

KERN

KERN & Sohn GmbH

Ziegelei 1

D-72336 Balingen

E-mail: info@kern-sohn.com

Tel.: +49-[0]7433- 9933-0

Faks: +49-[0]7433-9933-149

Internet: www.kern-sohn.com

Instrukcja obsługi Zestaw do oznaczania gęstości

KERN PBS-A03/A04

Wersja 1.4

07/2016

PL



PBS-A03/A04-BA-pl-1614



KERN PBS-A03/A04

Wersja 1.4 07/2016

Instrukcja obsługi

Zestaw do oznaczania gęstości dla wag precyzyjnych
KERN PBJ/PBS

Spis treści:

1	WPROWADZENIE	3
1.1	ZAKRES DOSTAWY	3
1.2	WYMIARY	5
2	INSTALACJA ZESTAWU DO OZNACZANIA GĘSTOŚCI	6
3	ZASADA OZNACZANIA GĘSTOŚCI	8
3.1	WIELKOŚCI WPŁYWAJĄCE I ŹRÓDŁA BŁĘDÓW	9
4	OZNACZANIE GĘSTOŚCI CIAŁ STAŁYCH	10
☞	WYWOŁYWANIE TRYBU OZNACZANIA GĘSTOŚCI CIAŁ STAŁYCH	10
☞	WPROWADZANIE PARAMETRU „GĘSTOŚĆ CIECZY POMOCNICZEJ”	12
☞	WYWOŁYWANIE TRYBU OZNACZANIA GĘSTOŚCI CIAŁ STAŁYCH	14
5	OZNACZANIE GĘSTOŚCI CIECZY	17
5.1	OZNACZANIE OBJĘTOŚCI WYPORNIKA	17
5.2	OZNACZANIE GĘSTOŚCI PRZY ZNANEJ OBJĘTOŚCI WYPORNIKA	19
☞	WYWOŁYWANIE TRYBU OZNACZANIA GĘSTOŚCI CIECZY	19
☞	WPROWADZANIE OBJĘTOŚCI WYPORNIKA	21
☞	OZNACZANIE GĘSTOŚCI CIECZY BADANEJ	23
6	WARUNKI PRECYZYJNYCH POMIARÓW	26
6.1	PRZELICZANIE WYNIKÓW	26
6.2	CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA BŁĄD POMIARU	26
6.2.1	Pęcherzyki powietrza	26
6.2.2	Próbka ciała stałego	27
6.2.3	Ciecze	27
6.2.4	Powierzchnia	27
6.2.5	Wypornik szklany do pomiarów cieczy	27
6.3	INFORMACJE OGÓLNE	27
6.3.1	Gęstość / gęstość względna	27
7	TABELA GĘSTOŚCI CIECZY	28
8	WSKAZÓWKI UŻYTKOWE	29

1 Wprowadzenie

KERN PBS-A03	KERN PBS-A04
<ul style="list-style-type: none">Zestaw do oznaczania gęstości dla wag precyzyjnych serii KERN PBJ/PBS z dużą płytką wagi (180 x 170 mm).	<ul style="list-style-type: none">Zestaw do oznaczania gęstości dla wag precyzyjnych serii KERN PBJ/PBS z małą płytką wagi (105 x 105 mm).
<ul style="list-style-type: none">W przypadku użycia zestawu do oznaczania gęstości możliwości wagi ulegają zmniejszeniu o ok. 100 g.	<ul style="list-style-type: none">W przypadku użycia zestawu do oznaczania gęstości możliwości wagi ulegają zmniejszeniu o ok. 290 g.



- Aby zapewnić niezawodną i bezproblemową eksploatację, należy uważnie przeczytać instrukcję obsługi.
- W niniejszej instrukcji opisano tylko prace wykonywane z zestawem do określania gęstości. Dalsze informacje dotyczące obsługi wagi znajdują się w instrukcji obsługi dołączonej do każdej wagi.

1.1 Zakres dostawy



Rys. 1: Zainstalowany zestaw do oznaczania gęstości **KERN PBS-A04**

1. Uchwyt szalki wagi



2. Uniwersalna szalka wagi



3. Podstawka pojemnika



4. Pojemnik



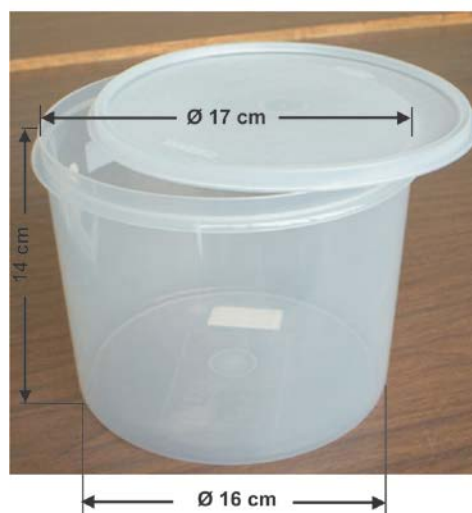
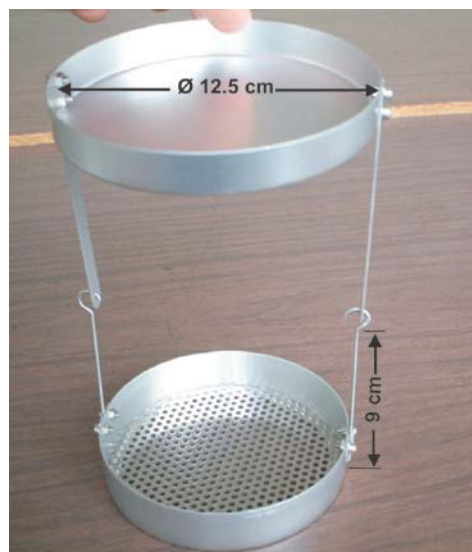
5. Wspornik szalki wagi,
4 sztuki



6. Wypornik szklany



1.2 Wymiary



2 Instalacja zestawu do oznaczania gęstości

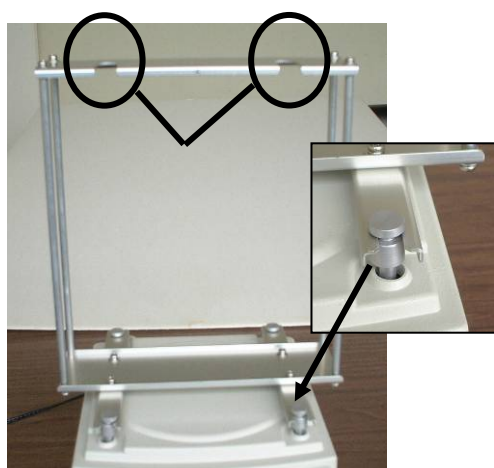


- Jeżeli to konieczne, przed instalacją zestawu do oznaczania gęstości przeprowadzić wymagane justowanie.
- Przy zainstalowanym zestawie do oznaczania gęstości nie jest możliwe prawidłowe justowanie.
- W celu justowania należy zdjąć zestaw do oznaczania gęstości i założyć standardową płytkę wagi.
- Na poniższych rysunkach pokazano zestaw do oznaczania gęstości **KERN PBS-A03** na wadze z dużą płytką wagi. Zestaw do oznaczania gęstości **KERN PBS-A04** należy zainstalować w taki sam sposób.

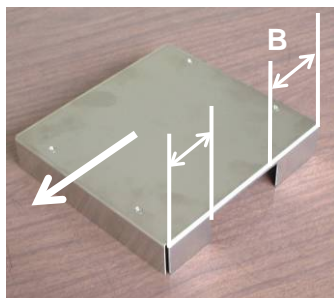
1. Wyłączyć wagę i odłączyć od zasilania napięciem.
2. Usunąć standardową płytkę wagi.
3. Usunąć wsporniki standardowej płytki wagi i zastąpić je wspornikami szalki wagi zestawu do oznaczania gęstości.



4. Ustawić uchwyt szalki wagi w czterech wspornikach szalki wagi, zgodnie z rysunkiem. Należy przy tym zwrócić uwagę na prawidłowe pozycjonowanie, otwory w części górnej muszą być skierowane do przodu.



5. Podstawkę pojemnika umieścić w taki sposób, aby nie dotykała ona uchwyty szalki wagi.



6. Ustawić pojemnik centralnie na podstawie pojemnika.



7. Zawiesić uniwersalną szalkę wagi, zgodnie z rysunkiem. Należy przy tym uważać, aby nie dotykała ona pojemnika.



3 Zasada oznaczania gęstości

Trzy ważne wielkości fizyczne to: **objętość** i **masa** ciała, jak również **gęstość** substancji. Masa i objętość są ze sobą sprzężone poprzez gęstość:

Gęstość [ρ] jest to stosunek masy [m] do objętości [V].

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Jednostką gęstości w układzie SI jest kilogram na metr sześcienny (kg/m^3). 1 kg/m^3 jest równy gęstości jednorodnego ciała, który przy masie 1 kg zajmuje objętość 1 m^3 . Innymi często stosowanymi jednostkami są:

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, 1 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

Dzięki zastosowaniu naszego zestawu do oznaczania gęstości w połączeniu z naszymi wagami KERN PBS/PBJ można szybko i pewnie określić gęstość ciał stałych oraz cieczy. W sposobie pracy zestawu do oznaczania gęstości wykorzystywana jest „**zasada Archimedesesa**”:

WYPÓR STANOWI SIŁĘ. DZIAŁA ONA NA CIAŁO ZANURZONE W CIECZY. WYPÓR CIAŁA JEST WPROST PROPORCJONALNY DO SIŁY CIĘŻKOŚCI WYPARTEJ PRZEZ NIE cieczy. SIŁA WYPORU DZIAŁA PROSTOPADLE DO GÓRY.

Dzięki temu obliczenie gęstości odbywa się według następujących wzorów:

Przy oznaczaniu gęstości ciał stałych

Za pomocą naszych wag ciała stałe można ważyć zarówno w powietrzu [A], jak również w wodzie [B]. Jeżeli gęstość wypieranego medium [ρ_0] jest znana, gęstość ciała stałego [ρ] oblicza się w następujący sposób:

$$\rho = \frac{A}{A-B} \rho_0$$

- ρ = Gęstość próbki
- A = Masa próbki w powietrzu
- B = Masa próbki w cieczy pomiarowej
- ρ_0 = Gęstość cieczy pomiarowej

Przy oznaczaniu gęstości cieczy

Gęstość cieczy określana jest za pomocą wypornika, którego objętość [V] jest znana. Wypornik ważony jest zarówno w powietrzu [A], jak również w cieczy badanej [B].

Zgodnie z prawem Archimedesesa na ciało zanurzone w cieczy działa siła wyporu [G]. Siła ta jest wprost proporcjonalna do siły ciężkości (ciężaru) cieczy wypartej przez objętość ciała.

Objętość [V] ciała zanurzonego jest równa objętości wypartej cieczy.

$$\rho = \frac{G}{V}$$

G = Wypór wypornika

Wypór wypornika =

Masa wypornika w powietrzu [A] - Masa wypornika w cieczy badanej [B]

A zatem:

$$\rho = \frac{A-B}{V} + \rho_L$$

ρ = Gęstość cieczy badanej

A = Masa wypornika w powietrzu

B = Masa wypornika w cieczy próbnej

V = Objętość wypornika*

ρ_L = Gęstość powietrza (0,0012 g/cm³)

* Jeżeli objętość wypornika nie jest znana, można ją oznaczyć np. w wodzie i obliczyć w następujący sposób, patrz rozdz. 5.1.

$$V = \frac{A-B}{\rho_w}$$

V = Objętość wypornika

A = Masa wypornika w powietrzu

B = Masa wypornika w wodzie

ρ_w = Gęstość wody

3.1 Wielkości wpływające i źródła błędów

⇒ Ciśnienie powietrza

⇒ Temperatura

⇒ Odchyłka objętości wypornika ($\pm 0,005$ cm³)

⇒ Naprężenie powierzchniowe cieczy

⇒ Pęcherzyki powietrza

⇒ Głębokość zanurzenia szalki na próbki względnie wypornika

⇒ Porowatość ciała stałego

4 Oznaczanie gęstości ciał stałych

Przy oznaczaniu gęstości ciał stałych ciało stałe należy najpierw zważyć w powietrzu, a następnie w cieczy pomocniczej o znanej gęstości. Z różnicy mas wynika wypór, który przez oprogramowanie jest przeliczany na gęstość.

Jako ciecz pomocnicza najczęściej stosowana jest woda destylowana lub etanol, tabele gęstości, patrz rozdz. 7.




⇒ Przygotować wagę w sposób opisany w rozdz. 2 „Instalacja zestawu do oznaczania gęstości”.

⇒ Wlać ciecz pomocniczą do pojemnika. Wysokość napełnienia powinna wynosić ok. $\frac{3}{4}$ pojemności. Tak długo wyrównywać temperaturę cieczy i przyrządów, aż będzie ona stała. Uwzględnić czas nagrzewania wagi.

Wywoływanie trybu oznaczania gęstości ciał stałych

⇒ Włączyć wagę.



⇒ IW trybie ważenia kilkakrotnie nacisnąć przycisk , aż zacznie migać litera „U”.

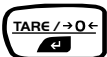


⇒ Nacisnąć przycisk .




⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk , aż zostanie wyświetlone wskazanie „U-▼d”.
Od tego momentu waga znajduje się w trybie oznaczania gęstości ciał stałych.



⇒ Nacisnąć przycisk , zostanie wyświetlone aktualne ustawienie „SG HOLD”.

⇒ Wybrać żądane ustawienie trybu wyświetlania, naciskając przycisk .

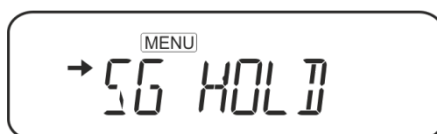
Każde naciśnięcie przycisku  powoduje wyświetlenie lub ukrycie symbolu (→).


(→) **on**: Tryb „Hold display mode” (wyświetlana wartość gęstości pozostaje zachowana na wyświetlaczu).

(→) **off**: Tryb „Continuous display mode” (wyświetlana wartość gęstości jest wyświetlana w sposób ciągły odpowiednio do zmiany masy w cieczy pomocniczej).





➤ Wprowadzanie parametru „Gęstość cieczy pomocniczej”



- ⇒ Naciśnięcie przycisku , zostanie wyświetlona ostatnio zapisana wartość gęstości cieczy pomocniczej — przy pierwszym wprowadzaniu wartość zero. Aktywna pozycja miga. Aby ją zmienić, używając przycisków nawigacyjnych najpierw wprowadzić wartość liczbową gęstości, z uwzględnieniem aktualnej temperatury (patrz rozdz. 7), a następnie ustawić punkt dziesiętny.



Naciśnięcie przycisku  powoduje zwiększenie wartości liczbowej migającej cyfry.



Wybór cyfry po prawej stronie za pomocą przycisku  (každorazowo miga aktywna pozycja).

Przykład wprowadzania wartości „1,000”:

- ⇒ Kilkakrotnie naciśnięcie przycisku , aż zacznie migać czwarta pozycja.

Używając przycisku , ustawić wartość liczbową „1”.



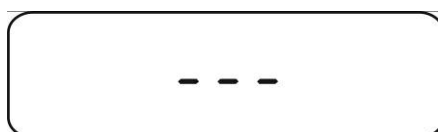
- ⇒ W celu ustawienia punktu dziesiętnego, używając przycisku  przejść do ostatniej pozycji, a gdy ona zacznie migać, ponownie naciśnięcie przycisku . Zostanie wyświetlony symbol „.”.



⇒ Określić pozycję punktu dziesiętnego, używając przycisku




⇒ Potwierdzić wprowadzoną wartość, naciskając przycisk. Należy przy tym uważać, aby wyświetlany był wskaźnik stabilizacji, w przeciwnym razie wpis nie zostanie przejęty.




⇒ Kilkakrotnie nacisnąć lub przytrzymać wciśnięty przez 3 s przycisk, aż zostanie wyświetlone wskazanie w gramach.



Wywoływanie trybu oznaczania gęstości ciał stałych

1. W trybie ważenia kilkakrotnie nacisnąć przycisk , aż zostanie wyświetlone wskazanie [Air ▼ g d]. Po ok. 2 s wskazanie zostanie automatycznie przełączone w tryb oznaczania gęstości ciał stałych.



W razie potrzeby wyzerować, naciskając przycisk .

2. Położyć próbkę na górnej szalce na próbki.



3. Zostanie wyświetlona masa próbki w powietrzu.
Po podłączeniu opcjonalnej drukarki wartość wskazania można wydrukować,

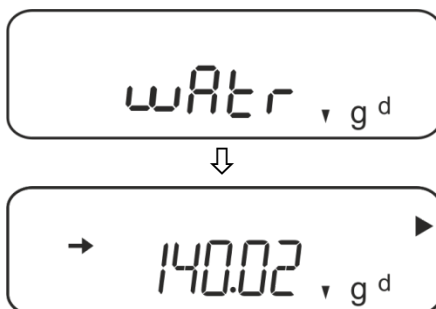
naciskając przycisk .

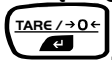
Poczekać na wyświetlenie wskaźnika stabilizacji (➡), a następnie nacisnąć

przycisk .



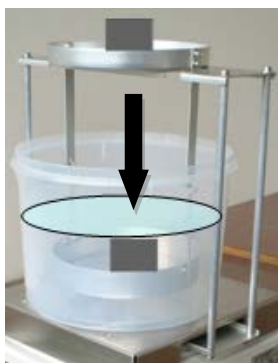
4. Na ok. 2 s zostanie wyświetlone wskazanie „wAtr”. Wskazanie automatycznie ulegnie zmianie na [0.00 ▼ g d]. Wyjąć próbkę z górnej szalki na próbki i w razie potrzeby wytarować wagę.



5. Wyjąć próbkę z górnej szalki na próbki. W razie potrzeby wyzerować, naciskając przycisk .



6. Włożyć próbkę do dolnej szalki na próbki i zanurzyć w cieczy pomocniczej. Należy przy tym uważać, aby zanurzenie próbki wynosiło przynajmniej 1 cm i nie przylegały do niej pęcherzyki powietrza.



7. Zostanie wyświetlona masa próbki w cieczy pomocniczej. Po podłączeniu opcjonalnej drukarki wartość wskazania można wydrukować,

naciskając przycisk .



8. Począkać na wyświetlenie wskaźnika stabilizacji (➡), a następnie nacisnąć przycisk




Gęstość próbki zostanie określona przez wagę, a następnie zostanie wyświetlony wynik.

Przy aktywnym trybie „Hold display mode” zostanie wyświetlony symbol [*].

→ 3.4999^{*}, d

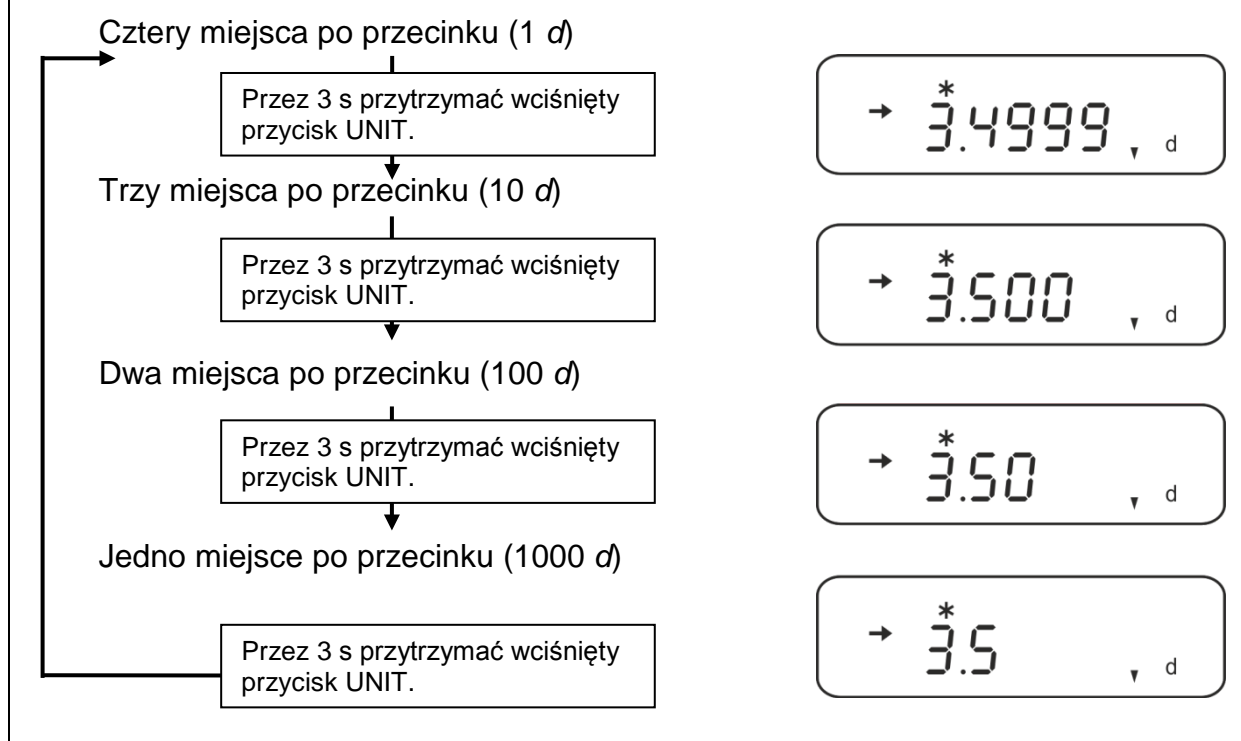
9. Po podłączeniu opcjonalnej drukarki dane można wydrukować, naciskając

przycisk .


Przykład wydruku:


3.4999DS

W razie potrzeby miejsce po przecinku można usunąć w następujący sposób, naciskając przycisk UNIT:



⇒ W celu rozpoczęcia nowego pomiaru, przed usunięciem aktualnej próbki z

dolnej szalki na próbki wagi, nacisnąć przycisk .
Nowy pomiar zostanie uruchomiony od kroku 2.

⇒ Nacisnąć przycisk , waga zostanie przełączona z powrotem w tryb ważenia.



W celu uniknięcia uszkodzeń koszyczka zanurzeniowego powodowanych korozją nie pozostawiać go zanurzonego w cieczy przez dłuższy czas.

5 Oznaczanie gęstości cieczy


Przy oznaczaniu gęstości cieczy stosowany jest wypornik o znanej objętości. Wypornik jest najpierw ważony w powietrzu, a następnie w cieczy, której gęstość należy oznaczyć. Z różnicy mas wynika wypór, który przez oprogramowanie jest przeliczany na gęstość.

Objętość dołączonego wypornika szklanego można określić w sposób opisany w następnym rozdz. 5.1.

5.1 Oznaczanie objętości wypornika

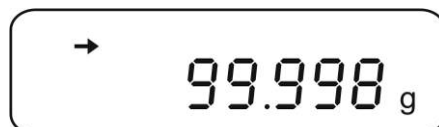


- ⇒ Przygotować wagę w sposób opisany w rozdz. 2 „Instalacja zestawu do oznaczania gęstości”.
- ⇒ Wlać wodę destylowaną do pojemnika. Wysokość napełnienia powinna wynosić ok. $\frac{3}{4}$ pojemności. Tak długo regulować temperaturę, aż będzie ona stała.
- ⇒ Przygotować wypornik.

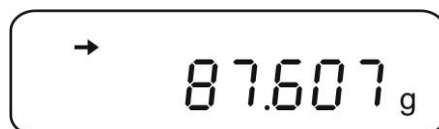
1. Włączyć wagę, w razie potrzeby kilkakrotnie nacisnąć przycisk , aż waga znajdzie się w trybie ważenia.



2. Położyć wypornik na górnej szalce na próbki. Poczekać na wyświetlenie wskaźnika stabilizacji, zanotować wartość masy.



3. Położyć wypornik na dolnej szalce na próbki. Poczekać na wyświetlenie wskaźnika stabilizacji, zanotować wartość masy.



Objętość wypornika oblicza się z następującego wzoru:

$$V = \frac{A - B}{\rho_w}$$

V = Objętość wypornika

A = Masa wypornika w powietrzu = 99,998 g

B = Masa wypornika w wodzie = 87,607 g

ρ_w = Gęstość wody (patrz rozdz. 7) w temperaturze 20°C = 0,9982 g/cm³

$$V = \frac{99.998\text{g} - 87.607\text{g}}{0.9982\text{ g/cm}^3} = 12.413\text{ cm}^3$$

5.2 Oznaczanie gęstości przy znanej objętości wypornika




- ⇒ Przygotować wagę w sposób opisany w rozdz. 2 „Instalacja zestawu do oznaczania gęstości” (kroki 1–6).
- ⇒ Przygotować wypornik.
- ⇒ Wlać ciecz badaną do pojemnika. Wysokość napełnienia powinna wynosić ok. $\frac{3}{4}$ pojemności.
- ⇒ Tak długo regulować temperaturę cieczy, instrumentów i wypornika, aż będzie ona stała. Uwzględnić czas nagrzewania wagi.

Wywoływanie trybu oznaczania gęstości cieczy

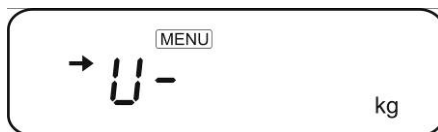
- ⇒ Włączyć wagę.



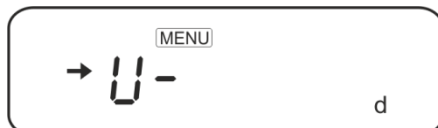
- ⇒ W trybie ważenia kilkakrotnie nacisnąć przycisk , aż zacznie migać litera „U”.

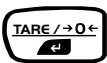


⇒ Nacisnąć przycisk .




⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk  aż zostanie wyświetlone wskazanie [U-d]. Od tego momentu waga znajduje się w trybie oznaczania gęstości cieczy.



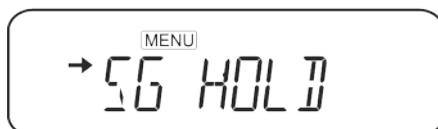
⇒ Nacisnąć przycisk , zostanie wyświetlone aktualne ustawienie „SG HOLD”.

⇒ Wybrać żądane ustawienie trybu wyświetlania, naciskając przycisk .

Każde naciśnięcie przycisku  powoduje wyświetlenie lub ukrycie symbolu (→).


(→) **on**: Tryb „Hold display mode” (wyświetlana wartość gęstości pozostaje zachowana na wyświetlaczu).

(→) **off**: Tryb „Continuous display mode” (wyświetlana wartość gęstości jest wyświetlana w sposób ciągły odpowiednio do zmiany masy w cieczy pomocniczej).





➤ Wprowadzanie objętości wypornika



- ⇒ Nacisnąć przycisk , zostanie wyświetlona ostatnio zapisana wartość objętości wypornika — przy pierwszym wprowadzaniu wartość zero. Aktywna pozycja miga. Aby ją zmienić, używając przycisków nawigacyjnych najpierw wprowadzić wartość liczbową objętości (patrz rozdz. 5.1), a następnie ustawić punkt dziesiętny.



Naciśnięcie przycisku  powoduje zwiększenie wartości liczbowej migającej cyfry.



Wybór cyfry po prawej stronie za pomocą przycisku  (każdorazowo miga aktywna pozycja).



Przykład wprowadzania wartości „15,127”:

- ⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk , aż zacznie migać piąta pozycja.

Używając przycisku , ustawić wartość liczbową „1”.




Używając przycisku , wybrać następną cyfrę i używając przycisku , ustawić wartość liczbową „5”. W ten sam sposób wprowadzić wszystkie cyfry.

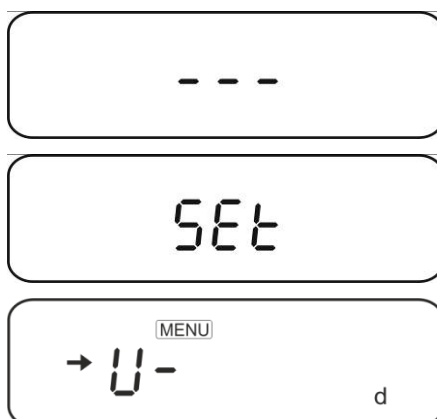
- ⇒ W celu ustawienia punktu dziesiętnego, używając przycisku  przejść do ostatniej pozycji, a gdy ona zacznie migać, ponownie nacisnąć przycisk . Zostanie wyświetlony symbol „▼”.




- ⇒ Określić pozycję punktu dziesiętnego, używając przycisku .





- ⇒ Potwierdzić, naciskając przycisk . Należy przy tym uważać, aby wyświetlany był wskaźnik stabilizacji, w przeciwnym razie wpis nie zostanie przejęty.



- ⇒ Kilkakrotnie nacisnąć lub przytrzymać wciśnięty przez 3 s przycisk , aż zostanie wyświetlone wskazanie w gramach.



Oznaczanie gęstości cieczy badanej

1. W trybie ważenia kilkakrotnie nacisnąć przycisk , aż zostanie wyświetlone wskazanie [Air g d ►]. Po ok. 2 s wskazanie zostanie automatycznie przełączone w tryb oznaczania gęstości cieczy. W razie potrzeby wyzerować, naciskając przycisk .

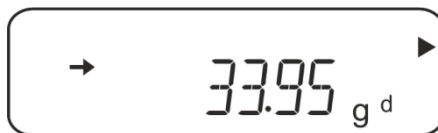


2. Zawiesić wypornik na przyrządzie do zawieszania.

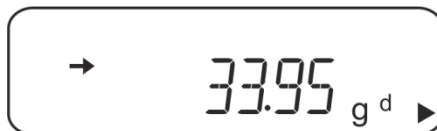
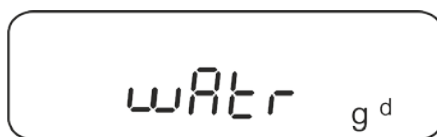


3. Zostanie wyświetlona masa wypornika w powietrzu.
Po podłączeniu opcjonalnej drukarki wartość wskazania można wydrukować, naciskając przycisk PRINT.
Poczekać na wyświetlenie wskaźnika stabilizacji (→), a następnie nacisnąć

przycisk .



4. Na ok. 2 s zostanie wyświetlone wskazanie „wAtr”.
Wskazanie automatycznie ulegnie zmianie na „g d ▶”.



5. Zdjąć wypornik szklany. W razie potrzeby wyzerować wagę, naciskając przycisk



6. Ustawić pojemnik z cieczą badaną na środku podstawki. Ponownie zawiesić wypornik szklany i zanurzyć go całkowicie w cieczy badanej. Zostanie wyświetlona masa wypornika w cieczy.



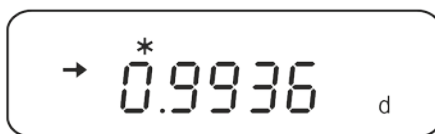
Po podłączeniu opcjonalnej drukarki wartość wskazania można wydrukować, naciskając przycisk PRINT.

7. Począkać na wyświetlenie wskaźnika stabilizacji (→), a następnie nacisnąć przycisk



Gęstość cieczy zostanie określona przez wagę, a następnie zostanie wyświetlony wynik.

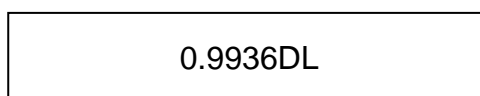
Przy aktywnym trybie „Hold display mode” zostanie wyświetlony symbol [*].



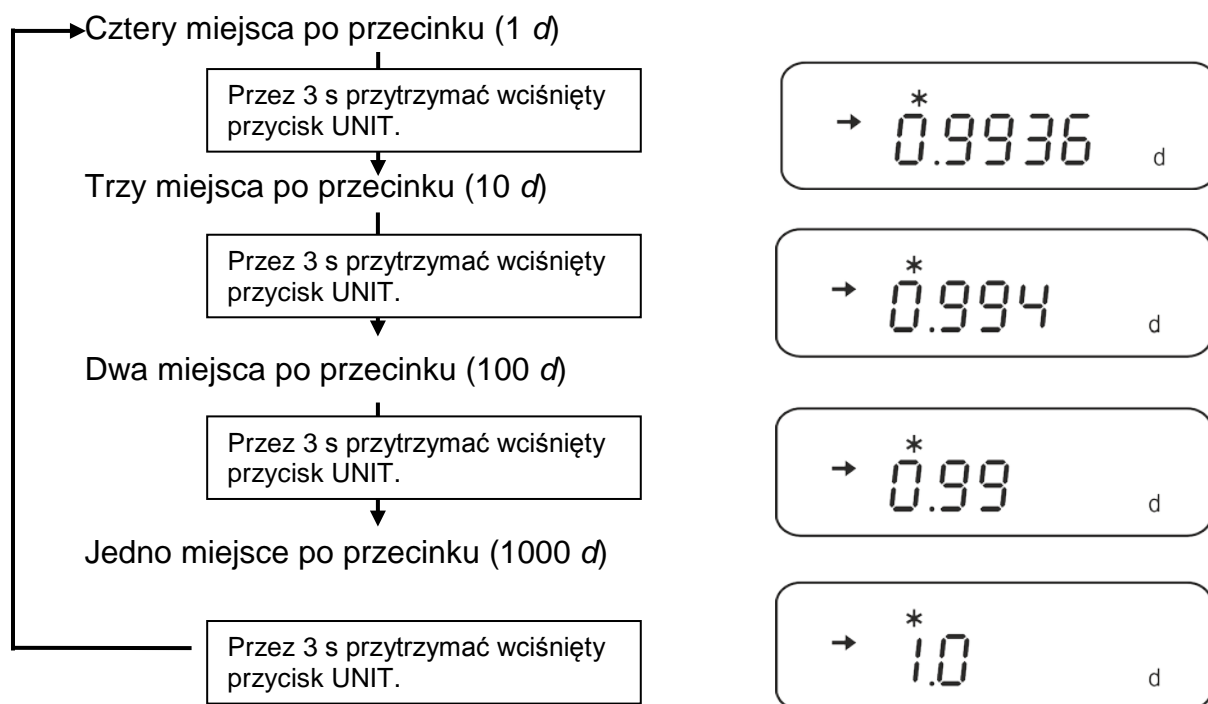
8. Po podłączeniu opcjonalnej drukarki dane można wydrukować, naciskając przycisk



Przykład wydruku:



W razie potrzeby miejsce po przecinku można usunąć w następujący sposób, naciskając przycisk UNIT:



- ⇒ W celu rozpoczęcia nowego pomiaru, przed usunięciem wypornika, nacisnąć

przycisk .

Nowy pomiar zostanie uruchomiony od kroku 2.

- ⇒ Nacisnąć przycisk , waga zostanie przełączona z powrotem w tryb ważenia.

6 Warunki precyzyjnych pomiarów

Występują liczne możliwości błędów w trakcie oznaczania gęstości. W celu uzyskania precyzyjnych wyników przy stosowaniu tego zestawu do oznaczania gęstości w połączeniu z wagą niezbędne są dokładna wiedza i ostrożność.

6.1 Przeliczanie wyników

Podczas oznaczania gęstości przez wagę wyniki wyświetlane są zawsze z 4 miejscami po przecinku. Nie oznacza to jednak, że wyniki są dokładne aż do ostatniego wyświetlanego miejsca, jak przy obliczaniu wartości. Dlatego też do przeliczeń wykorzystywanych wyników ważenia należy podchodzić krytycznie. Przykład określania gęstości ciała stałego:

W celu zagwarantowania najwyższej jakości wyników, zarówno licznik, jak również mianownik następującego wzoru muszą charakteryzować się żądaną dokładnością. Jeżeli jeden z nich jest niestabilny lub błędny, wówczas wynik jest również niestabilny i błędny.

$$\rho = \frac{A}{A-B} \rho_0$$

ρ = Gęstość próbki

A = Masa próbki w powietrzu

B = Masa próbki w cieczy pomiarowej

ρ_0 = Gęstość cieczy pomiarowej

Jeżeli próbka jest ciężka, przenoszone jest to na dokładność wyniku. Powoduje to zwiększenie wartości licznika. Jeżeli próbka jest lekka, również przenoszone jest to na dokładność wyniku, ponieważ wypór (AB) jest większy. Wynik w mianowniku ulega zwiększeniu. Należy również zwrócić uwagę na to, że dokładność gęstości cieczy pomiarowej ρ_0 przenosi się do licznika i również istotnie wpływa na dokładność wyniku.

Wynik gęstości próbki nie może być dokładniejszy niż najbardziej niedokładna z wyżej wymienionych pojedynczych wielkości.

6.2 Czynniki wpływające na błąd pomiaru

6.2.1 Pęcherzyki powietrza

Jeden mały pęcherzyk, przykładowo 1 mm³, w sposób istotny wpływa na pomiar, jeżeli próbka jest mała. Powoduje on zwiększenie wyporu o prawie 1 mg, co natychmiast oznacza błąd 2 cyfr. Dlatego należy zapewnić, aby do ciała stałego zanurzonego w cieczy nie przyłgnęły pęcherzyki powietrza. To samo dotyczy także wypornika zanurzonego w cieczy badanej.

Jeżeli pęcherzyki powietrza mogą być usunięte poprzez obracanie, należy to wykonywać ostrożnie, nie rozpryskiwać przy tym cieczy i nie zwilżyć zawieszenia szalki z sitkiem wodą rozpryskową. Zwilżenie zawieszenia szalki z sitkiem prowadzi do zwiększenia masy.

Próbki ciała stałego lub wypornika nie należy dotykać gołymi palcami. Zaolejone powierzchnie powodują pęcherzyki powietrza, gdy przedmiot badany zostanie zanurzony w cieczy.

Próbek ciała stałego (szczególnie przedmioty płaskie) nie należy ustawiać na szalce z sitkiem poza cieczą, ponieważ w trakcie wspólnego zanurzania powstają pęcherzyki powietrza. Dodatkowo dno szalki z sitkiem należy sprawdzić pod względem występowania pęcherzyków powietrza po zanurzeniu przedmiotu badanego w cieczy.

6.2.2 Próbka ciała stałego

Jeżeli próbka posiada zbyt dużą objętość i została zanurzona w cieczy, poziom cieczy w menzurce szklanej ulega podniesieniu. Prowadzi to do tego, że część zawieszenia szalki z sitkiem zostanie zanurzona, a wypór ulegnie zwiększeniu. W wyniku tego masa próbki w cieczy staje się mniejsza.

Próbki o zmiennej objętości lub wchłaniające ciecz nie mogą być mierzone.

6.2.3 Ciecze

Temperatura wody musi być również uwzględniona. Gęstość wody zmienia się o ok. 0,01% na stopień Celsjusza. Jeżeli pomiar temperatury zawiera błąd 1 stopnia Celsjusza, 4. miejsce pomiaru jest niedokładne.

6.2.4 Powierzchnia

Zawieszenie szalki z sitkiem przebija powierzchnię cieczy. Stan ten ulega zmianie w sposób ciągły. Jeżeli próbka lub wypornik są względnie małe, napięcie powierzchniowe pogarsza powtarzalność wyników. Dodanie niewielkiej ilości środka do mycia naczyń pozwala na pominięcie napięcia powierzchniowego i zwiększa powtarzalność wyników.

6.2.5 Wypornik szklany do pomiarów cieczy

Chcąc oszczędzać ciecze badane przy oznaczaniu gęstości cieczy, należy używać małych menzurek szklanych i odpowiednich wyporników szklanych. W rzeczywistości należy zwrócić uwagę, że większy wypornik szklany oznacza większą dokładność. Pożądane jest, aby wypór i objętość wypornika szklanego określane były możliwie najbardziej dokładnie. Wyniki te wykorzystywane są przy przeliczeniu gęstości cieczy, zarówno w mianowniku, jak i w liczniku wzoru.

6.3 Informacje ogólne

6.3.1 Gęstość / gęstość względna

Gęstość względna jest to masa ciała badanego dzielona przez masę wody (przy 4°C) o takiej samej objętości. Dlatego też gęstość względna nie ma żadnej jednostki.

Gęstość jest to masa dzielona przez objętość.

Jeżeli zamiast gęstości cieczy we wzorze wykorzystywana jest gęstość względna, uzyskuje się błędny wynik. Dla cieczy miarodajna jest tylko jej gęstość.

7 Tabela gęstości cieczy

Temperatura [°C]	Gęstość ρ [g/cm ³]		
	woda	alkohol etylowy	alkohol metylowy
10	0,9997	0,7978	0,8009
11	0,9996	0,7969	0,8000
12	0,9995	0,7961	0,7991
13	0,9994	0,7953	0,7982
14	0,9993	0,7944	0,7972
15	0,9991	0,7935	0,7963
16	0,9990	0,7927	0,7954
17	0,9988	0,7918	0,7945
18	0,9986	0,7909	0,7935
19	0,9984	0,7901	0,7926
20	0,9982	0,7893	0,7917
21	0,9980	0,7884	0,7907
22	0,9978	0,7876	0,7898
23	0,9976	0,7867	0,7880
24	0,9973	0,7859	0,7870
25	0,9971	0,7851	0,7870
26	0,9968	0,7842	0,7861
27	0,9965	0,7833	0,7852
28	0,9963	0,7824	0,7842
29	0,9960	0,7816	0,7833
30	0,9957	0,7808	0,7824
31	0,9954	0,7800	0,7814
32	0,9951	0,7791	0,7805
33	0,9947	0,7783	0,7896
34	0,9944	0,7774	0,7886
35	0,9941	0,7766	0,7877

8 Wskazówki użytkowe

- Do utworzenia powtarzalnej wartości średniej koniecznych jest kilka pomiarów gęstości.
- Próbkę/wypornik/menzurkę szklaną odporne na rozpuszczalniki należy odtłuścić.
- Szalki na próbki/wyporni/menzurkę szklaną należy regularnie czyścić, nie dotykać rękami zanurzanej części.
- Próbkę/wypornik/pincetę po każdym pomiarze należy osuszyć.
- Wielkość próbki należy dopasować do szalki na próbki (idealna wielkość próbki > 5 g).
- Stosować tylko wodę destylowaną.
- Przy pierwszym zanurzeniu lekko potrząsnąć szalką na próbki i wypornikiem, w celu uwolnienia ewentualnych pęcherzyków powietrza.
- Koniecznie zwracać uwagę na to, aby przy ponownym zanurzeniu w cieczy nie powstawały dodatkowe pęcherzyki powietrza; najlepiej wkładać próbkę za pomocą pincety.
- Silnie przylegające pęcherzyki powietrza ściągnąć za pomocą pincety lub innego środka pomocniczego.
- Aby uniknąć przylegania pęcherzyków powietrza, próbkę o chropowatej powierzchni należy wcześniej wygładzić.
- Zwracać uwagę na to, aby w trakcie ważenia na górną szalkę na próbki nie kapłała woda z pincety.
- Aby zredukować naprężenie powierzchniowe wody i tarcie wody o drut, do cieczy pomiarowej dodać trzy krople dostępnego w handlu środka powierzchniowo-czynnego (środek do mycia naczyń) (zmianę gęstości wody destylowanej w wyniku dodania środka powierzchniowo-czynnego można pominąć).
- Próbki owalne można łatwo chwycić pincetą za zarysy karbów.
- Gęstość porowatych substancji stałych można oznaczyć jedynie w przybliżeniu. W trakcie zanurzania w cieczy pomiarowej nie całe powietrze zostaje wyparte z porów, co prowadzi do błędów wyporu.
- Aby uniknąć silnych wstrząsów wagi, próbkę należy wkładać ostrożnie.
- Unikać wyładowań statycznych, np. wypornik czyścić tylko za pomocą bawełnianej ściereczki.
- Jeżeli gęstość ciała stałego różni się jedynie niewiele od wody destylowanej, jako ciecz pomiarową można zastosować etanol. Ale wcześniej należy sprawdzić, czy próbka jest odporna na rozpuszczalniki. Ponadto w trakcie prac z etanolem należy koniecznie zachować obowiązujące przepisy bezpieczeństwa.
- W celu uniknięcia uszkodzeń koszyczka zanurzeniowego powodowanych korozją nie pozostawiać go zanurzonego w cieczy przez dłuższy czas.