

Wzorce pomiarowe

Wzorce pomiarowe pełnią kluczową rolę w życiu gospodarczym narodów. Bez nich nie możliwa byłaby produkcja i wymiana towarowa, a stale rosnąca dokładność odtwarzania jednostek miar, za ich pośrednictwem, ułatwia rozwój przemysłowy w wiodących obszarach gospodarczych i wspiera postęp we wszystkich dyscyplinach związanych z naukami technicznymi. Dlatego tak ważne jest utrzymywanie wzorców o najwyższej dokładności pomiarowej, w każdym państwie pragnącym uczestniczyć w globalnym rozwoju cywilizacyjnym, dążącym do zapewniania swoim obywatelom powszechnego dobrobytu.

Wzorce pomiarowe służą do realizacji definicji danej wielkości o zadeklarowanej wartości wielkości, której towarzyszy związana z nią niepewność pomiaru. Wśród wzorców o najwyższej dokładności wyróżnia się państwowe wzorce pomiarowe i wzorce odniesienia. Przez wzorzec państwowy należy rozumieć wzorzec pomiarowy uznany przez organ państwowy do stosowania w państwie lub gospodarce jako podstawa do przyporządkowania wartości wielkości innym wzorcom pomiarowym danego rodzaju wielkości, a przez wzorzec odniesienia wzorzec pomiarowy przeznaczony do wzorcowania innych wzorców pomiarowych wielkości danego rodzaju w danej organizacji lub w danym miejscu. Wzorce te służą do przekazywania jednostki miary innym wzorcom i przyrządom pomiarowym wykorzystywanym w gospodarce narodowej.

Zdolność powyższą określa się mianem spójności pomiarowej. Bez niej żaden wynik pomiaru nie może być uznany na świecie za zgodny z obowiązującym układem jednostek miar. Państwowe wzorce pomiarowe zatem są gwarantem spójności pomiarowej, bez której żaden użytkownik przyrządów pomiarowych w gospodarce narodowej nie mógłby mieć pewności, że wytwarzane lub sprzedawane przez niego produkty będą spełniały wymagania niezbędne w celu zapewnienia ich jakości i konkurencyjności na rynku krajowym i międzynarodowym.

Wzorce pomiarowe odgrywały kluczowe znaczenie w rozwoju naszej cywilizacji od najdawniejszych lat. W związku z tym najwyższe władze państwowe zawsze przywiązywały dużą wagę dla zapewnienia ich stałości i dostępności. W jednym z podstawowych aktów prawnych w dziejach europejskiego parlamentaryzmu, dokumencie Magna Charta Libertatum z 1215 roku, król angielski Jan bez Ziemi zobowiązuje się wobec swoich poddanych do zapewnienia jednakowości miar i wag na terenie całego królestwa. Autorzy pierwszej historycznie konstytucji z 1787 roku, twórcy ustawy zasadniczej Stanów Zjednoczonych Ameryki, zapisali na jej kartach uprawnienie dla Kongresu USA do ustalania wzorców miar i wag. Rewolucja Francuska w 1799 roku doprowadziła do stworzenia pierwszych wzorów jednostek miar powstałych w oparciu odniesienia obiektywne i powszechnie dostępne, torując drogę do ich międzynarodowego uznania poprzez Konwencję Metryczną w 1875 roku. Również w historii Polski jednolitość miar była troską najwyższych władz państwowych. Ostatni z Jagiellonów, król Polski Zygmunt August, w roku 1565 na Sejmie Piotrkowskim wprowadza ustawowo jednolite miary i wagi w Koronie, a potwierdza je w ustawie koronacyjnej z 1764 roku ostatni król Stanisław August Poniatowski.

We współczesnym świecie rozwój i utrzymywanie najdokładniejszych wzorców pomiarowych władze państwowe ustawowo powierzają specjalnie do tego celu powołanym krajowym instytucjom metrologicznym. W Polsce rolę takiej instytucji pełni Główny Urząd Miar.

Podstawowym zadaniem każdej krajowej instytucji metrologicznej jest rozwój i utrzymanie państwowych wzorców pomiarowych oraz wzorców odniesienia o najwyższej dokładności odtwarzania jednostek miar w kraju. Wzorce te nie mogą istnieć bez szeregu innych wzorców pomiarowych tworzących pewien łańcuch powiązań związanych z przekazywaniem jednostki miary. To one umożliwiają zapewnienie odpowiedniej dokładności przyrządów pomiarowych użytkowanych w gospodarce narodowej. Bez nich przyrządy te nie mogłyby w sposób prawidłowy kontrolować poprawnego przebiegu procesu produkcyjnego w każdej dziedzinie gospodarczej. Zapewniają bezpieczeństwo obrotu towarowego w gospodarce gwarantując każdemu obywatelowi, że nabywane towary na rynku cechują się odpowiednią miarą ilościową podawaną przez producenta na każdym jego opakowaniu. Umożliwiają poprawne rozliczenia pomiędzy odbiorcami usług związanych z dostarczaniem niezbędnych dla funkcjonowania gospodarstw domowych mediów, a ich producentami i dystrybutorami. W dziedzinie ochrony zdrowia natomiast zapewniają bezpieczeństwo prawidłowego diagnozowania i leczenia, sprawując kontrolę metrologiczną nad skomplikowaną aparaturą pomiarową użytkowaną w medycynie.

W Głównym Urzędzie Miar utrzymywane są państwowe wzorce jednostek miar i inne wzorce pomiarowe o najwyższej dokładności odtwarzania określonej jednostki miary w kraju. Wzorce te zostały scharakteryzowane poniżej.

Państwowy wzorzec jednostki miary ciśnienia akustycznego

Wzorzec pomiarowy ciśnienia akustycznego stanowią trzy laboratoryjne mikrofony wzorcowe klasy LS1P i trzy laboratoryjne mikrofony wzorcowe klasy LS2P, spełniają-

ce wymagania normy PN-EN 61094-1:2003 oraz sterowane komputerowo stanowisko pomiarowe do wzorcowania mikrofonów klasy LS metodą wzajemności, zgodnie z normą PN-EN 61094-1:2010, w zakresie częstotliwości od 2 Hz do 10 kHz dla mikrofonów klasy LS1 i od 20 Hz do 25 kHz dla mikrofonów klasy LS2.

Państwowy wzorzec jednostki miary wielkości drgań mechanicznych

Wzorzec pomiarowy drgań mechanicznych stanowi sterowane komputerowo stanowisko pomiarowe do wzorcowania przetworników drgań mechanicznych, w zakresie od 0,25 Hz do 10 kHz metodą bezwzględną, zgodną z normą ISO 16063-11.

Państwowy wzorzec jednostek miar czasu i częstotliwości

Wzorzec czasu i częstotliwości jest układem pomiarowym, który składa się z zespołu cezowych wzorców częstotliwości (cezowych zegarów atomowych), układu generacji i sterowania UTC(PL) oraz układów do ich porównań wewnętrznych i zewnętrznych. Realizowana przez państwowy wzorzec skala czasu UTC(PL) jest podstawą do wyznaczania czasu urzędowego w Polsce. Sygnały wyjściowe:

- 1 Hz – impulsy prostokątne o czasie trwania ok. 20 μ s,
- 100 kHz, 1 MHz, 5 MHz, 10 MHz – sygnały sinusoidalne,
- niepewność standardowa względna nie większa niż $1,7 \times 10^{-14}$, dla czasu uśredniania 5 dni.

Państwowy wzorzec jednostki miary pH

Wzorzec pomiarowy pH jest stanowiskiem służącym do odtwarzania jednostki miary pH roztworów wodnych metodą podstawową. Stanowisko składa się z zestawu termostatyзовanych ogniw wodorowo-chlorosrebrowych bez przenoszenia jonów, przyrządów do pomiaru siły elektromotorycznej i materiałów odniesienia służących do odtwarzania wartości wielkości pH. Zakres odtwarzania jednostki miary pH od 1 do 13. Niepewność rozszerzona w temperaturze 25 °C zawiera się w granicach od 0,002 do 0,007.

Państwowy wzorzec jednostki miary przewodności elektrycznej właściwej elektrolitów

Układ pomiarowy wzorca złożony jest z termostatyзованego dwuelektrodowego tłokowego naczynia konduktometrycznego, układu do precyzyjnego ustawienia położenia elektrody tłokowej oraz do automatycznego pomiaru zmian odległości pomiędzy elektrodami, mostka RLC do pomiaru impedancji, przyrządów do precyzyjnego pomiaru temperatury oraz pierwotnych materiałów odniesienia, służących do odtwarzania wartości wielkości przewodności elektrycznej właściwej. Zakres odtwarzania jednostki miary od 0,005 S m⁻¹ do 20 S m⁻¹. Niepewność rozszerzona względna zawiera się w granicach od 0,04 % do 0,08 %.

Państwowy wzorzec jednostki miary ilości substancji

Wzorzec jednostki miary ilości substancji jest układem pomiarowym złożonym z zestawu do precyzyjnych analiz kulometrycznych, wag nieautomatycznych elektronicznych (ultramikrowagi i wagi analitycznej), wzorców masy, zestawu do oznaczania jonów metodą chromatografii jonowej oraz pierwotnych materiałów odniesienia, służących do odtwarzania wartości wielkości ilości substancji. Wzorzec jednostki miary ilości substancji zapewnia jej odtwarzanie w zakresie od 0,001 mol do 0,01 mol (substancje stałe) oraz od 0,0001 mol do 0,01 mol (substancje ciekłe). Niepewność rozszerzona względna zawiera się w granicach od 0,01 % do 0,05 %.

Państwowy wzorzec jednostki miary kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji płaskospolaryzowanej fali świetlnej w widzialnym zakresie widma

Stanowisko wzorca pomiarowego składa się z kompletu pięciu kwarcowych płytek kontrolnych o zakresie pomiarowym w skali katowej ($-10 \div 40$)° i w skali cukrowej ($-25 \div 100$) °Z, w temperaturze 20 °C i dla długości fali 546,23 nm. Wartości kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła wzorca zostały wyznaczone z niepewnością rozszerzoną 0,001°. Kwarcowe płytki kontrolne służą do wzorcowania polarymetrów wizualnych i fotoelektrycznych, stosowanych w pomiarach polarymetrycznych.

Państwowy wzorzec jednostki miary gęstości

Wzorzec pomiarowy gęstości stanowi monokryształ krzemu o nazwie WASO 9.2, w kształcie prostopadłościanu o wymiarach 28 mm × 39 mm × 60 mm i masie 153 g, którego gęstość w temperaturze 20 °C, przy ciśnieniu 10^5 Pa wynosi 2,329 0889 g/cm³, wyznaczona z niepewnością 0,000 0020 g/cm³ oraz monokryształ krzemu o nazwie SILO2, w kształcie kuli o średnicy 94 mm i masie 997,3 g, którego gęstość w temperaturze 20 °C, przy ciśnieniu 101 325 Pa wynosi 2,329 114 63 g/cm³, wyznaczona z niepewnością 0,000 0011 g/cm³.

Państwowy wzorzec jednostki miary długości

Wzorzec pomiarowy stanowi laser helowo-neonowy stabilizowany jodem oraz syntezer (grzebień) częstotliwości optycznych. Laser He-Ne (mise en pratique) jest stanowiskiem pomiarowym odtwarzającym wzorcową długość fali promieniowania 633 nm, wykorzystując metodę zdudnienia optycznego. Stanowisko służy do wzorcowania i porównywania laserów helowo-neonowych stabilizowanych jodem. Natomiast syntezer (grzebień) częstotliwości optycznych jest stanowiskiem pomiarowym odtwarzającym wzorcowe długości fal promieniowania w zakresie ($532 \div 1064$) nm, odpowiadające częstotliwościom wzorcowym ($281 \div 563$) THz. Stanowisko służy do zapewnienia spójności pomiarowej w dziedzinie pomiarów długości poprzez wzorcowanie stabilizowanych laserów metrologicznych, głowic interferometrów laserowych w powyższym zakresie. Niepewność rozszerzona względna wynosi 10^{-11} .

Państwowy wzorzec jednostki miary kąta płaskiego

Wzorzec składa się z dwóch stanowisk pomiarowych. Pierwsze stanowisko to precyzyjny stół obrotowy z łożyskowaniem powietrznym oraz autokolimator fotoelektryczny bardzo wysokiej rozdzielczości (0,005"), a odtwarzanie jednostki miary realizowane jest poprzez podział kąta pełnego, z zakresem odtwarzania kąta ($0^\circ \div 360^\circ$) i niepewnością 0,08". Drugie stanowisko to generator małych kątów, realizujący odtwarzanie jednostki poprzez wyznaczenie stosunku dwóch długości, w zakresie 40 minut kątowych, z niepewnością 0,11".

Państwowy wzorzec jednostki miary współczynnika załamania światła

Stanowisko wzorca pomiarowego stanowią: goniometr-spektrometr II U VIS-IR z wyposażeniem, wzorcowy pryzmat równoboczny, pryzmat 679 PTB 97 oraz dwa pryzmaty wnikowe do pomiaru współczynnika załamania światła w cieczy. Stanowisko stosowane jest do wyznaczania wartości współczynnika załamania światła ciał stałych i ciekłych (stałych i ciekłych wzorców refraktometrycznych) w zakresie od 1,300 000 do 1,900 000 z niepewnością 3×10^{-6} . Współczynnik załamania światła wyznaczany jest metodą goniometryczną na podstawie pomiarów kąta łamiącego pryzmatu i kąta najmniejszego odchylenia. Wzorcowanie wykonywane jest w zakresie światła widzialnego (405 ÷ 656) nm.

Państwowy wzorzec jednostki miary rezystancji

Wzorzec stanowi układ pomiarowy wzorca pierwotnego opartego na kwantowym zjawisku Halla, odtwarzający wartość rezystancji wynoszącą 12 906,403 5 Ω oraz 6 453,201 75 Ω , z niepewnością względną $6,8 \times 10^{-10}$.

Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego stałego

Wzorzec jest układem pomiarowym składającym się z wzorca pierwotnego opartego na kwantowym zjawisku Josephsona ze złączem o napięciu znamionowym 10 V oraz układu pomiarowego do kontroli charakterystyk i kalibracji. Niepewność odtwarzania jednostki 5×10^{-9} .

Państwowy wzorzec jednostki miary pojemności elektrycznej

Wzorzec jest układem pomiarowym składającym się z grupy czterech termostatyzowanych kondensatorów z dielektrykiem kwarcowym o wartości nominalnej 10 pF, precyzyjnego zestawu pomiarowego oraz mostka pojemnościowego. Niepewność rozszerzona względna, przy częstotliwościach 1000 Hz i 1592 Hz, wynosi 5×10^{-7} .

Państwowy wzorzec jednostki miary indukcyjności

Wzorzec jest układem pomiarowym składającym się z grupy czterech cewek indukcyjnych wzorcowych, o wartości nominalnej indukcyjności 10 mH oraz z precyzyjnych komparatorów i mostków. Niepewność rozszerzona względna dla częstotliwości 1000 Hz jest nie większa niż 4×10^{-5} .

Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku napięć elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz

Wzorzec składa się z kondensatora gazowego, zestawu trzech kondensatorów powietrznych, elektronicznego wzorca dzielnika napięcia, mostka do pomiaru błędów przekładników i zestawu obciążeń przekładników. Znamionowe napięcie ($1 \div 400$) kV, a znamionowe wartości stosunku napięć to 40:1 lub 400:1. Niepewność rozszerzona względna dla pomiaru błędu przekładni wynosi 0,005 %. Niepewność rozszerzona przy pomiarze błędu kąтового wynosi 0,5'.

Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku prądów elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz

Wzorzec pomiarowy składa się z dwóch komparatorów i przekładnika prądowego, mostka do pomiaru błędów przekładników oraz zestawu obciążeń przekładników. W zakresie pomiarowym prądów pierwotnych od 0,1 A do 2 A, niepewność rozszerzona względna dla pomiaru błędu przekładni wynosi 0,01 %, a przy pomiarze błędu kąтового niepewność wynosi 0,5'. W zakresie pomiarowym prądów pierwotnych od 2 A do 10 000 A, niepewność rozszerzona względna dla pomiaru błędu przekładni wynosi 0,003 %, a przy pomiarze błędu kąтового niepewność wynosi 0,2'.

Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego

Wzorzec jest układem pomiarowym, który służy do bardzo dokładnego transferu napięcia elektrycznego przemiennego, poprzez porównanie jego wartości skutecznych z dokładnie znanymi wartościami napięć elektrycznych stałych. Składa się z dwóch zestawów termoelektrycznych przetworników napięciowych AC/DC: napięciowego elektronicznego wzorca transferowego AC/DC, który służy do transferu napięcia na zakresach od 22 mV do 700 mV oraz zestawu trzech termicznych przetworników napięcia AC/DC, o różnych wartościach prądów znamionowych i z pięciu rezystorów zakresowych, służących do transferu napięcia na zakresach od 1 V do 1 kV. Zakres pomiarowy od 2 mV do 1 kV (wartość skuteczna napięcia) i od 10 Hz do 1 MHz (częstotliwość). Niepewność rozszerzona względna wynosi od 4×10^{-6} do 208×10^{-6} .

Państwowy wzorzec jednostki miary mocy prądu elektrycznego przemiennego

Wzorzec składa się z układu zsynchronizowanych multimetrów próbkujących, zestawu boczników, zsynchronizowanych źródeł prądowych i napięciowych oraz z wzorcowych liczników energii elektrycznej. Zapewnia odtwarzanie mocy w zakresie:

- mocy czynnej: od 0,03 W do 360 000 W;
- mocy biernej: od 0,03 var do 360 000 var;
- mocy pozornej: od 0,03 VA do 360 000 VA.

Niepewność rozszerzona zawiera się w granicach:

- dla mocy czynnej: od 67 μ W/VA do 140 μ W/VA;
- dla mocy biernej: od 67 μ var/VA do 140 μ var/VA;

- dla mocy pozornej: od 67 $\mu\text{VA}/\text{VA}$ do 140 $\mu\text{VA}/\text{VA}$

Państwowy wzorzec jednostki miary strumienia świetlnego

Wzorzec stanowi grupa pięciu lamp fotometrycznych firmy Toshiba o wartości nominalnej napięcia elektrycznego 100 V i mocy 200 W. Niepewność rozszerzona względna wynosi 0,01.

Państwowy wzorzec jednostki miary światłości kierunkowej

Wzorzec stanowi grupa pięciu lamp fotometrycznych firmy Toshiba o wartości nominalnej napięcia elektrycznego 100 V i mocy 200 W. Niepewność rozszerzona względna wynosi 0,008.

Państwowy wzorzec jednostki miary masy

Podstawowy materialny wzorzec jednostki masy stanowi prototyp kilograma nr 51, wykonany ze stopu platyny i irydu (90 % Pt, 10 % Ir), w kształcie walca o średnicy podstawy równej jego wysokości (ok. 39 mm). Masa wzorca wynosi 1 kg + 0,255 mg, wyznaczona z niepewnością standardową 0,021 mg.

Stanowisko pomiarowe państwowego wzorca masy składa się z:

- próżniowego komparatora masy,
- zestawu wzorców masy (12 wzorców kopii 1 kg: 2 walce stalowe i 10 walców stalowych z główką),
- modułu pomiarowego wysokiej próżni,
- modułu pomiarowego umożliwiającego pomiar masy w osłonie gazu obojętnego azotu,
- modułu pomiarowego umożliwiającego badanie własności magnetycznych wzorców masy.

Państwowy wzorzec jednostki miary temperatury

Stanowisko pomiarowe wzorca odtwarza definicyjne punkty stałe Międzynarodowej Skali Temperatury z 1990 r. (MST-90): Ar (–189,3442 °C), Hg (–38,8344 °C), H₂O (0,01 °C), Ga (29,7646 °C), In (156,5985 °C), Sn (231,928 °C), Zn (419,527 °C), Al. (660,323 °C), Ag (961,78 °C). Stanowisko stosowane jest do realizacji wzorcowań komórek punktów stałych temperatury oraz wzorcowych platynowych czujników termometrów rezystancyjnych (SPRT) w zakresie od –189,3442 °C do 961,78 °C, z niepewnością rozszerzoną (0,0001 ÷ 0,0046) °C.

Państwowy wzorzec jednostki miary lepkości kinematycznej

Wzorzec składa się z kompletu wiskozymetrów kapilarnych szklanych typu Ubbelohde o równomiernie rosnących średnicach, zestawu przyrządów do precyzyjnego pomiaru temperatury, łaźni wiskozymetrycznej i wzorca pierwotnego, którym jest woda dwukrotnie destylowana o przypisanych tabelarycznych wartościach lepkości kinematycznej i dynamicznej. Wzorzec pomiarowy lepkości kinematycznej zapewnia jej odtwarzanie w zakresie od $1 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ do $1,5 \times 10^{-1} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Niepewność względna rozszerzona zawiera się w granicach od 0,05 % do 0,7 %.

Wzorzec pomiarowy zawartości składnika w mieszaninie gazowej

Wzorzec pierwotny składa się z:

- siedmiu grup wzorcowych mieszanin gazowych o określonej zawartości składnika (CO, CO₂, NO, SO₂, C₃H₈, syntetyczny gaz ziemny, gaz do prawnej kontroli analizatorów spalin samochodowych) w mieszaninie gazowej,
- stanowiska do wytwarzania mieszanin gazowych metodą grawimetryczną,
- stanowiska do wzorcowania mieszanin metodą chromatograficzną,
- stanowiska do wzorcowania mieszanin przy użyciu analizatorów gazów,
- stanowiska do badania czystości gazów.

Niepewność rozszerzona zawiera się w granicach od 0,3 % do 1,2 %.

Wzorzec wtórny składa się z:

- dwóch grup wzorcowych mieszanin
- o określonej zawartości składnika (NO, NO₂) w mieszaninie gazowej,
- stanowiska do wytwarzania mieszanin gazowych metodą grawimetryczną,
- stanowiska do wzorcowania mieszanin gazowych przy użyciu analizatorów.

Niepewność rozszerzona zawiera się w granicach od 2,1 % do 2,6 %.

Wzorzec pomiarowy zawartości składnika w roztworze

Wzorzec odniesienia jednostki miary stężenia masowego w roztworze stanowią jednopierwiastkowe wzorcowe roztwory wodne stężenia masowego (33 rodzaje pierwiastków) wytwarzane metodą grawimetryczną. Zawartość składnika w roztworze 1,00 g/dm³. Niepewność rozszerzona wynosi od 0,001 g/dm³ do 0,002 g/dm³.

Wzorzec pomiarowy stężenia etanolu w powietrzu

Wzorzec odniesienia jednostki miary stężenia masowego etanolu w powietrzu stanowią ciekłe wzorce etanolowe wytwarzane metodą grawimetryczną wraz ze stanowiskiem do wytwarzania wzorców etanolu w powietrzu. Zawartość etanolu w powietrzu – stężenie masowe etanolu (0,05 ÷ 3,00) mg/l. Niepewność rozszerzona wynosi (0,001 ÷ 0,030) mg/l.

Wzorzec pomiarowy objętości statycznej

Wzorzec składa się z:

stanowiska do pomiarów grawimetrycznych, w tym wag nieautomatycznych elektronicznych:

- obciążeniu maks. 303 g i działce elementarnej 0,1 mg,
 - obciążeniu maks. 8200 g i działce elementarnej 0,01 g,
- zakres pomiarowy dla szklanych przyrządów pomiarowych (0,0005 ÷ 5) l, niepewność rozszerzona względna (0,2 ÷ 0,01) %,

- stanowiska do pomiarów grawimetrycznych, w tym waga nieautomatyczna elektroniczna o obciążeniu maks. 8200 g i działce elementarnej 0,01 g, zakres pomiarowy dla kolb metalowych (2 ÷ 5) l, niepewność rozszerzona względna (0,01 ÷ 0,05) %,
- stanowiska do pomiarów grawimetrycznych, w tym waga nieautomatyczna elektroniczna o obciążeniu maks. 21 g i działce elementarnej 0,001 mg, zakres pomiarowy dla pipet tłokowych (1 ÷ 10 000) µl, niepewność rozszerzona względna (0,025 ÷ 15) µl.

Wzorzec pomiarowy chropowatości

Wzorzec składa się z:

- wzorca głębokości nierówności typu A1 wg PN EN ISO 5436 1:2002 o nominalnych głębokościach d: 0,243 µm; 0,747 µm; 2,420 µm; 7,507 µm; 24,003 µm i 75,308 µm, niepewność rozszerzona wynosi od 0,022 µm do 0,025 µm,
- wzorca chropowatości typu C3 wg PN-EN ISO 5436-1:2002 o wartości parametru $R_a = 0,062$ µm, niepewność rozszerzona wynosi 0,006 µm,
- wzorca w postaci półkuli o promieniu $R = 12,4861$ mm, typu E1 wg PN EN ISO 5436-1:2002, niepewność rozszerzona wynosi 0,06 µm,
- przyrządu do pomiaru chropowatości Form Talysurf i-Series 2 o zakresie pomiarowym od 0,1 µm do 100,0 µm.

Wzorzec pomiarowy okrągłości

Wzorzec składa się z:

- wzorca sferycznego w postaci szklanej półkuli, niepewność rozszerzona 0,010 µm,
- wzorca okrągłości w postaci wałków ze ścięciem, niepewność rozszerzona 0,25 µm,
- przyrządu do pomiaru okrągłości TALYROND 210 o zakresie pomiarowym ± 200 µm, niepewność rozszerzona 0,04 µm.

Wzorzec pomiarowy płaskości

Wzorzec składa się z:

- dwóch zwierciadeł transmisyjnych,
- interferometru laserowego GPI XP z laserem He-Ne.

Zakres pomiarowy (0 ÷ 5,7) µm dla wzorców płaskości o średnicy do 150 mm, niepewność rozszerzona 15 nm.

Wzorzec pomiarowy prądu elektrycznego przemiennego

Stanowisko składa się z:

- napięciowego elektronicznego wzorca transferowego AC/DC,
- aktywnego bocznika prądowego,
- termicznego przetwornika napięcia AC/DC,

- zestawu wzorcowych boczników prądowych.

Zakres pomiarowy: 0,1 mA ÷ 20 A (wartość skuteczna prądu), 10 Hz ÷ 10 kHz (częstotliwość).
Niepewność rozszerzona względna wynosi od 5×10^{-6} do 222×10^{-6} .

Wzorzec pomiarowy mocy w.cz.

Wzorzec pierwotny składa się z pięciu czujników termistorowych do układu transferowego w postaci:

- dwóch mierników mocy IV,
- czterech precyzyjnych mierników napięcia,
- generatora mikrofalowego.

Zakres pomiarowy: 100 μ W ÷ 10 mW, 100 kHz ÷ 18 GHz w standardzie N (50 Ω).

Niepewność rozszerzona względna wynosi od 0,016 dB do 0,052 dB.

Wzorzec wtórny składa się z kilkunastu czujników diodowych i termoelementowych do układu transferowego w postaci:

- dwukanałowych mierników mocy,
- generatora mikrofalowego.

Zakres pomiarowy: 3,16 nW ÷ 100 mW, 100 kHz ÷ 33 GHz.

Niepewność rozszerzona względna wynosi od 0,024 dB do 0,105 dB.

Wzorzec pomiarowy parametrów rozproszenia w.cz.

Wzorzec pierwotny odniesienia jednostki miary odbiciowych parametrów rozproszenia składa się z trzech precyzyjnych linii powietrznych.

Zakres pomiarowy modułu współczynnika odbicia: 0,002 ÷ 0,045, (2 ÷ 18) GHz, standard APC-7 i N (50 Ω).

Niepewność rozszerzona wynosi od 0,000 22 do 0,000 44.

Wzorzec wtórny odniesienia jednostki miary odbiciowych i transmisyjnych parametrów rozproszenia składa się z sześciu zestawów kalibracyjnych do urządzeń transferowych w postaci dwóch wektorowych analizatorów obwodów.

Zakres pomiarowy:

- moduł współczynnika odbicia 0,01 ÷ 1,
- faza współczynnika odbicia ($-180 \div 180$) $^\circ$,
- zakres częstotliwości 9 kHz ÷ 50 GHz.

Niepewność rozszerzona wynosi:

- moduł, od 0,0017 do 0,13,
- faza, od 0,33 $^\circ$ do 180 $^\circ$.

Wzorzec pomiarowy indukcji pola magnetycznego

Wzorzec pierwotny składa się z grupy cewek Helmholtza.

Zakres pomiarowy: (0,001 ÷ 70) mT dla DC oraz (0,5 ÷ 11 000) μ T dla 50 Hz, $f_{\max} = 30$ kHz.
Niepewność rozszerzona względna wynosi (0,5 ÷ 2,5) %.

Wzorzec wtórny składa się z miernika NMR z elektromagnesem. Zakres pomiarowy (28 ÷ 1020) mT dla DC. Niepewność rozszerzona względna wynosi 0,02 %.

Wzorzec pomiarowy widmowego współczynnika przepuszczania

Stanowisko tworzy spektrofotometr wzorcowy realizujący definicję widmowego współczynnika przepuszczania.

Odtwarzane wartości 0,001 ÷ 1,000

- dla zakresu widmowego (210 ÷ 900) nm niepewność rozszerzona określona zależnością $0,0011 D^6 - 0,0057 D^5 + 0,0129 D^4 - 0,0135 D^3 + 0,0069 D^2 + 0,001 D + 0,0013$,
- dla zakresu widmowego (900 ÷ 2 500) nm niepewność rozszerzona określona zależnością $0,0016 D^5 + 0,0054 D^4 + 0,0079 D^3 + 0,0043 D^2 + 0,0014 D + 0,0066$,
- gdzie: $\tau = 10^{-D}$ to widmowy współczynnik przepuszczania.

Wzorzec pomiarowy widmowego współczynnika luminancji energetycznej w geometrii pomiarowej d: 8°

Wzorzec wykonany ze spektralonu (PTFE) o średnicy 50 mm, grubości 10 mm o nominalnej wartości $\beta(\lambda)$ 0,99 w geometrii pomiarowej d: 8°.

Zakres pomiarowy:

- (380 ÷ 1300) nm co 5 nm,
- (1300 ÷ 2400) nm co 100 nm.

Niepewność rozszerzona:

- 0,004 w zakresie (380 ÷ 390) nm,
- 0,002 w zakresie (390 ÷ 1850) nm,
- 0,005 w zakresie (1850 ÷ 2200) nm,
- 0,008 w zakresie (2200 ÷ 2300) nm,
- 0,017 w zakresie (2300 ÷ 2400) nm.

Wzorzec pomiarowy widmowego współczynnika luminancji energetycznej w geometrii pomiarowej 0° : 45°a

Biała emaliowana płyta w formie kwadratu o boku 108 mm o nominalnej wartości $\beta(\lambda)$ 0,84.

Zakres pomiarowy (400 ÷ 700) nm, co 10 nm (geometria pomiarowa 0° : 45°a).

Niepewność rozszerzona wynosi 0,0076.

Wzorzec pomiarowy parametrów kolorymetrycznych L*, a*, b*

Zestaw 10 płytek ceramicznych w kształcie kwadratów o boku 102 mm, grubości 9 mm, o barwach: Pale Grey, Mid Grey, Deep Grey, Deep Pink, Red, Orange, Bright Yellow, Green, Cyan i Deep Blue.

Dla płytek tych wyznaczono parametry kolorymetryczne L^* , a^* , b^* w trzech geometriach pomiarowych dla dwóch obserwatorów kolorymetrycznych i trzech iluminantów A, C, D65.

Dla wzorca Green w geometrii pomiaru 8° : d niepewność rozszerzona parametrów L^* , a^* , b^* wynosi odpowiednio 0,2; 0,15; 0,2.

Wzorzec pomiarowy czułości widmowej dla promieniowania niekoherentnego

Wzorzec stanowi grupa trzech fotodiod (fotodiody krzemowa, germanowa i InGaAs):

- dla zakresu widmowego od 400 nm do 800 nm, co 25 nm,
- dla zakresu widmowego od 800 nm do 950 nm, co 10 nm,
- dla zakresu widmowego od 950 nm do 1000 nm, co 5 nm,
- dla zakresu widmowego od 1000 nm do 1600 nm, co 50 nm.

Odtwarzane wartości od 0,05 A/W do 1 A/W.

Niepewność rozszerzona względna wynosi 0,003.

Wzorzec pomiarowy czułości widmowej dla promieniowania koherentnego

Wzorzec stanowi grupa trzech fotodiod (fotodiody krzemowa, germanowa i InGaAs):

- dla zakresu widmowego od 400 nm do 800 nm, co 12,5 nm, od 800 nm do 1000 nm, co 5 nm, odtwarzane wartości $(0,3227 \div 0,6041)$ A/W z niepewnością rozszerzoną $(0,00097 \div 0,0054)$ A/W,
 - dla zakresu widmowego od 900 nm do 1700 nm, co 10 nm, odtwarzane wartości $(0,3624 \div 0,9155)$ A/W z niepewnością rozszerzoną $(0,0013 \div 0,0076)$ A/W,
 - dla zakresu widmowego od 200 nm do 400 nm, co 10 nm, odtwarzane wartości $(0,1000 \div 0,18035)$ A/W z niepewnością rozszerzoną $(0,00040 \div 0,0014)$ A/W,
- oraz grupa odbiorników (fotodiody krzemowa, odbiorniki typu pułapka świetlna) dla promieniowania laserowego:
- długość fali 488 nm, odtwarzana wielkość 0,3937 A/W,
 - długość fali 514 nm, odtwarzana wielkość 0,4147 A/W,
 - długość fali 632,8 nm, odtwarzana wielkość 0,5105 A/W,
- z niepewnością względną 0,004.

Wzorzec pomiarowy temperatury barwowej

Grupa trzech fotometrycznych lamp żarowych o wartości nominalnej napięcia elektrycznego 100 V i mocy 200 W.

Temperatura barwowa: 2042 K, 2353 K, 2600 K, 2856 K.

Niepewność rozszerzona wynosi 14 K.

Wzorzec pomiarowy wysokiego połysku

Składa się z grupy czterech płytek wzorcowych wykonanych ze szkła czarnego oraz połyskomierza laboratoryjnego:

- geometria pomiarowa 20°/20° – odtwarzana wartość 92,5 GU,
 - geometria pomiarowa 60°/60° – odtwarzana wartość 95,8 GU,
 - geometria pomiarowa 85°/85° – odtwarzana wartość 99,9 GU.
- Niepewność rozszerzona wynosi 0,3 GU.

Wzorzec pomiarowy ciśnienia

Wzorzec składa się z:

- trzech zespołów pomiarowych ciśnieniomierza obciążnikowo-tłokowego o łącznym zakresie pomiarowym ($3,5 \times 10^{-3} \div 7,0$) MPa, ciśnienie absolutne i względne, medium gaz; niepewność rozszerzona od $0,2 \text{ Pa} + 2,7 \times 10^{-5} p$ do $3 \times 10^{-5} p$,
- trzech zespołów pomiarowych ciśnieniomierza obciążnikowo-tłokowego o łącznym zakresie pomiarowym ($0,2 \div 250$) MPa, ciśnienie względne, medium olej; niepewność rozszerzona od $6 \text{ Pa} + 3 \times 10^{-5} p$ do $2 \times 10^{-4} p$.

Wzorzec pomiarowy twardości Rockwella

Wzorzec (skale A, B, C, D, E, F, G, H i K) składa się z:

- twardościomierza podstawowego,
 - interferometru laserowego na bazie lasera He-Ne o długości fali 632,991 nm, umożliwiającego pomiar trwałego przyrostu głębokości odcisku z błędami nie przekraczającymi 0,08 μm ,
 - kompletu trzech wgłębników diamentowych dla skal A, C, D wgłębników kulkowych o średnicy kulki:
 - ($1,587 \pm 0,002$) mm dla skal B, F, G,
 - ($3,155 \pm 0,003$) mm dla skal E, H, K.
- Niepewność rozszerzona wynosi:
- 0,3 HR, dla skal twardości Rockwella A, C, D,
 - 0,4 HR, dla skal twardości Rockwella B, E, F, G, H, K.

Wzorzec pomiarowy twardości Vickersa

Wzorzec składa się z:

- twardościomierza podstawowego w zakresie skal HV0,05 do HV0,5,
 - twardościomierza podstawowego typu NBEV 10 w zakresie skal od HV1 do HV10,
 - twardościomierza podstawowego w zakresie skal HV30, HV50, HV100,
 - mikroskopu cyfrowego z kamerą, wyposażonego w wymienne obiektywy o powiększeniu całkowitym 100, 200 i 500 razy (do pomiaru przekątnych do 0,5 mm),
 - mikroskopu pomiarowego z wymiennymi obiektywami o powiększeniu całkowitym 100 i 200 razy (do pomiaru przekątnych większych niż 0,5 mm).
- Niepewność rozszerzona względna wynosi:
- od HV0,05 do HV0,1: $[1,2 + 0,07/d \text{ (mm)}] \%$

- od HV0,2 do HV0,5: $[1,9 + 0,05/d \text{ (mm)}] \%$
 - od HV1 do HV10: $[1,2 + 0,02/d \text{ (mm)}] \%$
 - od HV30 do HV100: 2 %
- gdzie d to przekątna otrzymanego odcisku.

Wzorzec pomiarowy twardości Brinella

Wzorzec składa się z:

- twardościomierza z wbudowanym mikroskopem pomiarowym i z wgłębnikami kulkowymi o średnicy kulek 1 mm i 2,5 mm (w zakresie skal twardości Brinella dla obciążeń od 98,07 N do 1839 N),
- twardościomierza z wgłębnikami kulkowymi o średnicy kulek 10 mm i 5 mm,
- mikroskopu cyfrowego z kamerą (w zakresie skal twardości Brinella dla obciążeń od 2 452 N do 29 420 N).

Zakresy pomiarowe dla skali twardości Brinella i niepewność rozszerzona względna wynoszą:

HBW	10/3000	5/750	2,5/187,5	1/30	10/1000	5/250
$U / \%$	0,7	1,0	0,8	1,0	0,7	1,0
HBW	2,5/62,5	1/10	10/500	5/125	2,5/31,25	
$U / \%$	0,8	1,0	0,8	1,2	1,0	

Wzorzec pomiarowy siły

Wzorzec składa się z:

- maszyny obciążnikowej – wartość obciążeń: (10, 20, ..., 100) N, 120 N, 140 N, 150 N, 160 N, 180 N, 200 N, 220 N, (250, 300, ..., 500) N, niepewność rozszerzona względna wynosi 6×10^{-5} ,
- maszyny obciążnikowej – wartość obciążeń: (100, 150, ..., 500) N, (600, 700, ..., 1000) N, (1250, 1500, ..., 3000) N, (3500, 4000, ..., 5000) N; dodatkowe obciążenia: 6,25 N, 12 N, 24 N, 50 N, 122 N, niepewność rozszerzona względna wynosi 6×10^{-5} ,
- maszyny obciążnikowej – wartość obciążeń: (1, 2, ..., 10) kN, 12 kN, 15 kN, 18 kN, 20 kN, 21 kN, 24 kN, 25 kN, 27 kN, (30, 35, ..., 55) kN; dodatkowe obciążenia: 129,2 N, 225,8 N, 387 N, 451,7 N, niepewność rozszerzona względna wynosi 1×10^{-4} ,
- maszyny obciążnikowej – wartość obciążeń: (10, 20, ..., 60) kN, (110, 160, ..., 460) kN; (10, 20, ..., 70) kN, (120, 170, ..., 470) kN; (10, 20, ..., 80) kN, (130, 180, ..., 480) kN; (10, 20, ..., 90) kN, (140, 190, ..., 490) kN; (10, 20, ..., 100) kN, (150, 200, ..., 500) kN, niepewność rozszerzona względna wynosi 6×10^{-5} ,
- maszyny hydraulicznej z układem odniesienia typu build-up, zakres pomiarowy (100 ÷ 3000) kN, niepewność rozszerzona względna wynosi 5×10^{-4} .

Wzorzec pomiarowy momentu siły

Wzorzec to stanowisko z układem odniesienia. Zakres pomiarowy (5 ÷ 5000) N m.

Niepewność rozszerzona względna wynosi:

- przy wzorcowaniu momentomierzy
 - 8×10^{-4} w zakresie pomiarowym (5 ÷ 10) N m,
 - 4×10^{-4} w zakresie pomiarowym (10 ÷ 5000) N m,
- przy wzorcowaniu kluczy dynamometrycznych referencyjnych
 - 2×10^{-3} w zakresie pomiarowym (5 ÷ 10) N m,
 - 1×10^{-3} w zakresie pomiarowym (10 ÷ 5000) N m.

Wzorzec pomiarowy gęstości zboża w stanie zsypanym

Pojemność pojemnika wzorcowego: 20 l.

Niepewność rozszerzona wynosi 0,04 kg/hl.

Wzorzec pomiarowy kermy w powietrzu promieniowania gamma

Grafitowa komora jonizacyjna o zakresie energetycznym:

- 660 keV (^{137}Cs),
- 1250 keV (^{60}Co).

Niepewność rozszerzona względna 1,0 %.

Wzorzec pomiarowy kermy w powietrzu promieniowania X

Zespół komór jonizacyjnych o ściankach powietrznych o zakresie napięć lampy rtg:

- 10 kV do 50 kV,
- od 40 kV do 300 kV.

Niepewność rozszerzona względna wynosi 1,0 %.

Wzorzec pomiarowy dawki pochłoniętej w wodzie promieniowania gamma

Grafitowa komora jonizacyjna o zakresie energetycznym 1250 keV (^{60}Co).

Niepewność rozszerzona względna wynosi 1,3 %.

Wzorzec pomiarowy objętości przepływu strumienia objętości gazu

Stanowisko składa się z:

- trzech wzorców dzwonych: $V = (0,2 \div 65) \text{ m}^3$, $Q = (0,016 \div 7000) \text{ m}^3/\text{h}$,
- dwóch wzorców tłokowych: $V = (0,2 \div 12) \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $Q = (0,0007 \div 0,7) \text{ m}^3/\text{h}$.

Niepewność rozszerzona względna wynosi:

- $(1,2 \div 2,5) \times 10^{-3}$ dla objętości przepływu,
- $(1,3 \div 3,0) \times 10^{-3}$ dla strumienia objętości.

Wzorzec pomiarowy objętości przepływu strumienia objętości wody

Stanowisko składa się z trzech wzorców wagowych ze zbiornikami: $V = (0,025 \div 6,0) \text{ m}^3$, $Q = (0,006 \div 150) \text{ m}^3/\text{h}$.

Niepewność rozszerzona względna wynosi:

- $(1,0 \div 4,0) \times 10^{-3}$ dla objętości przepływu,
- $(1,0 \div 4,0) \times 10^{-3}$ dla strumienia objętości.

Wzorzec pomiarowy jednostki miary temperatury

Wzorzec składa się z:

- grupy komórek punktów stałych temperatury Au, Cu,
- wzorcowego drutu palladowego,
- grupy wzorcowych termoelementów typu S i B,
- precyzyjnych multimetrów cyfrowych,
- pieców pionowych z regulowanymi strefami grzania.

Zakres pomiarowy $(1064,18 \div 1553,5) \text{ }^\circ\text{C}$, niepewność rozszerzona $(0,20 \div 1,5) \text{ }^\circ\text{C}$.

Wzorzec pomiarowy temperatury punktu rosy

Wzorzec stanowi generator temperatury punktu rosy/szronu zaprojektowany w GUM i zwalidowany poprzez porównania międzynarodowe wraz układem pomiaru temperatury za pomocą czujnika SPRT oraz systemu stabilizacji i podgrzewania temperatury. Zakres temperatury punktu szronu od $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ do temperatury punktu rosy $95 \text{ }^\circ\text{C}$.

Niepewność rozszerzona wynosi:

- od $0,03 \text{ }^\circ\text{C}$ do $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ dla zakresu od $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ do $95 \text{ }^\circ\text{C}$,
- od $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ do $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ dla zakresu od $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ do $-50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Wzorzec pomiarowy wilgotności względnej

Wzorzec składa się z:

- komory klimatycznej z higrometrem punktu rosy,
- termometru kwarcowego lub rezystancyjnego.

Realizacja zakresu pomiarowego wilgotności względnej $(10 \div 98) \%$ w przedziale temperatur powietrza od $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ do $90 \text{ }^\circ\text{C}$. Niepewność rozszerzona wynosi $(0,3 \div 0,6) \%$.