

# DŁUGOŚĆ

PRZEWODNIK PO DZIEDZINIE

Autorzy: Dariusz Czulek  
Joanna Przybylska  
Robert Szumski  
Piotr Sosinowski  
Mariusz Wiśniewski

Redaktor: Paweł Fotowicz

Zdjęcia: Archiwum GUM



*niepodlega*

ul. Elektoralna 2  
00-139 Warszawa  
godziny pracy: 8:00-16:00

tel. 22 581 93 99 (centrala)  
fax: 22 581 93 92  
e-mail: gum@gum.gov.pl

Materiał opracowano w Biurze Strategii Głównego Urzędu Miar.

Główny Urząd Miar (GUM) jest krajową instytucją metrologiczną. Działa na rzecz zagwarantowania zdolności pomiarowych niezbędnych dla zrównoważonego rozwoju gospodarki, zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości życia społeczeństwa oraz zabezpieczenia interesów obywateli.

Zadania GUM obejmują szerokie spektrum zagadnień związanych z metrologią, jednostkami miar, ich definicjami, jak również zaawansowanymi technologicznie wzorcami pomiarowymi oraz tematyką ochrony bezpieczeństwa gospodarczego i technicznego państwa.

# Spis treści

I	Wstęp .....	4
II	Potrzeby społeczne i gospodarcze .....	5
III	Historia rozwoju dziedziny w Głównym Urzędzie Miar .....	8
IV	Plan rozwoju dziedziny w GUM .....	12
V	Krajowy system metrologiczny dotyczący dziedziny .....	17
VI	Wykaz dokumentów związanych z dziedziną .....	20
VII	Wykaz publikacji pracowników GUM związanych z dziedziną w latach 2006–2016 .....	21
	Załącznik 1. Stanowiska pomiarowe .....	23
	Załącznik 2. Klasyfikacja czynności metrologicznych .....	45

# I Wstęp

Dziedzina **Długość** zasadniczo dotyczy pomiarów długości i kąta oraz ich pochodnych. Można w niej wyróżnić kilka poddziedzin.

1. **Długości fal i interferometria**, obejmująca promieniowanie laserów oraz lamp spektralnych (lasery stabilizowane, interferometry, laserowe interferencyjne układy pomiarowe, komparatory interferencyjne).
2. **Metrologia wymiarowa**, obejmująca przyrządy do pomiaru długości, płytki wzorcowe, wzorce kreśkowe, wzorce schodkowe, wzorce średnicy, wysokościomierze, czujniki zegarowe, mikroskopy pomiarowe, płaskie płytki interferencyjne, współrzędnościowe maszyny pomiarowe, głębokościomierze mikrometryczne, geodezyjne mierniki odległości.
3. **Pomiary kątów**, obejmujące podziałki kątowe, generatory małych kątów, przyrządy do pomiaru kąta, płytki kątowe, pryzmy wielościenne, poziomnice, autokolimatory, stoły obrotowe.
4. **Pomiary kształtu**, obejmujące wzorce: płaskości, okrągłości, prostoliniowości, walcowości.
5. **Struktura powierzchni**, obejmująca wzorce struktury geometrycznej powierzchni, wzorce wysokości i głębokości schodka, wzorce chropowatości powierzchni, przyrządy do pomiaru chropowatości powierzchni.
6. **Geometria złożona**, obejmująca wzorce gwintów, wzorce kół zębatych, obiekty współrzędnościowych maszyn pomiarowych, przyrządy 2-D i 3-D.
7. **Pozostałe wymiary**, obejmujące przyrządy pomiarowe ręczne, obiekty ciśnieniowe, rozszerzalność liniową, duże odległości, materiały odniesienia, grubość warstwy, współczynnik załamania światła (w tym również skręcalność optyczna).

W międzynarodowej nomenklaturze metrologicznej dziedzina **Długość** oznaczana jest symbolem **L**, od pierwszej litery angielskiego określenia czyli **length**.

W strukturze organizacyjnej GUM dziedziną zajmuje się **Samodzielne Laboratorium Długości**, dawniej Zakład Długości i Kąta.

## II Potrzeby społeczne i gospodarcze

### 1. Potrzeby zidentyfikowane międzynarodowo

Obecnie najważniejszym dokumentem określającym międzynarodowe potrzeby z zakresu metrologii jest „Strategic Research Agenda for Metrology in Europe”, opracowany na bazie potrzeb zgłoszonych przez poszczególne Komitety Techniczne EURAMET i po szerokich konsultacjach w gronie potencjalnych interesariuszy. Agenda ta jest w pewnym sensie kontynuacją i uaktualnieniem stworzonych w 2012 r. tzw. Roadmaps.

#### 1.1. Umożliwienie rozwoju w naukowej metrologii fundamentalnej

Rozwój w naukowej metrologii fundamentalnej często zależy od możliwości wytwarzania elementów o bardzo wysokiej precyzji, jak również od możliwości wykonywania bardzo dokładnych pomiarów. Priorytetowa działalność w tym zakresie zdefiniowana jest przez badania i nowe realizacje jednostek SI: wagę wata, projekt Avogadro, akustyczny termometr gazowy i dielektryczny termometr gazowy. Także nowe eksperymentalne układy i możliwości metrologii wymiarowej są potrzebne do badania możliwej zależności prawa grawitacji Newtona od odchylenia od odwrotności kwadratu odległości. Mogą również pomóc rozwiązać istniejące rozbieżności w badaniach dotyczących stałej grawitacji  $G$ . W tym celu niezbędny jest rozwój interferometrii i metrologii kąta, ukierunkowanej na osiągnięcie niepewności rzędu nanoradianów.

#### 1.2. Nanometrologia

Nanometrologia, w związku z bardzo dynamicznym rozwojem, wymaga wsparcia metrologicznego. Do kluczowych zadań w najbliższej przyszłości należą:

- stworzenie wzorca opartego o sieć krystaliczną,
- łączenie metod pomiarowych (np. AFM oraz interferometria optyczna) w celu zmniejszenia niepewności pomiaru długości,
- stworzenie kompaktowych, wytrzymałych oraz przyjaznych dla użytkowników stabilizowanych laserów metrologicznych nowej generacji.

#### 1.3. Wsparcie dla nanotechnologii

Miniaturyzacja w przemyśle i wzrastające potrzeby technologii półprzewodników wyzwalają procesy w celu uzyskania nanometrycznej dokładności. Fundamentalnym, kluczowym wyzwaniem jest lepsze zrozumienie takich elementów, jak: proces pomiarowy, wzajemne oddziaływanie między mierzoną próbką a sondą pomiarową, spójność pomiarowa, ciągłe udoskonalenia przyrządów pomiarowych, odpowiednie wzorcowanie wzorców, rosnące zastosowania systemów mikroskopowych oraz charakterystyk metrologicznych nowych sztucznych materiałów i nanofotonicznych struktur. Pierwszeństwo w wyżej wymienionych wyzwaniach stanowi lepsze zrozumienie wzajemnego oddziaływania „próbka – sonda pomiarowa”, podparte przez kształtowanie bardziej realistycznych i złożonych struktur (3D) oraz efektywna kombinacja metod pomiarowych.

Nowe systemy pomiarowe bazowane na mikroskopii jonowej, nieliniowej mikroskopii optycznej, polarymetrii Muellera, tomografii promieniowania X będą się nadal rozwijały i konieczne będzie ich dalsze badanie i analizowanie.

Wirtualne przyrządy pomiarowe symulujące zadania pomiarowe będą nieodzowne przy określaniu niepewności pomiaru.

Wyzwania dla metrologii wymiarowej nanomateriałów np. nanocząsteczek i nanostruktur wymagają potrzeby wykonywania pomiarów w zakresie poniżej 10 nm.

Wysoka rozdzielczość mikroskopów sił atomowych (AFM) jest w większości ograniczona do trzech powierzchni. Zatem konieczne jest udoskonalenie metrologii wymiarowej w przypadku złożonych kształtów.

## **1.4. Kontrola wymiarów obiektów o dużych gabarytach**

Wiele stanowisk pomiarowych wykorzystywanych w nauce i przemyśle wymaga bardzo precyzyjnej kontroli wymiarowej, np. teleskopy optyczne nowej generacji (średnica 40 m, przy nierówności powierzchni w granicach nm), wiązki synchrotronowe (od 10 nm do 50 m) itp. W chwili obecnej brakuje przyrządów pomiarowych oferujących tak szeroki zakres pomiarowy z konieczną do uzyskania dokładnością wyników pomiarów (precyzyjne określanie wartości współczynnika załamania światła w powietrzu w 3D, dokładna metrologia kąta powiązana z efektem refrakcji i słabej kompensacji rozszerzalności temperaturowej w warunkach użytkowania). Kluczowe zadania na przyszłość to zwiększenie dokładności oraz szybkości pomiarów ww. przyrządów pomiarowych (techniki wielowymiarowe, refraktometria 3D, metrologia kąta – większe rozdzielczości, 2D i 3D, techniki pomiaru odległości bezwzględnych, kompensacja termiczna).

## **1.5. Pomiary dużych odległości**

Dokładność systemu GNSS (Global Navigation Satellite System) jest ograniczona ze względu na błędy zegarów wykorzystywanych w pomiarach oraz błędy lokalne pojawiające się podczas pomiaru. Drugie z błędów, w celu ich wyeliminowania, często wymagają niezależnego wzorcownia wykonanego na miejscu. W chwili obecnej dzięki systemom GLONASS, Galileo, GNSS uzyskuje się dokładności na poziomie milimetrów, niestety bez możliwości weryfikacji dokładności tego wyniku. Spowodowane jest to m.in. zmieniającymi się warunkami środowiskowymi. Priorytetowe zadania na przyszłość to wynalezienie nowych metod pomiarowych, umożliwiających bezwzględne pomiary odległości kompensujące warunki środowiskowe: np. wykorzystanie syntezy częstotliwości optycznych, wykorzystanie interferometrii wielofalowej itp. Wynalezione przyrządy pomiarowe z powodzeniem mogą być wykorzystywane do bardzo dokładnego wyznaczenia baz drogowych, które będą wzorcami np. dla kalibracji odbiorników GPS.

## 2. Potrzeby krajowe

Podstawowe potrzeby krajowe, do których odnieść można przyszłą działalność GUM w dziedzinie **Długość**, ujęte są m.in. w dokumencie pt. Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki „Dynamiczna Polska 2020”. Najważniejsze punkty tej strategii, to:

- podniesienie poziomu i efektywności nauki w Polsce, wzmocnienie jej powiązań z gospodarką oraz wzrost jej międzynarodowej konkurencyjności,
- wspieranie współpracy w tworzeniu i wdrażaniu innowacji.

Odnosząc się do tych punktów można sformułować następujące potrzeby:

- badanie i wzorcowanie przyrządów 3D,
- pomiary 2D z dokładnością manometryczną,
- wzorcowanie wzorców nowego typu (np. szerokość linii, średnica okręgu), z niepewnością pomiaru poniżej 100 nm,
- wzorcowanie stabilizowanych laserów metrologicznych emitujących promieniowanie o długości fal do 2100 nm,
- wzorcowanie wzorców kreskowych z niepewnością pomiaru poniżej 100 nm,
- wzorcowanie enkoderów kątowych z niepewnością poniżej 1",
- wyznaczanie wartości współczynnika załamania światła ciekłych wzorców refraktometrycznych z niepewnością pomiaru rzędu  $10^{-6}$ ,
- wzorcowanie wzorców polarymetrycznych z niepewnością rzędu  $0,001^\circ$ ,
- pomiary parametrów chropowatości 3D,
- pomiary nanometryczne i pikometryczne przy zastosowaniu mikroskopu sił atomowych;
- pomiary wzorców o małych wymiarach (poniżej 2 mm) stosowanych np. do wzorcowania kamer CCD, tomografów pomiarowych.

### III Historia rozwoju dziedziny w Głównym Urzędzie Miar

Jedną z pierwszych pracowni nowopowstałego po odzyskaniu niepodległości Głównego Urzędu Miar była Pracownia Długości. W pierwszym okresie wyposażenie pracowni stanowił materialny wzorzec metra w postaci wzorca kreskowego, komparator do wzorców kreskowych oraz 21-metrowy komparator geodezyjny. Również po II wojnie światowej, po rozpoczęciu odbudowy polskiej administracji miar, pracownia długości była jedną z pierwszych. W ramach powojennej pomocy zagranicznej GUM otrzymał od rządu Francji nowy materialny wzorzec metra oraz komparator długości. W kolejnych latach pracownia, potem już Zakład Metrologiczny, sukcesywnie rozbudowywały możliwości pomiarowe w zakresie, szeroko rozumianych, pomiarów długości i kąta.

Działalność Głównego Urzędu Miar w dziedzinie polarymetrii i refraktometrii rozpoczęła się w latach sześćdziesiątych w istniejącym wówczas Polskim Komitecie Normalizacji i Miar (a następnie Polskim Komitecie Normalizacji, Miar i Jakości). Od 1978 r. przez ponad 10 lat laboratorium działało w ramach Centralnego Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Wzorców Materiałów WZORMAT. Ośrodek został przekształcony w Zakład Fizykochemii. W 2003 r. Laboratorium Refraktometrii i Polarymetrii zostało przeniesione do Zakładu Długości i Kąta, a w 2007 r. połączone z istniejącym już wcześniej Laboratorium Pomiarów Kąta.

Do początków lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku głównymi zagranicznymi partnerami w zakresie pomiarów z dziedziny **Długość** były instytucje metrologiczne krajów sąsiednich. Współpraca polegała na prowadzeniu wspólnych porównań, wymianie doświadczeń, stażach. Z tego okresu pochodzi również kilka, czasem wciąż bezcennych, darów metrologicznych, jak np. dwie pryzmy wielościenne (wzorce kąta płaskiego) o bardzo dobrych parametrach.

Po przemianie ustrojowej otworzyły się możliwości nawiązywania ściślejszej współpracy z zachodnimi instytucjami. Dziedzina **Długość** od początku z tej szansy zaczęła korzystać. Tym bardziej, że w tamtym okresie PTB (Niemcy) rozpoczęło projekt pomocowy dla dawnych państw bloku wschodniego. Również i inne państwa były gotowe do pomocy i współpracy. Z ważniejszych wydarzeń wymienić można:

- 1996, Zbigniew Ramotowski – udział (po raz pierwszy) w spotkaniu Komitetu Technicznego Długość EUROMET [Polska (GUM) od 1996 r. stała się członkiem stowarzyszonym EUROMET];
- 1996, Jean-Marie Charter (obecnie emerytowany pracownik BIPM, Francja, d. kierownik Laboratorium Laserów) – wizyta techniczna w GUM, na zaproszenie Zakładu Długości i Kąta;
- 1996, Krystyna Patej (obecnie emerytowany pracownik GUM) – staż w zakresie pomiarów refraktometrycznych w PTB, Niemcy;
- 1996, Maria Tarasiuk (obecnie emerytowany pracownik GUM) – wizyta techniczna, w zakresie pomiarów refraktometrycznych w SMU, Słowacja;
- 1997, Reinhard Probst (obecnie emerytowany pracownik PTB, Niemcy) – wizyta techniczna, w zakresie pomiarów kąta płaskiego w GUM;
- 1997, Philippe Penin (AFNOR, Francja) – wizyta techniczna w GUM związana z konsultacjami dotyczącymi wprowadzania systemu zarządzania jakością; wizyta zorganizowana z inicjatywy Zakładu Długości i Kąta;
- 1997, Rudolf Thalmann (OFMET, obecnie METAS, Szwajcaria) – wizyta techniczna w zakresie pomiarów długości i kąta (w GUM) na zaproszenie Zakładu Długości i Kąta;
- 1998, spotkanie Komitetu Technicznego Długość EUROMET w GUM;



- 1999, Jes Henningsen (DFM, Dania) – wizyta techniczna jako ekspert techniczny w ramach oceny stanu metrologii w Polsce;
- 1999, Anna Kapińska-Kiszko (obecnie emerytowany pracownik GUM) – wizyta techniczna w zakresie pomiarów wykonywanych przy zastosowaniu maszyn trójwspółrzędnościowych w NMIJ (Japonia), na zaproszenie strony japońskiej;
- 2001, Gerard Kotte (NMI, Holandia) – wizyta techniczna w GUM w ramach preaudytu wdrażanego systemu zarządzania jakością w Zakładzie Długości i Kąta;
- 2002, Krystyna Patej (obecnie emerytowany pracownik GUM) – wizyta techniczna w zakresie pomiarów refraktometrycznych w SMU (Słowacja);
- 2002, Joanna Przybylska – staż w zakresie pomiarów kąta płaskiego w PTB (Niemcy) na imienne zaproszenie ze strony niemieckiej;
- 2002, Barbara Smereczyńska (obecnie emerytowany pracownik GUM) – staż w zakresie pomiarów geometrii powierzchni w PTB (Niemcy);
- 2005 i 2006, Emilio Prieto (CEM, Hiszpania) – wizyta jako ekspert techniczny w ramach audytu akredytacyjnego w Zakładzie Długości i Kąta;
- 2007, Katarzyna Nicińska – wizyta techniczna w zakresie pomiarów kąta płaskiego w LNE (Francja) w ramach projektu iMERA;
- 2008, Dariusz Czulek – udział w Letniej Szkole Metrologii w BIPM (Francja);
- 2012, spotkanie Komitetu Technicznego Długość EURAMET w GUM;
- 2013, Bartosz Barzdajn (były pracownik Laboratorium Długości Zakładu Długości i Kąta GUM) – udział we wspólnym projekcie EMRP NEW04, w ramach grantu naukowego dla młodych pracowników (ESRMG);
- 2013–2016, udział pracowników Laboratorium Długości we wspólnym projekcie EMRP IND53 LUMINAR;
- 2013–2016, udział pracowników Laboratorium Kąta (obecnie Pracowni Kąta) we wspólnym projekcie EMRP SIB58 Angles.

Ponadto wymienić należy liczne wizyty techniczne pracowników Zakładu Długości i Kąta (obecnie Samodzielnego Laboratorium Długości) w różnych instytucjach metrologicznych: PTB (Niemcy), METAS (Szwajcaria), INRIM (Włochy), SP (Szwecja), BIPM (Francja), BEV (Austria), MIKES (Finlandia), ale i w SIP (Szwajcaria) u producenta precyzyjnego sprzętu pomiarowego. Coroczne spotkania Komitetu Technicznego Długość, za każdym razem w innym NMI, są również okazją do zwiedzania laboratoriów i wymiany doświadczeń.

Wiedza zdobyta w trakcie odbywanych staży i wizyt technicznych w znaczący sposób przyczyniła się do rozwoju dziedziny w GUM, m.in. do zmodernizowania już istniejących stanowisk, starania się o zakup nowych, rozszerzania możliwości pomiarowych, ale także do znacznego zwiększenia wiedzy metrologicznej pracowników.

W 1995 r. Zakład Długości i Kąta zainstalował w nowowyremontowanym pomieszczeniu laboratoryjnym 065 dwie maszyny pomiarowe, otrzymane w darze od rządu szwajcarskiego: maszynę trójwspółrzędnościową SIP CMM5 oraz 3-metrową długościową maszynę pomiarową SIP 3002-M. Dzięki temu darowi Zakład, a obecnie Samodzielne Laboratorium, mógł rozszerzyć swoje zdolności pomiarowe o kilkanaście usług.

Obecnie utrzymywane są cztery państwowe wzorce jednostek miar:

- 1) państwowy wzorzec jednostki długości, po raz pierwszy ustanowiony jako wzorzec państwowy w 1980 r. (po raz drugi ustanowiony w 1999 r., po zmianie definicji metra), oparty na stabilizowanym laserze He-Ne, i po raz kolejny ustanowiony w 2003 r., a zmodernizowany w 2008 r. dzięki zakupowi syntezy częstotliwości optycznych;
- 2) państwowy wzorzec jednostki kąta płaskiego, po raz pierwszy ustanowiony w 1979 r., potem w 1999 r. i w 2003 r., a zmodernizowany w 2005 r. dzięki zakupowi nowego precyzyjnego stołu obrotowego i autokolimatora fotoelektrycznego o wysokiej rozdzielczości;
- 3) państwowy wzorzec jednostki współczynnika załamania światła, ustanowiony w 2003 r.;
- 4) państwowy wzorzec jednostki kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji płaskospolaryzowanej fali świetlnej w widzialnym zakresie widma, ustanowiony w 2003 r.

W 2004 r. zakupiony został komparator interferencyjny do pomiaru płytek wzorcowych, który umożliwił wykonywanie wzorcowań z mniejszą niepewnością, w sposób zautomatyzowany, a tym samym i szybszy.

W 2007 r. zakupiony został interferometr do pomiarów płaskości powierzchni, który pozwolił na rozszerzenie możliwości pomiarowych w tym zakresie.

W 2015 r. całkowicie zmodernizowane zostało stanowisko do pomiarów wzorców kreskowych.

W 2016 r. zakupiony został nowy przyrząd do pomiaru chropowatości powierzchni z możliwością pomiarów parametrów w 3D. W tym samym roku zakupiony został także laser tracker, który umożliwił wzorcowanie przyrządów wykonujących pomiary przestrzenne.

W 2005 r. Zakład Długości i Kąta przeszedł pomyślnie proces akredytacji, z rozszerzeniem w roku 2006. Ekspertami technicznymi byli Panowie: Emilio Prieto (CEM, Hiszpania) oraz Hartmut Winkler (PTB, Niemcy).

W 2012 r. Zakład Długości i Kąta przeszedł pomyślnie proces oceny wykonanej w ramach wizyty tzw. peer-review. Do oceny zaproszony był ekspert techniczny, Pan Antti Lassila z MIKES (obecnie VTT), Finlandia. W 2016 r. Zakład Długości i Kąta przeszedł pomyślnie proces oceny wykonanej w ramach wizyty tzw. „peer-review” z zakresu pomiarów refraktometrycznych. Do oceny zaproszeni zostali niemieccy eksperci z PTB, Panowie: Andreas Fricke oraz Dr. Michael Schulz.

Laboratoria Zakładu Długości i Kąta brały udział w wielu porównaniach międzynarodowych. W tabeli wymienione zostały projekty już zakończone.

Projekt	Tytuł projektu
EURAMET.L-K1.2011	Calibration by optical Interferometry of short and long gauge blocks
CCL-K11	Comparison of optical frequency and wavelength standards
EURAMET.L-S20	Comparison of laser distance measuring instruments ( <b>pilot</b> )
EURAMET.L-K1.2	Comparison of gauge blocks by interferometry
COOMET.L-S7	Comparison of standards of Length
EUROMET.L-K7	Calibration of line scales
EUROMET.L-S14	Steel tape measures
EUROMET.L-K2	Calibration of long gauge blocks
COOMET.PR-S2	Calibration of control quartz plates
EURAMET.L-K3.2009	Angle Comparison Using an Autocollimator
SIM.L-K3.2008	Calibration of Angle Standards
EUROMET.L-K3	Calibration of optical polygons
EUROMET No. 456	Calibration of angle gauges ( <b>pilot</b> )
COOMET Nr 116/PL/95	Spectrogoniometric measurements of solid refractive index standards
EURAMET.L-K8	Calibration of roughness standards
EUROMET.L-K6	Calibration of ball plate
EUROMET.L-S10	Calibration of granite square and cylindrical steel square
EUROMET.L-K4.2005	Calibration of diameter standards
Nano2	Calibration of height standards
EUROMET.L-S11	Calibration of surface texture standards

# IV Plan rozwoju dziedziny w GUM

## 1. Infrastruktura metrologiczna

### Lasery L.L

- Stanowisko pomiarowe do odtwarzania jednostki długości – laser He-Ne stabilizowany jodem;
- Stanowisko pomiarowe do odtwarzania jednostki długości – syntezer częstotliwości.

### Metrologia wymiarowa L.DM

- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania zespołów kompensacji długości fali w powietrzu oraz termometrów elektrycznych;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek wzorcowych – interferometr z laserami o długości fali 633 nm i 543 nm;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek wzorcowych – interferometr z lampą spektralną  $^{114}\text{Cd}$ ;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek wzorcowych – komparator dwuczujnikowy;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania długich płytek wzorcowych – komparator interferencyjny;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania wzorców kreskowych – komparator interferencyjny;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania długich płytek wzorcowych – maszyna pomiarowa 1-D;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania przyrządów pomiarowych – komparator interferencyjny o zakresie pomiarowym 50 m;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania komparatorów dwuczujnikowych;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania maszyn pomiarowych 1-D;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania długich płytek wzorcowych – automatyczny interferometr multispektralny;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania pryzm wielościennych, płytek kątowych przywieralnych i podziałek kątowych;
- Generator małych kątów;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania stołów, głowic i goniometrów;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek kątowych – goniometr;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania poziomnic;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania wzorców refraktometrycznych – goniometr-spektrometr;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania refraktometrów Pulfricha i wzorców refraktometrycznych;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania refraktometrów wizualnych i fotoelektrycznych;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania polarymetrów fotoelektrycznych;
- Stanowisko pomiarowe do wzorcowania wzorców polarymetrycznych;
- Trójwspółrzędnościowa maszyna pomiarowa CMM5;
- Maszyna długościowa 1D;
- Stanowisko do pomiaru płaskości – INTERFEROMETR LASEROWY GPI XP/D 6'' z laserem He-Ne;
- Stanowisko do pomiaru chropowatości – profilometry stykowe Form Talysurf series 2 oraz Form Talysurf i-series 2;
- Stanowisko do pomiaru chropowatości – Mikroiinterferometr MII-4 (zautomatyzowany);

- Stanowisko do pomiaru odchylenia od okrągłości – przyrządy TALYROND 210 i TALYROND 130;
- Stanowisko do pomiaru płaskości i prostoliniowości – autokolimator fotoelektryczny.

## Rozwój możliwości pomiarowych w tym w dziedzinie nanometrologii

- Budowa stanowiska do badania i wzorcowania przyrządów 3D (geodezja, tachimetry, laser tracker), budowa stanowiska pomiarowego do wzorcowania laser trackerów w trzech wymiarach (3D). Stanowisko będzie składało się z precyzyjnej sieci punktów odniesienia i systemu kompensacji warunków środowiskowych w 3D;
- Rozwój metrologii optycznej 2D z nanometryczną dokładnością w zakresie pomiarowym do 450 mm;
- Stworzenie infrastruktury metrologicznej koniecznej do prawidłowych dwukierunkowych pomiarów, z użyciem systemów wizyjnych, obiektów o rozmiarach od 0,5  $\mu\text{m}$  do kilkudziesięciu mm, mierzonych z niepewnością poniżej 100 nm w warunkach przemysłowych;
- Rozwój możliwości wzorcowania wzorców nowego typu (np. szerokość linii, średnica okręgu), z niepewnością pomiaru poniżej 100 nm, coraz powszechniej stosowanych do wzorcowania optycznych maszyn pomiarowych;
- Rozwój interferencyjnych metod wzorcowania materialnych, końcowych wzorców długości w zakresie pomiarowym do 1000 mm;
- Budowa układu pomiarowego, rozszerzającego zakres pomiarowy państwowego wzorca jednostki długości, układ ten umożliwi wzorcowanie stabilizowanych laserów metrologicznych, wykorzystywanych w telekomunikacji, emitujących promieniowanie o długości fal do 2100 nm;
- Budowa układu pomiarowego umożliwiającego pomiar dużych odległości wraz z kompensacją warunków środowiskowych; układ ten zostanie wykonany na bazie lasera femtosekundowego będącego elementem państwowego wzorca jednostki długości;
- Automatyzacja komparatora interferencyjnego do wzorcowania wzorców kreskowych, która umożliwi zmniejszenie niepewności pomiaru poniżej 100 nm;
- Opracowanie układu refraktometru interferencyjnego do kompensowania zmian warunków środowiskowych podczas pomiarów wzorców końcowych;
- Opracowanie nowych metod wzorcowania autokolimatorów o rozdzielczości rzędu tysięcznych części sekundy oraz enkoderów o rozdzielczościach rzędu setnych części sekundy;
- Opracowanie nowych metod wyznaczania wartości współczynnika załamania światła ciekłych wzorców refraktometrycznych z niepewnością na poziomie  $10^{-6}$ ;
- Przygotowanie do ustanowienia państwowego wzorca jednostki miary chropowatości powierzchni;
- Ustanowienie państwowego wzorca jednostki miary okrągłości;
- Przystąpienie do porównań międzynarodowych planowanych przez EURAMET w zakresie pomiarów odchylenia od okrągłości;
- Ustanowienie państwowego wzorca jednostki miary płaskości powierzchni;
- Przystąpienie do porównań międzynarodowych w zakresie pomiarów odchylenia od płaskości;
- Rozwój metod pomiarów wzorców średnicy (pierścieni wzorcowych, tłoczków oraz sfer) w zakresie średnicy od 2 mm do 200 mm z użyciem interferometrii laserowej na maszynie długościowej i tym samym poprawa zdolności pomiarowych;
- Zakup multisensorowej maszyny pomiarowej i opracowanie nowych metod pomiarowych w zakresie pomiarów wzorców o małych wymiarach (poniżej 2 mm) stosowanych np. do wzorcowania kamer CCD, tomografów pomiarowych;

- Rozwinięcie współpracy z ośrodkami badawczo-rozwojowymi w zakresie pomiarów elementów o wymiarach poniżej 2 mm;
- Zakup mikroskopu AFM/SPM i opracowanie nowych metod pomiarowych w zakresie pomiarów wzorców nanometrycznych i pikometrycznych 1D, 2D oraz 3D;
- Rozwinięcie współpracy z ośrodkami badawczo-rozwojowymi w zakresie pomiarów nano- i pikometrycznych;
- Wykonanie symulatora mechanicznego do badania w warunkach laboratoryjnych przyrządów laserowych do pomiaru prędkości pojazdów w ruchu drogowym;
- Opracowanie nowych metod pomiarowych pozwalających na ograniczenie prędkości pojazdów podczas wykonywania badań zatwierdzenia typu i legalizacji przyrządów do pomiaru prędkości pojazdów w ruchu drogowym.

## 2. Współpraca krajowa

Laboratorium Długości współpracuje z:

- Politechniką Warszawską (Wydział Geodezji i Kartografii oraz Wydział Mechatroniki),
- Instytutem Geodezji i Kartografii (Warszawa),
- Politechniką Krakowską (Wydział Mechaniczny, Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej – Laser Tracer),
- Politechniką Poznańską (Wydział Elektroniki i Telekomunikacji),
- Politechniką Wrocławską (Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki),
- Instytutem Łączności (Warszawa).

Plan rozwoju:

- wsparcie metrologiczne dla polskich producentów,
- współpraca z liderami branż związanych z metrologią,
- organizacja wizyt, staży i praktyk dla studentów uczelni technicznych,
- realizacja projektów badawczych i rozwojowych w obszarach wynikających z Krajowych Inteligentnych Specjalizacji,
- nawiązanie współpracy z innymi instytucjami naukowymi,
- nawiązanie współpracy z wojskiem,
- zintensyfikowaniu współpracy z PCA.

Obszary działań, które wymagają usystematyzowanych prac:

- a) działania legislacyjne i akty wykonawcze,
- b) działania rozwojowe i badawcze,
- c) współpraca z użytkownikami.

## Potrzeby gospodarki zdiagnozowane przez Konsultacyjny Zespół Metrologiczny (KZM) ds. infrastruktury i zastosowań specjalnych

Potencjalny zakres zainteresowań obejmuje: transport, ruch drogowy, kolejowy, łączność, sieci telekomunikacyjne, sieci światłowodowe, energetyczne, gazociągi, synchronizację, systemy wymagające precyzyjnego czasu, bezpieczeństwo, kosmos, nanometrologię, materiałoznawstwo, budownictwo oraz różnego rodzaju technologie pomiarowe szeroko wspierające procesy produkcyjne (np. pomiary współrzędnościowe), czy o szerokim znaczeniu dla funkcjonowania państwa.

### KZM GR1 (Mierniki prędkości pojazdów)

- opracowanie założeń do budowy polskiego miernika prędkości pojazdów spełniającego wymagania organów upoważnionych do kontroli i uczestników ruchu drogowego.

### KZM GR2 (Technologie laserowe)

- polski kompaktowy laserowy wzorzec długości/częstotliwości, oparty o technologię ciała stałego (532 nm – światło zielone), stabilizowany za pomocą par jodu – element składowy interferometru dla celów przemysłowych (cel pokrywający się z jednym z celów zawartych w Strategic Research Agenda for Metrology in Europe – [https://www.euramet.org/Media/news/G-GNP-STR-003\\_SRA\\_web.pdf](https://www.euramet.org/Media/news/G-GNP-STR-003_SRA_web.pdf)),
- stabilizowane źródło częstotliwości w paśmie „żółtym”,
- stanowisko pomiarowe wzorców długich,
- absolutny komparator długości (interferometr) z wzorcem jodowym,
- stanowisko do wzorcowania wzorców kąta prostego dla interferometrii.

### KZM GR3 (Wymiary geometryczne w gospodarce)

- polski mikroprofilometr z wykorzystaniem interferometrii niskokoherencyjnej LCI do badań struktury warstw powierzchni w przemyśle,
- optyczny tomograf koherencyjny (OCT) do badań struktury warstw podpowierzchniowych obiektów technicznych,
- ekstensometry optyczne do pomiarów i monitorowania odkształceń obiektów inżynierskich,
- nieniszczące systemy pomiaru współrzędnych powierzchni dużych obiektów przemysłowych z wykorzystaniem metod z oświetleniem strukturalnym,
- opracowanie wzorców kształtu na poziomie 1 nm,
- opracowanie i wdrożenie programu nadzoru dokładności pomiarów 3D dla polskiego przemysłu (maszyny współrzędnościowe, urządzenia z wykorzystaniem oświetlenia strukturalnego i skanery laserowe),
- opracowanie polskiego przemysłowego systemu 3D,
- pomiar obiektów wielkogabarytowych.

### KZM GR4 (Nanotechnologie)

- realizacja potrzeb polskich użytkowników mikroskopów bliskich oddziaływań i mikroskopów elektro- nowych w zakresie zapewnienia wzorców wymiarów, temperatury i siły.

### KZM GR6 (Pomiary przestrzenne geodezyjne, geograficzne i zastosowania technik satelitarnych)

- powstawanie i rozwój akredytowanych, geodezyjnych laboratoriów wzorcujących dla potrzeb geodezji,
- sformułowanie wymagań metrologicznych w prawie geodezyjnym,

- stworzenie możliwości wzorcowania urządzeń do przeprowadzania procesów weryfikacji metrologicznej geodezyjnych laboratoriów wzorcujących,
- stworzenie systemów weryfikowania/certyfikowania pomiarowych urządzeń geodezyjnych (geodezyjne techniki pomiarowe, np. fotogrametryczne, skanerowe, radarowe, satelitarne),
- opracowanie systemów wzorcowania radiolokacyjnych urządzeń pomiarowych,
- budowa i utrzymanie systemów wprowadzania stempla czasu i położenia w dokumentacji metrologicznej,
- certyfikowanie urządzeń pomiarowych instalowanych na satelitach i w segmencie naziemnym systemów Galileo i Copernicus oraz wyznaczanie standardów dla urządzeń do pozyskiwania danych pomiarowych z tego rodzaju systemów.

KZM GR7 (Optyczne technologie pomiarowe)

- wykorzystanie wzorców optycznych do pomiarów geodezyjnych,
- opracowania kompleksowego, jednolitego systemu wzorcowania urządzeń pomiarowych stosowanych w geodezji, w tym wykorzystujących pomiary w oparciu o techniki GNSS,
- weryfikacja dokładności pomiarów w oparciu o technologię GNSS, pomiarów geodezyjnych, geofizycznych, grawimetrycznych i GNSS oraz objęcia nadzorem metrologicznym przyrządów geodezyjnych, grawimetrycznych i GNSS (działania legislacyjne).

### 3. Współpraca międzynarodowa

Aktywność laboratorium Długości GUM na forum międzynarodowym w dziedzinie Długość:

- udział w porównaniach międzynarodowych kluczowych i uzupełniających, również jako pilot porównań,
- udział w projektach ocen wzajemnych „peer-review”, również jako ekspert,
- aktywny udział w pracach Komitetu Technicznego OIML TC 7: Measuring instruments for length and associated quantities,
- udział w projektach EMRP i EMPIR.

Plan rozwoju współpracy:

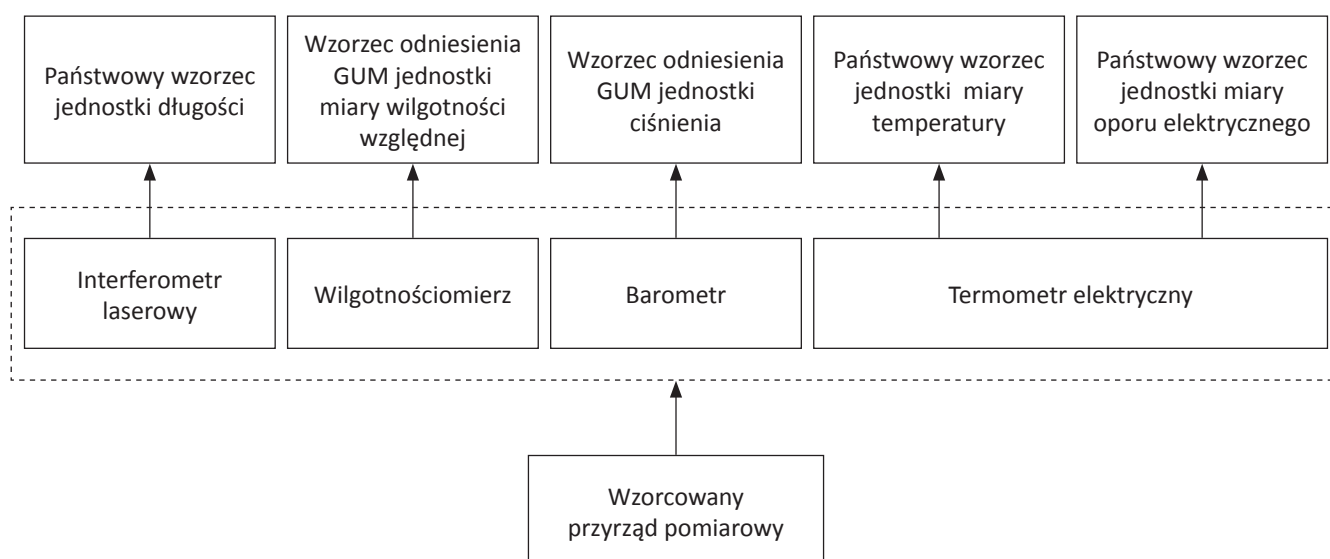
- członkostwo w Komitecie Doradczym ds. Długości (CCL),
- udział w projektach EMPIR,
- udział i organizowanie porównań międzynarodowych,
- udział w konferencjach i seminariach międzynarodowych i innych spotkaniach ekspertów.



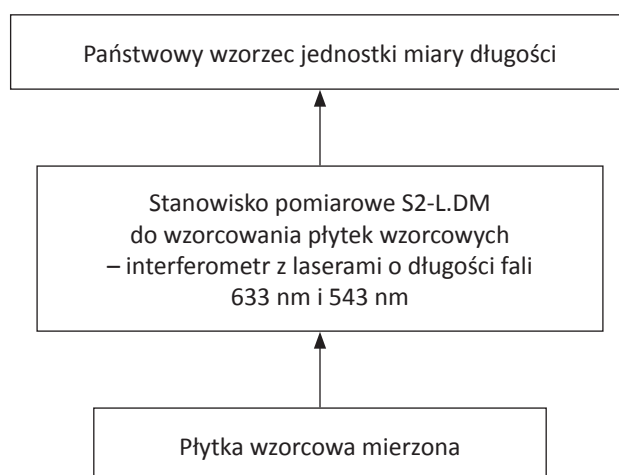
# V Krajowy system metrologiczny dotyczący dziedziny

## 1. Spójność pomiarowa

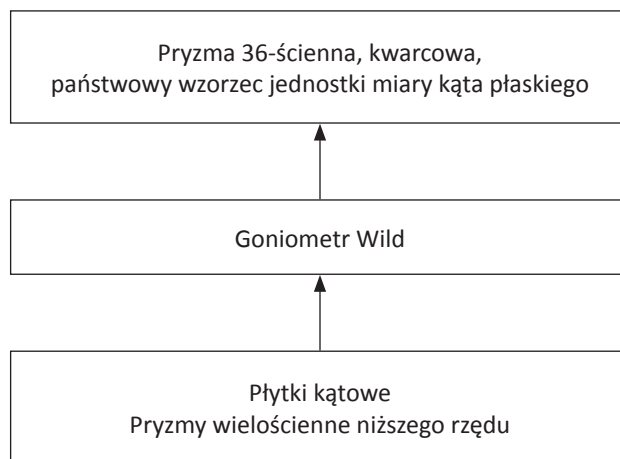
W GUM utrzymywane są cztery państwowe wzorce jednostek miar, do których odnoszone są podstawowe pomiary wykonywane w dziedzinie **Długość**. Część pomiarów, tych, bez których nie byłby możliwy poprawny i dokładny pomiar podstawowych parametrów, odnoszona jest do wzorców utrzymywanych w innych laboratoriach GUM.



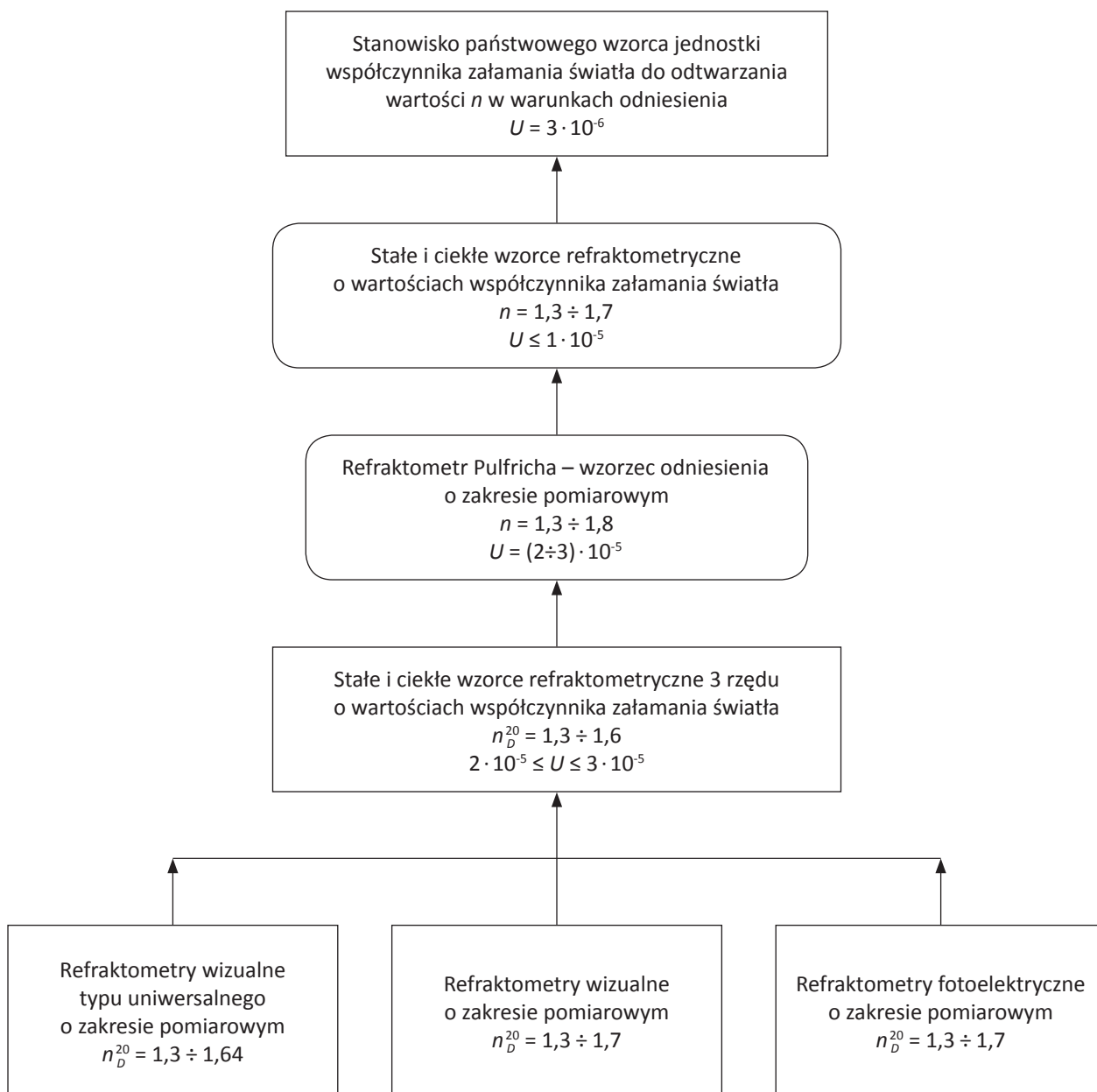
### Przykładowe schematy spójności pomiarowej



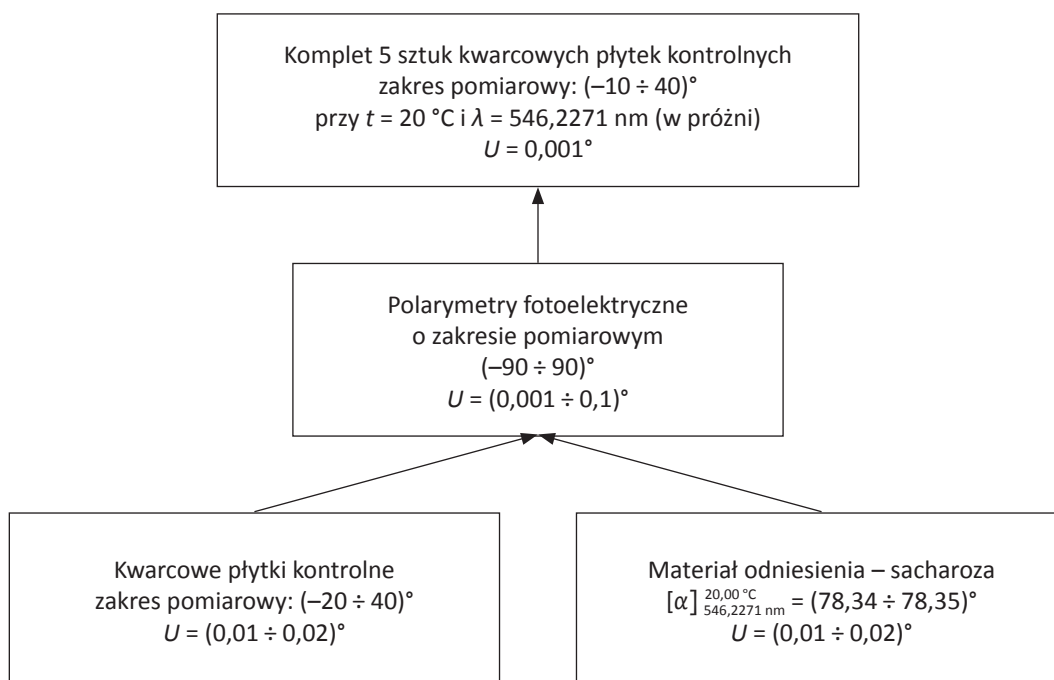
Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek wzorcowych – interferometr z laserami o długości fali 633 nm i 543 nm



Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek kątowych i pryzm wielościennech – goniometr



Stanowisko pomiarowe do wzorcowania refraktometrów wizualnych i fotoelektrycznych



Stanowisko pomiarowe do wzorcowania wzorców polarymetrycznych

## 2. Klasyfikacja czynności metrologicznych

Klasyfikacja czynności metrologicznych opracowana na bazie klasyfikacji przyjętej przez Komitet Doradczy CIPM ds. Długości została przedstawiona w Załączniku 2.

## VI Wykaz dokumentów związanych z dziedziną

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych.
2. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych.
3. ISO 17034:2016 General requirements for the competence of reference material producers.
4. ISO Guide 30:2015 Reference materials – Selected terms and definitions.
5. ISO Guide 31:2015 Reference materials – Contents of certificates, labels and accompanying documentation.
6. ISO Guide 33:2015 Reference materials – Good practice in using reference materials.
7. OIML International Recommendation R 108, Refractometers for the measurement of the sugar content of fruit juices, Edition 1993(E).
8. OIML International Recommendation R 124, Refractometers for the measurement of the sugar content of grape must, Edition 1997(E).
9. OIML International Recommendation R 142, Automated refractometers: Methods and means of verification, Edition 2008(E).
10. OIML International Recommendation R 14, Polarimetric saccharimeters graduated in accordance with the ICUMSA International Sugar Scale, Edition 1995(E).
11. ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) – Method SPS-1 Polarimetry and the International Sugar Scale, ICUMSA, 2009.
12. ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) – Method SPS-3 Refractometry and Tables, ICUMSA, 2000.

## VII Wykaz publikacji pracowników GUM związanych z dziedziną w latach 2006–2016

1. Robert Szumski: Interferometr laserowy GBI300 do pomiarów materialnych wzorców długości – płytek wzorcowych. PAK, nr 9bis (2007).
2. Howard McQuoid, Zbigniew Ramotowski: Final report on EUROMET supplementary comparison EUROMET.LS12: Calibration of gauge blocks by mechanical comparison. Metrologia, vol. 45 (2008), Technical Supplement.
3. Dariusz Czulek, Robert Szumski: Modernizacja państwowego wzorca jednostki długości poprzez zastosowanie syntezy częstotliwości. PAK, nr 12 (2010).
4. Katarzyna Nicińska, Joanna Przybylska: Państwowy wzorzec jednostki kąta płaskiego. Biuletyn GUM, nr 2 (2010).
5. Joanna Przybylska: Zmodernizowane stanowisko państwowego wzorca jednostki kąta płaskiego. Biuletyn GUM, nr 3 (2010).
6. Dariusz Czulek, Robert Szumski: Long-term stability of the quantum generators used in length measurements. Elektronika, nr 6 (2011).
7. Dariusz Czulek, Robert Szumski: Stabilność długoterminowa generatorów kwantowych wykorzystywanych w pomiarach długości. Elektronika, nr 6 (2011).
8. Piotr Sosinowski: Źródła niepewności przy wzorcowaniu wzorców kreskowych na komparatorze interferencyjnym. Biuletyn GUM, nr 3 (2011).
9. Robert Szumski: Źródła niepewności przy wzorcowaniu płytek wzorcowych metodą interferencyjną reszt ułamkowych. Praca zbiorowa „Niepewność pomiarów w teorii i praktyce”, wydawnictwo GUM 2011.
10. Michal Wengierow, Leszek Sałbut, Zbigniew Ramotowski: Interferometric multiwavelength system for long gauge blocks Measurements. Proceedings of SPIE. The International Society for Optical Engineering, 2011.
11. Zbigniew Ramotowski, Leszek Sałbut: Practical aspects of phase correction determination for gauge blocks measured by optical interferometry. Measurement Science and Technology, vol. 23 (2012).
12. Emilio Prieto, Nicholas Brown, Antti Lassila, Andrew Lewis, Michael Matus, Georges Vaillau, Leonardo De Chiffre, Gerard W J L Kotte, Mikael Frennberg, Howard McQuoid, Vít Zelený, Zbigniew Ramotowski, Edit Bánréti, Alexandru Duta, Gian Bartolo Picotto, Kostadin Doytchinov, Jose Carlos Valente de Oliveira, Miguel Viliesid Alonso, Konstantin Chekirda. Final report on inter-RMO Key Comparison EUROMET.L-K5.2004: Calibration of a step gauge. Metrologia, vol. 49 (2012), Technical Supplement.
13. Dariusz Czulek: Long-term stability of the national standard of length. Elektronika, nr 6 (2013).
14. O. Jusko, E. Banreti, R. Bergmans, L. de Chiffre, Antti Lassila, A. Lewis, Z. Ramotowski, F. Saraiva, R. Thalmann, P. Turner, V. Zeleny. Final report on RMO key comparison EURAMET.L-K6: CMM 2-D artifact: ball plate. Metrologia, vol. 50 (2013), Technical Supplement.
15. Katarzyna Nicińska: Wzorcowanie przyrządów do pomiarów małych kątów. Biuletyn GUM, nr 2 (2013).
16. Zbigniew Ramotowski: Europejska współpraca metrologiczna w ramach programów EMRP i EMPIR – udział GUM w wybranych projektach. Biuletyn GUM, 2 (2013).

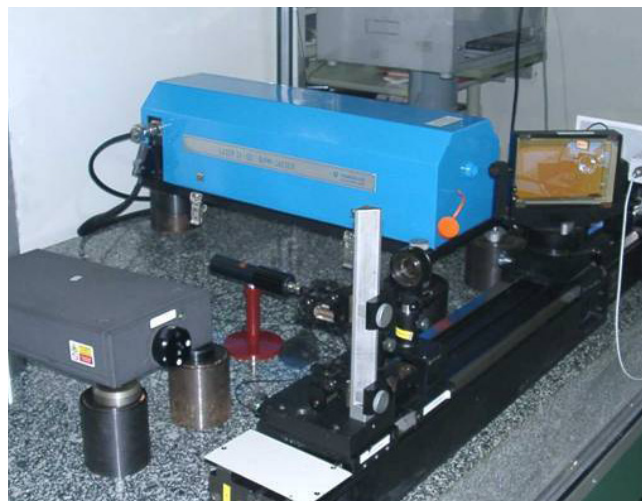
17. Piotr Sosinowski: Modernizacja przesuwu karetki pomiarowej na stanowisku komparatora interferencyjnego do wzorcowania wzorców kreskowych. PAK, nr 05 (2013).
18. Robert Szumski: Pomiary długich płytek wzorcowych na zmodernizowanym stanowisku pomiarowym z interferometrem laserowym. PAK, nr 4 (2013).
19. Beata Warzywoda: Pomiary refraktometryczne w GUM. Biuletyn GUM, nr 3 (2013).
20. Michał Wengierow, Leszek Salbut, Zbigniew Ramotowski, Robert Szumski, Ksawery Szykiedans: Measurement System Based on Multi-Wavelength Interferometry for Long Gauge Block Calibration. Metrology and Measurement Systems, vol. XX (2013).
21. M. Wengierow, L. Salbut, Z. Ramotowski, R. Szumski, K. Szykiedans: Measurement system based on multi-wavelength interferometry for long gauge block calibration. Metrology and Measurement Systems, vol. XX (2013).
22. Katarzyna Nicińska, Joanna Przybylska: Udział Laboratorium Kąta w projekcie EMRP SIB58 Angles. Biuletyn GUM, nr 4 (2014).
23. Piotr Sosinowski: Wpływ wzrokowego ustalania środka kreski na niepewność wyników wzorcowania wzorców kreskowych na komparatorze interferencyjnym w GUM. PAK, nr 8 (2014).
24. Robert Szumski: Niepewność pomiaru długich płytek wzorcowych na zmodernizowanym komparatorze interferencyjnym. PAK, nr 8 (2014).
25. Mariusz Wisniewski, Zbigniew Ramotowski, Florian Pollinger, Martin Wedde, Michael Matus, Zita Banhidi-Bergendorf, Oliver Stalder, Rudolf Thalmann, Antti Lassila, Jarkko Unkuri, Petr Balling, Jaromír Hynek, Milena Astrua, Marco Pisani, Emilio Prieto, Helge Karlsson, Peter Hansrud Kjær, Olena Flys, Lauri Lillepea, Indrek Odrats, Roman Fíra, Anna Fodrekova, Eva Harnosova, Alexandru Duta, Dragos Teoderescu: Final report on supplementary comparison EURAMET.L-S20: Comparison of laser distance measuring instruments. Metrologia, vol. 51 (2014), Technical Supplement.
26. Mariusz Wiśniewski, Dariusz Czulek, Robert Szumski: Simulation of industrial environment in Large Volume Metrology. MacroScale 2014, BEV, Wiedeń, Austria.
27. Piotr Sosinowski: Zastosowanie fotodiody kwadrantowej do precyzyjnego justowania interferometru laserowego. Przegląd Elektrotechniczny, nr 12 (2015).
28. Mariusz Wiśniewski, Zbigniew Ramotowski: Comparison of laser distance measuring instruments. IMEKO 2015 World Congress, Praga, Czechy.
29. Joanna Przybylska, Katarzyna Nicińska: Wzorcowanie precyzyjnych autokolimatorów i enkoderów kątowych z zastosowaniem shearing techniques – projekt EMRP SIB58 Angles. Mechanik, nr 11 (2016).
30. Robert Szumski: Bardzo dobre wyniki GUM w porównaniach międzynarodowych „Pomiary płytek wzorcowych metodą interferencyjną” jako efekt współpracy naukowej z Politechniką Warszawską. Mechanik, nr 11 (2016).
31. R. Thalmann, A. Nicolet, F. Meli, G. B. Picotto, M. Matus, L. Carcedo, B. Hemming, O. Ganioglu, L. De Chiffre, F. Saraiva, S. Bergstrand, S. Zelenika, A. Tonmueanwai, C–L. Tsai, W. Shihua, O. Kruger, M. M. de Souza, J. A. Salgado, Z. Ramotowski: Calibration of surface roughness standards. Metrologia, vol. 53 (2016), Technical Supplement.

## Stanowiska pomiarowe

### Stanowisko pomiarowe do odtwarzania jednostki miary długości – laser He-Ne stabilizowany jodem

**Status:** wzorzec państwowy (pierwotny)

Stanowisko umożliwia pomiar częstotliwości optycznej, a tym samym wyznaczenie długości fali promieniowania stabilizowanych laserów metrologicznych i głowic interferometrów laserowych stosowanych powszechnie do dokładnych pomiarów długości z niepewnością względną rzędu  $10^{-9}$ . Podstawowym elementem stanowiska jest stabilizowany laser He-Ne, którego działanie oparte jest na absorpcji molekuł jodu  $^{127}\text{I}_2$ , komponent a16, linia widmowa R(127) – o długości fali promieniowania  $\lambda = 633 \text{ nm}$  (z wewnętrzną komórką jodową). Do przekazywania jednostki miary długości stosowane jest zjawisko zdudnienia optycznego, wykazujące falowy charakter światła i występujące przy nałożeniu się dwóch sygnałów promieniowania optycznego o zbliżonych częstotliwościach.



Laser He-Ne

Dzięki wysokiej stabilności posiadanego lasera (tzw. mise en pratique) stabilizowanego jodem ( $5 \cdot 10^{-11}$ ) oraz udziałowi w porównaniach międzynarodowych, które pozwalają na powiązanie państwowego wzorca jednostki długości z międzynarodowym systemem miar, zagwarantowany jest wysoki poziom realizacji i przekazywania jednostki miary długości na wzorce niższego rzędu, czyli zachowania spójności pomiarowej. Możliwość przekazywania jednostki miary od wzorca państwowego do wzorców niższego rzędu (poprzez interferometry aż do przyrządów pomiarowych użytkowych) używanych w pracy laboratoriów akredytowanych, okręgowych i obwodowych urzędów miar, jak również laboratoriów wojskowych, policji, oddziałów inspekcji, instytutów naukowych oraz przemysłowych to gwarancja utrzymania jednolitości miar w Polsce.

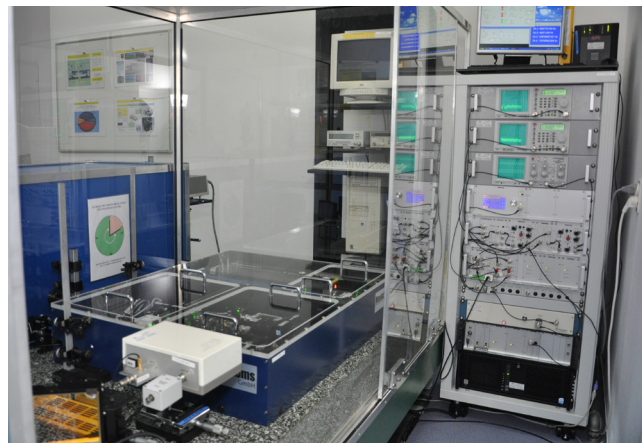
### Stanowisko pomiarowe do odtwarzania jednostki miary długości – syntezer częstotliwości

**Status:** wzorzec państwowy (pierwotny)

Stanowisko służy do wzorcowania stabilizowanych laserów metrologicznych oraz głowic interferometrów laserowych. Stanowisko pozwala na zastosowanie metody odtwarzania jednostki miary długości poprzez bezpośrednie odniesienie do jednostek czasu i częstotliwości, wykorzystując sygnał podstawy

czasu uzyskiwany z wzorcowego zegara cezowego (państwowego wzorca jednostki miary czasu i częstotliwości). Spełnia to wymagania zalecenia Międzynarodowego Komitetu Miar (CIPM) odnośnie praktycznej realizacji definicji metra.

Syntezer częstotliwości optycznych posiada szerokie widmo promieniowania laserowego o zakresie pomiarowym od 525 nm do 1070 nm, które składa się z linii o dokładnie znanych częstotliwościach. Umożliwia to, poprzez zastosowanie zjawiska zdudnienia optycznego, wzorcowanie laserów emitujących promieniowanie optyczne o różnych długościach fal. Możliwa do uzyskania niepewność względna pomiaru wynosi  $10^{-13}$ .



Syntezer częstotliwości optycznych

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania wzorców kreskowych – komparator interferencyjny

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe służy do wzorcowania wzorców kreskowych dla potrzeb własnych oraz klientów wewnętrznych i zewnętrznych.

Stanowisko pomiarowe znajduje się w pomieszczeniu laboratoryjnym o kontrolowanej temperaturze otoczenia w granicach  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$  i jest ustawione na specjalnej, odizolowanej od drgań podłoża płycie oraz osłonięte obudową zabezpieczającą przed ruchami powietrza. Wzorcem odniesienia jest laser He-Ne interferometru HP-5528A z urządzeniem odczytowym, kompletem trzech czujników temperatury materiału i zespołem kompensacji długości fali w powietrzu.

Podstawę stanowiska stanowi masywne łóżko maszyny długościowej, po którego poziomych prowadnicach porusza się zdalnie sterowana karetką pomiarową z zamontowanym na niej stolikiem pomiarowym, mierzonym wzorcem kreskowym i optyką interferometru laserowego. Kolumna pionowa służy do zamocowania i ustawienia mikroskopu z kamerą CCD, poprzez które obraz kresek wzorca jest przekazywany na ekran monitora. Jako wynik pomiaru odległości między dwiema kreskami wzorca kreskowego przyjmuje się wartość przesunięcia karetki pomiarowej od jednej do drugiej kreski, obserwowanej na ekranie monitora i pozycjonowanej symetrycznie w obszarze bisektora. Wartości odległości wskazywane przez interferometr są korygowane ze względu na zmiany w trakcie pomiaru temperatury materiału mierzonego wzorca kreskowego oraz współczynnika załamania fali promieniowania laserowego w powietrzu, w zależności od temperatury powietrza, ciśnienia, wilgotności i zawartości w nim dwutlenku węgla.



Stanowisko pomiarowe do wzorcowania wzorców kreskowych – komparator interferencyjny



Stanowisko pomiarowe jest zautomatyzowane. Program komputerowy Kreski.exe, napisany w środowisku Visual Studio Express, umożliwia sterowanie przebiegiem pomiaru, rejestrację wskazania interferometru laserowego, temperatury materiału wzorca kreskowego oraz temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza, a także wykonanie niezbędnych obliczeń.

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania przyrządów pomiarowych – komparator interferencyjny o zakresie pomiarowym 50 m

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe służy do wzorcowania przyrządów sztywnych, półsztywnych i wstępowych, interferometrów i dalmierzy laserowych oraz magnetostrykcyjnych mierników do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników pomiarowych, dla potrzeb własnych oraz klientów wewnętrznych i zewnętrznych oraz do wykonywania badań z zakresu metrologii prawnej i oceny zgodności (badanie typu WE).

Wzorcowanie przyrządów pomiarowych na stanowisku polega na porównaniu wskazań przyrządu wzorcowanego ze wskazaniami wzorca odniesienia, którym jest laser He-Ne interferometru HP 5529A, o rozdzielczości 1 nm.



Stanowisko pomiarowe do wzorcowania przyrządów pomiarowych – komparator interferencyjny o zakresie pomiarowym 50 m

Łoże komparatora umieszczone jest na 51 betonowych podporach odizolowanych od drgań budynku przestrzenią dylatacyjną.

Stanowisko znajduje się w klimatyzowanym pomieszczeniu, dzięki czemu zapewniona jest odpowiednia temperatura ( $20 \pm 2$ ) °C i wyposażone jest w system monitoringu temperatury wzorcowanego przyrządu pomiarowego oraz temperatury, wilgotności i ciśnienia powietrza. Pomiar temperatury wzdłuż łoża komparatora interferencyjnego realizowany jest poprzez zastosowanie 40 czujników termistorowych YSI, z których 20 wykorzystywanych jest do pomiarów rozkładu temperatury powietrza, a kolejne 20 do pomiarów temperatury wzorcowanego przyrządu. Stanowisko pomiarowe jest zautomatyzowane. Program komputerowy napisany w środowisku LabView umożliwia sterowanie przebiegiem pomiaru, rejestrację wskazania interferometru laserowego, temperatury wzorcowanego przyrządu oraz temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza, a także wykonanie niezbędnych obliczeń.

# Stanowisko pomiarowe do wzorcowania maszyn pomiarowych 1-D

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe służy do wzorcowania maszyn pomiarowych 1-D i ław optycznych dla potrzeb własnych oraz klientów wewnętrznych i zewnętrznych. Głównymi elementami stanowiska pomiarowego do wzorcowania maszyn pomiarowych 1-D są interferometr laserowy wraz z zestawem kompensacji wpływu warunków otoczenia.

System pomiarowy stanowi dwuczęstotliwościowy laser He-Ne wykorzystywany do pomiarów przemieszczenia lub wymiaru wskazywanego przez maszynę pomiarową. System pomiarowy jest skomputeryzowany, a oprogramowanie producenta umożliwia automatyzację procesu pomiarowego poprzez ciągłą i automatyczną kompensację:

- długości fali promieniowania laserowego w powietrzu,
- zmian temperatury materiału.



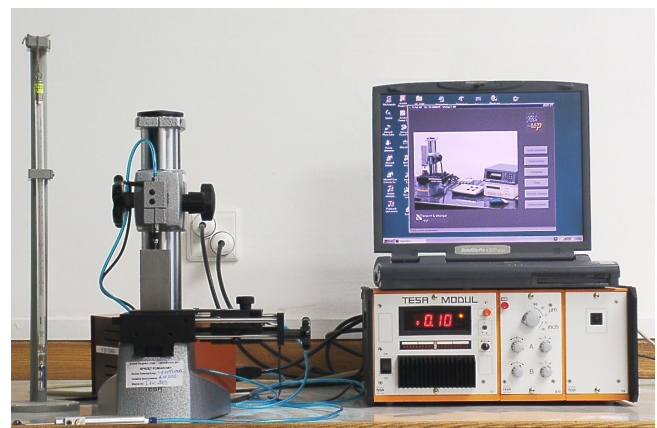
Stanowisko pomiarowe do wzorcowania maszyn pomiarowych 1-D

# Stanowisko pomiarowe do wzorcowania komparatorów dwuczujnikowych

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe służy do wzorcowania komparatorów dwuczujnikowych do wzorcowania płytek wzorcowych metodą porównawczą dla potrzeb własnych oraz klientów wewnętrznych i zewnętrznych.

Podstawowym elementem stanowiska pomiarowego jest specjalny komplet płytek wzorcowych odniesienia, składający się z sześciu par płytek wzorcowych o długościach nominalnych obejmujących zakres pomiarowy komparatora, wykonanych z węgla wolframu, który zapewnia trwałość i stabilność parametrów metrologicznych płytek odniesienia.



Stanowisko pomiarowe do wzorcowania komparatorów dwuczujnikowych

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania zespołu kompensacji długości fali w powietrzu interferometru laserowego

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko umożliwia wzorcowanie czujników temperatury powietrza oraz mierników wilgotności względnej powietrza i ciśnienia atmosferycznego wchodzących w skład zespołu kompensacji długości fali w powietrzu interferometrów laserowych. Wzorcowanie zespołu kompensacji wykonywane jest metodą porównawczą poprzez porównanie z wzorcami odniesienia w postaci wzorcowych czujników termistorowych w zestawie z multimetrem cyfrowym w przypadku czujników temperatury powietrza, wzorcowego termohigrometru w przypadku czujników wilgotności względnej powietrza, wzorcowego barometru w przypadku czujników ciśnienia atmosferycznego. Pomiary przeprowadza się w komorze zapewniającej stabilne warunki otoczenia.

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek wzorcowych – interferometr z laserami o długości fali 633 nm i 543 nm

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko składa się z automatycznego interferometru laserowego GBI300, służącego do wzorcowania płytek wzorcowych o przekroju prostokątnym, kwadratowym i okrągłym, służących następnie jako wzorce odniesienia przy pomiarach metodą porównawczą.

GBI300 jest zbudowany na bazie klasycznego interferometru Twyman-Greena z wykorzystaniem wysokiej jakości laserów stabilizowanych częstotliwościowo i oprzyrządowania sterowanego komputerowo. Układ pomiarowy działa w oparciu o metodę kroku fazowego (phase stepping method), wykorzystując techniki numerycznego przetwarzania obrazu do analizowania interferogramów otrzymanych z kamery CCD.

Długość środkowa płytek wzorcowych przywartych do stolika pomiarowego wyznaczana jest przy wykorzystaniu interferencyjnej metody reszt ułamkowych (method of exact fractions).

Źródłem wzorcowych długości fal światła są dwa stabilizowane częstotliwościowo lasery helowo-neonowe o długościach fal promieniowania 633 nm (czerwony) i 543 nm (zielony), które za pomocą światłowodu połączone są z układem optycznym interferometru.

Stanowisko pomiarowe znajduje się w klimatyzowanym pomieszczeniu o dużej czystości powietrza i dużej stabilności temperatury. Pomiarowa komora interferometru ustawiona jest na stole granitowym z układem wibroizolacyjnym zapewniającym odizolowanie od drgań podłoża.



Automatyczny interferometr laserowy

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek wzorcowych – interferometr z lampą spektralną $^{114}\text{Cd}$

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko służy do wyznaczania odchylenia długości środkowej od długości nominalnej płytek wzorcowych w zakresie pomiarowym do 100 mm dla potrzeb własnych oraz klientów zewnętrznych, w szczególności laboratoriów akredytowanych.

Kluczowym elementem stanowiska jest lampa spektralna  $^{114}\text{Cd}$ . Charakter promieniowania emitowanego przez nią pozwala na wykorzystanie jej w pomiarach opierających się o zjawisko interferencji. Wykorzystywany jest interferometr Köstersa zbudowany w układzie Michelsona. Pomiaru dokonuje się interferencyjną metodą reszt ułamkowych. Polega ona na rzutowaniu obrazu interferencyjnego na przyswartą do płytki odniesienia płytkę wzorcową.



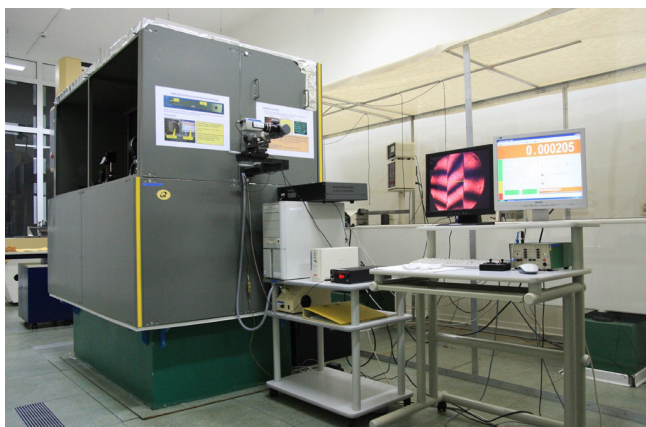
Interferometr z lampą spektralną  $^{114}\text{Cd}$

Odchylenie długości środkowej od długości nominalnej wyznacza się z różnicy faz między obrazem na płytce wzorcowej a obrazem na płytce odniesienia. Stanowisko jest zautomatyzowane. Obraz interferencyjny obserwowany w okularze interferometru jest rejestrowany przez kamerę CCD i przekazywany do komputera, a następnie analizowany za pośrednictwem programu komputerowego. Wykonywanie wzorcowań na stanowisku wymaga szczególnego przestrzegania wymagań dotyczących warunków środowiskowych oraz zachowania najwyższych standardów czystości i w związku z tym stanowisko znajduje się w pomieszczeniu o podwyższonej czystości powietrza. W pomieszczeniu tym zachowane muszą być również odpowiednie warunki środowiskowe, które podlegają ciągłemu monitoringowi.

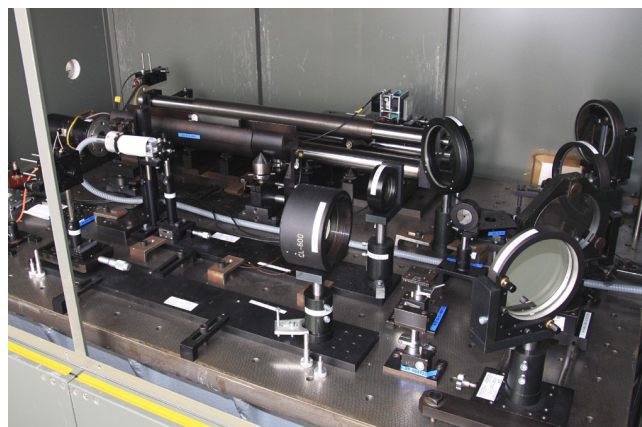
## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania długich płytek wzorcowych – komparator interferencyjny

**Status:** wzorzec odniesienia

Komparator interferencyjny został zaprojektowany i zbudowany w Laboratorium Długości. Za pomocą komparatora wzorcowane są płytki wzorcowe o długościach nominalnych od 125 mm do 500 mm, w pozycji poziomej, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO3650.



Komparator interferencyjny UKI01 do wzorcowania długich płytek wzorcowych



Układ optyczny komparatora

Długość środkowa płytki wyznaczana jest za pomocą interferometru laserowego, przy wykorzystaniu zjawiska interferencji światła białego lub za pomocą metody reszt ułamkowych, przy wykorzystaniu światła laserów helowo neonowych stabilizowanych częstotliwościowo. Światło laserów, o długościach fal promieniowania 633 nm (czerwone) i 543 nm (zielone), doprowadzone jest do układu optycznego interferometru z innego stanowiska pomiarowego za pomocą linii światłowodowej.

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania długich płytek wzorcowych – maszyna pomiarowa 1-D

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe (precyzyjna maszyna pomiarowa 1-D wraz z interferometrem laserowym) służy do wyznaczania odchylenia długości środkowej od długości nominalnej płytek wzorcowych w zakresie pomiarowym od 125 mm do 3000 mm.

Stanowisko znajduje się w pomieszczeniu laboratoryjnym o kontrolowanej temperaturze otoczenia w granicach  $(20 \pm 0,2) ^\circ\text{C}$ . Pomiaru długich płytek wzorcowych są wykonywane metodą interferencyjną. Płytką wzorcową o długości nominalnej 10 mm, której błąd długości środkowej wyznaczono metodą interferencyjną, służy do wyzerowania wskazania maszyny 1-D. Pomiar wykonywany jest na maszynie 1-D z wykorzystaniem interferometru laserowego.

Zgodnie z zaleceniami normy ISO PN-EN 3650 wzorcowanie płytek wzorcowych o długościach nominalnych większych niż 100 mm wykonywane jest w pozycji poziomej. Wzorcowana płytka podparta jest na odpowiednich podporach stanowiących wyposażenie maszyny pomiarowej umieszczonych w odległości 0,211 długości nominalnej od końców płytki (punkty Airy).

Wzorcami pomiarowymi współpracującymi ze stanowiskiem pomiarowym są komplety długich płytek wzorcowych o długościach nominalnych od 600 mm do 1000 mm.

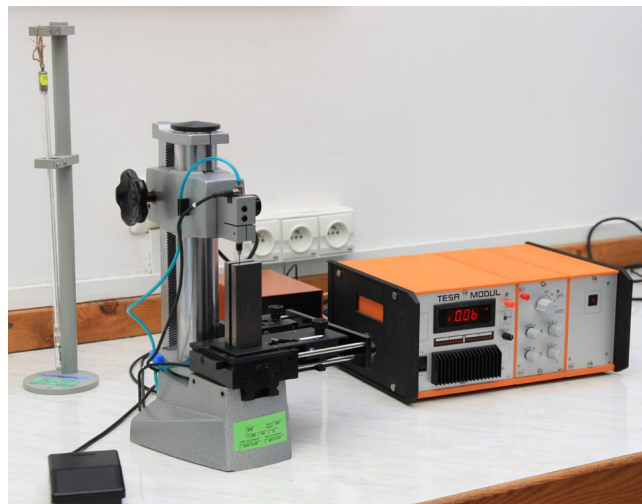


Maszyna pomiarowa 1-D

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek wzorcowych – komparator dwuczujnikowy

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe stanowi komparator dwuczujnikowy do wzorcowania płytek wzorcowych, który służy do pomiarów porównawczych płytek wzorcowych stalowych, ceramicznych, kwarcowych lub z węgla spiekanego o przekroju prostokątnym. Pomiary wykonywane są metodą różnicową. Mierzone płytki wzorcowe są porównywane z płytkami odniesienia o dokładnie znanym odchyleniu długości środkowej od długości nominalnej. Pomiary wykonywane są za pomocą dwóch czujników umieszczonych współosiowo naprzeciw siebie, które działają na zasadzie indukcji i są połączone w funkcję sumy z elektronicznym przyrządem pomiarowym. Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek wzorcowych znajduje się w klimatyzowanym pomieszczeniu laboratoryjnym. W pomiarach długości najważniejszą wielkością wpływającą jest temperatura. Wzorcowanie przeprowadza się w temperaturze  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ . Zalecane jest, aby komparator do wzorcowania płytek wzorcowych był umieszczony na podstawie wolnej od wstrząsów i drgań oraz był osłonięty specjalną obudową w celu ograniczenia wpływów ruchu powietrza na wyniki przeprowadzonych pomiarów.



Komparator dwuczujnikowy

Płytki wzorcowe odniesienia są płytkami klasy K, wzorcowanymi metodami interferencyjnymi. Przechowywane są w odpowiednich pudełkach, tworząc komplety wzorców o różnych zakresach.



Komplet płytek wzorcowych  
o długościach nominalnych od 0,5 mm do 100 mm



Komplet płytek wzorcowych  
o długościach nominalnych od 125 mm do 500 mm

# Państwowy wzorzec jednostki kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji płaskopolaryzowanej fali świetlnej w widzialnym zakresie widma

**Status:** wzorzec państwowy (wtórny)

Stanowisko państwowego wzorca jednostki kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji służy do odtwarzania i przekazywania jednostki miary oraz do zapewnienia spójności z wzorcami międzynarodowymi przy porównaniach międzynarodowych. Stanowisko to składa się z kompletu pięciu płytek kwarcowych o przekrojach kołowych w oprawkach metalowych, których wartości są wyznaczone w PTB (Niemcy) za pomocą wzorcowego polarymetru fotoelektrycznego przy długości fali czerwonej linii lasera He-Ne ( $\lambda = 633 \text{ nm}$ ), z niepewnością rozszerzoną  $0,001^\circ$ .



Komplet pięciu płytek kwarcowych

Utrzymywanie państwowego wzorca jednostki kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji płaskopolaryzowanej fali świetlnej w widzialnym zakresie widma jest niezbędne w celu zapewnienia spójności pomiarowej dla wszystkich pomiarów z zakresu polarymetrii i możliwości wytwarzania certyfikowanych materiałów odniesienia (wzorców polarymetrycznych). Na stanowisku państwowego wzorca jednostki miary kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji płaskopolaryzowanej fali świetlnej wykonywane są pomiary związane z zapewnieniem spójności pomiarowej dla laboratoriów izb celnych, laboratoriów inspekcyjnych, laboratoriów przemysłowych, głównie z obszaru cukrownictwa, farmaceutyki, przemysłu spożywczego, produkcji kosmetyków i środków czyszczących. Stanowisko państwowego wzorca jest używane przy porównaniach międzynarodowych.

Wzorzec w postaci kompletu płytek kwarcowych jest przechowywany w pudełkach i jest chroniony przed wstrząsami i wpływem warunków środowiskowych.

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania wzorców polarymetrycznych

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko służy do wyznaczania wartości kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji wzorców polarymetrycznych, kwarcowych płytek kontrolnych oraz roztworu sacharozy, za pomocą polarymetru fotoelektrycznego POL-S2 produkcji firmy DRE (Niemcy).

Promienie ze źródła światła (dioda emisyjna) przechodzą przez komorę pomiarową, w której może być umieszczona odpowiednia próbka w postaci płytki kwarcowej o danej wartości kątowej. Wychodzące światło pada na fotopowielacz, wytwarzając w nim sygnały elektryczne, które są proporcjonalne do natężenia padającego światła. Następnie te sygnały są wzmacniane, porównywane i analizowane przez

program komputerowy. Rozdzielczość polarymetru wynosi  $0,0001^\circ$ , a rozszerzona niepewność pomiaru wynosi  $0,005^\circ$ .

W skład stanowiska wchodzi kilka układów pomiarowych, o różnych dokładnościach i przeznaczeniu, złożonych z urządzeń pomiarowych: polarymetru fotoelektrycznego i rurki polarymetrycznej oraz urządzeń pomocniczych: termometrów, wagi analitycznej, kolby miarowej, suszarki, termostatu. Urządzenia są konfigurowane i w zależności od potrzeb wykorzystywane w innych stanowiskach pomiarowych.

Pomiary są przeprowadzane w temperaturze panującej w komorze pomiarowej polarymetru lub, podczas wyznaczania wartości skręcalności właściwej roztworu sacharozy, w temperaturze odniesienia:  $20^\circ\text{C}$ , przy długości fali  $\lambda = 546,1\text{ nm}$ .



Polarymetr POL-S2

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania polarymetrów fotoelektrycznych i wizualnych

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko współpracujące ze stanowiskiem państwowego wzorca jednostki miary kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji płaskospolaryzowanej fali świetlnej w widzialnym zakresie widma i stanowi niezbędny element pomiarów przy odtwarzaniu i przekazywaniu jednostki miary, zgodnie ze schematem spójności pomiarowej. Stanowisko służy do wzorcowania polarymetrów, tj. do bezpośredniego porównania wskazań polarymetru z wartościami stałych wzorców polarymetrycznych, w zakresie pomiarowym kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła od  $-10^\circ$  do  $40^\circ$ , przy długości fali  $\lambda = 546,1\text{ nm}$ . W polarymetrach nieposiadających urządzenia termostatyzującego płytki kwarcowe bada się w temperaturze panującej w komorze pomiarowej polarymetru, przy długości fali realizowanej przez wzorcowany polarymetr. W tym celu, po umieszczeniu płytki w komorze polarymetru należy odczekać minimum pół godziny w celu uzyskania stanu równowagi termicznej. Dla polarymetrów fotoelektrycznych należy obliczyć wartość kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła w temperaturze odniesienia  $20^\circ\text{C}$ , w każdym punkcie skali wzorcowanego polarymetru. Ze względu na budowę wyróżniamy dwa zasadnicze typy polarymetrów:



Przykładowy polarymetr fotoelektryczny

– fotoelektryczne i wizualne polarymetry kołowe, w których mierzy się kąt, o jaki należy obrócić analizator po wprowadzeniu optycznie czynnej substancji między skrzyżowane nikole, aby uzyskać obraz pierwotny,

- fotoelektryczne i wizualne polarymetry klinowe, w których wprowadza się substancje charakteryzujące się odwrotną skręcalnością, aby skompensować działanie substancji badanej.



Niektóre polarymetry (zwane sacharymetrami) są wyskalowane w Międzynarodowej Skali Cukrowej ( $^{\circ}Z$ ), zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Komisji Ujednolicania Cukrowniczych Metod Analitycznych (ICUMSA).

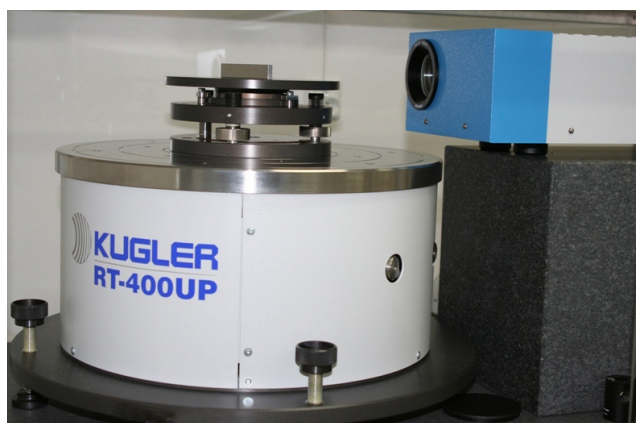
Usługa wzorcowania polarymetrów jest wykonywana także w miejscu ustawienia przyrządu.

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania pryzm wielościennych, płytek kątowych przywieralnych i podziałek kątowych

**Status:** Wzorzec państwowy (pierwotny)

Stanowisko państwowego wzorca jednostki kąta płaskiego, do odtwarzania i przekazywania jednostki miary w zakresie kąta  $360^{\circ}$ , zgodnie ze schematem spójności pomiarowej. Służy do zapewnienia spójności z wzorcami międzynarodowymi przy porównaniach międzynarodowych. To stanowisko unikalne w skali kraju. Także na świecie stanowisk o tak wysokiej rozdzielczości, zarówno stołu obrotowego jak i autokolimatora jest zaledwie kilka.

Jednostkę kąta płaskiego odtwarza się metodą bezpośrednią przez wzorcowanie pryzmy wielościennej za pomocą autokolimatora fotoelektrycznego o wysokiej rozdzielczości ( $0,005''$ ) i precyzyjnego stołu obrotowego z łożyskowaniem powietrznym ( $0,002''$  – krok pomiarowy). Stół obrotowy umożliwia obrót obiektu mierzonego o zadany kąt z bardzo wysoką precyzją. Autokolimator służy do zmierzenia różnicy pomiędzy wartością kąta, o jaki obrócił się stół i kąta pomiędzy odpowiednimi powierzchniami pomiarowymi wzorcowanej pryzmy wielościennej. Stanowisko jest zautomatyzowane, współpracuje z komputerem stanowiskowym, umożliwiającym sterowanie obrotem stołu i rejestrację wskazań autokolimatora.



Państwowy wzorzec jednostki kąta płaskiego w zakresie kąta  $360^{\circ}$  – stół obrotowy i autokolimator

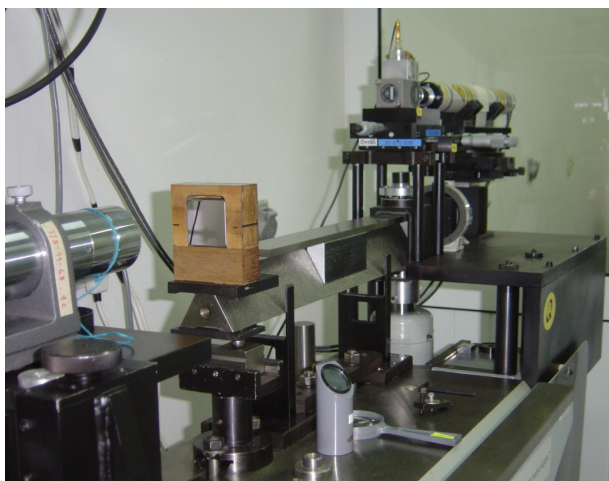
## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania autokolimatorów i poziomnic elektronicznych – generator małych kątów

**Status:** Wzorzec państwowy (pierwotny)

Stanowisko państwowego wzorca jednostki kąta płaskiego do odtwarzania i przekazywania jednostki miary w zakresie małych kątów, zgodnie ze schematem spójności pomiarowej.

Generator małych kątów jest stanowiskiem do odtwarzania jednostki kąta w zakresie  $40'$ . Zasada działania generatora oparta jest na zasadzie liniału tangensowego. Prosty liniał powierzchniowy oparty jest na dwóch podporach, stałej i ruchomej.

Zmiana kąta pochylenia liniału realizowana jest za pomocą silnika prądu stałego, który, poprzez przekładnię pasową i śrubę mikrometryczną, przesuwa stalowy klin. Przesuwanie się klina powoduje



Generator małych kątów – klin optyczny ustawiony na liniale, na drugim planie widoczna głowica lasera

ruch podnośnika, a tym samym ruch podpory i obrót liniału wokół osi wałka opartego na podporze stałej. Wielkość przemieszczenia podpory ruchomej mierzona jest metodą bezpośrednią za pomocą interferometru laserowego. Integralną częścią interferometru laserowego jest laser He-Ne, który wzorcowany jest na stanowisku do odtwarzania jednostki długości. Cały układ generatora umieszczony jest na łożu optycznej głowicy podziałowej. Między podstawami łoża i fundamentem umieszczone są piłeczki tenisowe stanowiące wibroizolację układu.

Na generatorze małych kątów wzorcowane są autokolimatory fotoelektryczne i poziomnice elektroniczne o dużej rozdzielczości. Pomiarów tych przyrządów sprowadzają się do porównania wskazań generatora i przyrządu wzorcowanego. W przypadku wzorcowania autokolimatorów na liniale ustawia się zwierciadło, którego pochylenie odczytywane jest przez autokolimator i generator. W przypadku poziomnic elektronicznych, na liniale ustawiana jest poziomnica i przy pochylaniu liniału porównywane są wskazania poziomnicy i generatora.

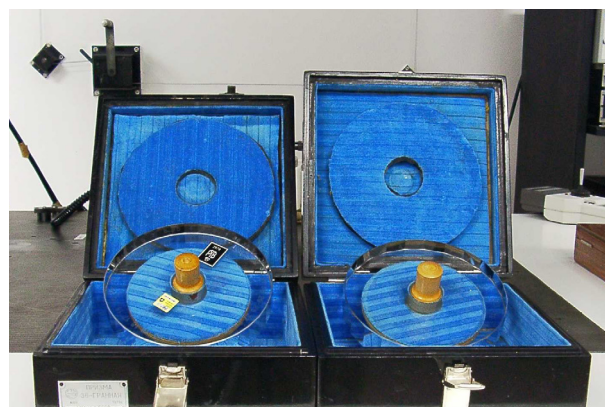
## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania stołów, głowic i goniometrów

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko niezbędne do pomiarów przy odtwarzaniu i przekazywaniu jednostki miary zgodnie ze schematem spójności pomiarowej.

Stanowisko pomiarowe do wzorcowania stołów, głowic podziałowych i goniometrów nie jest stanowiskiem stałym. Zestawiane jest na bieżące potrzeby w laboratorium GUM lub u klienta. Składa się z pryzmy wielościennej i autokolimatora fotoelektrycznego. Pryzmy wielościenne są wzorcami kąta płaskiego i wykonane są w formie graniastostupa ze szkła kwarcowego z metalizowanymi powierzchniami. W GUM znajdują się 3 pryzmy wielościenne: 12-ścienna, 24-ścienna i 36-ścienna, które używane są zamiennie, w zależności od przyrządu wzorcowanego i potrzeb klientów.

Do wyznaczenia błędów wskazań optycznych głowic podziałowych, stołów obrotowych i przetworników impulsowo-obrotowych stosowana jest pryzma wielościenne, stół z regulacją do zamocowania pryzmy i autokolimatora. Natomiast do wyznaczania błędów wskazań goniometru stosowana jest tylko pryzma wielościenne. Pomiar polega na porównaniu wskazań badanego przyrządu ze wskazaniem autokolimatora, z uwzględnieniem błędów pryzmy lub w przypadku goniometru tylko błędów pryzmy wielościennej. Usługa wzorcowania goniometrów i optycznych głowic podziałowych jest wykonywana u klienta.

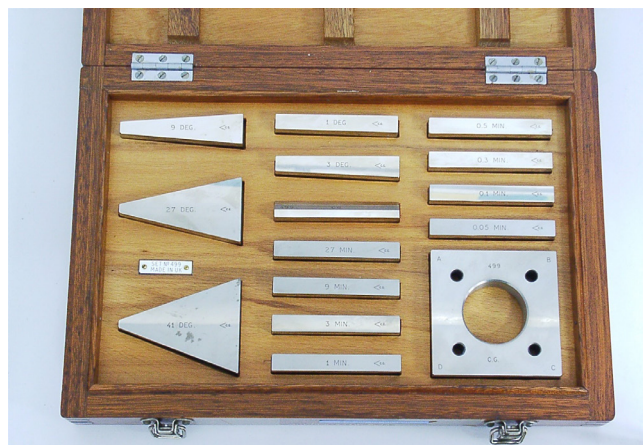
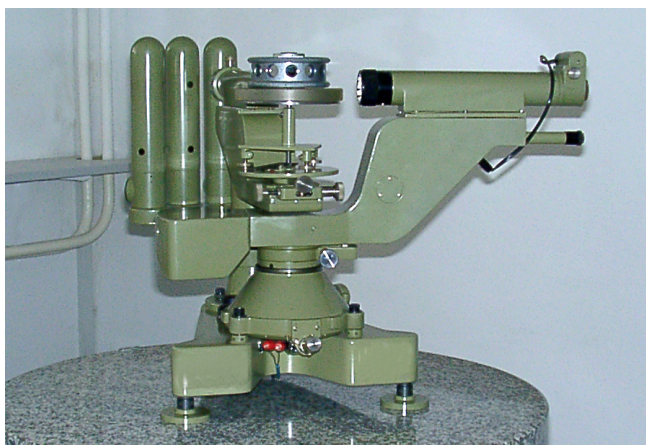


Pryzmy wielościenne

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania płytek kątowych – goniometr

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko współpracujące ze stanowiskiem państwowego wzorca kąta płaskiego, niezbędne do pomiarów przy odtwarzaniu i przekazywaniu jednostki kąta płaskiego, do przekazywania jednostki miary zgodnie ze schematem spójności pomiarowej.



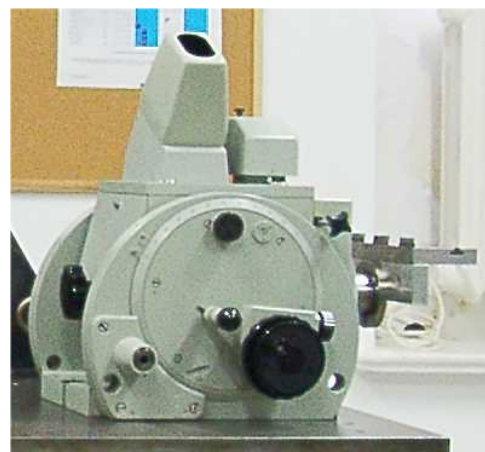
Goniometr (stanowisko do wzorcowania płytek kątowych) i komplet płytek kątowych przywieralnych

Stanowisko służy głównie do pomiarów płytek kątowych typu Johanssona i typu Kuszniowa. Do momentu uruchomienia stanowiska do wzorcowania pryzm wielościennych, płytek kątowych przywieralnych i podziałek kątowych wzorcowano na goniometrze także płytki kątowe przywieralne i pryzmy wielościenne. Podstawowymi elementami stanowiska pomiarowego są: goniometr o zakresie pomiarowym do 250° i działce elementarnej o wartości 0,2" oraz sześcian kontrolny służący do poziomowania stolika przy pomiarach płytek kątowych typu Johanssona i typu Kuszniowa.

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania poziomnic

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko wykorzystywane jest do wzorcowania poziomnic, koincydencyjnych, optycznych poziomnic kątowych, poziomnic elektronicznych o mniejszej rozdzielczości (dokładniejsze poziomnice wzorcowane są na generatorze małych kątów), pochyłomierzy. Stanowisko składa się z wielu elementów dobieranych w zależności od typu wzorcowanej poziomnicy, jak i wyznaczanego parametru: płyta pomiarowa stalowa, płyta pomiarowa granitowa, płytki wzorcowe ( $0,991 \div 1,009$ ) mm, liniały krawędziowe 300 mm, 200 mm, poziomnica koincydencyjna, optyczna głowica podziałowa. Na płytach pomiarowych wyznacza się następujące parametry metrologiczne poziomnic:



Optyczna głowica podziałowa

odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowej płaskiej i z rowkiem pryzmatycznym poziomnicy koincydencyjnej i optycznej poziomnicy kątowej, błąd ustawienia wskazania zerowego poziomnicy elektronicznej i pochyłomierza, błąd wartości działki elementarnej. Na optycznej głowicy podziałowej wyznacza się wartość błędów wskazań (błędów kąta nachylenia) poziomnicy koincydencyjnej, optycznej poziomnicy kątowej, poziomnicy elektronicznej i pochyłomierza.

## Stanowisko pomiarowe do odtwarzania jednostki współczynnika załamania światła

**Status:** wzorzec państwowy (pierwotny)

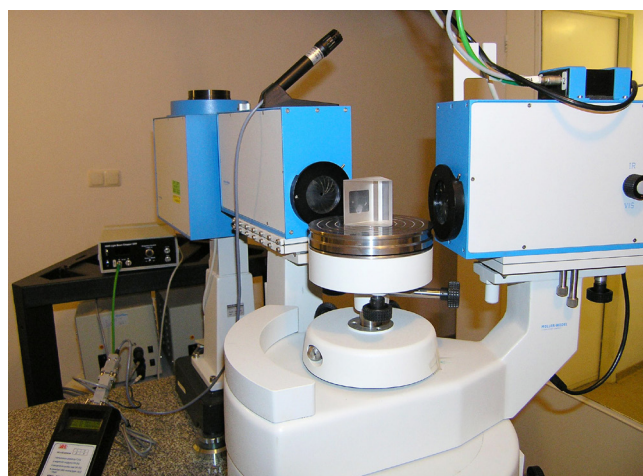
Stanowisko państwowego wzorca jednostki współczynnika załamania światła, do odtwarzania i przekazywania jednostki miary zgodnie ze schematem spójności pomiarowej. Służy do zapewnienia spójności z wzorcami międzynarodowymi przy porównaniach międzynarodowych.

Stanowisko państwowego wzorca jednostki współczynnika załamania światła składa się z goniometru-spektrometru, wzorcowego pryzmatu równobocznego, pryzmatu 679 PTB 97, pryzmatów do wyznaczenia współczynnika załamania światła cieczy oraz przyrządów pomiarowych i urządzeń pomocniczych: termostat, termometr szklany do pomiaru temperatury powietrza, termometr szklany do pomiaru temperatury cieczy w pryzmatach wnikowych, barometr, termohigrometr.

Goniometr-spektrometr składa się z: płyty głównej z poziomnicą alkoholową, koła podziałowego z siatką promieniową posiadającą 36 000 linii, ramieniem obrotowym i dwoma elektronicznymi głowicami umieszczonymi w pozycji  $180^\circ$  względem siebie, stolika pryzmatu o średnicy 135 mm z możliwością obrotu i ustawienia wysokości za pomocą odpowiednich śrub justujących, kolimatora z parabolicznym obiektywem zwierciadlanym, lunety autokolimacyjnej, kamery CCD, okularu do pomiarów w zakresie pomiarowym (436 ÷ 1014) nm, detektora dla zakresu podczerwieni, 6 lamp spektralnych i komputera z oprogramowaniem do pomiarów kątów i wyznaczenia wartości współczynników załamania światła pryzmatów w zakresie widmowym (436 ÷ 2325) nm.

Pryzmaty wykonane są z jednorodnego szkła optycznego, wolnego od smug, pęcherzy i naprężeń. Wzorcowy pryzmat równoboczny przeznaczony jest do pomiarów porównawczych, a jego kąty łamiące mają wartości  $60^\circ \pm 5'$ . Pryzmaty przeznaczone do wyznaczenia współczynników załamania światła cieczy są pryzmatami wnikowymi ze specjalnym pojemnikiem na ciecz. Kąty łamiące w tych pryzmatach:  $60^\circ \pm 5'$  w pryzmacie przeznaczonym dla cieczy o współczynniku załamania światła poniżej 1,5 i  $50^\circ \pm 5'$  w pryzmacie przeznaczonym dla cieczy o współczynniku załamania światła powyżej 1,5. Pryzmat 679 PTB 97 przeznaczony jest do pomiarów porównawczych i ma wyznaczony kąt łamiący w PTB, który wynosi  $66^\circ 40' 4,67''$ .

Pomiary kątów pryzmatu odbywają się na zasadzie fotoelektrycznej przy użyciu kamery CCD. Obrót ramienia koła podziałowego goniometru-spektrometru generuje sygnał elektryczny w dwóch czułych



Goniometr-spektrometr: państwowy wzorzec jednostki współczynnika załamania światła

głowicach, który jest wyświetlany na ekranie licznika kąta VRZ 460. Zmierzone wartości kątów przekazywane są poprzez interfejs RS-232C do komputera. Komputer ma zainstalowane programy do pomiarów kątów i obliczania współczynników załamania światła: program „GONIO” – w zakresie UV-VIS oraz „GONIO IR” – dla zakresu bliskiej podczerwieni.

Współczynnik załamania światła obliczany jest dla warunków otoczenia, a następnie przeliczany na wartości dla warunków odniesienia. Temperatura otoczenia, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność względna powietrza oraz poprawka uwzględniająca odchylenie współczynnika załamania światła szkła mierzono pryzmatu w danej temperaturze, wprowadzane są do programu komputerowego w momencie wyznaczania kąta najmniejszego odchylenia.

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania refraktometrów Pulfricha i wzorców współczynnika załamania światła

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko współpracujące ze stanowiskiem państwowego wzorca jednostki miary, niezbędne do pomiarów przy odtwarzaniu i przekazywaniu jednostki miary, zgodnie ze schematem spójności pomiarowej.

Jest także stanowisko pomiarowe służące do wyznaczania metodą refraktometryczną, na refraktometrze typu Pulfricha, wartości współczynników załamania światła  $n$  ciekłych i stałych wzorców refraktometrycznych używanych podczas wzorcowania refraktometrów na stanowiskach pomiarowych do wzorcowania refraktometrów wizualnych i fotoelektrycznych.

Refraktometr typu Pulfricha jest przyrządem, którego zakres pomiarowy  $n$  zależy od zastosowanego pryzmatu pomiarowego i wynosi:

- $1,3 \div 1,83$  dla pryzmatu VoF przeznaczonego do cieczy i ciał stałych,
- $1,45 \div 1,75$  dla pryzmatu GoF przeznaczonego do ciał stałych.

Przyrząd jest refraktometrem wizualnym z rozdzielczością skali kątowej  $0,1'$ , co odpowiada wartości  $10^{-5}$  współczynnika załamania światła.

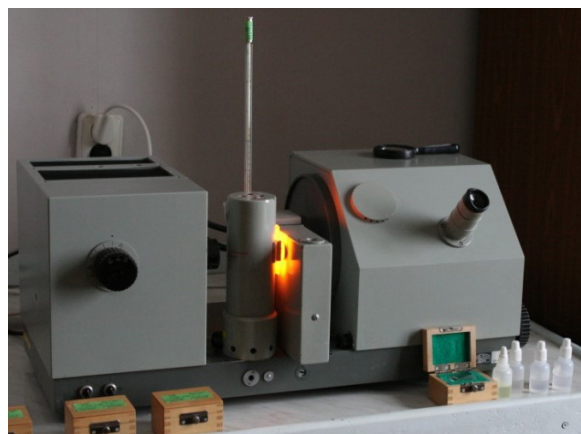
Refraktometr z pryzmatem VoF pracuje w zakresie temperatury ( $15 \div 40$ ) °C utrzymywanej przez termostat, działający w zakresie ( $-10 \div 100$ ) °C, ze stabilnością rzędu  $\pm 0,02$  °C.

Refraktometr z pryzmatem pomiarowym GoF pracuje w temperaturze otoczenia.

Temperatura w refraktometrze Pulfricha, temperatura otoczenia oraz temperatura utrzymywana przez termostat mierzone są przy pomocy termometrów szklanych.

Refraktometr typu Pulfricha posiada lampy spektralne He, Hg i H, które pozwalają na pomiary spektralne w zakresie ( $435,8 \div 656,3$ ) nm. Standardowo pomiary przeprowadzane są w świetle lampy sodowej o długości fali  $\lambda = 589,3$  nm.

Wzorcami stosowanymi na tym stanowisku są wzorce stałe; szklane pryzmaty i szklane płytki płasko-równoległe oraz wzorce ciekłe: woda dwukrotnie destylowana, ciecz organiczne, oleje i roztwory wodne glukozy stabilizowanej kwasem winowym.



Refraktometr Pulfricha

## Stanowisko pomiarowe do wzorcowania refraktometrów fotoelektrycznych i wizualnych

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe przeznaczone jest do wzorcowania refraktometrów laboratoryjnych wizualnych i fotoelektrycznych przy  $\lambda = 589,3 \text{ nm}$ , w temperaturze  $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ , za pomocą wzorców refraktometrycznych.

W skład stanowiska wchodzi wzorce refraktometryczne: woda dwukrotnie destylowana, 2,2,4 – trimetylopentan, cykloheksan, chlorobenzen, 1-bromonaftalen, gliceryna, olej metylosilikonowy, olej silikonowy CR500, olej silikonowy AN140, olej parafinowy, roztwory glukozy, komplet płytek szklanych. Temperatura wzorcowania jest utrzymywana

za pomocą termostatu Haake F 3C lub termostatu wbudowanego w przyrząd. Przyrządy pozbawione możliwości termostatazacji posiadają oprogramowanie automatycznie przeliczające wyniki pomiarów do wartości w temperaturze  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , w zakresie temperatur  $(10 \div 40) \text{ }^\circ\text{C}$ . W skład stanowiska wchodzi także lampa sodowa spektralna z adapterem i stabilizatorem napięcia, zapewniająca długość fali  $\lambda = 589,3 \text{ nm}$ , przeznaczona dla refraktometrów wizualnych bez własnego źródła światła oraz łaźnia wodna z naczynkiem pomiarowym do wzorcowania refraktometrów zanurzeniowych. Usługa wzorcowania refraktometrów jest także wykonywana u klientów.



Przykładowy refraktometr fotoelektryczny

## Stanowisko do pomiaru chropowatości – Profilometr FORM TALYSURF

**Status:** wzorzec odniesienia

Profilometr FORM TALYSURF jest wzorcem odniesienia jednostki miary chropowatości powierzchni.

Profilometr jest przyrządem stykowym, przeznaczonym do pomiarów mikrogeometrii powierzchni w zakresie:

- parametrów chropowatości powierzchni,
- odchylenia od prostoliniowości,
- odchylenia od okrągłości zarysów zaokrąglonych.

Przyrząd posiada czujnik indukcyjny o następujących zakresach pomiarowych:

- do  $1 \text{ mm}$  i rozdzielczości  $16 \text{ nm}$ ,



Stanowisko do pomiaru chropowatości – Profilometr FORM TALYSURF

- do 0,2 mm i rozdzielczości 3,2 nm,
- do 0,04 mm i rozdzielczości 0,64 nm.

Maksymalny odcinek pomiarowy przyrządu wynosi 120 mm.

Stanowisko jest stosowane do wzorcowania:

- wzorców materialnych chropowatości typu A, B, C, i D (wg PN-EN ISO 5436-1),
- wzorców powiększenia (w postaci wałka ze ścięciem),
- liniałów krawędziowych.

## Stanowisko do pomiaru chropowatości – mikroiinterferometr MII-4

### Status: wzorzec odniesienia

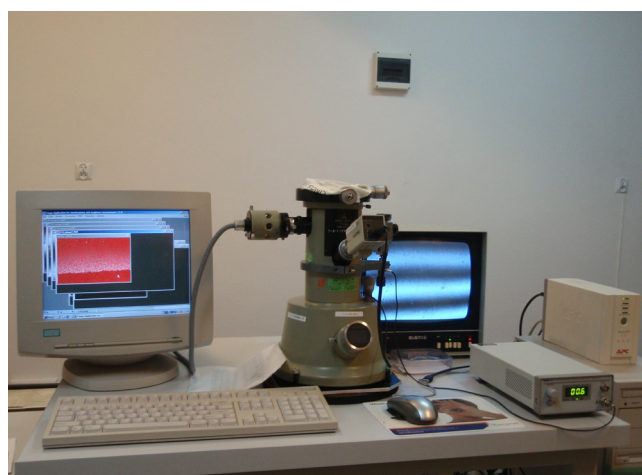
Mikroiinterferometr MII-4 jest wzorcem odniesienia jednostki miary chropowatości powierzchni. Służy do odtwarzania i przekazywania jednostki miary zgodnie ze schematem spójności pomiarowej oraz do zapewnienia spójności z wzorcami międzynarodowymi przy porównaniach międzynarodowych.

Zautomatyzowany mikroiinterferometr dwupromieniowy Linnika (typ MII-4) bazuje na schemacie interferometru Michelsona, lecz jest dostosowany do pomiarów w dużym powiększeniu (ok. 500x). Umożliwia pomiar głębokości nierówności/wysokości schodka oraz następujących parametrów chropowatości:  $R_a$ ,  $R_p$ ,  $R_v$ ,  $R_m$  (odpowiednik  $R_y$ ),  $R_z$  oraz  $RS_m$ . Średnica pola widzenia przyrządu, a co za tym idzie maksymalna długość odcinka pomiarowego zastosowanego do pomiaru, wynosi 0,3 mm.

Układ pomiarowy składa się z mikroiinterferometru MII-4 oraz kamery TV CCD połączonej z komputerem, wyposażonym w system akwizycji obrazów.

Przeznaczony jest do wzorcowania:

- wzorców głębokości nierówności lub wysokości schodka (wzorców typu A1 i A2 wg PN-EN ISO 5436-1) w zakresie wysokości nierówności wysokości  $h \leq 1$  mm,
- wzorców stanu ostrza (np. wzorców chropowatości typu B1, należących do grupy B wg PN-ISO 5436-1) w zakresie wartości parametru  $d \leq 1$  mm,
- wzorców geometrycznych (wzorców typu C1, C2, C3 i C4 wg PN-ISO 5436-1, inaczej zwanych wzorcami odstępu).

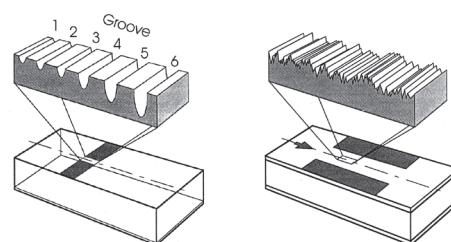


Stanowisko do pomiaru chropowatości – mikroiinterferometr MII-4

## Stanowisko do sprawdzania przyrządów do pomiaru chropowatości – zestaw kontrolnych wzorców chropowatości wraz z płytkami wzorcowymi i interferencyjnymi

**Status:** wzorzec odniesienia

Zestaw kontrolnych wzorców chropowatości wraz z płytkami wzorcowymi i interferencyjnymi jest wzorcem odniesienia jednostki miary chropowatości powierzchni. Służy do odtwarzania i przekazywania jednostki miary zgodnie ze schematem spójności pomiarowej.



Stanowisko do sprawdzania przyrządów do pomiaru chropowatości – zestaw kontrolnych wzorców chropowatości wraz z płytkami wzorcowymi i interferencyjnymi

Stanowisko pomiarowe stanowi zestaw: wzorców materialnych, służących do pomiaru parametrów struktury geometrycznej powierzchni (potocznie zwanych wzorcami chropowatości), określanymi jako wzorce typu A, B, C, D i E (zgodnie PN-EN ISO 5436-1), płytek wzorcowych wraz z płytkami interferencyjnymi oraz wzorca kreskowego. Na rysunku powyżej przedstawiono przykładowo niektóre ze stosowanych wzorców.

## Stanowisko do pomiaru odchylenia od okrągłości

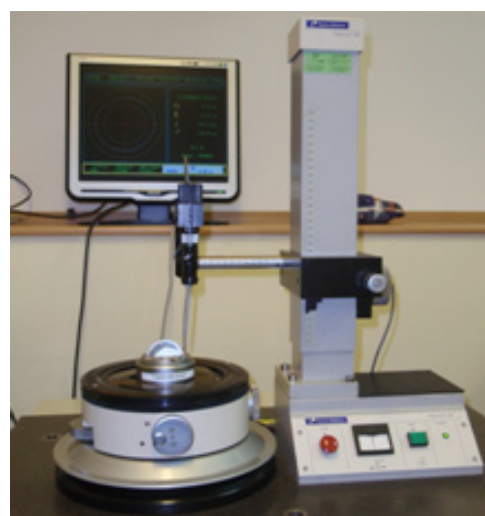
**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko do pomiaru odchylenia od okrągłości jest wzorcem odniesienia jednostki miary okrągłości.

Przyrządy TALYROND 210 i TALYROND 130 są przyrządami stykowymi, przeznaczonymi do pomiarów okrągłości powierzchni sferycznych i walcowych w zakresie:

- odchylenia od okrągłości kul (sfer),
- odchylenia od okrągłości walców wewnętrznych (pierścieni),
- odchylenia od okrągłości walców zewnętrznych (wałków i tłoczków),
- odchylenia od okrągłości wzorców powiększenia (w postaci wałka ze ścięciem).

Wyznaczanie odchyleń od okrągłości walców oraz sfer,



Przyrząd do pomiaru okrągłości  
TALYROND 210



dokonywane jest przez pomiar różnicy promienia badanego zarysu w danym przekroju. Wartość mierzonego parametru podawana jest w postaci liczbowej wraz z zarejestrowanym profilem przekroju walca.

Przyrząd TALYROND 210 posiada czujnik indukcyjny o następujących zakresach pomiarowych:

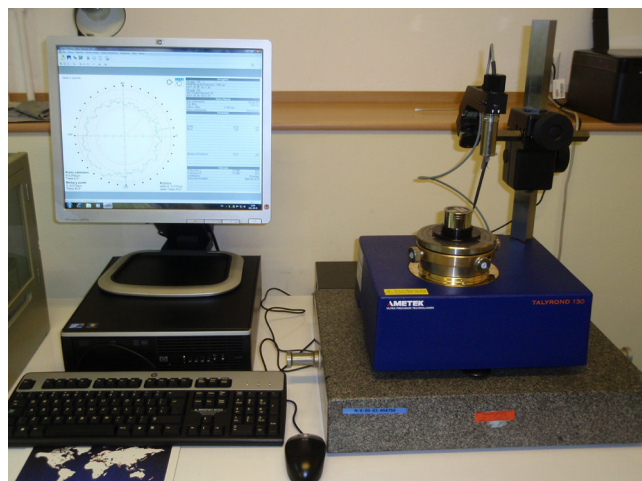
- do 2 mm i rozdzielczości 60 nm,
- do 0,4 mm i rozdzielczości 12 nm.

Graniczny błąd pomiaru okrągłości wynosi:  $0,04 \mu\text{m} + 0,0003 \mu\text{m}/\text{mm}$ , maksymalne dopuszczalne obciążenie urządzenia 20 kg.

Przyrząd TALYROND 130 posiada czujnik indukcyjny o następujących zakresach pomiarowych:

- do 2 mm i rozdzielczości 30 nm,
- do 0,4 mm i rozdzielczości 6 nm.

Graniczny błąd pomiaru okrągłości wynosi:  $0,025 \mu\text{m} + 0,000 25 \mu\text{m}/\text{mm}$ , błąd pozycjonowania do  $3 \mu\text{m}/225 \text{ mm}$ , maksymalne dopuszczalne obciążenie urządzenia 20 kg.



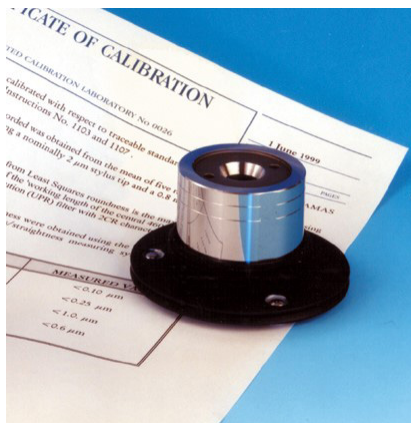
Przyrząd do pomiaru okrągłości TALYROND 130

## Stanowisko do sprawdzania przyrządów do pomiaru okrągłości – zestaw wzorców okrągłości wraz z płytkami wzorcowymi

**Status:** wzorzec odniesienia

Zestaw wzorców okrągłości wraz z płytkami wzorcowymi jest wzorcem odniesienia jednostki miary okrągłości.

Stanowisko pomiarowe stanowi zestaw wzorców materialnych, służących do pomiaru odchyień od okrągłości. W jego skład wchodzi: wzorzec sferyczny w postaci szklanej półkuli, dwa wzorce okrągłości w postaci wałków ze ścięciem, wzorzec cylindra i cylindra pochylonego oraz płytek wzorcowych wraz z płytkami interferencyjnymi.



Stanowisko do sprawdzania przyrządów do pomiaru okrągłości – zestaw wzorców okrągłości (wzorzec okrągłości w postaci wałka ze ścięciem, wzorzec sferyczny w postaci szklanej półkuli) wraz z płytkami wzorcowymi

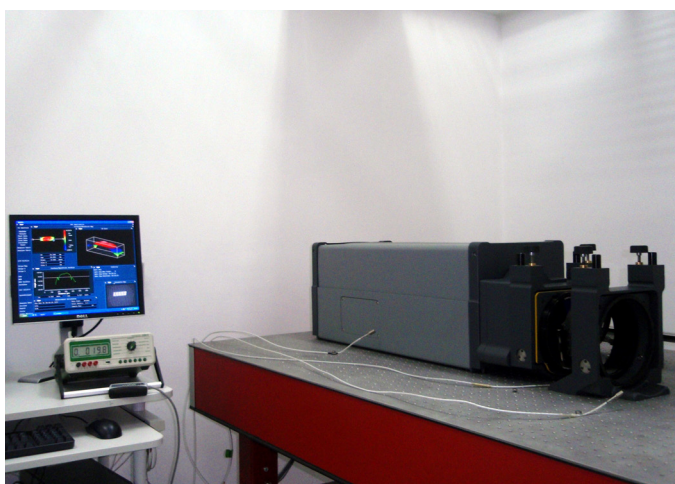
# Stanowisko do pomiaru płaskości – INTERFEROMETR LASEROWY GPI XP/D 6" z laserem He-Ne

**Status:** wzorzec odniesienia

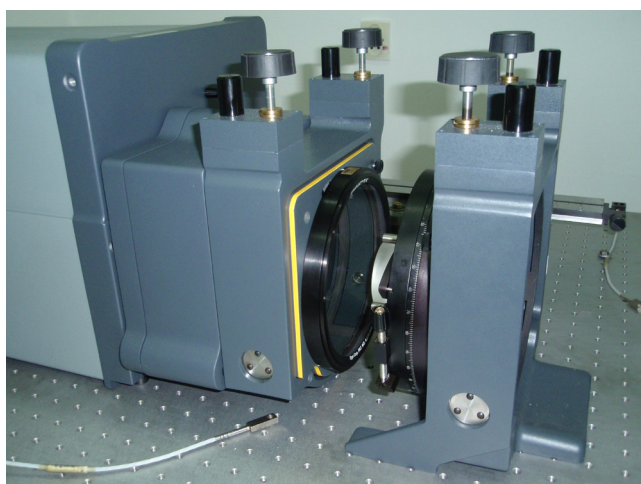
Stanowisko pomiarowe jest wzorcem odniesienia jednostki miary płaskości.

Podstawowy element stanowiska to interferometr laserowy oraz wzorzec płaskości (wzorzec materialny), o wartości odchylenia od płaskości wyznaczonej w PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Niemcy).

Interferometr laserowy GPI XP/D 6" z laserem He-Ne służy do pomiaru odchylenia od płaskości wzorców płaskości oraz innych powierzchni optycznych i precyzyjnych o wielkości ograniczonej przez okrąg o średnicy 150 mm, w zakresie pomiarowym do 5,7  $\mu\text{m}$ .



Stanowisko do pomiaru płaskości



Zwierciadło referencyjne oraz wzorzec mierzony

Stanowisko może być wykorzystywane również do pomiaru płaskości innych powierzchni, dla których odchylenie od płaskości nie przekracza 5,7  $\mu\text{m}$ , np. powierzchni pryzm wielościennych, pryzmatów, płytek wzorcowych, płytek krzemowych, wzorców płaskości do mikroskopów elektronowych, płyt CD, itp.

Stanowisko pomiarowe znajduje się w klimatyzowanym pomieszczeniu w piwnicy budynku (w pomiarach płaskości najważniejszą wielkością wpływającą jest temperatura). Specjalny stół antywibracyjny, ustawiony na znajdującym się poniżej poziomym posadzki i niezwiązanym ze ścianami budynku betonowym postumencie, zapewniają izolację przeciwwstrząsową dla ustawionego na nich interferometru. Stanowisko wyposażone jest w przyrząd do pomiarów warunków środowiskowych. Stanowisko do pomiaru płaskości jest zautomatyzowane, sterowane za pomocą komputera. Umożliwia on sterowanie przebiegiem i parametrami pomiaru oraz rejestrację podstawowych danych pomiarowych.

Promień lasera przenika przez element światłodzielący (BS) do wzorca odniesienia (reference flat) i wychodzi z interferometru przez aperturę. Wzorzec odniesienia odbija część światła lasera z powrotem do interferometru i w ten sposób tworzy referencyjne czoło fali. Reszta światła lasera przechodzi do testowanego elementu (surface under test) i stanowi odniesienie jako mierzona wartość czoła fali. Podczas pomiarów płaskości powierzchni w interferometrze dochodzi do nakładania się (interferencji) powracającego czoła fali z referencyjnym czołem fali. Różnica faz pomiędzy nimi daje rezultat w postaci obrazu prążków, który jest rejestrowany na kamerze CCD analizowany przez oprogramowanie interferometru.

## Stanowisko do pomiaru prostoliniowości – stół pneumatyczny z czujnikiem indukcyjnym

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe umożliwia wyznaczenie odchylenia od prostoliniowości linii (krawędzi pomiarowej).

Zastosowana metoda wyznaczenia odchylenia od prostoliniowości krawędzi pomiarowej liniału jest metodą stykową, polegającą na odwzorowaniu przez czujnik indukcyjny całej mierzonej krawędzi liniału, przesuwanego się wraz ze stołem pneumatycznym pod końcówką pomiarową czujnika, a następnie wyznaczeniu odchylenia od prostoliniowości (parametru  $Pt$ ) dla otrzymanego profilu w odniesieniu do prostej „przylegającej” (określonej zgodnie z pkt. B.2 normy PN-EN ISO 1101:2006).

## Stanowisko do pomiaru płaskości i prostoliniowości – autokolimator fotoelektryczny

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe S28 to autokolimator Microtropic z automatycznym pozycjonowaniem (APS) firmy Hilger&Watts typ TA80, który wskazuje przemieszczenia kątowe i podaje na displayu miernika zmianę kątową w sekundach łuku. Przyrząd ten jest oparty na autokolimatorze wizualnym, wyposażonym w środki do automatycznego pozycjonowania odbitego obrazu, a więc po ustawieniu przyrządu nie jest wymagana obserwacja wizualna.

Będąc w zasadzie komparatorem kąta, autokolimator ten może być wykorzystany w wielu zastosowaniach, które dotyczą raczej małych przemieszczeń liniowych niż pomiarów kątowych (np. badania prostoliniowości i płaskości). Są one przeprowadzane przez przetworzenie przemieszczenia liniowego na proporcjonalne pochYLENIA KĄTOWE reflektora.

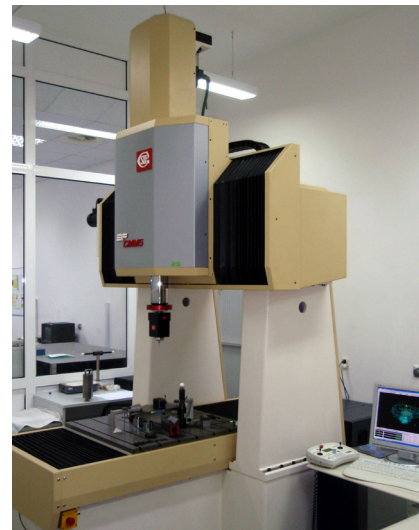
## Stanowisko pomiarowe „Współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP (SIP CMM5)”

**Status:** wzorzec odniesienia

Stanowisko pomiarowe umożliwia pomiary płaskości powierzchni wzorców, prostoliniowości liniałów krawędziowych, kątowników krawędziowych oraz tworzących kątowników walcowych.

Stanowisko „Współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP (SIP CMM5)” służy do wykonywania pomiarów liniowych i kątowych przedmiotów znajdujących się w przestrzeni pomiarowej maszyny. Wielkość przedmiotu mierzonego nie może przekraczać 700 mm w kierunku osi x oraz 500 mm w kierunku osi y i z.

Maszyna ta jest uniwersalną maszyną pomiarową wyposażoną w oprogramowanie Metrolog v4.0.1, które zawiera oprogramowanie do pomiaru podstawowych elementów geometrycznych, takich jak: linia, płaszczyzna, okrąg, walec, stożek i kula. Program pozwala też na pomiar odległości, kątów, błędów kształtu i położenia, zawiera również program statystyczny, który umożliwia na przeprowadzenie podstawowej analizy statystycznej otrzymanych wyników pomiaru. Program pozwala też na wykonywanie pomiarów skaningowych.



Współrzędnościowa maszyna pomiarowa SIP CMM5

# Klasyfikacja czynności metrologicznych

Kolorem niebieskim zaznaczono usługi, które nie są wykonywane w GUM.

## Dziedzina: długość

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
<b>L</b>	<b>1</b>	<b>Promieniowania Mise en Pratique</b>	
	<b>1.1</b>	<b>Promieniowania laserów</b>	
L	1.1.1	laser stabilizowany mise en pratique	długość fali w próżni; częstotliwość
L	1.1.1.1	laser stabilizowany mise en pratique – zdudnianie optyczne częstotliwości	długość fali w próżni
L	1.1.1.2	laser stabilizowany misce en pratique – zdudnianie optyczne częstotliwości	częstotliwość
L	1.1.2	inny laser stabilizowany	długość fali w próżni; częstotliwość
L	1.1.2.1	inny laser stabilizowany – zdudnianie optyczne częstotliwości	długość fali w próżni
L	1.1.2.2	inny laser stabilizowany – zdudnianie optyczne częstotliwości	częstotliwość
L	<b>1.2</b>	<b>Promieniowania lamp</b>	
L	1.2.1	lampa spektralna	długość fali w próżni; częstotliwość
L	1.2.1.1	lampa spektralna – definicyjnie	długość fali w próżni
L	1.2.1.2	lampa spektralna – definicyjnie	częstotliwość
<b>L</b>	<b>2</b>	<b>Wymiary liniowe</b>	
L	<b>2.1</b>	<b>Przyrządy do pomiaru długości</b>	
L	2.1.1	(laserowy, do pomiaru długości) interferometr (system, optyka, refraktometr)	błąd wskazanego przemieszczenia; kompensacja długości fali, błąd wskazywanej temperatury materiału, błąd kąta retroreflektora
L	2.1.1.1	(laserowy, do pomiaru długości) interferometr (system) – z wzorcowym interferometrem laserowym	błąd wskazanego przemieszczenia
L	2.1.1.2	(laserowy, do pomiaru długości) interferometr (optyka)	błąd kąta retroreflektora
L	2.1.1.3	(laserowy, do pomiaru długości) interferometr (refraktometr) – z wzorcowym barometrem, higrometrem i miernikiem temperatury	kompensacja długości fali
L	2.1.1.4	(laserowy, do pomiaru długości) interferometr (system) – z kontrolnym termometrem oporowym	błąd wskazywanej temperatury materiału
L	2.1.2	przyrząd EDM (dalmierz)	błąd wskazanej odległości
L	2.1.2.1	przyrząd EDM (dalmierz laserowy) – z interferometrem laserowym	błąd wskazanej odległości
L	2.1.2.2	przyrząd EDM (dalmierz laserowy) – z kontrolnym przymiarem wstęgowym	błąd wskazanej odległości
L	2.1.3	maszyna pomiarowa 1-D	błąd wskazanego [wymiaru; przemieszczenia]
L	2.1.3.1	maszyna pomiarowa 1-D do pomiaru długości – z interferometrem laserowym	błąd wskazanego [wymiaru; przemieszczenia]

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	2.1.3.2	maszyna pomiarowa 1-D do pomiaru długości – z płytkami wzorcowymi	błąd wskazanego [wymiaru; przemieszczenia]
L	2.1.3.3	długościomierz poziomy – z płytkami wzorcowymi	błąd wskazanego [wymiaru; przemieszczenia]
L	2.1.3.4	długościomierz pionowy – z płytkami wzorcowymi	błąd wskazanego [wymiaru; przemieszczenia]
L	2.1.3.5	przyrządy do pomiaru długości drutu	błąd wskazanego wymiaru
L	2.1.3.6	przyrząd do pomiaru długości kabla	błąd wskazanego wymiaru
L	2.1.3.7	przyrząd do pomiaru długości tkanin	błąd wskazanego wymiaru
L	2.1.3.8	przyrząd do pomiaru długości materiałów taśmowych, opatrunkowych i papierowych	błąd wskazanego wymiaru
L	2.1.4	przyrząd do pomiaru wysokości	błąd wskazanego [pionowego wymiaru; przemieszczenia]
L	2.1.4.1	miernik magnetostrykcyjny – z interferometrem laserowym	błąd wskazanego przemieszczenia
L	2.1.4.2	miernik magnetostrykcyjny	błąd wskazanego przemieszczenia
L	2.1.4.3	miernik ultradźwiękowy	błąd wskazanego przemieszczenia
L	2.1.4.4	miernik pojemnościowy	błąd wskazanego przemieszczenia
L	2.1.5	1-D przetwornik [przemieszczenia, wykonawczy przemieszczenia] (LVDT, PZT)	błąd wskazanego przemieszczenia
L	2.1.6	komparator do sprawdzania płytek wzorcowych – z kontrolnymi płytkami wzorcowymi	błąd wskazanego przemieszczenia
L	2.1.7	zegarowy wskaźnik przemieszczenia	błąd wskazanego przemieszczenia
L	2.2	<b>Wzorce końcowe</b>	
L	2.2.1	płytką wzorcowa	długość środkowa; zmienność długości; współczynnik rozszerzalności liniowej; odchylenie od płaskości
L	2.2.1.1	płytką wzorcowa – interferencyjnie (reszty ułamkowe)	długość środkowa
L	2.2.1.2	płytką wzorcowa – interferencyjnie (reszty ułamkowe)	zmienność długości
L	2.2.1.3	płytką wzorcowa – interferencyjnie (reszty ułamkowe)	współczynnik rozszerzalności liniowej
L	2.2.1.4	płytką wzorcowa – z płaską płytką interferencyjną	odchylenie od płaskości
L	2.2.1.5	płytką wzorcowa – z komparatorem dwuczujnikowym	długość środkowa
L	2.2.1.6	płytką wzorcowa – z komparatorem dwuczujnikowym	zmienność długości
L	2.2.2	długa płytką wzorcowa	długość środkowa; zmienność długości; współczynnik rozszerzalności liniowej; odchylenie od płaskości
L	2.2.2.1	długa płytką wzorcowa – interferencyjnie, bezdotykowo	długość środkowa
L	2.2.2.2	długa płytką wzorcowa – interferencyjnie, dotykowo w pozycji poziomej (z płytką 10 mm)	długość środkowa
L	2.2.2.3	długa płytką wzorcowa – porównawczo, dotykowo w pozycji poziomej	długość środkowa
L	2.2.2.4	długa płytką wzorcowa – porównawczo, dotykowo w pozycji pionowej	długość środkowa
L	2.2.2.5	długa płytką wzorcowa – z komparatorem dwuczujnikowym w pozycji pionowej	zmienność długości
L	2.2.2.6	wzorec nastawczy do mikrometrów – porównawczo, dotykowo w pozycji poziomej	długość środkowa

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	2.2.2.7	długa płytką wzorcowa – z płaską płytką interferencyjną	odchylenie od płaskości
L	2.2.2.8	płytką wzorcowa – interferencyjnie	współczynnik rozszerzalności liniowej
L	2.2.3	wzorzec nastawczy do mikrometru [z powierzchniami płaskimi lub do pomiaru gwintów]	długość
L	2.2.4	wzorzec schodkowy	odległość powierzchni
L	2.2.4.1	wzorzec schodkowy – za pomocą maszyny WMP	odległość powierzchni
L	2.2.4.2	wzorzec schodkowy – za pomocą maszyny 1-D	odległość powierzchni
L	2.2.4.3	wzorzec schodkowy – za pomocą mikrometru	odległość powierzchni
L	2.2.5	wzorzec szczeliny	odległość powierzchni
L	2.2.6	szczelinomierz	grubość
L	2.2.6.1	szczelinomierz – za pomocą przyrządu czujnikowego	grubość
L	2.2.6.2	szczelinomierz – za pomocą mikrometru	grubość
L	2.3	<b>Wzorce kreskowe</b>	
L	2.3.1	wzorzec kreskowy dokładny – z interferometrem laserowym	odległość kresek
L	2.3.2	wzorzec kreskowy mikroskopowy – z interferometrem laserowym	odległość kresek
L	2.3.3	płyta siatkowa – z interferometrem laserowym	współrzędne punktów siatki
L	2.3.4	siatka 1-D – z interferometrem laserowym	podziałka
L	2.3.5	siatka 2-D	podziałka; prostopadłość
L	2.3.5.1	siatka 2-D – z interferometrem laserowym	podziałka
L	2.3.5.2	siatka 2-D – z interferometrem laserowym	prostopadłość
L	2.3.6	wzorzec szerokości kreski	szerokość kreski, odległość między kreskami, podziałka
L	2.3.6.1	wzorzec szerokości kreski – z interferometrem laserowym	szerokość kreski
L	2.3.6.2	wzorzec szerokości kreski – z interferometrem laserowym	odległość między kreskami
L	2.3.6.3	wzorzec szerokości kreski – z interferometrem laserowym	podziałka
L	2.3.7	przymiar wstęgowy, (geodezyjny) drut	odległość kresek
L	2.3.7.1	przymiar wstęgowy – z interferometrem laserowym	odległość kresek
L	2.3.7.2	przymiar wstęgowy – z kontrolnym przymiarem	odległość kresek
L	2.3.7.3	przymiar wstęgowy – z komparatorem ściennym	odległość kresek
L	2.3.8	łata niwelacyjna – z kontrolnym przymiarem	odległość kresek
L	2.3.9	przymiar (sztywny, półsztywny)	odległość kresek
L	2.3.9.1	przymiar sztywny – z interferometrem laserowym	odległość kresek
L	2.3.9.2	przymiar sztywny – z kontrolnym przymiarem	odległość kresek
L	2.3.9.3	przymiar półsztywny – z interferometrem laserowym	odległość kresek
L	2.3.9.4	przymiar półsztywny – z kontrolnym przymiarem	odległość kresek
L	2.3.9.5	przymiar składany – z kontrolnym przymiarem	odległość kresek
L	2.3.9.6	przymiar bławatny – z kontrolnym przymiarem	odległość kresek
L	2.3.9.7	przymiar sztywny rozsuwany – z kontrolnym przymiarem	odległość kresek
L	2.3.9.8	przymiar półsztywny do pomiaru średnicy i obwodu – z interferometrem laserowym	odległość kresek

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	<b>2.4</b>	<b>Wzorce średnicy</b>	
L	<b>2.4.1</b>	walec zewnętrzny (tłoczek, trzpień, wałeczek, drut)	średnica, promień
L	<b>2.4.1.1</b>	walec zewnętrzny (tłoczek, trzpień, wałeczek, drut) – za pomocą maszyny 1-D	średnica
L	<b>2.4.1.2</b>	walec zewnętrzny (tłoczek, trzpień, wałeczek, drut) – za pomocą maszyny WMP	średnica
L	<b>2.4.1.3</b>	walec zewnętrzny (tłoczek, trzpień, wałeczek, drut) – za pomocą optimetru projekcyjnego	średnica
L	<b>2.4.1.4</b>	walec zewnętrzny (tłoczek, trzpień, wałeczek, drut) – za pomocą mikrometru	średnica
L	<b>2.4.2</b>	walec wewnętrzny (pierścień)	średnica
L	<b>2.4.2.1</b>	walec wewnętrzny (pierścień) – za pomocą maszyny 1-D	średnica
L	<b>2.4.2.2</b>	walec wewnętrzny (pierścień) – za pomocą maszyny WMP	średnica
L	<b>2.4.3</b>	sfera (kula)	średnica
L	<b>2.4.3.1</b>	sfera (kula) – za pomocą maszyny WMP	średnica
L	<b>2.4.3.2</b>	sfera (kula) – za pomocą optimetru projekcyjnego	średnica
L	<b>2.4.3.3</b>	wzorec zarysu łuku	promień
L	<b>3</b>	<b>Kąt</b>	
L	<b>3.1</b>	<b>Podziałki kątowe</b>	
L	<b>3.1.1</b>	pryzma wielościenne	kąt między powierzchniami pomiarowymi; błąd piramidalności; odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych
L	<b>3.1.1.1</b>	pryzma wielościenne – za pomocą dwóch autokolimatorów i stołu obrotowego	kąt między powierzchniami pomiarowymi
L	<b>3.1.1.2</b>	pryzma wielościenne – porównawcza – za pomocą goniometru	kąt między powierzchniami pomiarowymi
L	<b>3.1.1.3</b>	pryzma wielościenne – za pomocą autokolimatora i precyzyjnego stołu	kąt między powierzchniami pomiarowymi
L	<b>3.1.1.4</b>	pryzma wielościenne – za pomocą autokolimatora	błąd piramidalności
L	<b>3.1.1.5</b>	pryzma wielościenne – interferencyjnie	odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych
L	<b>3.1.2</b>	stół podziałowy	kąt podziału (błąd wskazywanego kąta podziału); bicie czołowe powierzchni roboczej stołu; odchylenie od płaskości powierzchni roboczej stołu; bicie poprzeczne gniazda wrzeciona
L	<b>3.1.2.1</b>	stół podziałowy – z pryzmą wielościenne	kąt podziału (błąd wskazywanego kąta podziału)
L	<b>3.1.2.2</b>	stół podziałowy – za pomocą czujnika	bicie czołowe powierzchni roboczej stołu
L	<b>3.1.2.3</b>	stół podziałowy – za pomocą czujnika	bicie poprzeczne gniazda wrzeciona
L	<b>3.1.2.4</b>	stół podziałowy – za pomocą płytek wzorcowych	odchylenie od płaskości powierzchni roboczej stołu
L	<b>3.1.2.5</b>	głowica podziałowa – z pryzmą wielościenne	kąt podziału (błąd wskazywanego kąta podziału)
L	<b>3.1.2.6</b>	głowica podziałowa – za pomocą czujnika	bicie poprzeczne gniazda wrzeciona



Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	3.1.2.7	goniometr – z pryzmą wielościenną	kąt podziału (błąd wskazywanego kąta podziału)
L	3.1.3	stół obrotowy, obrotowa kodowana podziałka kątowna – z pryzmą wielościenną	kąt ustawienia
L	3.2	<b>Generatory małych kątów</b>	
L	3.2.1	(liniał, stół) sinusowy	odległość walców; kąt
L	3.2.1.1	(liniał, stół) sinusowy	odległość walców
L	3.2.1.2	(liniał, stół) sinusowy	kąt
L	3.3	<b>Przyrządy do pomiaru kąta</b>	
L	3.3.1	autokolimator	błąd wskazywanego kąta; prostopadłość osi
L	3.3.1.1	autokolimator – za pomocą generatora małych kątów	błąd wskazywanego kąta
L	3.3.1.2	autokolimator	prostopadłość osi
L	3.3.2	poziomnica elektroniczna	błąd wskazywanego kąta nachylenia; błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.2.1	poziomnica elektroniczna – za pomocą generatora małych kątów	błąd wskazywanego kąta nachylenia
L	3.3.2.2	poziomnica elektroniczna – za pomocą optycznej głowicy podziałowej	błąd wskazywanego kąta nachylenia
L	3.3.2.3	poziomnica elektroniczna – za pomocą wzorcowej powierzchni poziomej	błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.3	pochyłomierz	błąd wskazywanego kąta nachylenia; błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.3.1	pochyłomierz – za pomocą optycznej głowicy podziałowej	błąd wskazywanego kąta nachylenia
L	3.3.3.2	pochyłomierz – za pomocą wzorcowej powierzchni poziomej	błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.4	poziomnica spirytusowa (pęcherzykowa)	błąd wskazywanego kąta nachylenia (błąd wartości działki elementarnej); błąd wskazania zerowego kąta nachylenia; odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych
L	3.3.4.1	poziomnica liniałowa – za pomocą poziomnicy koincydencyjnej	błąd wskazywanego kąta nachylenia (błąd wartości działki elementarnej)
L	3.3.4.2	poziomnica liniałowa – za pomocą wzorcowej powierzchni poziomej	błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.4.3	poziomnica liniałowa – za pomocą płytek wzorcowych	odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych
L	3.3.4.4	poziomnica ramowa – za pomocą poziomnicy koincydencyjnej	błąd wskazywanego kąta nachylenia (błąd wartości działki elementarnej)
L	3.3.4.5	poziomnica ramowa – za pomocą wzorcowej powierzchni poziomej i pionowej	błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.4.6	poziomnica ramowa – za pomocą płytek wzorcowych	odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych
L	3.3.4.7	optyczna poziomnica kątowna – za pomocą optycznej głowicy podziałowej	błąd wskazywanego kąta nachylenia
L	3.3.4.8	optyczna poziomnica kątowna – za pomocą wzorcowej powierzchni poziomej	błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.4.9	optyczna poziomnica kątowna – za pomocą płytek wzorcowych	odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	3.3.4.10	poziomnica koincydencyjna – za pomocą optycznej głowicy podziałowej	błąd wskazywanego kąta nachylenia
L	3.3.4.11	poziomnica koincydencyjna – za pomocą wzorcowej powierzchni poziomej	błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.4.12	poziomnica koincydencyjna – za pomocą płytek wzorcowych	odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych
L	3.3.4.13	poziomnica budowlana – za pomocą wzorcowej powierzchni poziomej i pionowej	błąd wskazania zerowego kąta nachylenia
L	3.3.5	teodolit	błąd kąta; prostopadłość osi
L	3.3.5.1	teodolit	błąd kąta
L	3.3.5.2	teodolit	prostopadłość osi
L	3.3.6	kątomierz	błąd wskazywanego kąta; odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych liniałów; odchylenie od równoległości powierzchni pomiarowych liniałów
L	3.3.6.1	kątomierz – z płytką kątową	błąd wskazywanego kąta
L	3.3.6.2	kątomierz – za pomocą płytek wzorcowych	odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych liniałów
L	3.3.6.3	kątomierz – za pomocą liniału krawędziowego	odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych liniałów
L	3.3.6.4	kątomierz – za pomocą mikrometru	odchylenie od równoległości powierzchni pomiarowych liniałów
L	3.3.7	przyrząd do sprawdzania prostopadłości	błąd [prostopadłości; prostoliniowości]
L	3.3.7.1	przyrząd do sprawdzania prostopadłości	błąd prostopadłości
L	3.3.7.2	przyrząd do sprawdzania prostopadłości	błąd prostoliniowości
L	3.4	<b>Wzorce kąta</b>	
L	3.4.1	płytką kątową	kąt [wewnętrzny; zewnętrzny]; błąd piramidalności; odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych
L	3.4.1.1	płytką kątową – za pomocą goniometru	kąt [wewnętrzny, zewnętrzny]
L	3.4.1.2	płytką kątową – za pomocą autokolimatora i stołu obrotowego	kąt [wewnętrzny, zewnętrzny]
L	3.4.1.3	płytką kątową – za pomocą autokolimatora	błąd piramidalności
L	3.4.2	kątownik 90° (stalowy, granitowy, z ramieniem)	prostopadłość; prostoliniowość; płaskość; równoległość powierzchni pomiarowych krótszego ramienia
L	3.4.2.1	kątownik 90° (stalowy, granitowy, z ramieniem) – za pomocą maszyny WMP	prostopadłość
L	3.4.2.2	kątownik 90° (stalowy, granitowy, z ramieniem) – za pomocą maszyny WMP	prostoliniowość
L	3.4.2.3	kątownik 90° (stalowy, granitowy, z ramieniem) – za pomocą maszyny WMP	płaskość
L	3.4.2.4	kątownik 90° (stalowy, z ramieniem) – z kątownikiem wzorcowym	prostopadłość
L	3.4.2.5	kątownik 90° (stalowy, z ramieniem) – metodą trzech	prostopadłość
L	3.4.2.6	kątownik 90° (stalowy, z ramieniem) – za pomocą płytek wzorcowych	prostoliniowość
L	3.4.2.7	kątownik 90° (stalowy, z ramieniem) – za pomocą płytek wzorcowych	płaskość

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	3.4.2.8	kątownik 90° (stalowy, z ramieniem) – za pomocą mikrometru	równoległość powierzchni pomiarowych krótszego ramienia
L	3.4.3	kątownik 90° walcowy	prostokątność; prostoliniowość; płaskość
L	3.4.3.1	kątownik 90° walcowy – za pomocą maszyny WMP	prostokątność
L	3.4.3.2	kątownik 90° walcowy – za pomocą maszyny WMP	prostoliniowość
L	3.4.3.3	kątownik 90° walcowy – za pomocą maszyny WMP	płaskość
L	3.4.3.4	kątownik 90° walcowy – za pomocą czujnika oraz pryzmy oporowej	prostokątność
L	3.4.3.5	kątownik 90° walcowy – za pomocą liniału krawędziowego	prostoliniowość
L	3.4.4	wzorzec stożka	kąt stożka; średnica
L	3.4.4.1	wzorzec stożka – za pomocą maszyny WMP	kąt stożka
L	3.4.4.2	wzorzec stożka – za pomocą maszyny WMP	średnica
L	3.5	<b>Pryzmaty kątowe</b>	
L	3.5.1	węgielnica zwierciadlana (pentapryzma)	kąt odchylenia
L	3.5.2	pryzmat z wewnętrznym odbiciem (naroże sześciangu, kocie oko)	kąt odchylenia
L	4	<b>Kształt</b>	
L	4.1	<b>Wzorce płaskości</b>	
L	4.1.1	płaska płytką interferencyjna	płaskość
L	4.1.1.1	płaska płytką interferencyjna – metodą trzech	płaskość
L	4.1.1.2	płaska płytką interferencyjna – za pomocą interferometru laserowego	płaskość
L	4.1.2	płytką interferencyjna (płaskorównoległa, klinowa)	odchylenie od równoległości, kąt klina, błąd wskazywanego wymiaru, płaskość
L	4.1.2.1	płytką interferencyjna płaskorównoległa – za pomocą optimetru projekcyjnego	odchylenie od równoległości
L	4.1.2.2	płytką interferencyjna płaskorównoległa – za pomocą optimetru projekcyjnego	błąd wskazywanego wymiaru
L	4.1.2.3	płytką interferencyjna płaskorównoległa – za pomocą płytki interferencyjnej	płaskość
L	4.1.2.4	płytką interferencyjna klinowa	kąt klina
L	4.1.3	płyta pomiarowa	płaskość
L	4.1.3.1	płyta pomiarowa – za pomocą autokolimatora	płaskość
L	4.1.3.2	płyta pomiarowa – za pomocą maszyny WMP	płaskość
L	4.1.3.3	płyta pomiarowa – za pomocą poziomnicy	płaskość
L	4.2	<b>Wzorce okrągłości</b>	
L	4.2.1	walec zewnętrzny – za pomocą przyrządu do pomiaru okrągłości	okrągłość
L	4.2.2	walec wewnętrzny – za pomocą przyrządu do pomiaru okrągłości	okrągłość
L	4.2.3	sfera (półkula) – za pomocą przyrządu do pomiaru okrągłości	okrągłość
L	4.2.4	wzorzec powiększenia (np. wałek ze ścięciem)	okrągłość, amplituda & zawartość harmoniczných

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	4.2.4.1	wzorzec powiększenia (np. wałek ze ścięciem) – za pomocą profilometru	okrągłość
L	4.2.4.2	wzorzec powiększenia (np. wałek ze ścięciem) – za pomocą przyrządu do pomiaru okrągłości	okrągłość
L	4.2.4.3	wzorzec powiększenia (np. wałek ze ścięciem) – za pomocą przyrządu do pomiaru okrągłości	amplituda & zawartość harmonicznych
L	4.3	<b>Wzorce prostoliniowości</b>	
L	4.3.1	liniał powierzchniowy	prostoliniowość; płaskość
L	4.3.1.1	liniał powierzchniowy – za pomocą autokolimatora	płaskość lub prostoliniowość
L	4.3.1.2	liniał powierzchniowy – za pomocą poziomnicy	płaskość lub prostoliniowość
L	4.3.1.3	liniał powierzchniowy – za pomocą maszyny WMP	płaskość
L	4.3.1.4	liniał powierzchniowy – za pomocą płytek wzorcowych	prostoliniowość
L	4.3.2	wzorzec prostoliniowości walcowy	prostoliniowość
L	4.3.2.1	liniał krawędziowy – z wzorcami szczelin (z płytek wzorcowych)	prostoliniowość
L	4.3.2.2	liniał krawędziowy – za pomocą profilometru	prostoliniowość
L	4.3.3	prostoliniowość przewodnic	prostoliniowość
L	4.4	<b>Wzorce walcowości</b>	
L	4.4.1	walec zewnętrzny	walcowość
L	4.4.2	walec wewnętrzny	walcowość
L	4.5	<b>Wzorce optyki</b>	
L	4.5.1	soczewka, wzorzec promienia	długość ogniskowej; promień krzywizny
L	4.5.1.1	soczewka, wzorzec promienia	długość ogniskowej
L	4.5.1.2	soczewka, wzorzec promienia – za pomocą profilometru	promień krzywizny
L	5	<b>Geometria złożona</b>	
L	5.1	<b>Wzorce struktury geometrycznej powierzchni</b>	
L	5.1.1	wzorzec głębokości (nierówności) lub wysokości schodka (np. ISO 5436-1 typ A)	wysokość schodka; (nierówności) głębokość; parametr $Pt$
L	5.1.1.1	wzorzec głębokości (nierówności) lub wysokości schodka (np. ISO 5436-1 typ A) – za pomocą mikrointerferometru	wysokość schodka lub głębokość nierówności
L	5.1.1.2	wzorzec głębokości (nierówności) lub wysokości schodka (np. ISO 5436-1 typ A) – za pomocą profilometru	wysokość schodka lub głębokość nierówności
L	5.1.1.3	wzorzec głębokości (nierówności) lub wysokości schodka (np. ISO 5436-1 typ A) – za pomocą profilometru	parametr $Pt$
L	5.1.2	wzorzec do sprawdzania stanu ostrza (np. ISO 5436-1 typ B)	promień, kąt; stosunek wartości parametru $Ra$ (dla dwóch powierzchni); głębokość lub szerokość (nierówności)
L	5.1.2.1	wzorzec do sprawdzania stanu ostrza (np. ISO 5436-1 typ B)	promień
L	5.1.2.2	wzorzec do sprawdzania stanu ostrza (np. ISO 5436-1 typ B)	kąt
L	5.1.2.3	wzorzec do sprawdzania stanu ostrza (np. ISO 5436-1 typ B) – za pomocą profilometru	stosunek wartości parametru $Ra$ (dla dwóch powierzchni)
L	5.1.2.4	wzorzec do sprawdzania stanu ostrza (np. ISO 5436-1 typ B) – za pomocą mikrointerferometru	głębokość lub szerokość (nierówności)
L	5.1.3	wzorzec geometryczny (odstępów) (np. ISO 5436-1 typ C)	parametry [amplitudy; długości fali]

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	5.1.3.1	wzorzec geometryczny (odstępów) (np. ISO 5436-1 typ C) – za pomocą profilometru	parametry amplitudy
L	5.1.3.2	wzorzec geometryczny (odstępów) (np. ISO 5436-1 typ C) – za pomocą mikrointerferometru	parametry amplitudy
L	5.1.3.3	wzorzec geometryczny (odstępów) (np. ISO 5436-1 typ C) – za pomocą profilometru	parametr długości fali
L	5.1.3.4	wzorzec geometryczny (odstępów) (np. ISO 5436-1 typ C) – za pomocą mikrointerferometru	parametr długości fali
L	5.1.4	wzorzec chropowatości (np. ISO 5436-1 typ D)	parametry chropowatości ISO
L	5.1.4.1	wzorzec chropowatości (np. ISO 5436-1 typ D) – za pomocą profilometru	parametry chropowatości ISO
L	5.1.4.2	porównawczy wzorzec chropowatości powierzchni – za pomocą profilometru	parametry chropowatości ISO
L	5.1.5	wzorzec współrzędnościowy (np. ISO 5436-1 typ E)	współrzędne profilu; średnica; okrągłość; parametr <i>Pt</i>
L	5.1.5.1	wzorzec współrzędnościowy (np. ISO 5436-1 typ E)	współrzędne profilu
L	5.1.5.2	wzorzec współrzędnościowy (np. ISO 5436-1 typ E) – za pomocą maszyny WMP	średnica
L	5.1.5.3	wzorzec współrzędnościowy (np. ISO 5436-1 typ E) – za pomocą przyrządu do pomiaru okrągłości	okrągłość
L	5.1.5.4	wzorzec współrzędnościowy (np. ISO 5436-1 typ E) – za pomocą profilometru	parametr <i>Pt</i>
L	5.1.6	wzorzec software'u	błąd obliczeniowy [wymiarów; parametrów]
L	5.1.6.1	wzorzec software'u	błąd obliczeniowy wymiarów
L	5.1.6.2	wzorzec software'u	błąd obliczeniowy parametrów
L	5.2	<b>Wzorce gwintów</b>	
L	5.2.1	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, zwykły	średnica podziałowa; podziałka; kąt gwintu
L	5.2.1.1	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, zwykły – za pomocą maszyny 1-D	średnica podziałowa
L	5.2.1.2	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, zwykły – za pomocą mikroskopu uniwersalnego	podziałka
L	5.2.1.3	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, zwykły – za pomocą mikroskopu uniwersalnego	kąt gwintu
L	5.2.2	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, stożkowy	średnica podziałowa; podziałka; kąt gwintu; kąt stożka
L	5.2.2.1	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, stożkowy	średnica podziałowa
L	5.2.2.2	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, stożkowy	podziałka
L	5.2.2.3	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, stożkowy	kąt gwintu
L	5.2.2.4	sprawdzian gwintowy trzpieniowy, stożkowy	kąt stożka
L	5.2.3	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, zwykły	średnica podziałowa; podziałka; kąt gwintu
L	5.2.3.1	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, zwykły – za pomocą maszyny 1-D	średnica podziałowa
L	5.2.3.2	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, zwykły – za pomocą maszyny 1-D	podziałka
L	5.2.3.3	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, zwykły	kąt gwintu
L	5.2.3.4	wzorzec zarysu gwintu (grzebieniowy)	kąt gwintu

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	5.2.4	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, stożkowy	średnica podziałowa; podziałka; kąt gwintu; kąt stożka
L	5.2.4.1	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, stożkowy	średnica podziałowa
L	5.2.4.2	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, stożkowy	podziałka
L	5.2.4.3	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, stożkowy	kąt gwintu
L	5.2.4.4	sprawdzian gwintowy pierścieniowy, stożkowy	kąt stożka
L	5.2.5	sprawdzian wewnętrznego gwintu API	parametry gwintów API
L	5.2.6	sprawdzian zewnętrznego gwintu API	parametry gwintów API
L	5.3	<b>Wzorce kół zębanych</b>	
L	5.3.1	koło zębate walcowe	podziałka; ewolwenta
L	5.3.1.1	koło zębate walcowe	podziałka
L	5.3.1.2	koło zębate walcowe	evolwenta
L	5.3.2	koło zębate stożkowe	podziałka; ewolwenta; kąt stożka
L	5.3.2.1	koło zębate stożkowe	podziałka
L	5.3.2.2	koło zębate stożkowe	evolwenta
L	5.3.2.3	koło zębate stożkowe	kąt stożka
L	5.3.3	podziałka koła zębatego stożkowego	odchylenie sumaryczne podziałek koła
L	5.3.4	skok koła zębatego kontrolnego (ślimaka)	[sumaryczne, pojedyncze] odchylenie podziałki
L	5.3.4.1	skok koła zębatego kontrolnego (ślimaka)	sumaryczne odchylenie podziałki
L	5.3.4.2	skok koła zębatego kontrolnego (ślimaka)	pojedyncze odchylenie podziałki
L	5.3.5	evolwenta koła zębatego kontrolnego	odchylenie profilu evolwenty [położenia; kształtu]
L	5.3.5.1	evolwenta koła zębatego kontrolnego	odchylenie położenia profilu evolwenty
L	5.3.5.2	evolwenta koła zębatego kontrolnego	odchylenie kształtu profilu evolwenty
L	5.4	<b>Wzorce do sprawdzania WMP</b>	
L	5.4.1	płyta z kulami/otworami	[kul; otworów] współrzędne środków
L	5.4.1.1	płyta z kulami/otworami – za pomocą maszyny WMP	współrzędne środków kul
L	5.4.1.2	płyta z kulami/otworami – za pomocą maszyny WMP	współrzędne środków otworów
L	5.4.2	pręt z kulami – za pomocą maszyny WMP	odległości kul
L	5.4.3	wzorec do sprawdzania WMP o dużych zakresach pomiarowych	odległości przedziałów
L	5.4.4	software odniesienia	błąd obliczeniowy [wymiarów; parametrów; charakterystyk]
L	5.4.4.1	software odniesienia	błąd obliczeniowy wymiarów
L	5.4.4.2	software odniesienia	błąd obliczeniowy parametrów
L	5.4.4.3	software odniesienia	błąd obliczeniowy charakterystyk
L	5.5	<b>Przyrządy pomiarowe 2-D, 3-D</b>	
L	5.5.1	projektor pomiarowy	błąd [wymiaru; pozycji; kształtu]
L	5.5.1.1	projektor pomiarowy	błąd wymiaru
L	5.5.1.2	projektor pomiarowy	błąd pozycji

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	5.5.1.3	projektor pomiarowy	błąd kształtu
L	5.5.2	mikroskop pomiarowy	błąd [wymiaru; pozycji; kształtu]; błąd wskazywanego parametru chropowatości
L	5.5.2.1	mikroskop pomiarowy uniwersalny	błąd wymiaru
L	5.5.2.2	mikroskop pomiarowy uniwersalny	błąd pozycji
L	5.5.2.3	mikroskop pomiarowy uniwersalny	błąd kształtu
L	5.5.2.4	mikroskop pomiarowy warsztatowy	błąd wymiaru
L	5.5.2.5	mikroskop pomiarowy warsztatowy	błąd pozycji
L	5.5.2.6	mikroskop pomiarowy warsztatowy	błąd kształtu
L	5.5.2.7	mikroskop do pomiaru chropowatości – za pomocą materialnych wzorców chropowatości	błąd wskazywanego parametru chropowatości
L	5.5.3	współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP	błąd [wymiaru; pozycji; kształtu]
L	5.5.3.1	współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wymiaru
L	5.5.3.2	współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP	błąd pozycji
L	5.5.3.3	współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP	błąd kształtu
L	5.5.3.4	współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP – za pomocą wzorca płytowego z kulami	błąd wymiaru
L	5.5.3.5	współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP	błąd pozycji
L	5.5.3.6	współrzędnościowa maszyna pomiarowa WMP	błąd kształtu
L	5.5.4	laserowy śledzący układ pomiarowy	błąd [wymiaru; pozycji; kształtu]
L	5.5.4.1	laserowy śledzący układ pomiarowy	błąd wymiaru
L	5.5.4.2	laserowy śledzący układ pomiarowy	błąd pozycji
L	5.5.4.3	laserowy śledzący układ pomiarowy	błąd kształtu
L	5.5.5	stolik przesuwny (liniowy, kątowy)	błąd zadanego [przeunięcia; kąta] ruchu
L	5.5.5.1	stolik przesuwny (liniowy, kątowy)	błąd zadanego przeunięcia ruchu
L	5.5.5.2	stolik przesuwny (liniowy, kątowy)	błąd zadanego kąta ruchu
L	5.5.6	profilometr stykowy	błąd wskazywanego [kształtu (prostoliniowości; układu współrzędnych), wymiaru (składowa pionowa, pozioma), parametrów chropowatości]; błąd przenoszenia
L	5.5.6.1	profilometr stykowy – za pomocą wzorców głębokości nierówności, płytki interferencyjnej i płytek wzorcowych	błąd wskazywanego wymiaru (składowa pionowa)
L	5.5.6.2	profilometr stykowy – za pomocą wzorców geometrycznych (odstępów)	błąd wskazywanego wymiaru (składowa pozioma)
L	5.5.6.3	profilometr stykowy – za pomocą płytki interferencyjnej	błąd wskazywanego kształtu (prostoliniowości)
L	5.5.6.4	profilometr stykowy – za pomocą wzorca współrzędnościowego	błąd wskazywanego kształtu (układu współrzędnych)
L	5.5.6.5	profilometr stykowy – za pomocą wzorców materialnych chropowatości	błąd wskazywanych parametrów chropowatości
L	5.5.6.6	profilometr stykowy – za pomocą wzorców geometrycznych (odstępów)	błąd przenoszenia

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	5.5.7	interferometr do pomiaru (płaskości, czoła fali)	błąd wskazywanego odchylenia [od płaskości, czoła fali]; błąd wskazywanego wymiaru (składowa pionowa, pozioma)
L	5.5.7.1	mikrointerferometr – za pomocą płytki interferencyjnej	błąd wskazywanego odchylenia od płaskości
L	5.5.7.2	mikrointerferometr – za pomocą wzorców głębokości nierówności	błąd wskazywanego wymiaru (składowa pionowa)
L	5.5.7.3	mikrointerferometr – za pomocą wzorców geometrycznych (odstępów)	błąd wskazywanego wymiaru (składowa pozioma)
L	5.5.8	przyrząd do pomiaru kształtu	błąd wskazywanego odchylenia kształtu [okrągłości (bicie), prostoliniowości], błąd wskazywanego pola powierzchni
L	5.5.8.1	przyrząd do pomiaru kształtu – za pomocą sfery (półkuli)	błąd wskazywanej okrągłości (bicie)
L	5.5.8.2	przyrząd do pomiaru kształtu – za pomocą wzorców powiększenia	błąd wskazywanej okrągłości
L	5.5.8.3	przyrząd do pomiaru kształtu – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanej okrągłości
L	5.5.8.4	przyrząd do pomiaru kształtu – za pomocą wzorca prostoliniowości (walcowego)	błąd wskazywanej prostoliniowości
L	5.5.8.5	przyrząd do pomiaru kształtu – maszyna do pomiaru pola powierzchni skór	błąd wskazywanego pola powierzchni
L	5.6	<b>Twardość</b>	
L	5.6.1	wgłębnik do twardościomierza	wymiary [ką, kąty, promień, średnica kulki, średnica trzpienia; wysokość trzpienia, średnica tulejki] końcówki, niewspółosiowość, wysokość części roboczej
L	5.6.1.1	wgłębnik kulkowy – za pomocą passametry	wymiar – średnica kulki
L	5.6.1.2	wgłębnik Rockwella – za pomocą mikroskopu z głowicą goniometryczną	wymiar – ką
L	5.6.1.3	wgłębnik Rockwella – przez porównanie z promieniem wzorcowym	wymiar – promień
L	5.6.1.4	wgłębnik Rockwella – za pomocą passametry	wymiar – średnica trzpienia
L	5.6.1.5	wgłębnik Rockwella – za pomocą mikroskopu warsztatowego	niewspółosiowość
L	5.6.1.6	wgłębnik Rockwella – za pomocą mikroskopu warsztatowego	wysokość części roboczej
L	5.6.1.7	wgłębnik Vickersa – za pomocą mikroskopu z głowicą goniometryczną	wymiar – ką
L	5.6.1.8	wgłębnik Vickersa – za pomocą passametry	wymiar – średnica trzpienia
L	5.6.1.9	wgłębnik Vickersa – za pomocą mikroskopu warsztatowego	niewspółosiowość
L	5.6.1.10	wgłębnik Vickersa – za pomocą mikroskopu warsztatowego	wysokość części roboczej
L	5.6.1.11	wgłębnik Knoopa – za pomocą mikroskopu z głowicą goniometryczną	wymiar – kąty
L	5.6.1.12	wgłębnik Knoopa – za pomocą passametry	wymiar – średnica trzpienia
L	5.6.1.13	tulejka Shore'a (A, D) – za pomocą mikroskopu	wymiar – średnica wewnętrzna
L	5.6.1.14	wgłębnik Shore'a (A, D) – za pomocą mikroskopu	wymiar – średnica zewnętrzna trzpienia



Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	5.6.1.15	wgłębnik Shore'a (A, D) – za pomocą mikroskopu	wymiar – wysokość trzpienia
L	5.6.1.16	wgłębnik Shore'a (D) – za pomocą mikroskopu	wymiar – promień trzpienia Shore D
L	5.6.1.17	wgłębnik Shore'a (A) – za pomocą mikroskopu	wymiar – średnica ścięcia trzpienia Shore A
L	5.6.1.18	tulejka Shore'a (A, D) – za pomocą mikroskopu	wymiar – średnica zewnętrzna
L	5.6.1.19	wgłębnik Shore'a (A, D) – za pomocą mikroskopu z głowicą goniometryczną	wymiar – kąt stożka
L	6	<b>Różne wymiary</b>	
L	6.1	<b>Przyrządy pomiarowe ręczne</b>	
L	6.1.1	mikrometr zewnętrzny	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.2	głowica mikrometryczna – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanego przesunięcia
L	6.1.3	głębokościomierz mikrometryczny – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanej głębokości
L	6.1.4	suwmiarka	błąd wskazywanego wymiaru, błąd wskazywanej wysokości
L	6.1.4.1	suwmiarka – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.4.2	wysokościomierz suwmiarkowy – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanej wysokości
L	6.1.4.3	przyrząd do pomiaru wysokości kół samochodowych	błąd wskazywanej wysokości
L	6.1.4.4	spoinomierz	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.5	głębokościomierz suwmiarkowy – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanej głębokości
L	6.1.6	średnicówka mikrometryczna dwupunktowa	błąd wskazywanej średnicy, błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.6.1	średnicówka mikrometryczna dwupunktowa – za pomocą maszyny pomiarowej 1-D	błąd wskazywanej średnicy
L	6.1.6.2	średnicówka mikrometryczna dwupunktowa – mikrometr wewnętrzny – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.6.3	średnicówka z czujnikiem zegarowym – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.7	średnicówka mikrometryczna trójpunktowa (czteropunktowa)	błąd wskazywanej średnicy
L	6.1.8	czujnik [zegarowy, cyfrowy]	błąd wskazywanego przesunięcia, błąd wskazywanej grubości
L	6.1.8.1	czujnik [zegarowy, cyfrowy] 0.1 i 0.01 – za pomocą przyrządu do wzorcowania czujników	błąd wskazywanego przesunięcia
L	6.1.8.2	czujnik [zegarowy, cyfrowy] 0.001 – za pomocą maszyny pomiarowej 1-D	błąd wskazywanego przesunięcia
L	6.1.8.3	czujnik [zegarowy, cyfrowy] 0.001 – za pomocą płytek wzorcowych	błąd wskazywanego przesunięcia
L	6.1.8.4	czujnik [zegarowy, cyfrowy] 0.001 – za pomocą przyrządu czujnikowego	błąd wskazywanego przesunięcia
	6.1.8.5	transametr	błąd wskazywanego przesunięcia
L	6.1.8.6	grubościomierz z czujnikiem zegarowym 0.1	błąd wskazywanej grubości
L	6.1.8.7	grubościomierz z czujnikiem zegarowym 0.01	błąd wskazywanej grubości
L	6.1.8.8	grubościomierz z czujnikiem zegarowym 0.001	błąd wskazywanej grubości
L	6.1.8.9	grubościomierz ultradźwiękowy	błąd wskazywanej grubości
L	6.1.8.10	macka czujnikowa wewnętrzna	błąd wskazywanego wymiaru

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	6.1.8.11	macka czujnikowa zewnętrzna	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.9	przyrząd czujnikowy (mikrometr z czujnikiem)	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.9.1	mikrometr z czujnikiem	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.1.9.2	czujnik optyczny	błąd wskazywanego wymiaru
L	6.2	<b>Obiekty ciśnieniowe</b>	
L	6.2.1	zespół tłok-cylinder	wymiar 3-D, kształt
L	6.2.1.1	zespół tłok-cylinder	wymiar 3-D
L	6.2.1.2	zespół tłok-cylinder	kształt
L	6.3	<b>Rozszerzalność liniowa</b>	
L	6.3.1	wzorce rozszerzalności liniowej	współczynnik rozszerzalności liniowej
L	6.4	<b>Duże odległości</b>	
L	6.4.1	baza geodezyjna	odległości odcinków, długość drogi
L	6.4.1.1	baza drogowa	długość drogi
L	6.4.1.2	komparator ścienny	odległości odcinków
L	6.5	<b>materiały odniesienia</b>	
L	6.5.1	próbka wzorcowa	wymiar próbki; kształt, długość podziałki, średnica pipety
L	6.5.1.1	pipeta do badania opadu krwi	długość podziałki
L	6.5.1.2	pipeta do badania opadu krwi	średnica pipety
L	6.5.2	otwór [siatki; oczka] sita	[wymiar; kształt] otworu, odległość między sitami
L	6.5.2.1	sito do klasyfikacji jęczmienia browarnego	[wymiar; kształt] otworu
L	6.5.2.2	sito do klasyfikacji jęczmienia browarnego	odległość między sitami
L	6.6	<b>Grubość warstwy</b>	
L	6.6.1	worzec grubości warstwy	grubość warstwy
L	6.7	<b>Współczynnik załamania światła</b>	
L	6.7.1	refraktometr do pomiaru materiałów optycznych	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.1	worzec refraktometryczny stały – za pomocą goniometru (wzorcowanie)	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.2	worzec refraktometryczny stały – za pomocą refraktometru (wzorcowanie)	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.3	worzec refraktometryczny stały – za pomocą refraktometru (materiał odniesienia)	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.4	worzec refraktometryczny ciekły – za pomocą goniometru (wzorcowanie)	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.5	worzec refraktometryczny ciekły – za pomocą refraktometru (wzorcowanie)	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.6	worzec refraktometryczny ciekły – za pomocą refraktometru (materiał odniesienia)	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.7	refraktometr typu Pulfricha	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.8	refraktometr fotoelektryczny	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.9	refraktometr wizualny	współczynnik załamania światła
L	6.7.1.10	refraktometr ręczny	współczynnik załamania światła

Kod literowy	Nr czynności	Przyrząd lub obiekt	Wielkość mierzona
L	6.7.1.11	worzec polarymetryczny (kwarcowa płytka kontrolna)	skręcalność optyczna
L	6.7.1.12	worzec polarymetryczny (materiał odniesienia)	skręcalność optyczna
L	6.7.1.13	polarymetr fotoelektryczny	skręcalność optyczna
L	6.7.1.14	polarymetr wizualny	skręcalność optyczna



Warszawa, 2017