

**M102. Badanie ruchu obrotowego bryły sztywnej**

**Cel:** zbadanie wybranych zagadnień z ruchu obrotowego bryły sztywnej:

- wyznaczenie przyspieszenia kąowego bryły sztywnej za pomocą pomiaru położenia stolika obrotowego w funkcji czasu;
- doświadczalne i teoretyczne wyznaczenie momentu bezwładności bryły sztywnej;
- zbadanie zamiany energii potencjalnej na energię kinetyczną ruchu obrotowego.

**Zagadnienia fizyczne:**

- moment bezwładności bryły sztywnej;
- równania ruchu dla punktu materialnego i bryły sztywnej (II zasada dynamiki Newtona);
- energia potencjalna i kinetyczna dla punktu materialnego i bryły sztywnej.

**Zagadnienia pomiarowe:**

- pomiar oporu za pomocą portu szeregowego;
- pomiar położenia za pomocą potencjometru, kalibracja potencjometru (przeliczenie oporu na położenie);
- określanie warunków początku i końca pomiaru (wyzwolenie i zakończenie pomiaru oporu po przekroczeniu odpowiednich wartości);
- dopasowanie funkcji kwadratowej do danych eksperymentalnych;
- numeryczne różniczkowanie danych eksperymentalnych (obliczenie chwilowych prędkości na podstawie zmian położenia w funkcji czasu).

**Wprowadzenie**

Druga zasada dynamiki Newtona dla ruchu obrotowego bryły sztywnej ma postać:

$$M = B \varepsilon, \quad (1)$$

gdzie  $M$  jest wypadkowym momentem siły działającym na bryłę,  $B$  – jej momentem bezwładności, a  $\varepsilon$  – przyspieszeniem kąowym. Moment bezwładności obracającej się bryły zdefiniowany jest wzorem:

$$B = \sum m_i r_i^2, \quad (2)$$

gdzie sumowanie odbywa się po wszystkich cząstkach bryły, które można uważać za punkty materialne o masie  $m_i$  i odległości od osi obrotu  $r_i$ . W praktyce do obliczania momentu bezwładności używa się całki po objętości:

$$B = \int \rho r^2 dV, \quad (3)$$

gdzie  $\rho$  jest gęstością bryły. Ze wzoru (3) można wyliczyć np., że moment bezwładności wypełnionego walca (krążka) o masie  $m$  i promieniu  $r$ , obracającego się wokół swojej osi symetrii, wynosi:

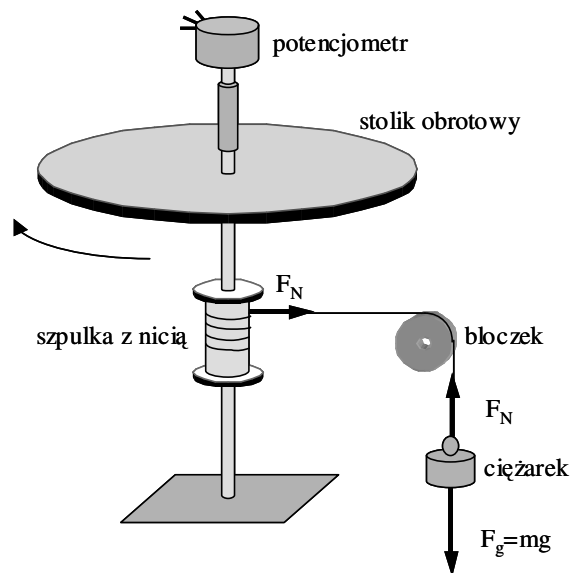
$$B = \frac{1}{2} m r^2. \quad (4)$$

Jeśli bryła o masie  $m$ , której moment bezwładności względem osi symetrii wynosi  $B_0$ , obraca się wokół osi oddalonej o odległość  $l$  od osi symetrii, to wówczas jej moment bezwładności wynosi (jest to tzw. twierdzenie Steinera):

$$B = B_0 + m l^2. \quad (5)$$

### Układ pomiarowy

W tym doświadczeniu do badania ruchu obrotowego bryły wykorzystany będzie stolik obrotowy przedstawiony schematycznie na rys.1.



Rys. 1. Schemat układu do badania ruchu obrotowego bryły sztywnej

Stolik wykonany jest z płytki z duraluminium, a w dwóch odległościach  $l_1$  i  $l_2$  od jego osi obrotu można umieścić po osiem obciążników, które będą zmieniały wypadkowy moment bezwładności. Stolik wprawiany jest w ruch obrotowy za pomocą ciężarka o masie  $m$ , przywiązanego do nici nawiniętej na szpulkę i przerzuconej przez bloczek obrotowy. Jeśli

moment bezwładności błočka można pominąć, to siła napięcia nici  $F_N$  jest po obu stronach błočka taka sama i moment siły napędzający stolik wynosi  $F_N R$ , gdzie  $R$  jest promieniem szpulki z nicią. Wobec tego wypadkowy moment siły działający na stolik wynosi  $F_N R - M_T$ , (gdzie  $M_T$  jest momentem siły tarcia występującej np. w łożyskach talerza), a wypadkowa siła działająca na opadający ciężarek wynosi  $m g - F_N$  (przyspieszenie ziemskie  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ ). Tak więc równania ruchu dla stolika i ciężarka mają postać:

$$F_N R - M_T = B \varepsilon \quad (6)$$

$$m g - F_N = m a. \quad (7)$$

*Zdania do wykonania:*

1. *Zmierzyć za pomocą suwmiarki promień szpulki  $R$ , odległości  $l_1$  i  $l_2$ , w których można umieszczać walcowe obciążniki na stoliku, zmieniające moment bezwładności bryły, oraz średnice obciążników.*
2. *Zważyć dostępne 3 rodzaje obciążników zwiększające moment bezwładności oraz, jeśli nie są podane ich masy, ciężarki wprawiające w ruch stolik obrotowy.*

### Rejestracja i analiza ruchu stolika obrotowego

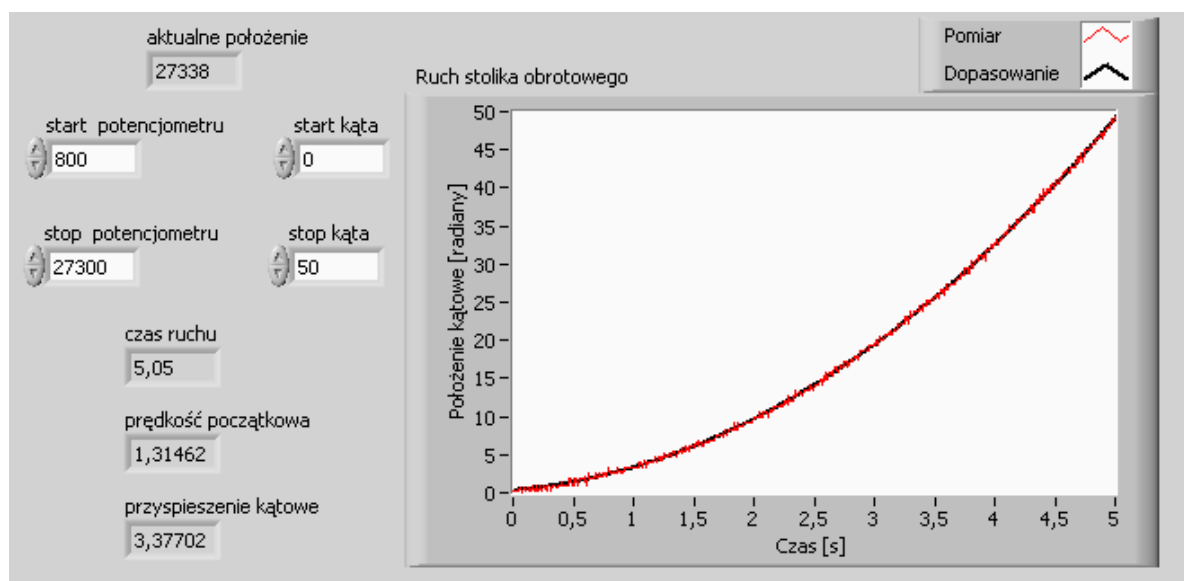
Obrót stolika rejestrowany jest za pomocą potencjometru, w którym zmiana oporu jest proporcjonalna do zmiany położenia kąowego  $\alpha$  stolika. Sposób pomiaru oporu (za pośrednictwem portu szeregowego) podany jest na końcu opisu ćwiczenia. Zarejestrowanie zmian oporu potencjometru w funkcji czasu  $t$  umożliwia wyznaczenie przebiegu obrotu stolika  $\alpha(t)$ . W ruchu obrotowym jednostajnie przyspieszonym zmiana położenia kąowego w czasie dana jest wzorem (przez analogię do ruchu jednostajnego prostoliniowego):

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \omega_0 t + \varepsilon t^2 / 2 \quad (8)$$

gdzie  $\alpha_0$  i  $\omega_0$  oznaczają odpowiednio początkowy kąt i początkową prędkość kątową. Zatem, z dopasowania funkcji kwadratowej ( $y = A_2 x^2 + A_1 x + A_0$ ) do wykresu  $\alpha(t)$  można bezpośrednio wyznaczyć przyspieszenie kątowe  $\varepsilon$  ( $\varepsilon = 2 A_2$ ) oraz prędkość początkową ( $\omega_0 = A_1$ ). Należy pamiętać, że we wszystkich powyższych wzorach położenie kątowe  $\alpha$  wyrażone jest w radianach. Do dopasowania funkcji kwadratowej pod LabView należy użyć funkcji **General Polynomial Fit.vi** (*polynomial order=2*, złącze *Polynomial Fit Coefficients* zwraca tablicę dopasowanych współczynników  $A_i$ ).

## Zdania do wykonania:

1. Napisać program w LabView umożliwiający pomiar oporu potencjometru za pośrednictwem portu szeregowego (np. podobny do przedstawionego na rys. 5). Zmierzyć, jakim wartościom oporu odpowiada górne i dolne położenie ciężarka, określające początek i koniec pomiaru ruchu. Wykonać przeskalowanie wartości oporu na położenie kątowe (jeden obrót oznacza zmianę położenia kątowego  $\alpha$  o  $2\pi$  radiany).
2. Napisać program w LabView, za pomocą którego będzie można zmierzyć przebieg w czasie zmian położenia kątowego stolika obrotowego, a następnie dopasować do tego przebiegu funkcję kwadratową i wyznaczyć przyspieszenie kątowe układu. Program powinien rozpocząć i zakończyć rejestrację ruchu po przekroczeniu podanych przez użytkownika położzeń kątowych (aby nie rejestrować stałego położenia przed puszczeniem ciężarka oraz po opadnięciu ciężarka na podłoże, które uniemożliwią prawidłowe dopasowanie funkcji kwadratowej). Przykładowy przebieg takich zmian wraz z dopasowaną funkcją kwadratową pokazuje rys. 2. Określić niepewność wyznaczonego w ten sposób przyspieszenia przez kilkakrotne jego zmierzenie. Program można również wzbogacić o podanie początkowej prędkości kątowej oraz czasu trwania ruchu, których wartości będą przydatne w ostatnim zagadnieniu tego ćwiczenia.



Rys. 2. Przykładowa zmiana położenia kątowego w czasie dla układu stolika z nałożonymi 6 największymi obciążnikami na zewnętrznych bolcach i napędzającego ciężarka o masie 200 g

**Wyznaczanie momentu bezwładności**

Równania ruchu dla stolika i ciężarka dane są wzorami (6) i (7). Podstawiając  $F_N$  wyliczone z równania (7) do wzoru (6) i korzystając z zależności  $a = \varepsilon R$  między przyspieszeniem liniowym  $a$  ciężarka a przyspieszeniem kątowym  $\varepsilon$  stolika, można otrzymać następujący wzór:

$$m ( g - \varepsilon R ) R - M_T = B \varepsilon. \quad (9)$$

W równaniu tym występują dwie nieznanne wielkości ( $B$  i  $M_T$ ), w związku z tym wyznaczenie przyspieszenia kąowego dla jednego ciężarka nie wystarczy do znalezienia momentu bezwładności stolika i momentu tarcia. Jeśli jednak wyznaczymy przyspieszenia kątowe  $\varepsilon_1$  i  $\varepsilon_2$  dla dwóch różnych mas ciężarka  $m_1$  i  $m_2$ , to wówczas dostajemy układ dwóch równań (9), z których można wyliczyć poszukiwane parametry:

$$B = \frac{m_1 (g - \varepsilon_1 R) R - m_2 (g - \varepsilon_2 R) R}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \quad (10)$$

$$M_T = m_1 ( g - \varepsilon_1 R ) R - B \varepsilon_1. \quad (11)$$

*Zdania do wykonania:*

1. *Przy pomocy napisanego wcześniej programu wyznaczyć przyspieszenia kątowe pustego stolika obrotowego dla wielu różnych mas ciężarka  $m$ . Wykonać odpowiednie przeliczenia i sporządzić wykres, który można opisać równaniem (9). Korzystając z regresji liniowej wyznaczyć moment bezwładności pustego stolika  $B_0$  i moment sił tarcia  $M_T$ .*
2. *Wykonać pomiary analogiczne jak w punkcie 1, ale dla stolika z nałożonymi dodatkowymi obciążnikami. Obliczyć moment bezwładności tarczy z obciążnikami korzystając ze wzorów (4) i (5) na podstawie zmierzonych mas obciążników, ich promienia i odległości od osi obrotu. Porównać ze sobą te dwie wielkości: moment bezwładności wyznaczony na podstawie pomiaru przyspieszenia kąowego oraz obliczony z twierdzenia Steinera. Pomiary należy wykonać dla kilku różnych układów obciążników. Czy moment sił tarcia  $M_T$  zależy od ilości i rozkładu obciążników?*

**Energia potencjalna i kinetyczna w ruchu obrotowym i prostoliniowym**

Energia potencjalnej ( $E_P$ ) ciężarka związana z jego opadaniem i zmianą wysokości o wartość  $h$  zostaje zamieniona na energię kinetyczną ( $E_K$ ) ciężarka i obracającego się stolika. Przy założeniu braku strat energii spowodowanych siłami tarcia zasada zachowania energii dla tego układu w chwili czasu  $t$  ma postać:

$$m g h(t) = m v(t)^2 / 2 + B \omega(t)^2 / 2. \quad (12)$$

Jeśli początkowy kąt i początkową prędkość kątową wynoszą zero, to zmiana wysokości ciężarka  $h$  i jego prędkość liniowa  $v$  są związane z wielkościami kątowymi za pomocą relacji  $h(t) = \alpha(t) R$  oraz  $v(t) = \omega(t) R$ . Wzory na energię potencjalną i kinetyczną przyjmują więc postać:

$$E_P = m g \alpha R, \quad (13)$$

$$E_K = (m R^2 + B) \omega^2 / 2. \quad (14)$$

W przypadku niezerowych wartości kąta początkowego i prędkości początkowej należy je odjąć odpowiednio od wartości  $\alpha$  i  $\omega$ .

Obliczenie i porównanie energii potencjalnej i kinetycznej można wykonać na dwa sposoby. W pierwszym, prostszym, wystarczy obliczyć ich końcowe wartości bezpośrednio z wzorów (13) i (14). Końcową prędkość kątową ( $\omega_k$ ) przy założeniu ruchu jednostajnie przyspieszonego można obliczyć znając czas pomiaru ruchu ( $\Delta t$ ) ze wzoru:

$$\omega_k = \omega_0 + \varepsilon \Delta t. \quad (15)$$

Drugi sposób polega na obliczeniu cząstkowych energii w trakcie ruchu, bez zakładania z góry, jaki to jest ruch. W celu porównania przebiegu zmian wartości energii potencjalnej i kinetycznej w czasie należy wyliczyć przebieg w czasie prędkości kątowej  $\omega(t)$ . Wielkość ta jest związana ze zmierzonym przebiegiem w czasie kąta  $\alpha(t)$  za pomocą pochodnej:  $\omega = d\alpha / dt$ . Przebieg  $\alpha(t)$  dostępny jest w postaci par wielkości  $(\alpha_i, t_i)$ , gdzie indeks  $i$  oznacza numer kolejnego pomiaru wielkości  $\alpha_i$  w czasie  $t_i$ . Tak więc numeryczne wykonanie różniczkowania w postaci:

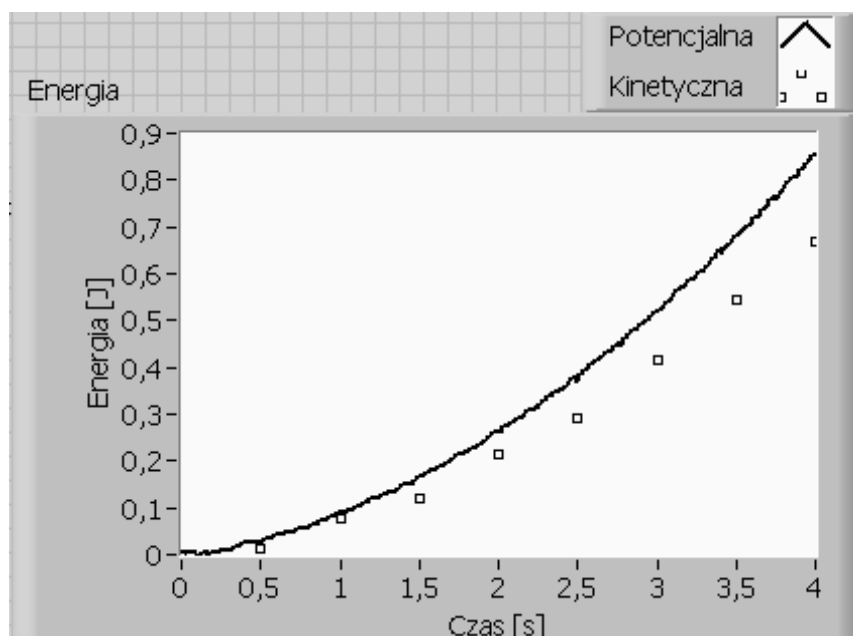
$$\omega_i = (\alpha_i - \alpha_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}) \quad (16)$$

pozwole uzyskać przebieg zmian chwilowej prędkości  $\omega(t)$  w czasie, o ile odstęp czasowy  $(t_i - t_{i-1})$  pomiędzy kolejnymi pomiarami położenia kątowego  $\alpha$  stolika nie jest zbyt duży. Z drugiej strony, w przypadku silnego zaszumienia pomiaru  $\alpha$  do obliczenia pochodnej nie można wziąć różnic między dwoma kolejnymi punktami pomiarowymi, ale różnice pomiędzy większą liczbą punktów. Można również zastosować funkcję filtrującą przebieg  $\alpha(t)$  (np.

**Butterworth Filter.vi** pod LabView). Prędkość  $\omega(t)$  powinna liniowo wzrastać z czasem, co potwierdza ruch jednostajnie przyspieszony.

*Zdania do wykonania:*

- 1. Dla zmierzonych wcześniej układów obliczyć zmianę energii potencjalnej ciężarka na podstawie wzoru (13) oraz zmianę energii kinetycznej ciężarka i stolika na podstawie wzorów (14) i (15). Porównać ze sobą te dwie wielkości. Z czego mogą wynikać różnice? Czy względne różnice zmieniają się w zależności od ilości i rozkładu obciążników? Jaki jest udział w energii kinetycznej ruchu napędzającego ciężarka, a jaki ruchu stolika z obciążnikami?*
- 2. Napisać program pod LabView, który będzie obliczać wartości chwilowej prędkości kątowej poprzez numeryczne różniczkowanie przebiegu  $\alpha(t)$  ze wzoru (16) (najlepiej jako rozwinięcie napisanego wcześniej programu). Czy prędkość kątowa rośnie liniowo w funkcji czasu? Dla wybranych rozkładów obciążników na stoliku obrotowym wyznaczyć przebieg w czasie zmian energii potencjalnej i kinetycznej podobny do przedstawionego na rys. 3.*



Rys. 3. Przykładowy wykres zmniejszania się energii potencjalnej i narastania energii kinetycznej dla układu stolika z nałożonymi 6 największymi obciążnikami na zewnętrznych bolcach i napędzającego ciężarka o masie 200 g. Odstęp między kolejnymi punktami do numerycznego obliczenia pochodnej wynosi 0,5 s.

**Wskazówki dotyczące sposobu wykonywania pomiaru i realizacji programu**

1. W palecie "Functions->User Libraries->Ruch obrotowy" znajdują się 3 subVI'e:
  - a) "Inicjuj (subVI)": konfiguruje urządzenie pomiarowe
  - b) "Zmierz kąt (subVI)": wykonuje odczyt aktualnego spadku napięcia na potencjometrze. Wartość napięcia proporcjonalna jest do aktualnej pozycji katowej stolika obrotowego. Odpowiednia stałą kalibracyjną, umożliwiającą przeliczenie wartości napięcia, musi zostać wstępnie zmierzona i podana jako parametr funkcji "Zmierz kąt".
  - c) "Zamknij urządzenie (subVI)": kończy komunikację z urządzeniem pomiarowym
2. Pierwszym krokiem jest konfiguracja urządzenia pomiarowego stosując funkcję "Inicjuj (subVI)". Funkcja ta zwraca informację o urządzeniu ("VISA name" ), którą należy dostarczyć pozostałym funkcjom pomiarowym.
3. Do cyklicznego odczytu wartości kątów wykorzystaj pętlę "While". Wewnątrz pętli umieść funkcję "Zmierz kąt (subVI)". Dostarcz przewód "VISA" do odpowiedniego złącza. Do złącza "C [rad/V]" dostarcz wartość odpowiedniej stałej otrzymanej w procedurze kalibracji układu (znajdź ją samemu). Wstępnie niech pętla While kończy się po nadszczeniu przycisku "STOP". Po opuszczeniu pętli While użyj funkcji kończącej komunikację z urządzeniem.
4. Sprawdź na wskaźniku czy program odczytuje chwilowe wartości kątów. Czy wartości zmieniają się podczas ruchu tarczy w odpowiedniej proporcji ( $2\pi$  na jeden obrót).
5. Użyj rejestru przesuwneego i funkcji "build array" aby zbierać odczytane wartości kątów do tablicy.
6. Użyj funkcji "Tick count", rejestru przesuwneego i funkcji "build array" aby zbierać wartości czasów do tablicy.
7. Przedstaw zarejestrowaną zależność  $\alpha(t)$  na wykresie XY Graph. Przetestuj program (czy powstający wykres przypomina parabolę?).
8. Zmień program tak, aby zbieranie danych odbywało się gdy spełniony jest następujący warunek: aktualna wartość kąta jest większa od wartości "kąt\_start" i (AND) mniejsza od wartości "kąt\_stop". Wartości "kąt\_start" oraz "kąt\_stop" wpisywane będą w kontrolki umieszczone na panelu frontowym programu.
9. Zmień program tak aby pętla While kończyła swoje działanie gdy aktualny kąt przekroczył wartość (jest większy) od tej wpisanej w kontrolce "kąt\_stop".



10. Przetestuj program. Jeżeli działa on poprawnie na wykresie XY powinna pojawić się jedynie parabola nadająca się do dalszej analizy. Alternatywą wobec przycisków "kąć\_start" oraz "kąć\_stop" jest wycięcie odpowiedniego fragmentu przebiegu przy pomocy kursorów. Instrukcje dotyczące sposobu uzyskania takiego efektu znajdziesz w opisie ćwiczenia M101.
11. Za pętlą While, na "tunelach" rejestrów przesuwanych czekają tablica czasów i tablica kąćów. Wykorzystaj funkcję "general polynomial fit" w celu znalezienia współczynników funkcji kwadratowej. Oprócz tablic X (czas) i Y (kąć), funkcja "general polynomial fit" wymaga podania rzędu dopasowywanego wielomianu ("polynomial order"). W naszym przypadku "2". Funkcja zwraca współczynniki w formie tablicy jednowymiarowej. Interesować nas będzie jedynie trzeci współczynnik. Zgodnie z równaniem na drogę w ruchu obrotowym wartość tego współczynnika to połowa poszukiwanego przyspieszenia kąćowego.

**Literatura:**

Henryk Szydłowski “ Pracownia Fizyczna”, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1994

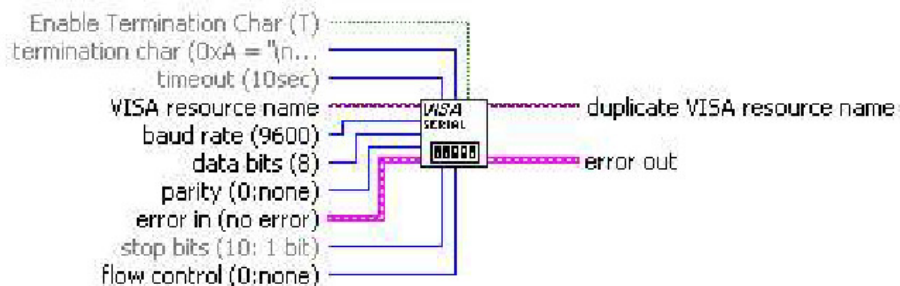
David Halliday, Robert Resnick i Jearl Walker “Podstawy fizyki” Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2003

**Zasady przygotowania raportu**

1. Opisz krótko badane zjawisko, problem, podając niezbędne równania.
2. Podaj cele ćwiczenia.
3. W punktach pokaż realizację poszczególnych elementów ćwiczenia. W przypadku programu pokaż jego panel frontowy i diagram blokowy (lub chociaż najważniejszą jego część) oraz omów krótko najistotniejsze punkty programu wraz z ewentualnymi trudnościami napotkanymi w ich realizacji.
4. Wyniki pomiarów przedstawiaj w sposób umożliwiający ich łatwą ocenę:
  - a. pojedyncze wyniki w postaci wyróżnionych liczb (pogrubienie, większy rozmiar czcionki itp),
  - b. serie kilku(nastu) wyników przedstawiaj w postaci tabel lub list. Tam gdzie to wskazane, pokaż je też na wykresie.
  - c. Długie serie pomiarowe obejmujące więcej punktów zawsze prezentuj na wykresach. Oś wykresów opisane, z jednostkami. W przypadku zamieszczania kilku przebiegów na jednym wykresie konieczna jest legenda lub opis pod wykresem.
5. Jeśli to konieczne, przedyskutuj poszczególne wyniki.
6. Napisz krótkie Podsumowanie/Wnioski zawierające streszczenie swoich dokonań (najlepiej w punktach) i ewentualne uwagi na temat ćwiczenia.
7. Struktura raportu
  - a. Raport musi zawierać numer i tytuł ćwiczenia, datę wykonania, datę sporządzenia raportu, nazwisko studenta (pary studentów), nazwisko prowadzącego. Najlepiej w nagłówku. Tabelka nie jest obowiązkowa, choć ułatwia życie. W przypadku programów, elementem raportu są kody programów i pliki z wynikami. W raporcie powinna znaleźć się informacja o nazwie folderu zawierającego te dane.
  - b. poszczególne części raportu powinny być wyraźnie wydzielone. Tytuły części piszemy pismem pogrubionym, części mogą (nie muszą) być ponumerowane.
  - c. Wszystkie wzory powinny być ponumerowane (z prawej strony).
  - d. Wszystkie tabelki powinny mieć swój numer i podpis. Dla tabel podpis zawsze NAD TABELĄ.
  - e. Wszystkie rysunki powinny mieć swój numer i podpis. Dla rysunków numer i podpis zawsze POD RYSUNKIEM. Przez rysunki rozumiemy wszystkie obiekty graficzne (zrzuty ekranów, zdjęcia, wykresy, schematy, itp).
  - f. do równań, tabel, rysunków odwołujemy się poprzez podanie numeru (unikamy takich sformułowań jak „powyższy”, „poniższy”, „na poprzedniej stronie”, „pierwszy”, „ostatni” itp.).

**Uwagi techniczne dla zainteresowanych.****1. Komunikacja szeregową w LabView**

Funkcje służące do nawiązania komunikacji szeregowej w LabView można znaleźć na palecie funkcji w grupie „Instrument I/O” w podgrupie „Serial”. Podstawowym „klockiem” jest „VISA Configure Serial Port”, który inicjuje połączenie poprzez port szeregowy.

**VISA Configure Serial Port**

[C:\Program Files\National Instruments\LabVIEW 7.1\vi.lib\Instr\\_visa.lib\VISA Configure Serial Port]

Initializes the serial port specified by **VISA resource name** to the specified settings. You can use this polymorphic VI to initialize a serial port using the Instr VISA class or Serial Instr VISA class. The VISA class specified in the **VISA resource name** determines the polymorphic instance to use.

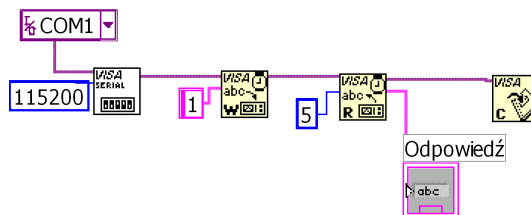
Rys. 4.

- „VISA resource name” pozwala na wskazanie numeru portu, który posłuży do komunikacji,
- „duplicate VISA resource name” jest używane do podłączania kolejnych narzędzi do komunikacji, które będą wykorzystywać zdefiniowane wcześniej parametry,
- „baud rate” to zadeklarowana prędkość transmisji (bit/s),
- „data bits” ... „flow control” to pozostałe parametry transmisji, które należy ustawić zgodnie ze wskazówkami producenta urządzenia, z którym komunikuje się program.

W naszym przypadku prawidłowo działają wartości domyślne, czyli nie ma potrzeby modyfikowania parametrów transmisji. Wyjątek stanowi „baud rate” – trzeba zmienić na 115200.

- „Termination char” to znak, który przerwie odbieranie danych nawet jeśli są jeszcze znaki w buforze nadawczym. Domyślnie jest nim znak końca linii LF (#10).
- „Enable Termination Char” to opcja, która włącza lub wyłącza mechanizm przerywania transmisji po napotkaniu znaku przerywania.

Komunikacja z użyciem transmisji szeregowej zwyczajowo odbywa się poprzez teksty ASCII. Oznacza to, że liczby przesyłane są w ich zapisie dziesiętnym, a nie w reprezentacji binarnej. Aby odczytać ich wartości należy użyć narzędzi do konwersji tekstu na liczby. Najprostszy program do komunikacji z naszym urządzeniem pomiarowym będzie miał postać:



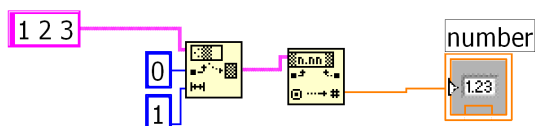
Rys. 5.

gdzie „VISA Write” jest narzędziem do wysyłania poleceń do urządzenia, a „VISA Read” narzędziem do odbierania jego odpowiedzi. Ze względu na to, że nasze urządzenie wysyła

kod LF w treści swoich komunikatów, w podanym przykładzie wyłączona jest opcja uwzględniania tego znaku jako przerywnika transmisji. Program ten „resetuje” urządzenie poleceniem „Rs” (patrz lista poleceń w Dodatku), a ono odpowiada komunikatem „OK”. Spośród stosunkowo krótkiej listy poleceń do sterowania pracą karty z przetwornikiem, w obecnym eksperymencie będziemy używali jedynie polecenia „1”, które jak widać na powyższym schemacie jest podłączone do wejścia „write buffer” narzędzia „VISA Write”. Polecenie to oznacza: „podaj wartości napięć na wejściu 1, 2 i 3 (wejście nr 3 jest nieaktywne). W efekcie, na wyjściu „read buffor” narzędzia „VISA Read” pojawia się odpowiedź w postaci tekstowego ciągu trzech liczb oddzielonych spacjami. Są to napięcia kolejno z wejść 1, 2 i 3.

### 2. Operacje na tekście i konwersja tekstu na liczby

Z łańcucha tekstowego wychodzącego z „VISA Read” należy wyciągnąć krótszy łańcuch zawierający wartość napięcia z kanału 1. Można to zrobić za pomocą narzędzia „String Subset”, w którym wystarczy zdefiniować długość fragmentu łańcucha, który chcemy wyciągnąć (length) oraz ilość początkowych znaków w całym tekście, które chcemy odrzucić (offset). W poniższym przykładzie offset wynosi 0, długość fragmentu łańcucha – 1, a więc w efekcie z wejściowego tekstu „1 2 3” zostanie wycięty i pokazany we wskaźniku fragment „1”. Będzie on już przedstawiony na wskaźniku nie jako tekst ale jako liczba dzięki użyciu drugiego „klocka”, „Fract/Exp String To Number”, który można znaleźć na palecie „String” („String/Number Conversion”).



Rys. 6.

### 3. Kilka dodatkowych informacji o transmisji szeregowej.

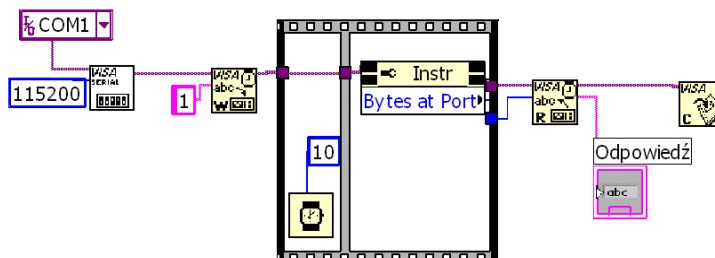
W przypadku, gdy nie znamy dokładnie formatu odpowiedzi urządzenia, a tym samym liczby bajtów, które zamierza ono wysłać, należy posłużyć się funkcją „VISA Bytes at Serial Port”,



która na palecie funkcji wygląda tak:



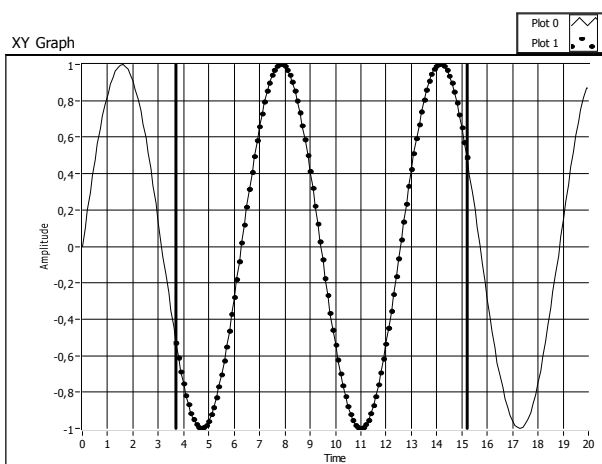
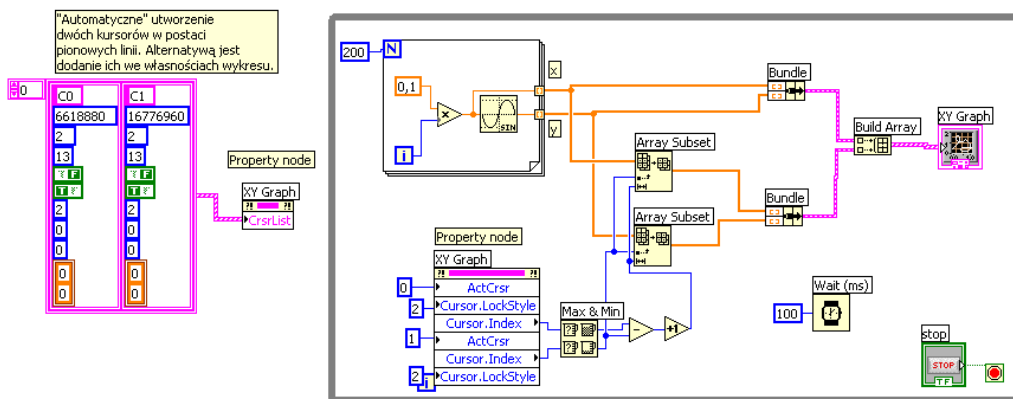
Przy jej wykorzystaniu należy pamiętać, że podaje prawidłową wartość dopiero po pewnym czasie od wydania polecenia, potrzebnym na przekazanie tej informacji z urządzenia do komputera. Zazwyczaj wystarcza 10-50 ms. Tę zwłokę należy wymusić poprzez wprowadzenie sekwencji rozkazów z funkcją „Wait” pośrodku:



Rys. 7.

### Wycinanie fragmentu danych za pomocą kursorów.

Poniżej przedstawiony jest fragment programu pokazujący jak wyciąć fragment danych z tabelicy za pomocą kursorów.



Kod i efekt działania programu pozwalającego na wybór fragmentu danych (np. do dalszej analizy). Tutaj wybrany kursorami fragment przedstawiony jest na wykresie jako punkty.