## Wydział Fizyki UW

(wersja instrukcji 02.2016, T. Słupiński, opracowana z wykorzystaniem materiałów z Prac. Wstępnej WF UW)

#### Pracownia fizyczna i elektroniczna dla Inżynierii Nanostruktur oraz Energetyki i Chemii Jądrowej

# Ćwiczenie 1 Prawo Ohma dla przewodnika oraz graficzna prezentacja wyników pomiarowych.

## Cel

Wyniki pomiarów wielkości fizycznych zwykle prezentowane są na wykresach. Celem tego ćwiczenia jest opanowanie podstaw posługiwania się wybranym oprogramowaniem do sporządzania wykresów naukowych oraz wykonanie serii pomiarów prądu *I* płynącego przez przewodnik elektryczny w funkcji napięcia *U* panującego między końcami tego przewodnika i sprawdzenie słuszności prawa Ohma dla przewodnika (opornika elektrycznego) oraz odstępstwa od tego prawa dla świecącej żarówki. Wyniki pomiarów I = f(U) będą przedstawiane na wykresach. Następnie do punktów pomiarowych na wykresach zostaną dopasowane funkcje "najlepiej" opisujące wyniki pomiaru. Na ich podstawie zostanie wyznaczona wartość oporności elektrycznej mierzonego opornika oraz wykładnik funkcji potęgowej I = f(U) dla żarówki. Poznane zostaną laboratoryjny zasilacz regulowany prądu stałego, miernik uniwersalny Brymen 805 oraz oprogramowanie Scidavis do sporządzania wykresów.

#### Wstęp

Zgodnie z **prawem Ohma** różnica potencjałów, czyli napięcie elektryczne *U*, między dwoma końcami przewodnika jest proporcjonalne do natężenia *I* prądu płynącego przez przewodnik, czyli

$$U = RI$$

gdzie współczynnik proporcjonalności R zwany jest **oporem** lub **opornością** przewodnika. Jednostką oporności w układzie SI jest 1 Om (1  $\Omega$ ). Opór jednorodnego przewodnika w kształcie drutu o jednakowym przekroju wzdłuż całej jego długości L jest proporcjonalny do długości L drutu i odwrotnie proporcjonalny do jego pola przekroju poprzecznego S

$$R = \rho \frac{L}{S}.$$

Wielkość  $\rho$  nazywamy **opornością właściwą** i wyrażamy w jednostkach  $\Omega$ ·m. Zależy ona od rodzaju materiału, z jakiego wykonany jest opornik i od temperatury.

#### Układ pomiarowy

Do dyspozycji mamy:

- dwa mierniki uniwersalne Brymen 805 (Rysunek 1);
- regulowany zasilacz stałego napięcia;
- płytkę drukowaną z gniazdami służącą do połączenia obwodu (Rysunek 2)
- przewody łączeniowe z wtyczkami i zworki do płytki;
- oporniki o opornościach około 1 k $\Omega$ ,
- żarówka na napięcie max. 14V, natężenie prądu 40mA, typ L3208

Rys. 1. Widok miernika uniwersalnego Brymen 805. Miernik służy m.in. do pomiaru napięcia stałego lub zmiennego, natężenia prądu stałego lub zmiennego oraz oporności elektrycznej. 4 gniazdka u dołu służą do podłączania miernika do obwodu pomiarowego. Do pomiaru napięcia i oporności wykorzystuje się gniazdka COM (wspólne) i ΩV, do pomiaru natężenia prądu o wartościach do 400 mA - gniazdka COM i mA, a o wartościach do 10A - gniazdka COM oraz A. **Nie wolno** do pomiarów napięć korzystać z gniazd mA ani A – amperomierz ulegnie uszkodzeniu !





Rys. 2. Widok płytki drukowanej do łączenia obwodów dla badania praw Ohma i Kirchoffa. Przerwy w obwodzie, zaznaczone jako R1, R2 oraz R3, to miejsca, gdzie można wpiąć oporniki, zaś przerwy z1 do z7 służą do wpinania zworek pozwalających uzyskać połączenia szeregowe lub równoległe tych oporników lub do przyłączania mierników. Punkty E– oraz E+ to miejsce przyłączenia zasilania.

## Wykonanie ćwiczenia

- 1. Korzystając z omomierza zmierz oporności otrzymanych oporników.
- 2. Korzystając z woltomierza napięcia stałego zmierz napięcie uzyskiwane z regulowanego zasilacza stałego napięcia i zobacz, w jakim zakresie może być zmieniane napięcie wyjściowe z zasilacza.
- 3. Przy użyciu kabli z końcówkami "bananowymi", otrzymanej płytki montażowej oraz zworek podłącz opornik do wyjścia zasilacza.
- 4. Podłącz równolegle do opornika woltomierz Brymen 805 i zmierz napięcie na oporniku. Następnie podłącz do opornika szeregowo amperomierz drugiego miernika Brymen 805 i zmierz natężenie prądu płynącego przez opornik. Przed podłączeniem mierników ustaw odpowiednio przełączniki obrotowe i wybierz odpowiednie gniazdka podłączeniowe w miernikach. Pamiętaj, że omyłkowe podłączenie amperomierza równolegle do źródła napięcia powoduje uszkodzenie amperomierza – być może jedynie spalenie bezpiecznika, jeśli amperomierz jest nim zabezpieczony (Brymen 805 jest, ale wymiana bezpiecznika to ~10min). Zawsze odłączaj miernik od obwodu przed planowaną zmianą ustawienia miernika woltomierz – amperomierz !
- 5. Powtarzaj pomiary z punktu 4 dla różnych napięć zasilania w zakresie 0.1-15 V co około 0.5V.
- 6. Przedstaw w programie Scidavis wyniki pomiaru na wykresie I = f(U) gdzie: U napięcie mierzone na oporniku, I prąd płynący przez opornik. Czy punkty pomiarowe układają się wzdłuż linii prostej? Wyznacz równanie prostej y = a · x + b "dopasowanej" do punktów pomiarowych korzystając z funkcji z menu Analysis →Quick Fit →Fit Linear programu Scidavis mając aktywne okno z wykresem punktów z pomiaru. Ze współczynników równania tej prostej odczytaj wartość oporności opornika. Porównaj tę wartość ze zmierzoną omomierzem. Program Scidavis posiada możliwość dopasowania wybranej zależności funkcyjnej tak, aby była "najlepiej" zgodna z przebiegiem punktów z pomiaru. Wykorzystuje do tego metodę najmniejszych kwadratów (zwaną też metodą regresji), czyli dla funkcji wybranego przez nas typu (np. funkcja liniowa, wielomian stopnia n, …) program dobierze takie wartości współczynników tej funkcji, aby jej wykres był "najmniej odległy" od wszystkich punktów pomiarowych. Metodę najmniejszych kwadratów poznasz szczegółowo na wykładzie ze *Wstępu do analizy danych*.
- 7. Podobne pomiary I = f(U) przeprowadź dla żarówki. Zacznij zasilać żarówkę od napięć około 0.1V, zwiększaj napięcie zasilające kolejno o ok. 0.1V do wartości ok. 2V, a następnie o ok. 0.5-1V do napięcia ok. 10V. **Ważna uwaga:** Nie przekrocz napięcia maksymalnego dozwolonego dla żarówki podanego przez osobę prowadzącą ćwiczenie, aby nie spalić żarówki (14V w naszym przypadku, dla ok. 10V żarówka już mocno świeci).
- 8. Przedstaw na wykresie punkty pomiarowe I = f(U) dla żarówki. Czy układają się one na linii prostej? Czy umiesz wskazać przyczynę takiego przebiegu punktów?

- 9. Aby przyjrzeć się dokładniej zależności I = f(U) zmierzonej dla żarówki wykonamy wykres logarytmu natężenia prądu w funkcji logarytmu napięcia. W tym celu w programie Scidavis w tabeli wartości U oraz I z pomiarów dla żarówki utwórz dwie nowe kolumny dla przeliczenia danych liczbowych – użyj komendy Add Columns albo Insert Empty Columns z menu kontekstowego kolumny danych. Wpisz do nowych kolumn wartości logarytmów napięć i logarytmów pradów zmierzonych dla żarówki. Należy skorzystać z zakładki Formula tabeli danych oraz utworzyć z dostępnych tam funkcji wyrażenie log10(col("1")), które wstawi do wybranej nowej kolumny wartości logarytmów dziesietnych liczb z kolumny "1" (i podobnie aby wstawić logarytmy wartości z kolumny "2" należy wpisać log10(col("2"))). Wcześniej wybierz i usuń puste końcowe wiersze tabeli (komenda Remove Rows z menu kontekstowego dla numeracji wierszy tabeli), aby wykorzystując funkcję log10, która oblicza wartości dla wszystkich komórek z kolumny, nie liczyć wartości logarytmu dla pustych komórek tabeli (prowadzi to do błędu, gdyż zapewne program przyjmuje, że w komórkach pustych są zera). Dla większej czytelności tabeli możesz zmienić nazwy kolumn tabeli w zakładce Description. Sporządź z tych danych nowy wykres log I w funkcji log U. W tym celu trzeba nową kolumnę log U zdefiniować komendą Set Columns As (z menu kontekstowego nagłówka kolumny) jako kolumnę zmiennej X oraz podobnie kolumnę log I jako zmienną Y. Program Scidavis zakłada, że gdy mamy dwie kolumny zdefiniowane jako zmienna niezalezna X (pojawi się wtedy X1 oraz X2 w nagłówkach kolumn), to kolumny Y znajdujące się na prawo od kolumny X2 będą wykreślane na wykresie w funkcji zmiennej X2, a kolumny Y między kolumnami X1 i X2 będą wykreślane w funkcji zmiennej X1. Następnie należy wybrać kolumnę log I i wykonać komendę Plot→Scatter. Czy teraz punkty leżą w przybliżeniu na prostej? Dopasuj linię prostą do punktów log I w funkcji log U, jak poprzednio. Na podstawie tak uzyskanego równania prostej znajdź postać zależności I = f(U) dopasowanej do punktów pomiarowych dla żarówki.
- 10. Wykresy i dopasowania z punktów 6-9 powinny znaleźć się w sprawozdaniu z tego ćwiczenia. Staraj się zachować krótką formę sprawozdania, ograniczając treść opisową do celu ćwiczenia, podania wykorzystanej aparatury, krótkiego opisu metody pomiaru, skupiając się głównie na starannym wykonaniu wykresów i dopasowań funkcji do pomiarów. Sprawozdanie podsumuj krótkimi wnioskami na temat tego, co wynikło z pomiarów i z wykonanych dopasowań funkcji.

#### Opis programu Scidavis do rysowania wykresów danych i funkcji

Istnieje wiele pakietów oprogramowania do sporządzania wykresów zależności fizycznych oraz analizy danych pomiarowych. Obszerna lista takiego oprogramowania znajduje się np. tutaj: <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/List\_of\_information\_graphics\_software">http://en.wikipedia.org/wiki/List\_of\_information\_graphics\_software</a>

Dobrymi reprezentantami oprogramowania do rysowania wykresów dwuwymiarowych, czyli zależności typu y = f(x), lub trójwymiarowych z = f(x, y), są programy Gnuplot oraz SciDAVis, dostępne na licencjach typu freeware. Nie ustępują one pod względem podstawowej funkcjonalności popularnym lecz drogim pakietom typu Origin, IgorPro, SigmaPlot, EasyPlot czy QtiPlot. Znane pakiety MS Excel czy Calc z OpenOffice/LibreOffice nie są specjalizowane dla grafiki naukowej.

Zasady pracy z programami do graficznej prezentacji wyników pomiarowych poznamy na przykładzie programu Scidavis, doradzanego studentom PFiE. Jest on dostępny do pobrania na stronie:

<u>http://scidavis.sourceforge.net/</u> - są tam wersje dla systemów Windows, Linux i Mac OSX (doradzamy wersję **1.D5** dla WinXP lub **1.D9** dla nowszych wersji Windows). Jest tam również podręcznik online – literatura poz. [1]. Angielski podręcznik napisany przez autorów programu (ale dla wcześniejszych wersji niż 1.Dnn) można pobrać m.in. pod adresem: <u>http://www.fuw.edu.pl/~tomslu/Scidavis-manual.pdf</u> (plik 8MB). W poniższej instrukcji przedstawiamy podstawowe informacje pozwalające efektywnie rozpocząć pracę z programem Scidavis. Program oferuje dużo więcej możliwości, niż te najprostsze podane.

#### Instalacja programu Scidavis pod systemem Windows

Scidavis korzysta z języka Python (<u>http://www.python.org</u>) i biblioteki Python-a powinny zostać zainstalowane przed instalacją Scidavis-a. Wersje instalatora Scidavis 1.D5-1.D9 dla Windows dostępne po styczniu 2014 zawierają lub samodzielnie pobierają z Internetu i instalują odpowiednie biblioteki Python-a, jeśli komputer jest podłączony do Internetu.

Program Scidavis w wersji 1.D5 wymaga wersji Pytona 2.7 (nie starszej i nie nowszej) dostępnej tutaj: <u>http://www.python.org/download/releases/2.7/</u>. Po instalacji Python-a (z pliku python-2.7.msi) i Scidavis-a <u>https://sourceforge.net/projects/scidavis/files/SciDAVis/</u> jeśli program w wersji 1.D5 nie działa, to do katalogu zawierającego zainstalowaną wersję Scidavis-a należy skopiować bibliotekę python27.dll .

## Metoda sporządzania wykresu w programie Scidavis

Dane liczbowe  $(x_i, y_i)$  do przedstawienia na wykresie X-Y, gdzie indeks *i* numeruje kolejne pomiary, są wpisywane jako kolumny X, Y w tabelę liczb (Table) tworzoną z menu File $\rightarrow$ New $\rightarrow$ New Table. Po wpisaniu wartości  $(x_i, y_i)$  w kolejne komórki dwu kolumn tabeli należy zdefiniować znaczenie każdej kolumny – jako zawierającą zmienną niezależną (X), zależną (Y) – Rys. 3, lub ew. jako wartość błędu (niepewności) zmiennej X (X Error) lub zmiennej Y (Y Error), jeśli do wpisania tych niepewności dodamy kolejne kolumny tabeli. Aby zdefiniować znaczenie kolumny należy kliknąć prawym przyciskiem myszy na nagłówku kolumny – rozwinie się wtedy menu kontekstowe z takim wyborem – Rys. 3.





Tabela danych z rozwiniętym menu kontekstowym (prawy klawisz myszy) dla zdefiniowania znaczenia kolumn liczb.

Warto już na wstępie zaznaczyć, że metoda menu kontekstowego (prawy klawisz myszy) jest szeroko wykorzystywana w programie dla wyboru opcji związanych z danym klikniętym elementem Tabeli czy Wykresu. Doradzamy studentom samodzielne sprawdzanie w trakcie czytania tego mini-przewodnika.

W tabeli można dodawać nowe kolumny (Add Columns, Insert Empty Columns) dla wpisania np. wartości drugiej zmiennej zależnej Y odpowiadających wartościom zmiennej niezależnej X, albo dla wpisania drugiej zmiennej niezależnej X2 lub niepewności wartości X lub Y wykreślanych potem na wykresie. Program Scidavis przyjmuje, że gdy mamy dwie kolumny zdefiniowane jako zmienna niezalezna X (pojawi się wtedy X1 oraz X2 w nagłówkach tych kolumn oraz Y1 i Y2 w nagłówkach kolumn zdefiniowanych jako wartości Y), to kolumny Y znajdujące się na prawo od kolumny X2 (oznaczone wtedy Y2) będą wykreślane na wykresie w funkcji zmiennej X2, a kolumny Y między kolumnami X1 i X2 (oznaczone Y1) będą wykreślane w funkcji zmiennej X1. Nowe kolumny beda mogły być wykorzystane np. dla narysowania dwu linii na wspólnym wykresie dla tych samych wartości X albo dla przeliczeń wartości danych dla robionego wykresu. Kolumnę można wypełnić wartościami samemu zdefiniowanej funkcji (zakładka Formula okienka z tabelą). Może to być np. funkcja wartości komórek z innych kolumn np. 2\*col("1")-3\*col("2")+ sin(col("3")). U dołu zakładki Formula jest pomocnik do wpisywania funkcji, pokazujący dostępne do użycia funkcje matematyczne, oprócz możliwych standartowych działań arytmetycznych: +, -. \*, /, ^ -potęgowanie i nawiasy (, ). Szczegóły podane są w podręczniku -poz. [1], [2], [3] literatury. Użycie w zakładce Formula w wyrażeniu na funkcję zmiennej *i* ma znaczenie numeru wiersza tabeli, a zmiennej *j* ma znaczenie numeru kolumny – w ten sposób można kolejnym komórkom kolumny nadać numery lub wartości wyznaczone funkcją o argumencie będącym liczbą naturalną, np. 2\*i/100. W tabeli należy jeszcze określić dla każdej kolumny typ zmiennej – w zakładce Type – jako Numeric, Text (kolumna tekstowa - nie bedzie traktowana jako liczby, czyli nie można jej wykreślać) lub jako data kalendarzowa. W tabeli można także zmieniać nazwy kolumn (zakładka Description) oraz dodawać do nagłówka kolumny komentarz (jeśli ta opcja jest włączona w menu Edit $\rightarrow$ Preferences $\rightarrow$ Table).

Mając wypełnione kolumny danych i zdefiniowane znaczenia kolumn, podstawowy wykres **z** zaznaczonej kolumny Y tworzy się z menu Plot $\rightarrow$ Line (rysowana jest linia łamana łącząca kolejne punkty danych (x, y)), Plot $\rightarrow$ Scatter (rysowane są tylko punkty danych (x,y)) lub Plot $\rightarrow$ Line + Symbol (rysowana jest linia i punkty danych przedstawione wybieralnym symbolem graficznym) – Rys. 4. Można też użyć menu kontekstowego nagłówka kolumny Y – Rys. 5.

2 So	iDA	/is - D:/HOZA/D1	/DA	KTYKA/2012-13_P	rac-l	Fiz_Elektr_IN/9	cidavi	s_Func	tion-plot-1.sciprj						_	
	Edit	View Scripting		t <u>A</u> nalysis <u>T</u> able Line	Wind	lows <u>H</u> elp	( 🗈	ra F							[]	
本 中 中   桜 の 多   予    下	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10			Scatter Line + Symbol Special Line/Symbol Vertical Bars Horizontal Bars Area Pie Vectors XYXV Vectors XYAM Statistical Graphs Pagel 3D Plot						*	•	Description	Type	Formula Apply		



Sposób utworzenia wykresu złożonego z punktów (x, y) poprzez wybór z menu głównego Plot $\rightarrow$ Scatter.

Eile	SciDAVis - D:/HOZA/DYDAKT Edit View Scripting Plot	YKA/2012-13_Prac-Fiz Analysis <u>T</u> able Windov	z_Elektr_IN/Scidavis_Function-p ws Help	olot-1.sciprj			_IIX
] [	) 🔒 🛩 🛱 🛗 🗖	3 🖨 🔁 🗔 🖽	) 🥱 🤗 👗 🖻 💼 🖻 📗	ν 📲 Σ🛛 🖾			1 /. »
	Image: Table1       Image: Table2       Image: Table2	Baaa[Y] Plot Sgt 0 Fill Si Fill Si Clean Clean Add	Election with	Line Catter Line + Symbol Special Line/Symbol Vertical Bars Horizontal Bars Area Special Line/Symbol	Description Type: Format: Decimal Digits: Selected colu Double precis floating point Example: 12		
中中	7	in Norm	Mormalize Columns           Sort Columns           Edit Column Description           Change Type & Format         Ctrl+Alt+O           Show Comments	Vectors XYXY	Example: 123	h12	
井	9	다. 않는 Char 태 Shov		Panel *			
	10	Σ <b>[</b> ] Colu	mn Statisti <u>c</u> s				
	12						
	14						

#### Rys. 5.



Właściwości utworzonego wykresu – Rys. 6 - można zmieniać poprzez menu kontekstowe wykresu lub jego elementów (jak wyżej, prawy klawisz myszy). Także dwukrotne kliknięcie lewym klawiszem na różnych elementach wykresu pozwala zmieniać wiele graficznych cech wyświetlania danych lub całego wykresu. Można w ten sposób określać rodzaj, wielkość i kolor symboli punktów danych, rodzaj linii łączącej punkty, jej grubość i kolor, właściwości i opisy osi OX, OY, także narysować osie lub ramkę u góry i po prawej stronie wykresu poprawiającą wygląd wykresu, można też zmieniać wielkość wykresu i wiele innych własności graficznych. Wiele opcji zmieniających wygląd ramki i osi wykresu znajduje się w menu kontekstowych skali wykresu Scale… oraz Properties… . Znaczniki niepewności rysuje się na wykresie korzystając w menu głównym z opcji Graph→ Add Error Bars… . Z menu kontekstowego wykresu przez wybór Export→Window można cały wykres wyeksportować do

Z menu kontekstowego wykresu przez wybór Export→Window można cały wykres wyeksportować do pliku graficznego np. \*.bmp, \*.png (aby potem wstawić do opisu ćwiczenia wykonywanego np. w programach MS Word lub Writer w Open Office). Można również wykres skopiować jako bitmapę do schowka windowsowego poprzez Copy→Window z menu kontekstowego wykresu, ale wydaje się, że kopiowanie bezpośrednie przez schowek Windows obniża rozdzielczość graficzną rysunku. Wyeksportować rysunek można też z menu głównego File→Export Graph albo z menu kontekstowego strony (obszar poza ramką wykresu) Export Page....

Ważną cechą programu jest możliwość narysowania kilku linii na tym samym wykresie z różnych kolumn danych Y z tej samej tabeli lub z różnych tabel. Aby to zrobić, mając aktywne okno rysunku, należy z menu głównego wybrać Graph→Add/Remove Curve... albo to samo z menu kontekstowego wykresu. Otworzy się okienko umożliwiające wybór, które z danych określonej tabeli i określonej jej kolumny (np. Table1\_4 oznacza kolumnę 4 z Table1) mają być wykreślone na rysunku. Dla bardziej złożonego przedstawiania danych można używać warstw rysunku (Add Layer z menu kontekstowego okna wykresu), które np. mogą zawierać inne ramki z wykresami.

Program Scidavis pozwala także rysować wykresy funkcji y = f(x) określanej bezpośrednio wzorem matematycznym, a nie poprzez tabelę. Aby otworzyć okienko definiowania funkcji należy wybrać z menu Graph opcję Add Function..., a następnie w otwartym okienku dialogu – Rys. 7 - wpisać wzór funkcji w ramce f(x)=, zakres zmiennej *From* x=, *To* x= oraz ilość punktów *Points* tworzących wykres funkcji. Wykres funkcji można dodać do rysunku również poprzez menu kontekstowe rysunku Add Function...



Rys.  $\overline{6}$ .

Wykres typu Line + Symbol utworzony z danych tabeli. Linia łącząca punkty nie reprezentuje żadnej konkretnej funkcji, a jedynie łączy odcinkami kolejne punkty danych – prowadzi wzrok.

Składnia definiowania funkcji f(x) = do narysowania wykresu to proste wyrażenia zapisane tekstem: np. (2\*x-1)/(3\*x+2)4 działania i nawiasy: +, -, \*, /, ()potęgowanie, pierwiastek 2-stopnia: ^, sqrt()  $sqrt(x^2+1)$ np. eksponent i logarytmy: exp(), ln(), log10() exp(-3.5\*x)+2.5\*log10(x+1)np. funkcje trygonometryczne: sin(), cos(), tg(), ctg() np.  $x+\sin(x+x^2)$ liczby niewymierne: pi, e np.  $sin(2*pi*x)+e^{(-x)}$ oraz inne wyrażenia matematyczne wg. opisu w podręczniku [1], [2], [3]. Składnia taka działa, gdy jako język skryptowy jest wybrany muParser (a nie Pyton) z menu głównego Scripting→Scripting Language, co jest domyślnym ustawieniem po instalacji programu Scidavis. Składnia opisu wyrażeń matematycznych jest nieco inna w przypadku wyboru Pyton-a – jest opisana w podręcznikach [1], [2] i [3].

Wykresy, dla rozróżnienia linii lub większej czytelności graficznej, mogą być rysowane liniami różnych kolorów, grubości i różnego rodzaju liniami (ciągłą, przerywaną) – Rys. 7. Określa się to z menu kontekstowego Plot Details... punktów wykresu lub po dwukrotnym klikniecie lewym klawiszem myszy na punktach wykresu. Trzeba jeszcze zwrócić uwagę, że czytelność wykresu zależy istotnie od odpowiedniego doboru graficznego elementów wykresu i jego opisów, np. wielkości czcionek opisów osi.



#### Rys. 7.

Okno dla definiowania funkcji oraz przykładowe wykresy. Legenda podaje wzory rysowanych funkcji.

#### Analiza danych pomiarowych – możliwości dopasowania funkcji.

Ważną cechą programów graficznego przedstawiania wyników pomiarowych są możliwości analizy matematycznej danych. Z wielu dostępnych możliwości na tym etapie nauki wybieramy tylko dopasowanie określonego typu funkcji do danych z pomiaru. Na przykład, jeśli spodziewamy się, że jakiś model matematyczny, czyli jakaś konkretna funkcja, powinien opisywać mierzone zjawisko, to możemy próbować dopasować do punktów z pomiaru właśnie funkcję tego rodzaju. To znaczy chcemy tak dobrać współczynniki wybranego rodzaju funkcji, aby jej wykres jak najlepiej oddawał przebieg zmienności punktów danych z pomiaru. Kryterium, co to znaczy "jak najlepiej", jest określone jako minimum sumy kwadratów odległości (liczonych wzdłuż osi OY) wszystkich punktów pomiarowych od linii wykresu dopasowywanej funkcji. Metoda taka nazywa się metodą najmniejszych kwadratów (także metodą regresji). Jej zdefiniowanie i wzory obliczeniowe zostaną przedstawione np. na wykładzie ze *Wstępu do analizy danych*. Program Scidavis oferuje szybkie wykonanie takiego dopasowania.

Przykład zastosowania metody najmniejszych kwadratów w programie Scidavis przedstawia Rys. 8. W tym przykładzie chcemy znaleźć funkcję wielomianową 2-go stopnia (czyli współczynniki trójmianu kwadratowego), która najlepiej opisuje punkty pomiarowe z Rys. 6. Mając aktywne okno wykresu, z menu głównego wybieramy Analysis→Quick Fit→Fit Polynomial..., a następnie w oknie dialogowym wybieramy do których danych chcemy "dofitować" wielomian (Table1\_2 - kolumna 2 z Table1), stopień wielomianu (może być np. funkcja liniowa), zakres zmiennej Xmin ... Xmax, kolor linii funkcji wielomianowej rysowanej na wykresie, a także czy ma być wyświetlana na wykresie legenda z opisem dopasowanej funkcji (zwykle tak, bo można stamtąd odczytać wartości współczynników dopasowanej

funkcji). Po wykonaniu dopasowania program wyświetli osobne okno z wynikiem dopasowania, czyli m.in. ze współczynnikami wielomianu najlepiej pasującego do danych.

Dla często stosowanego dopasowywania funkcji liniowej  $y = A^*x+B$  program Scidavis oferuje szybszą ścieżkę – Rys. 8: Analysis – Quick Fit – Fit Linear i od razu pojawia się okno wyników oraz linia prosta dopasowania na wykresie. Z okna wyników dopasowania można odczytać wartości współczynników dopasowanej funkcji, np. A i B (lub inaczej określonych w zależności od wybranego typu funkcji).

Program Scidavis oferuje dopasowania kilku najczęściej stosowanych funkcji (Analysis→Quick Fit i dalej dostępne tam funkcje) lub dopasowanie funkcji definiowanej przez użytkownika i o ilości parametrów także określanej przez użytkownika (Analysis→Fit Wizzard...). Ta druga możliwość nie zawsze jednak prowadzi do dobrego rezultatu, bo dopasowywanie dowolnych funkcji z wieloma parametrami jest nie zawsze zbieżną procedurą. Wobec tego dla funkcji innych niż np. wielomianowa, typu Gaussa, eksponencjalna itp., często najlepsze rezultaty można osiągnąć dobierając parametry funkcji ręcznie i rysując oraz oceniając wzrokowo kolejne przybliżenia funkcji na wspólnym wykresie z punktami pomiarowymi.



Rys. 8.

Dopasowanie funkcji kwadratowej (czerwona linia na wykresie) do punktów pomiarowych z Rys. 6.

#### Literatura dot. programu Scidavis

[1] podręcznik online (wer. angielska): <u>http://scidavis.sourceforge.net/manual/</u>

[2] wersja pdf podręcznika (wer. ang.) (plik 8MB) jest dostępna tutaj: http://sourceforge.net/projects/scidavis/files/

lub kopia tutaj: http://www.fuw.edu.pl/~tomslu/Scidavis-manual.pdf

[3] polskie tłumaczenie podręcznika (udostępnione darmowo przez tłumacza p. R. Wiśniewskiego), wersja pdf (3MB) dostępna tutaj: <u>http://www.fuw.edu.pl/~tomslu/Polski-opis-SciDAVis.pdf</u>