynamiczny w zakresie  $\pm 40^\circ$ , wyposażone w rurkę Pitota

Wypożyczenie i dane techniczne:

Rurka Pitota:

średnica: 1,1 mm

regulacja pozioma: 50-0-50 mm

Przekrój pomiarowy: 50x100 mm

Skala kątowa:  $\pm 40^\circ$

Korpus do przeciągania

płyta: 45x15 mm, o grubości: 1mm

cylinder: 15x45 mm

model aerodynamiczny: 100x15x45 mm



- Akcesorium do pomiaru przepływu w krzywce umożliwiające pomiar ciśnienia w minimum 29 punktach pomiarowych. Przekrój kolanka pomiarowego 90°: 50x100 mm
- Akcesorium do demonstracji efektu Coandy w pneumatycznym elemencie logicznym

Wyposażenie i dane techniczne:

Regulowane elementy:

2 płytki dysz

pozioma: 0-60 mm

pionowa: 0-20 mm

2 płytki prowadzące

obrotowe: 0-60°

regulowana długość

1 klin, pozycja pionowa: 0-50 mm

### **Pozostałe wymagania:**

#### **1). Karta katalogowa:**

Stanowiska dydaktyczne 1-3 dostarczone będą z kartami katalogowymi zarówno w języku polskim jak i angielskim.

Pod pojęciem karty katalogowej rozumie się:

- pełny opis stanowiska podstawowego oraz jego akcesoriów;
- instrukcje bezpieczeństwa;
- instrukcje użytkowania stanowiska oraz akcesoriów włącznie z instrukcjami użytkowania armatury regulacyjnej i pomiarowej;
- podstaw z teorii opisującej badane zjawisko/zjawiska przez poszczególne akcesorium;
- szczegółowe instrukcje „krok po kroku” eksperymentów badających zjawiska fizyczne oparciu o poszczególne akcesoria wraz z interpretacją uzyskanych wyników z uwzględnieniem celu eksperymentu, procesu jego przygotowania, prowadzenia i analizy wyników w oparciu o eksperyment dla zagadnień realizowanych przez poszczególne akcesoria;

Do oceny merytorycznej ofert należy dostarczyć tylko jedną dowolną kartę katalogową dla danego stanowiska. Natomiast przy odbiorze przedmiotu umowy Wykonawca zobligowany jest do dostarczenia kart katalogowych dla wszystkich stanowisk (1-3).

#### **2). Szkolenie:**

Po dostarczeniu zamówienia, a przed jego odbiorem musi zostać przeprowadzone szkolenie w zakresie obsługi, uruchomienia stanowisk oraz montażu i uruchomienia wszystkich jego



**Politechnika Krakowska**  
im. Tadeusza Kościuszki

akcesoriów. Dla każdego stanowiska zostanie przeprowadzony przynajmniej jeden eksperyment na podstawie dostarczonych kart katalogowych.

Szkolenie dla personelu przeprowadzone będzie w wymiarze min. 2 dni po 8 godzin dziennie dla trzech pracowników PK. Termin szkolenia zostanie uzgodniony przez obie strony po dostarczeniu stanowisk wraz z akcesoriami.

### **3). Dostawa:**

Warunkiem dostawy jest wniesienie, rozpakowanie zamówionych stanowisk w pomieszczeniu docelowym, oraz odbiór materiałów zabezpieczających stanowiska (palety, kartony, folie).

Miejsce dostawy: ul. Warszawska 24, Politechnika Krakowska, Katedra Procesów Ciepłych, Ochrony Powietrza i Utylizacji Odpadów, Budynek WIŚiE, pok 115

