

# Instrukcja obsługi

## Zestaw do oznaczania gęstości dla wag analitycznych KERN ABJ / ABS

### KERN ABS-A02

Wersja 1.0  
04/2010  
PL



ABS-A02-BA-pl-1010



# KERN ABS-A02

Wersja 1.0 04/2010

Instrukcja obsługi

Zestaw do oznaczania gęstości dla wag analitycznych

KERN ABJ / ABS

## Spis treści:

<b>1</b>	<b>WPROWADZENIE</b> .....	<b>3</b>
1.1	ZAKRES DOSTAWY .....	3
<b>2</b>	<b>ZASADA OZNACZANIA GĘSTOŚCI</b> .....	<b>5</b>
2.1	WIELKOŚCI WPŁYWAJĄCE I ŹRÓDŁA BŁĘDÓW .....	6
<b>3</b>	<b>INSTALACJA ZESTAWU DO OZNACZANIA GĘSTOŚCI</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>OZNACZANIE GĘSTOŚCI CIAŁ STAŁYCH</b> .....	<b>9</b>
4.1	AKTYWACJA FUNKCJI .....	9
4.2	WPROWADZANIE „GĘSTOŚCI CIECZY POMIAROWEJ” .....	10
4.3	POMIAR „GĘSTOŚCI CIAŁA STAŁEGO” .....	11
4.3.1	Oznaczanie gęstości ciał stałych o gęstości mniejszej niż 1 g/cm <sup>3</sup> .....	11
<b>5</b>	<b>OZNACZANIE GĘSTOŚCI CIECZY</b> .....	<b>12</b>
5.1	AKTYWACJA FUNKCJI .....	12
5.2	OZNACZANIE GĘSTOŚCI WYPORNIKA SZKLANEGO .....	13
5.3	WPROWADZANIE OBJĘTOŚCI WYPORNIKA SZKLANEGO .....	14
5.4	POMIAR „GĘSTOŚCI CIECZY” .....	15
<b>6</b>	<b>WARUNKI PRECYZYJNYCH POMIARÓW</b> .....	<b>16</b>
6.1	PRZELICZANIE WYNIKÓW .....	16
6.2	CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA BŁĄD POMIARU .....	17
6.2.1	Pęcherzyki powietrza .....	17
6.2.2	Próbka ciała stałego .....	17
6.2.3	Ciecze .....	17
6.2.4	Powierzchnia .....	17
6.2.5	Wypornik szklany do pomiarów cieczy .....	18
6.3	INFORMACJE OGÓLNE .....	18
6.3.1	Gęstość / gęstość względna .....	18
6.3.2	Dryf wskazania wagi .....	18
<b>7</b>	<b>TABELA GĘSTOŚCI CIECZY</b> .....	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>NIEPEWNOŚĆ POMIARU PRZY OZNACZANIU GĘSTOŚCI CIAŁ STAŁYCH</b> .....	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>WSKAZÓWKI UŻYTKOWE</b> .....	<b>21</b>

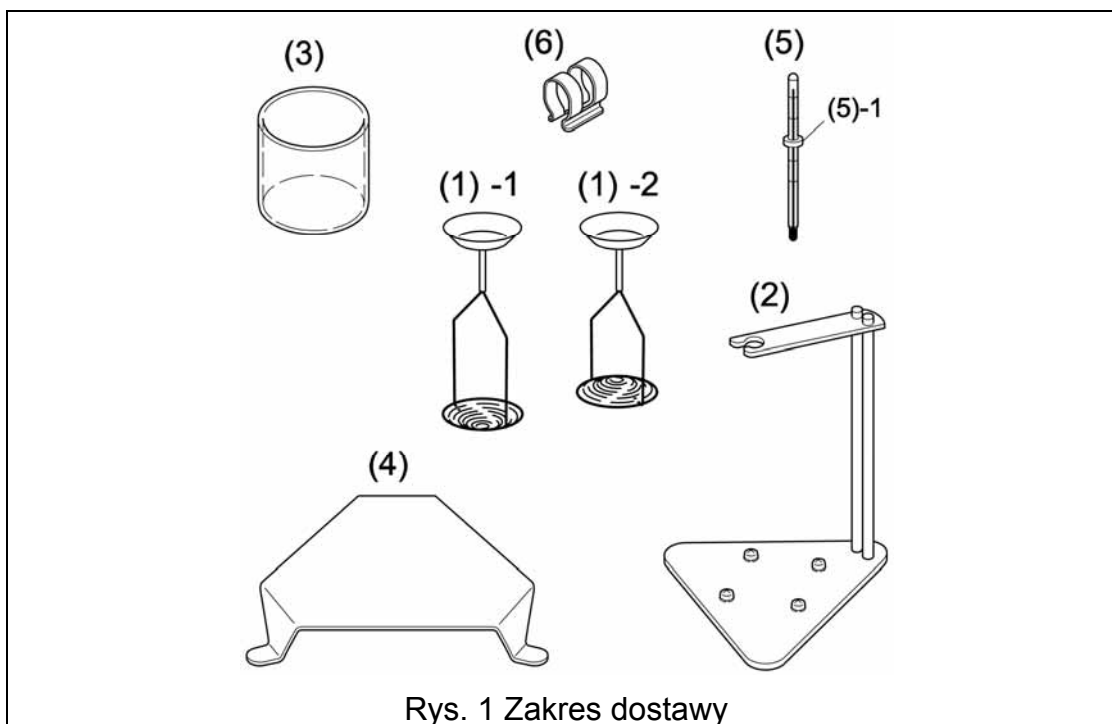
# 1 Wprowadzenie



- 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.

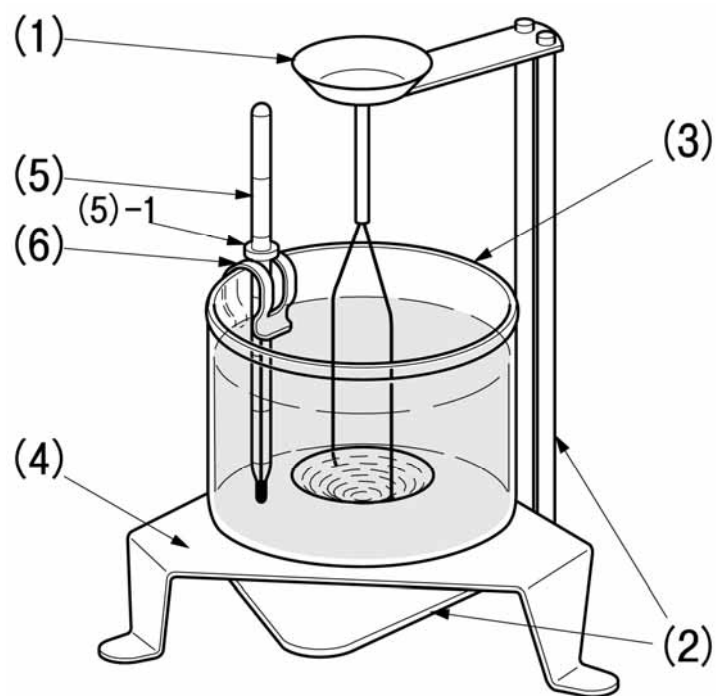
## 1.1 Zakres dostawy

- ⇒ Niezwłocznie po rozpakowaniu należy sprawdzić, czy opakowanie i zestaw do oznaczania gęstości nie posiadają ewentualnych widocznych uszkodzeń zewnętrznych.
- ⇒ Upewnić się, czy wszystkie dostępne części są kompletne.

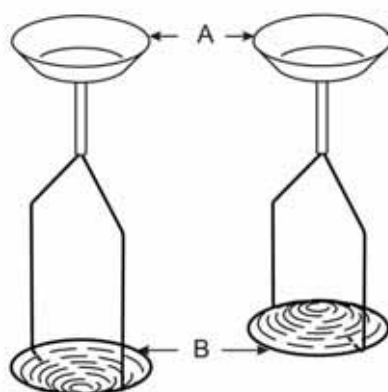


Rys. 1 Zakres dostawy

Nr	Oznaczenie	Liczba
(1) -1	Uniwersalna szalka wagi (do próbek $d > 1 \text{ g/cm}^3$ )	1
(1) -2	Uniwersalna szalka wagi (do próbek $d < 1 \text{ g/cm}^3$ )	1
(2)	Uchwyt szalki wagi	1
(3)	Pojemnik szklany	1
(4)	Podstawka na pojemnik szklany	1
(5)	Termometr	1
(5) -1	Gumowa zatyczka termometru	1
(6)	Uchwyt termometru	1
	Wypornik szklany, patrz rys. 4	1
	Instrukcja obsługi	1



Rys. 2: Zainstalowany zestaw do oznaczania gęstości **KERN ABS-A02**



Rys. 3: Uniwersalne szalki wagi

A Górna szalka wagi (masa próbki w powietrzu)

B Dolna szalka wagi (masa próbki w cieczy pomiarowej)



Rys. 4: Wypornik szklany

## 2 Zasada oznaczania gęstości

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

**Gęstość [  $\rho$  ] jest to stosunek masy [  $m$  ] do objętości [  $V$  ].**

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

Jednostką gęstości w układzie SI jest kilogram na metr sześcienny ( $\text{kg/m}^3$ ).  $1 \text{ kg/m}^3$  jest równy gęstości jednorodnego ciała, który przy masie  $1 \text{ kg}$  zajmuje objętość  $1 \text{ m}^3$ .

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 ABS/ABJ 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 [  $\rho_0$  ] jest znana, gęstość ciała stałego [  $\rho$  ] oblicza się w następujący sposób:

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

$\rho$  = Gęstość próbki

$A$  = Masa próbki w powietrzu

$B$  = Masa próbki w cieczy pomiarowej

$\rho_0$  = 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:

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

$\rho$  = Gęstość cieczy badanej

A = Masa wypornika w powietrzu

B = Masa wypornika w cieczy badanej

V = Objętość wypornika\*

\* Jeżeli objętość wypornika nie jest znana, można ją oznaczyć poprzez pomiar gęstości ciała stałego np. w wodzie i obliczyć w następujący sposób.

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

V = Objętość wypornika

A = Masa wypornika w powietrzu

B = Masa wypornika w wodzie

$\rho_w$  = Gęstość wody

### 2.1 Wielkości wpływające i źródła błędów

⇒ Ciśnienie powietrza

⇒ Temperatura

⇒ Odchyłka objętości wypornika ( $\pm 0,005 \text{ cm}^3$ )

⇒ Naprężenie powierzchniowe cieczy

⇒ Pęcherzyki powietrza

⇒ Głębokość zanurzenia szalki na próbki względnie wypornika

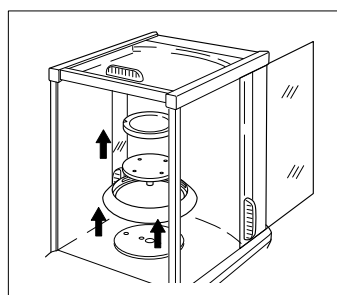
⇒ Porowatość ciała stałego

### 3 Instalacja zestawu do oznaczania gęstości

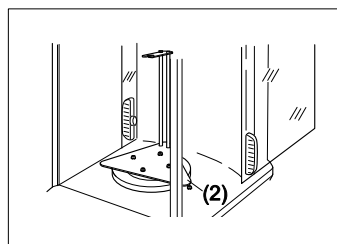
- i**
- Jeżeli to konieczne, przed instalacją zestawu do oznaczania gęstości przeprowadzić wymagane justowanie.
  - Przy zainstalowanym zestawie do oznaczania gęstości nie jest możliwe prawidłowe justowanie.
  - W celu justowania należy zdjąć zestaw do oznaczania gęstości i założyć standardową płytkę wagi.

1. Wyłączyć wagę i odłączyć od zasilania napięciem.

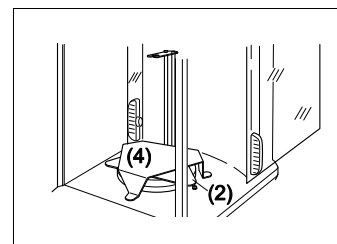
2. Zdjąć standardową płytkę wagi, pierścień osłonowy i wspornik płytki wagi.



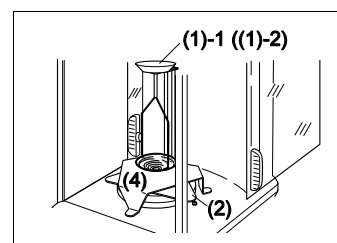
3. Ostrożnie włożyć uchwyt szalki wagi



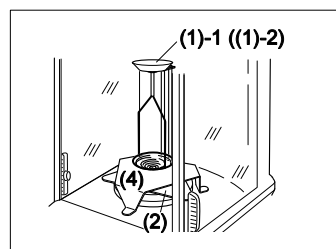
4. Podstawkę na pojemnik szklany umieścić w taki sposób, aby nie dotykała ona uchwyty szalki wagi.



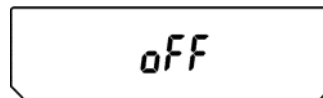
5. Zawiesić uniwersalną szalkę wagi. Zwracać przy tym uwagę, wisiała ona centrycznie w wycięciu uchwyty szalki wagi.



6. Zamknąć drzwiczki szklane. Podłączyć wagę do napięcie zasilającego, wykonywana jest samodiagnoza wagi. W przypadku wag serii ABJ dodatkowo wykonywane jest justowanie za pomocą wewnętrznej masy kalibracyjnej.



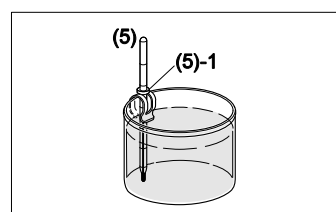
Odczekać, aż zostanie wyświetlony komunikat „off”.



7. Nacisnąć przycisk **ON/OFF**, zostanie wyświetlone wskazanie w gramach.



8. Zamocować termometr na pojemniku szklanym, w sposób pokazany na rysunku. Napełnić pojemnik szklany cieczą pomiarową wzgl. cieczą badaną.




9. Zdjąć uniwersalną szalkę wagi i ustawić pojemnik szklany na środku podstawki.  
10. Ponownie zawiesić uniwersalną szalkę wagi. Należy przy tym uważać, aby nie dotykała ona pojemnika szklanego.  
11. Tak długo regulować temperaturę cieczy, instrumentów lub wypornika, aż będzie ona stała. Przestrzegać czasu nagrzewania wagi.



## 4 Oznaczanie gęstości ciał stałych

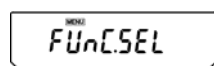
Przy oznaczaniu gęstości ciał stałych ciało stałe należy najpierw zważyć w powietrzu, a następnie w cieczy pomiarowej. Z różnicy mas wynika wypór, który oprogramowanie przelicza na gęstość.

### 4.1 Aktywacja funkcji

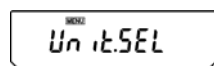
W menu „Unit.SEL” można aktywować funkcję oznaczania gęstości ciał stałych „U- ▼d”, która potem jest dostępna dla użytkownika bez konieczności wchodzenia za każdym razem do menu. Aktywowaną funkcję można potem wywołać bezpośrednio za pomocą przycisku **UNIT/** .



⇒ Przy wskazaniu w gramach kilkakrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż zostanie wyświetlony komunikat „FUnC.SEL”.

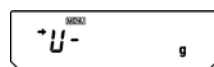


⇒ Nacisnąć przycisk **TARE/** .



(przykład)

⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż zostanie wyświetlony komunikat „Unit.SEL”.



⇒ Nacisnąć przycisk **TARE/** .




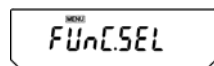
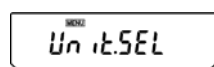
(nieaktywny)

⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż zostanie wyświetlony komunikat „U- ▼d”.



(aktywny)

Jeżeli funkcja oznaczania gęstości ciał stałych jest już aktywna, zostanie wyświetlony wskaźnik ustabilizowania (→). W takim przypadku kilkakrotnie nacisnąć przycisk **ON/OFF**, waga powraca do menu / trybu ważenia. Jeżeli funkcja oznaczania gęstości ciał stałych jest wyłączona jest nieaktywna, aktywować ją za pomocą przycisku **TARE/** . Zostanie wyświetlony wskaźnik ustabilizowania (→). Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **ON/OFF**, waga powraca do menu / trybu ważenia.



## 4.2 Wprowadzanie „gęstości cieczy pomiarowej”

⇒ Przy wskazaniu w gramach kilkakrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż będzie zostanie wyświetlony komunikat „SettinG”.

⇒ Nacisnąć przycisk **TARE/**

⇒ Wielokrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż zostanie wyświetlony komunikat „LSG SET”.

(Przykład)

⇒ Nacisnąć przycisk **TARE/** , zostanie wyświetlona aktualnie ustawiona gęstość. W górnej części pola wskaźników wyświetlany jest symbol **MENU** i znak # informujący, że waga znajduje się w stanie wprowadzania numerycznego. Pierwsza pozycja miga i można ją zmienić.


(Przykład)

⇒ Naciśnięcie przycisku **UNIT/** powoduje zwiększenie wartości liczbowej migającej cyfry. Za pomocą przycisku **PRINT/** wybrać cyfry po prawej stronie, każdorazowo aktywna pozycja miga. Potwierdzić wprowadzoną wartość, naciskając przycisk **TARE/** .

⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **ON/OFF**, aż waga znajdzie się w trybie ważenia.

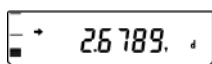
### 4.3 Pomiar „gęstości ciała stałego”



1. Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **UNIT/** , aż waga zostanie przełączona w tryb oznaczania gęstości ciał stałych „▼d”. W przypadku pomiaru masy w powietrzu dodatkowo wyświetlana jest litera „g”.



2. Nacisnąć przycisk **TARE/** . Położyć próbkę na górnej szalce na próbki.



3. Po zakończonej powrotem kontroli ustabilizowania nacisnąć przycisk **CAL/MENU**.
4. Położyć próbkę na dolnej szalce z sitkiem. Po zakończonej powrotem kontroli ustabilizowania na wyświetlaczu zostanie wyświetlona gęstość próbki. Zdjąć próbkę. Może być wyświetlony komunikat „oL”, jednak w tym kroku nie jest to żaden komunikat błędu i można go zignorować.
5. W celu dalszych pomiarów uruchomić krok 2, naciskając przycisk **CAL/MENU**.

#### 4.3.1 Oznaczanie gęstości ciał stałych o gęstości mniejszej niż 1 g/cm<sup>3</sup>

W przypadku ciał stałych o gęstości mniejszej niż 1 g/cm<sup>3</sup> oznaczanie gęstości możliwe jest dwoma różnymi metodami.

##### Metoda 1:

Jako ciecz pomiarowa stosowana jest ciecz o gęstości mniejszej niż gęstość ciała stałego, np. etanol ok 0,8 g/cm<sup>3</sup>.

Metodę tę należy stosować, gdy gęstość ciała stałego tylko nieznacznie różni się od gęstości wody destylowanej.

Przed zastosowaniem etanolu należy sprawdzić, czy ciało stałe nie zostanie uszkodzone.



W trakcie prac z etanolem należy koniecznie przestrzegać obowiązujących przepisów bezpieczeństwa.

##### Metoda 2:


W tym przypadku próbka nie jest wkładana na, lecz **pod** szalkę z sitkiem. Do tego celu należy użyć uniwersalnej szalki wagi (1) -2.

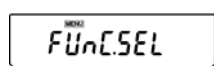
- ⇒ Aktywować funkcję, patrz rozdz. 4.1.
- ⇒ Wprowadzić parametry cieczy pomiarowej, patrz rozdz. 4.2.
- ⇒ Pomiar gęstości, patrz rozdz. 4.3, w kroku 4 próbkę umieścić pod szalką z sitkiem. Jeżeli wypór próbki jest tak duży, że uniwersalna szalka wagi jest unoszona, należy ją obciążyć masą pozorowaną i wytarować podczas ważenia w powietrzu.

## 5 Oznaczanie gęstości cieczy

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

### 5.1 Aktywacja funkcji

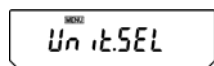
W menu „Unit.SEL” można aktywować funkcję oznaczania gęstości cieczy „U- d”, która potem jest dostępna dla użytkownika bez konieczności wchodzenia za każdym razem do menu. Aktywowaną funkcję można potem wywołać bezpośrednio za pomocą przycisku **UNIT/** .



⇒ W trybie ważenia kilkakrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż zostanie wyświetlony komunikat „FUnC.SEL”.

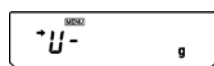


⇒ Nacisnąć przycisk **TARE/** .

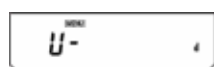


(przykład)

⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż zostanie wyświetlony komunikat „Unit.SEL”.



⇒ Nacisnąć przycisk **TARE/** .



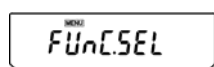
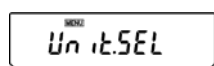
(nieaktywny)


⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż zostanie wyświetlony komunikat „U- d”.



(aktywny)



Jeżeli funkcja oznaczania gęstości ciał stałych jest już aktywna, zostanie wyświetlony wskaźnik ustabilizowania (→). W takim przypadku kilkakrotnie nacisnąć przycisk **ON/OFF**, waga powraca do menu / trybu ważenia.



Jeżeli funkcja oznaczania gęstości ciał stałych jest wyłączona jest nieaktywna, aktywować ją za pomocą przycisku **TARE/** . Zostanie wyświetlony wskaźnik ustabilizowania (→). Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **ON/OFF**, waga powraca do menu / trybu ważenia.

## 5.2 Oznaczanie gęstości wypornika szklanego

W przypadku nieznanego objętości wypornika szklanego należy ją oznaczyć i obliczyć w następujący sposób.

- ⇒ Wlać wodę do pojemnika i tak długo regulować jej temperaturę, aż będzie ona stała. Odczytać temperaturę na termometrze.
- ⇒ W razie konieczności nacisnąć przycisk **UNIT** , zostanie wyświetlone wskazanie w gramach.
- ⇒ W razie konieczności usunąć uniwersalną szalkę wagi. Może być wyświetlony komunikat „ol”, jednak w tym kroku nie jest to żaden komunikat błędu i można go zignorować.
- ⇒ Zawiesić wypornik szklany i wytarować wagę, naciskając przycisk **TARE** .
- ⇒ Ustawić pojemnik z wodą na podstawce i zanurzyć wypornik szklany. Na wadze wyświetlana jest różnica „masa w powietrzu - masa w wodzie”. Zanotować wartość (bez znaku wartości) i obliczyć objętość wypornika szklanego zgodnie z poniższym wzorem.

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

V = Objętość wypornika szklanego

M = Różnica „masa w powietrzu - masa w wodzie”

$\rho$  = Gęstość wody przy uwzględnieniu temperatury, patrz tabela 1

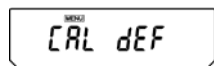
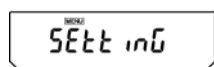
Tab. 1: Tabela gęstości wody

Temperatura [°C]	Gęstość $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	Temperatura [°C]	Gęstość $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	Temperatura [°C]	Gęstość $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]
10	0,9997	19	0,9984	28	0,9963
11	0,9996	20	0,9982	29	0,9960
12	0,9995	21	0,9980	30	0,9957
13	0,9994	22	0,9978	31	0,9954
14	0,9993	23	0,9976	32	0,9951
15	0,9991	24	0,9973	33	0,9947
16	0,9990	25	0,9971	34	0,9944
17	0,9988	26	0,9968	35	0,9941
18	0,9986	27	0,9965		

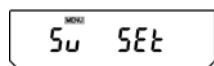
### 5.3 Wprowadzanie objętości wypornika szklanego



⇒ Przy wskazaniu w gramach kilkakrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż będzie zostanie wyświetlony komunikat „SettinG”.



⇒ Nacisnąć przycisk **TARE** /

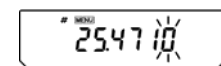


⇒ Wielokrotnie nacisnąć przycisk **CAL/MENU**, aż zostanie wyświetlony komunikat „Sv SEt”.



(Przykład)

⇒ Nacisnąć przycisk **TARE** / , zostanie wyświetlona aktualnie ustawiona objętość. W górnej części pola wskaźników wyświetlany jest symbol i znak # informujący, że waga znajduje się w stanie wprowadzania numerycznego. Pierwsza pozycja miga i można ją zmienić.

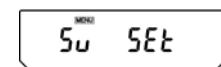


(Przykład)

⇒ Naciśnięcie przycisku **UNIT** / powoduje zwiększenie wartości liczbowej migającej cyfry.

Za pomocą przycisku **PRINT** / wybrać cyfry po prawej stronie, każdorazowo aktywna pozycja miga.


Zatwierdzić wpis, naciskając przycisk **TARE** / .




⇒ Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **ON/OFF**, aż waga znajdzie się w trybie ważenia.

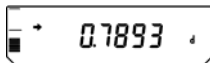


## 5.4 Pomiar „gęstości cieczy”

1. Zawiesić wypornik szklany.  
Przy niezawieszonym wyporniku szklanym ewentualnie może być wyświetlony komunikat „oL”, jednak w tym kroku nie jest to żaden komunikat błędu i można go zignorować.
2. Kilkakrotnie nacisnąć przycisk **UNIT/** , aż waga zostanie przełączona w tryb oznaczania gęstości cieczy „d”. W przypadku pomiaru masy w powietrzu dodatkowo wyświetlana jest litera „g”.



3. Nacisnąć przycisk **TARE/** .
4. Po zakończonej powodzeniem kontroli ustabilizowania nacisnąć przycisk **CAL/MENU**.
5. Zdjąć wypornik szklany.
6. Pojemnik z cieczą badaną umieścić na środku podstawki.
7. Ponownie zawiesić wypornik szklany i zanurzyć go całkowicie w cieczy, unikając powstawania pęcherzyków.
8. Po zakończonej powodzeniem kontroli ustabilizowania na wyświetlaczu zostanie wyświetlona gęstość cieczy badanej. Usunąć wypornik szklany i pojemnik.  
Przy niezawieszonym wyporniku szklanym ewentualnie może być wyświetlony komunikat „oL”, jednak w tym kroku nie jest to żaden komunikat błędu i można go zignorować.



W celu dalszych pomiarów:

- ⇒ starannie oczyścić i osuszyć pojemnik i wypornik,
- ⇒ ponownie zawiesić wypornik szklany,
- ⇒ nacisnąć przycisk **CAL/MENU**,
- ⇒ uruchomić proces od kroku 3.

## 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.

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

$\rho$  = Gęstość próbki

A = Masa próbki w powietrzu

B = Masa próbki w cieczy pomiarowej

$\rho_0$  = 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 (A-B) jest większy. Wynik w mianowniku ulega zwiększeniu. Należy również zwrócić uwagę na to, że dokładność gęstości cieczy pomiarowej  $\rho_0$  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  $1 \text{ mm}^3$ , 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 szklanego 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 szklanego 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 szklany 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 ciecz badaną 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.

### **6.3.2 Dryf wskazania wagi**

Dryfowanie (systematyczna zmiana wyników w określonym kierunku) nie ma żadnego wpływu na wynik końcowy oznaczania gęstości, chociaż wyświetlana masa dotyczy ważenia w powietrzu. Dokładne wartości wymagane są tylko wtedy, gdy gęstość cieczy oznaczana jest za pomocą wypornika szklanego.

W przypadku zmiany temperatury otoczenia lub lokalizacji wymagane jest justowanie wagi. W tym celu należy zdjąć zestaw do oznaczania gęstości i przeprowadzić justowanie wagi ze standardową płytką wagi (patrz instrukcja obsługi dołączona do wagi).

## 7 Tabela gęstości cieczy

Temperatura [°C]	Gęstość $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]		
	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 Niepewność pomiaru przy oznaczaniu gęstości ciał stałych

W tabeli tej przedstawiono przybliżoną dokładność odczytu wagi w połączeniu z zestawem do oznaczania gęstości. Należy przy tym pamiętać, że wartości te zostały określone wyłącznie matematycznie i nie uwzględniają wpływających na nie wielkości opisanych w rozdz. 6.

Przybliżone wskazanie przy pomiarach gęstości (przy użyciu wagi o dokładności odczytu 0,1 mg)						
Masa próbki (g) Gęstość próbki (g/cm <sup>3</sup> )	1	5	10	100	200	300
1	0.001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3	0,002	0,0004	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001
5	0,003	0,001	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002
8	0,004	0,001	0,0006	0,0003	0,0003	0,0003
10	0,005	0,001	0,0008	0,0004	0,0003	0,0003
12	0,006	0,002	0,001	0,0004	0,0004	0,0004
20	0,01	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001

Przykład odczytu z tabeli:

W przypadku wagi o rozdzielczości 0,0001 g oraz próbki o masie 5 g i gęstości wynoszącej 3 g/cm<sup>3</sup>, skoki wskazania wynoszą 0,004 g/cm<sup>3</sup>.

## 9 Wskazówki użytkowe

- Do utworzenia powtarzalnej wartości średniej koniecznych jest kilka pomiarów gęstości.
- Próbkę/wypornik szklany/menzurkę szklaną odporne na rozpuszczalniki należy odtłuścić.
- Szalki na próbki/wypornik szklany/menzurkę szklaną należy regularnie czyścić, nie dotykać rękami zanurzanej części.
- Próbkę/wypornik szklany/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 napięcie 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. korpus (wypornik) szklany 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.
- Ostrożnie obchodzić się z korpusami (wypornikami) szklanymi (utrata roszczeń gwarancyjnych w przypadku uszkodzenia).