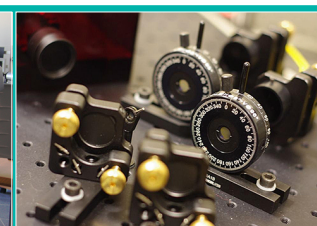
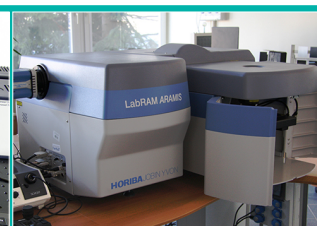


Ćwiczenie 1

Dyfrakcja światła laserowego na szczelinie i otworze kołowym

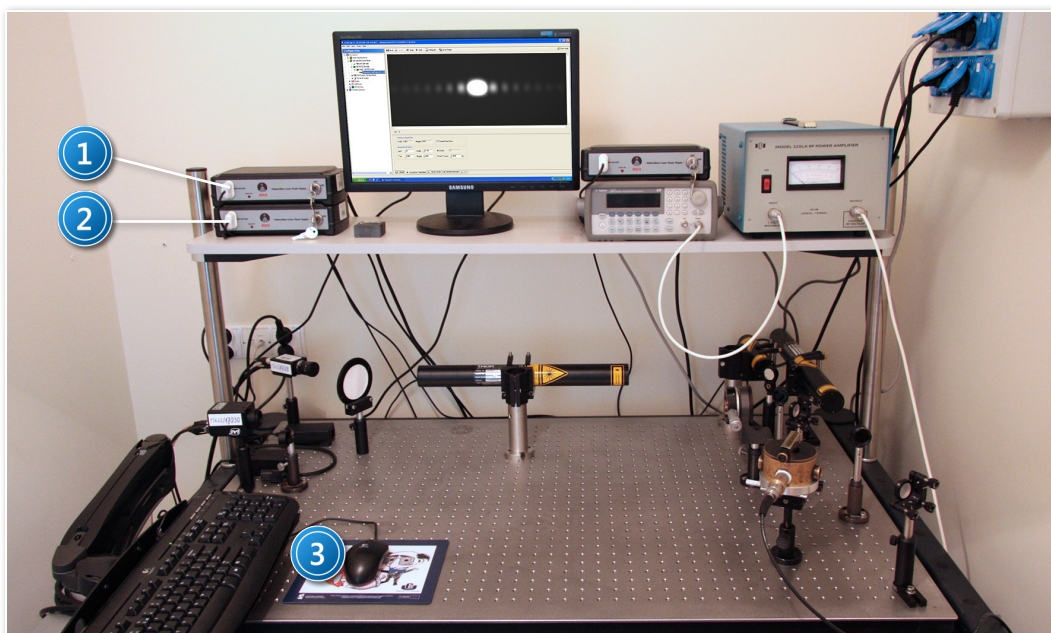


I. Zagadnienia do opracowania.

1. Periodyczny ruch falowy.
2. Jednowymiarowe równanie falowe fali poprzecznej w ośrodku.
3. Korpuskularno-falowe własności promieniowania elektromagnetycznego.
4. Interferencja światła:
 - a) pojęcie spójności światła;
 - b) doświadczenie Younga;
 - c) ogólne warunki interferencji.
5. Zjawisko dyfrakcji światła:
 - a) zasada Huygensa;
 - b) dyfrakcja światła na szczelinie;
 - c) dyfrakcja światła na dwóch szczelinach;
 - d) dyfrakcja światła na aperturze kołowej;
 - e) rozkłady natężeń światła w obrazach dyfrakcyjnych w zjawiskach I.5.b) – d).
6. Procesy: absorpcji, emisji spontanicznej i emisji wymuszonej.
7. Budowa i zasada działania lasera He – Ne:
 - a) schemat poziomów energetycznych atomów helu i neonu;
 - b) zasada pompowania;
 - c) mechanizm akcji laserowej;
 - d) rezonator optyczny;
8. Właściwości światła lasera.

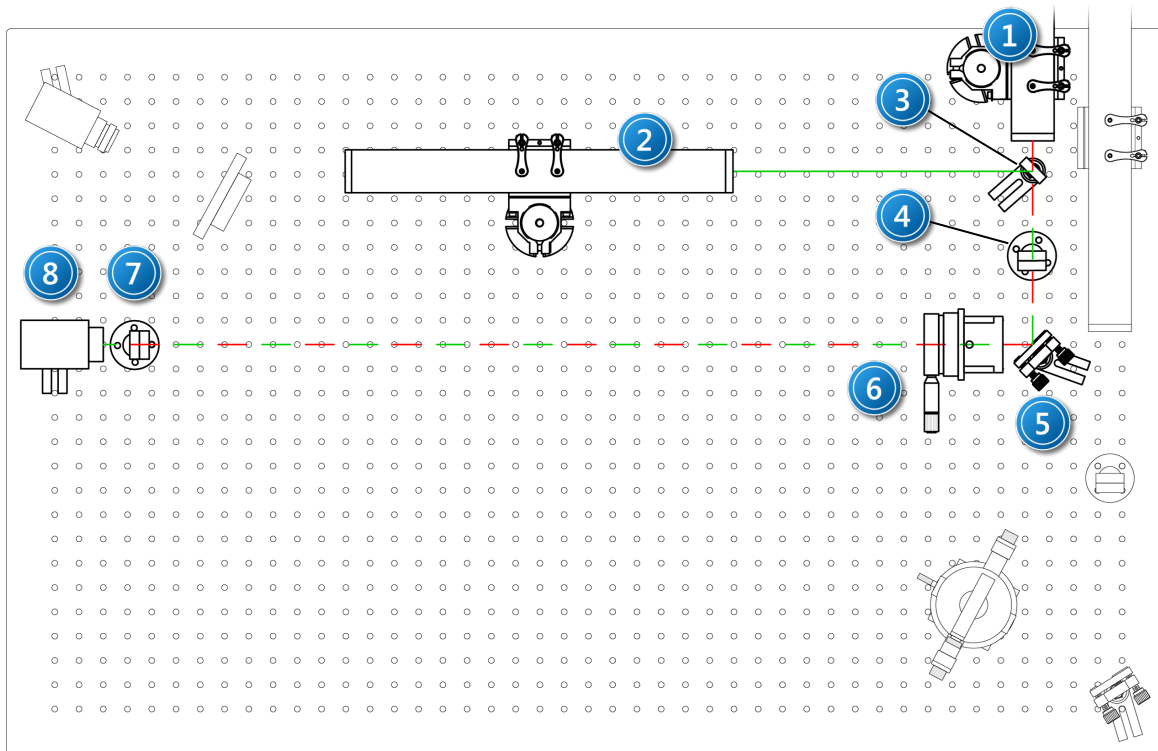
II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z układem pomiarowym widocznym na *Zdjęciu 1* oraz na *Rysunku 2*.



Zdjęcie 1. Stanowisko pomiarowe do badania dyfrakcji światła laserowego: 1, 2 – zasilacze laserów He – Ne; 3 – zestaw komputerowy.

2. Włączyć komputer i oba zasilacze laserów He – Ne (1 i 2, Zdjęcie 1) oraz zasilanie kamery CCD (8, Rysunek 2).



Rysunek 2. Schemat układu optycznego: 1 – laser He-Ne ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$); 2 – laser He-Ne ($\lambda = 543 \text{ nm}$); 3 – uchylne zwierciadło; 4 – filtr szary; 5 – zwierciadło; 6 – regulowana szczelina; 7 – uchylny filtr szary; 8 – kamera CCD.

3. Uruchomić program *Measurement & Automation Explorer* i włączyć podgląd z kamery CCD (patrz *Dodatek A*).
Sprawdzić czy obiektyw kamery nie jest zasłonięty.
4. Usuwając uchylne zwierciadło (3, Rysunek 2) z drogi optycznej skierować na nią czerwone światło lasera (1, Rysunek 2).
5. Regulując kąt ustawienia zwierciadła (5 Rysunek 2) skierować wiązkę światła lasera dokładnie na środek obiektywu kamery CCD.
6. Wstawić w wiązkę światła laserowego pojedynczą szczelinę o regulowanej szerokości (6, Rysunek 2) prostopadle względem kierunku rozchodzenia się wiązki światła.
7. Zmieniając delikatnie szerokość szczeliny (śrubą mikrometryczną na jej oprawie) uzyskać wyraźny, symetryczny obraz dyfrakcji światła na szczelinie.
8. Zarejestrować uzyskany obraz dyfrakcyjny posługując się opisem detekcji i obróbki obrazów za pomocą kamery CCD w *Dodatku A*.
9. Nie zmieniając szerokości szczeliny skierować zieloną wiązkę światła lasera na oś optyczną (wstawiając w wiązkę zwierciadło 3 na Rysunku 2).
Regulując zwierciadłem 5 na Rysunku 2 skierować wiązkę światła na środek szczeliny.
10. Zarejestrować uzyskany obraz dyfrakcyjny dla zielonej długości fali lasera.
11. Usunąć pojedynczą, regulowaną szczelinę z drogi optycznej a w jej miejsce wstawić otwór kołowy.
Zarejestrować otrzymany obraz dyfrakcyjny.
12. Przedstawić graficznie rozkłady natężeń światła w uzyskanych obrazach dyfrakcyjnych.

13. Na podstawie wyników pomiarowych uzyskanych w punkcie II.8. obliczyć szerokość połówkową centralnego maksimum.
14. Obliczyć ustawioną (w punkcie II.9.) szerokość szczeliny.
15. Na podstawie pomiarów z punktów II.8 – II.10. oraz obliczeń z punktów II.12. - II.14. obliczyć długość zielonej fali emitowanej przez laser (z szerokości połówkowej prążka centralnego bądź z dopasowania uzyskanego rozkładu natężeń do wzoru teoretycznego).
16. Przeprowadzić dyskusję błędów.
17. Porównać wynik uzyskany z obliczeń w punkcie II.15. z danymi w metryczce lasera.
18. Opisać różnice w zarejestrowanych obrazach dyfrakcyjnych od zastosowanych przeszkód na drodze światła lasera.

III. Zestaw przyrządów.

1. Dwa lasery He - Ne.
2. Zasilacze laserów He - Ne.
3. Dwa zwierciadła (w tym jedno uchylne).
4. Kamera CCD.
5. Komplet szczelin: pojedyncza (regulowana), podwójna, otwór kołowy.
6. Zestaw filtrów szarych.
7. Zestaw komputerowy.

IV. Literatura.

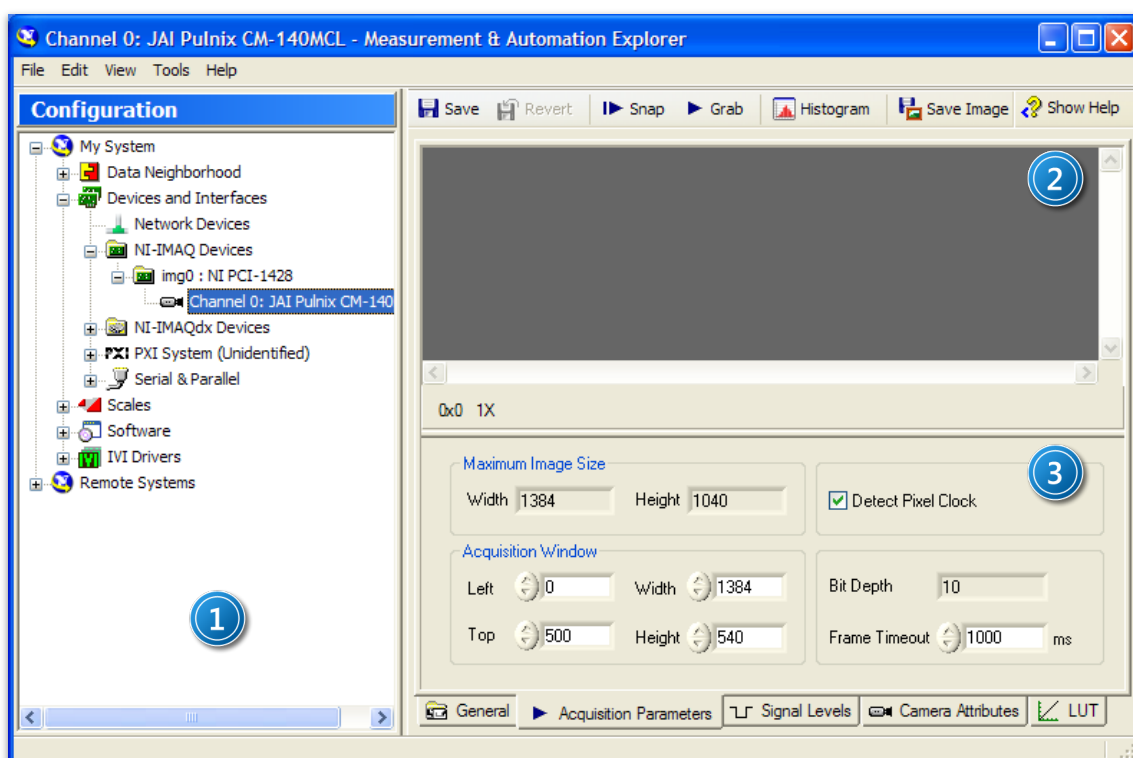
1. J.R. Meyer-Arendt – „*Wstęp do optyki*”, PWN, Warszawa 1977.
2. Cz. Bobrowski – „*Fizyka – krótki kurs*”, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1998.
3. H. Szydłowski – „*Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*”, PWN, Warszawa 2003.
4. J. Orear – „*Fizyka*”, T.2. , Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1998.
5. A.H. Piekara – „*Nowe oblicze optyki*”, PWN, Warszawa 1968.
6. F. Kaczmarek – „*Podstawy działania laserów*”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1983.
7. R.I. Sołouchin – „*Optyka i fizyka atomowa*”, PWN, Warszawa 1982;
8. F. Kaczmarek – „*Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki dla zaawansowanych*”, PWN, 1982.
9. K. Shimoda – „*Wstęp do fizyki laserów*”, PWN, Warszawa 1993.
10. A. Kujawski, P. Szczepański – „*Lasery*”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 1999.
11. E.L. Goldwasser – “*Optics, Waves, Atoms and Nuclei*”, W.A. Benjamin, Inc., 1965.
12. C.L. Andrews – “*Optics of the Electromagnetic Spectrum*”, Prentice – Hall, Inc., N.Y. 1961.
13. M. Born, E. Wolf – “*Principles of Optics*”, Pergamon Press Inc., 1970.
14. G.F. Lothian – “*Optics and it’s Uses*”, Van Nostrand Company, 1975.
15. O. Svelto – “*Principles of Lasers*”, Plenum, New York 1998.
16. J. Orear – “*Physics*”, Vol. 2. , Macmillan Publishing Co., Inc., 1979.

Dodatek A

Obsługa programu NI Measurement & Automation Explorer oraz kamery CCD JAI RM – 4200GE

A. Uruchamianie programu i podglądu z kamery CCD.

1. Uruchomić program NI Measurement & Automation Explorer poprzez dwukrotnie kliknięcie na skrót do niego (opatrzony taką samą nazwą), umieszczony na pulpicie.





Rysunek 3. Okno programu NI Measurement & Automation Explorer: 1 – panel lewy; 2 – panel podglądu obrazu z kamery CCD; 3 – panel dostrajania pracy kamery i ustalania właściwości przechwytywanego obrazu.



UWAGA!


Przed zdjęciem osłony z obiektywu kamery CCD i włączeniem jej, należy upewnić się, że wiązka światła laserowego przechodzi przez filtr szary (4, Rysunek 2). Skierowanie nieostabionej wiązki laserowej w obiektyw kamery może uszkodzić matrycę CCD.

2. Zdjąć osłonę z kamery CCD.
3. Uruchomić podgląd z kamery, postępując się lewym panelem w oknie programu (1, Rysunek 3).
W tym celu należy rozwinąć listy w sekcji **Devices and Interfaces**, klikając znak **+** przy elemencie

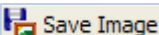
 NI-IMAQdx Devices, a następnie kliknąć symbol interfejsu kamery **JAI Inc. RM-4200GE**, po czym włączyć podgląd przyciskiem  Grab umieszczonym nad panelem podglądu (2, Rysunek 3).

4. Po chwili w oknie podglądu powinien ukazać się obraz z kamery CCD.
5. W wypadku pojawienia się komunikatu o błędzie, należy upewnić się czy obiektyw kamery nie jest zasłonięty bądź czy do zasilacza kamery podłączono przewód zasilający.

B. Użytkowanie programu i przechwytywanie obrazu z kamery CCD.

1. Przycisk  Grab umieszczony nad panelem podglądu (2, Rysunek 3) służy do włączania i wyłączania ciągłego podglądu z kamery CCD.

Podgląd ciągły można w każdej chwili wyłączyć, klikając ten przycisk – wtedy w panelu podglądu zostanie wyświetlona ostatnio zarejestrowana klatka.

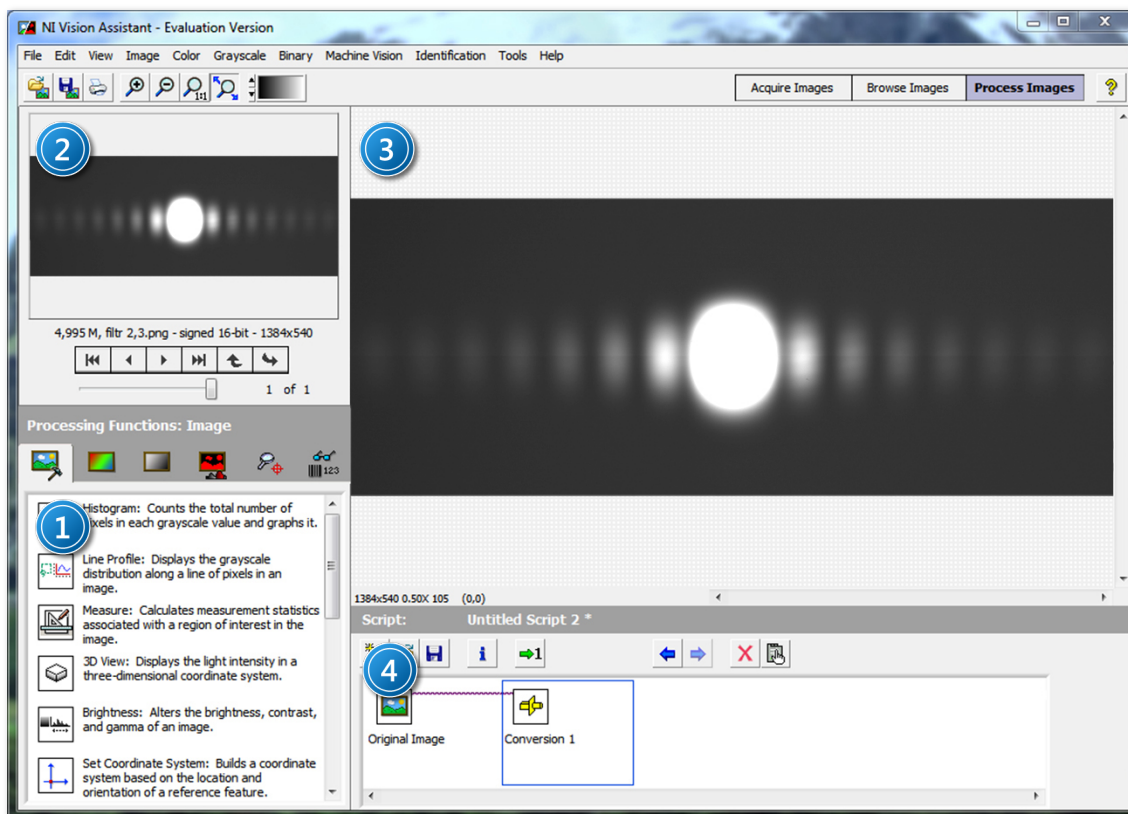
2. Klikając prawym przyciskiem myszy w panelu podglądu można dostosować opcje wyświetlania obrazu z kamery, np. ustawić dynamiczne dostosowanie atrybutów obrazu do aktualnego rozmiaru okna (z pomocą opcji *Zoom to fit* w menu *Zoom*).
3. Obraz aktualnie wyświetlany w panelu podglądu można w każdej chwili zapisać w postaci pliku graficznego *PNG* lub *TIFF*, klikając przycisk  Save Image i wybierając miejsce zapisu obrazu, jego nazwę i format pliku.

C. Kończenie pracy.

1. W celu zakończenia pracy kamery i programu *Measurement & Automation Explorer* wystarczy zamknąć okno programu.
2. Nałożyć na obiektyw kamery CCD osłonkę zabezpieczającą.
3. Zakończenie pracy zgłosić prowadzącemu ćwiczenie.

Dodatek B

Dokonywanie pomiarów odległości i uzyskiwanie profilu natężenia światła laserowego na podstawie obrazów z kamery CCD w programie *NI Vision Assistant 2009*





Rysunek 4. Okno programu *NI Vision Assistant*: 1 – panel wyboru funkcji; 2 – panel wyboru obrazu; 3 – panel podglądu obrazu; 4 – panel edycji skryptu.

A. Informacje ogólne.






Oprogramowanie *National Instruments Vision Assistant* oferuje możliwość dokonywania odczytów geometrycznych własności obiektów przedstawionych na obrazach rastrowych, takich jak odległości między punktami, pola powierzchni, średnice itp. Program obsługuje większość z dostępnych obecnie, popularnych formatów grafiki rastrowej (m. in. *.bmp, *.jpg, *.tif, *.png).

Lista czynności kolejno wykonywanych za pośrednictwem programu *NI Vision Assistant*, takich jak transformacje obrazu, pomiary odległości czy konwersje, zapisywana jest w postaci skryptu, wyświetlonego w panelu edycji skryptu (4, Rysunek 4).

Każdy z kroków skryptu może zostać usunięty z wykorzystaniem ikony , może być edytowany kliknięciem na ikonę  lub dwukrotnym kliknięciem na ikonę symbolizującą dany krok.

B. Otwieranie obrazów i przygotowywanie ich do edycji.

1. Otwieranie obrazu (obrazów) w programie *NI Vision Assistant* następuje na dwa sposoby:

- a) kliknąć przycisk  na pasku narzędzi w głównym oknie programu (lub wybrać polecenie *Open Image...* w menu *File*), następnie wybrać obraz (obrazy) i kliknąć przycisk *Otwórz*;
 - b) przejść do przeglądarki obrazów, klikając kolejno polecenie *Browse Images* umieszczone w prawej części paska narzędzi głównego okna programu, przycisk  umieszczony na dole ekranu a następnie wybrać obraz (obrazy) i kliknąć przycisk *Otwórz*.
2. Po otwarciu żądanego obrazu (obrazów), można rozpocząć ich edycję i wykonywanie pomiarów. Wszystkie operacje przeprowadzane są na karcie przetwarzania obrazów, aktywowanej poprzez kliknięcie polecenia *Process Image*, umieszczonego w prawej części paska narzędzi głównego okna programu.
 3. W każdej chwili można zmienić obraz aktualnie poddawany operacjom na karcie *Process Image*, klikając przyciski  w panelu wyboru obrazu (2, *Rysunek 4*), bądź przechodząc do przeglądarki (polecenie *Browse Images*) i dwukrotnie klikając miniaturę wybranego obrazu (lub zaznaczając wybraną miniaturę pojedynczym kliknięciem myszy i przechodząc na kartę *Process Image*).
 4. Aby dodać nowe obrazy do przeglądarki, należy kliknąć przycisk  umieszczony na dole ekranu, następnie wybrać obraz (obrazy) i kliknąć przycisk *Otwórz*. W zależności od preferencji, udzielić odpowiedzi twierdzącej lub przeczącej na wyświetlone w oknie dialogowym pytanie o zastąpienie obrazów już istniejących w przeglądarce obrazami nowo wybranymi.
 5. Kliknięcie przycisku  w przeglądarce obrazów pozwala przełączać się pomiędzy widokami siatki miniatur a podglądem pojedynczego obrazu na całym ekranie.



Wskazówka

Jeżeli po otwarciu, obraz (obrazy) są wyświetlane jako zupełnie czarne, należy dokonać konwersji pliku, zmieniając ich głębię bitową. W tym celu należy:

1. zaznaczyć właściwy obraz i przejść na kartę edycji (*Process Image*);
2. z menu *Greyscale* wybrać polecenie *Conversion*, po czym w panelu wyboru funkcji (1, *Rysunek 4*) wybrać z listy pozycję *8-bit [0, 255]* i potwierdzić wybór, klikając przycisk *OK*.

Przekształcony obraz można następnie zapisać, wybierając polecenie *Save Image* z menu *File*.

C. Dokonywanie pomiarów odległości między punktami.

Program *NI Vision Assistant* pozwala na wykonywanie pomiarów odległości między punktami na obrazach, transformując odległość wyrażoną w pikselach na odległość wyrażoną w jednostkach rzeczywistych. Aby było to możliwe, należy dokonać kalibracji obrazu.

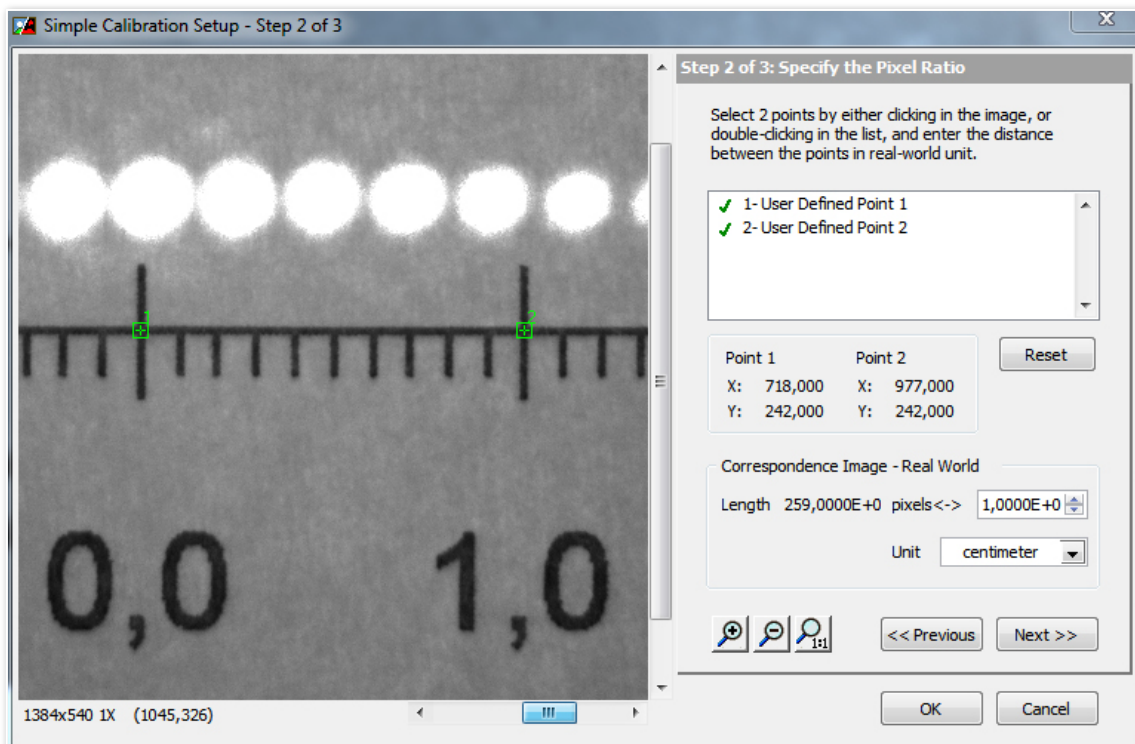
Kalibracja obrazu.

1. Z menu *Image* wybrać polecenie *Image Calibration*. Zostanie wyświetlone okno kreatora kalibracji.
2. Upewnić się, że zaznaczona jest pierwsza z opcji - *Simple Calibration*. Kliknąć przycisk *OK*.
3. W kroku 1 (*Step 1 of 3*) zostanie wyświetlony podgląd aktualnie otwartego obrazu.

Upewniając się, że zaznaczono typ kwadratowy pikseli (*Square*), kliknąć przycisk *Next*.

4. W kroku 2 (*Step 2 of 3*) należy wskazać dwa punkty na obrazie, stanowiące końce odcinka o znanej rzeczywistej długości (np. dwa punkty na podziałce centymetrowej widocznego na obrazie ekranu), klikając w odpowiednich miejscach na podglądzie.

W pole liczbowe w sekcji *Correspondance Image – Real World* należy wpisać fizyczną odległość wzorcową między zaznaczonymi punktami i wybrać odpowiednią jednostkę (patrz *Rysunek 5*).

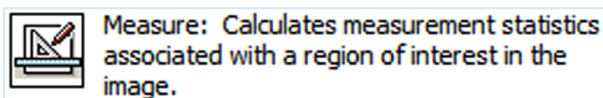


Rysunek 5. Okno kreatora kalibracji obrazu w programie NI Vision Assistant (na podgląd obrazu naniesiono punkty, stanowiące końce odcinka o znanej długości fizycznej (1 cm)).

5. Po ustaleniu odległości wzorcowej, kliknąć przycisk *Next* a następnie *OK*. Okno kreatora zostanie zamknięte.
6. Potwierdzić dane kalibracji obrazu, klikając przycisk *OK* w panelu wyboru funkcji (1, *Rysunek 4*).

Wykonywanie pomiarów odległości na obrazach

1. Po dokonaniu kalibracji obrazu, można dokonywać pomiarów fizycznych odległości między punktami. W tym celu w panelu wyboru funkcji (1, *Rysunek 4*) należy kliknąć narzędzie *Measure*:

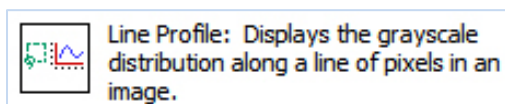


2. W liście możliwych typów pomiarów w panelu funkcji (teraz zatytułowanym *Measure Setup*) zaznaczyć pozycję *Length*.

3. Z pomocą myszy narysować na podglądzie obrazu odcinek między punktami, których odległość jest przedmiotem pomiaru.
Długość odcinka w jednostkach fizycznych zostanie wyświetlona w tabeli pomiarów w oknie edycji skryptu (*Length = ...*).
4. Można dokonywać serii pomiarów odległości, rysując nowe odcinki. Każdy z pomiarów zostanie zapisany w tabeli w osobnym wierszu.
5. Uzyskane dane można zapisać w postaci pliku tekstowego lub umieścić w arkuszu kalkulacyjnym programu *Microsoft Excel*. W tym celu należy kliknąć jeden z przycisków umieszczonych po prawej stronie panelu edycji skryptu (*Save Results* lub *Send Data To Excel*). Uzyskany plik tekstowy można następnie zaimportować do dowolnego programu używanego do obróbki i wizualizacji danych numerycznych (np. *Origin*, *Sigma Plot* i inne).
6. Aby zakończyć pracę z narzędziem *Measure*, należy kliknąć przycisk *OK* w panelu *Measure Setup*.
W każdej chwili można wrócić do rezultatów pomiarów (lub wykonać kolejne), klikając dwukrotnie ikonę kroku oznaczonego nazwą *Measure* w oknie edycji skryptu.

D. Uzyskiwanie profilu natężenia światła wzdłuż zdefiniowanego odcinka.

1. W panelu wyboru funkcji (1, *Rysunek 4*) kliknąć narzędzie *Line Profile*:



2. Z pomocą myszy narysować w panelu podglądu obrazu (3, *Rysunek 4*) odcinek, wzdłuż którego ma być wykonany pomiar natężenia światła. Aby narysowany odcinek był skierowany pionowo lub poziomo, podczas rysowania należy trzymać wciśnięty klawisz *Shift*.
3. W panelu wyboru funkcji, teraz zatytułowanym *Line Profile Setup* (1, *Rysunek 4*), wyświetlony zostanie profil natężenia światła wzdłuż narysowanego odcinka.



UWAGA!

Jeżeli uzyskany profil natężenia światła laserowego wzdłuż narysowanego odcinka posiada wyraźny obszar plateau w centralnej części (jest odcięty), oznacza to, że doszło do nasycenia obrazu. W takim wypadku należy ponownie pozyskać obraz z kamery CCD, dobierając optymalny (gwarantujący profil pozbawiony wysycenia) zestaw filtrów szarych, montowanych w elemencie uchylnym (7, *Rysunek 2*).

4. Uzyskane dane można zapisać w postaci pliku tekstowego lub umieścić w arkuszu kalkulacyjnym programu *Microsoft Excel*. W tym celu należy kliknąć jeden z przycisków umieszczonych po lewej stronie panelu wyboru funkcji (*Save Results* lub *Send Data To Excel*). Uzyskany plik tekstowy można następnie zaimportować do dowolnego programu używanego do obróbki i wizualizacji danych numerycznych (np. *Origin*, *Sigma Plot* i inne).
5. Aby zakończyć pracę z narzędziem *Line Profile*, należy kliknąć przycisk *OK* w panelu *Line Profile Setup*.
W każdej chwili można wrócić do rezultatów pomiarów, klikając dwukrotnie ikonę kroku oznaczonego nazwą *Line Profile* w oknie edycji skryptu.