



WYZNACZANIE NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO ZA POMOCĄ KAPILARY

1. Opis teoretyczny do ćwiczenia

zamieszczony jest na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

2. Opis układu pomiarowego

W skład układu pomiarowego wchodzi trzy naczynia napełnione badanymi cieczami. Do każdego z nich wstawiona jest pionowa kapilara. Naczynie z badaną cieczą ustawia się na stoliku z regulowaną wysokością.

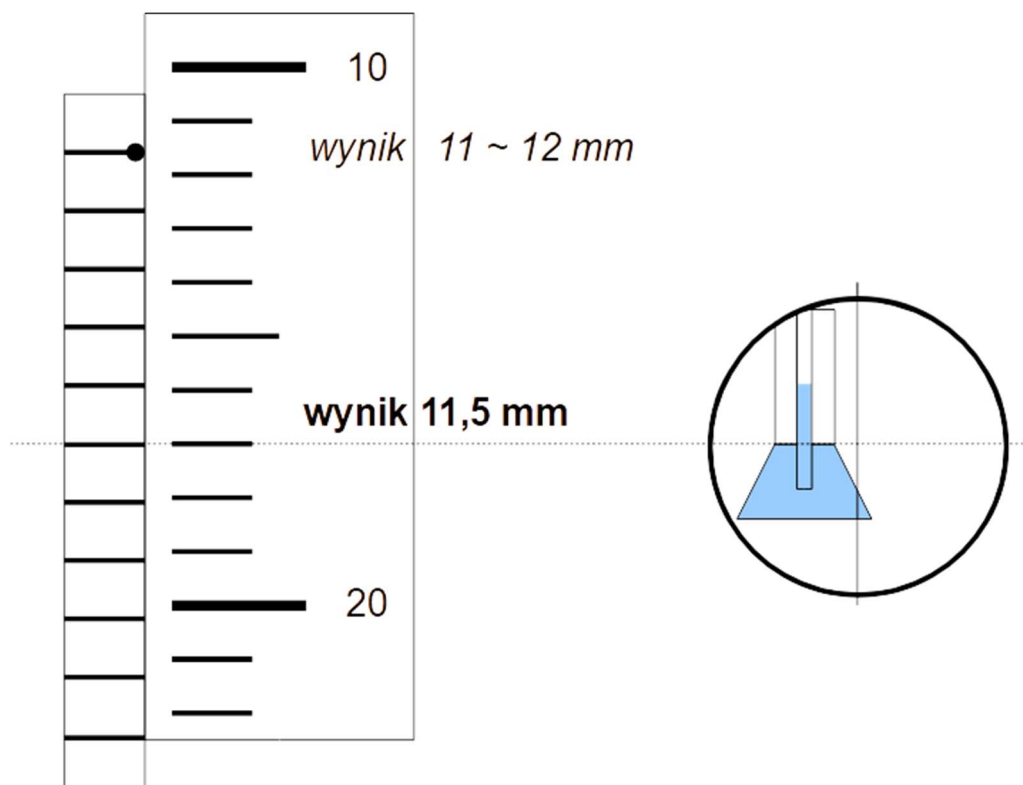
Do zmierzenia wysokości słupa cieczy służy katetometr, tzn. przyrząd do wyznaczania pionowych odległości między punktami. Składa się on z kilku podstawowych elementów:

- masywnego pręta umocowanego na trójnożnej podstawie ze śrubą regulującą pionowe ustawienie katetometru; na pręcie naniesiona jest skala milimetrowa,
- lunetki w polu widzenia, której znajdują się dwie skrzyżowane nici (przy pomiarach punkt przecięcia nici należy nastawić na wybrane poziomy - dolny menisk cieczy w kapilarze i na dolny menisk cieczy w naczyniu).

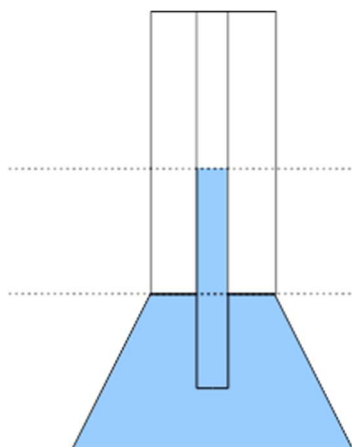
Lunetka przymocowana jest do cylindra obejmującego pręt katetometru. Cylinder ten wraz z lunetką można przesuwając wzdłuż pręta i zamocować za pomocą odpowiedniej śruby w wybranym miejscu. W cylindrze zrobione jest prostokątne wycięcie dla odczytu na skali milimetrowej położenia lunetki. Położenie to może być określone z dokładnością do 0,05 milimetra, dzięki skali noniusza umieszczonej wzdłuż wycięcia.

3. Przeprowadzenie pomiarów

1. Zapoznać się z budową katetometru.
2. W odległości minimum 2 m od katetometru umieścić naczynie z badaną cieczą.
3. Dobrać odpowiednią wysokość stałego mocowania lunety pozwalającą na swobodne dokonywanie odczytów poziomów cieczy na skali katetometru za pomocą pokręteł.



4. Zmierzyć wysokość słupa cieczy h w kapilarze mierząc i zapisując poziom cieczy w naczyniu (h_n) oraz poziom cieczy w kapilarze (h_k).
Zwrócić uwagę na fakt, że luneta odwraca obraz a rysunki wykonane są bez tego obrotu.



5. Zgodnie z punktami 3 – 4 wykonać co najmniej 10 pomiarów dla każdej badanej cieczy.
6. Odczytać i zapisać wartość ciśnienia i temperatury w pomieszczeniu.
7. Odczytać i zapisać wartość promienia kapilary r podaną w instrukcji załączonej do układu pomiarowego oraz gęstości badanych cieczy.
8. Oszacować i zapisać niepewności pomiarowe.

4. Opracowanie wyników pomiarów

Wyznaczenie średniej wysokości słupa cieczy w katetometrze wraz z niepewnościami

Obliczenia wykonać dla każdej z badanych cieczy.

1. Wyznaczyć wartości wysokości słupa cieczy w katetometrze $h_i = |h_k - h_n|$.

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i$$

2. Wyznaczyć wartość średniej arytmetycznej z serii n pomiarów

$$u(\bar{h}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{(n-1)n}}$$

3. Wyznaczyć niepewność standardową jako odchylenie standardowe

$$u_r(\bar{h}) = \frac{u(\bar{h})}{\bar{h}}$$

4. Wyznaczyć niepewność standardową względną

5. Wyznaczyć niepewność standardową względną z niepewności maksymalnej pojedynczego pomiaru

$$u_r(\Delta h) = \frac{\Delta h}{\bar{h}\sqrt{3}}$$

Wyznaczenie średniego napięcia powierzchniowego cieczy wraz z niepewnościami

Obliczenia wykonać dla każdej z badanych cieczy.

6. Wyznaczyć współczynnik napięcia powierzchniowego zakładając, że kąt graniczny $\theta = 0^\circ$

$$\bar{\delta} = \frac{r\rho g}{2\cos\theta} \bar{h} \approx \frac{r\rho g}{2} \bar{h} \quad \text{gdzie:}$$

r – promień kapilary, ρ – gęstość cieczy (odczytać z tablic, jako funkcję temperatury), g – lokalna wartość przyspieszenia ziemskiego. Jeżeli w tablicach nie podano inaczej to przyjmujemy, że $u_r(\rho) = 0,002$ skąd $u(\rho) = 0,002 \cdot \rho$.

7. Wyznaczyć maksymalną i minimalną wartość współczynnika napięcia powierzchniowego $\delta_{\min} = \frac{r\rho g}{2} h_{\min}$,

$$\delta_{\max} = \frac{r\rho g}{2} h_{\max} \quad \text{oraz wartość } \Delta\delta = \delta_{\max} - \delta_{\min}.$$

8. Wyznaczyć niepewność standardową złożoną względną $u_{c,r}(\bar{\delta}) = \sqrt{[u_r(\rho)]^2 + [u_r(\bar{h})]^2 + [u_r(\Delta\bar{h})]^2}$.

9. Wyznaczyć niepewność standardową złożoną $u_c(\bar{\delta}) = \bar{\delta} \sqrt{[u_r(\rho)]^2 + [u_r(\bar{h})]^2 + [u_r(\Delta\bar{h})]^2}$

10. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną $U(\bar{\delta}) = 2 \cdot u_c(\bar{\delta})$.

Wykres (1) - wartości napięcia powierzchniowego w funkcji gęstości cieczy

11. W układzie współrzędnych $\delta(\rho)$ nanieść wartości $\bar{\delta}$ oraz ich niepewności $u_c(\bar{\delta})$ i $u(\rho)$ dla każdej z badanych cieczy. Nie dokonywać aproksymacji ani interpolacji.

5. Podsumowanie

1. Zestawić wyznaczone wielkości dla wszystkich cieczy $(\bar{\delta}, u_c(\bar{\delta}), u_{c,r}(\bar{\delta}), U(\bar{\delta}))$ oraz ich wartości odniesienia i wartości $\Delta\delta$ zgodnie z regułami ich prezentacji.

2. Przeanalizować uzyskane rezultaty:

- która z niepewności wnosi największy wkład do niepewności złożonej $u_c(\bar{\delta})$,
 - czy spełniona jest relacja $u_{c,r}(\bar{\delta}) < 0,12$,
 - czy spełniona jest relacja $|\delta_{\text{odniesienie}} - \bar{\delta}| < U(\bar{\delta})$,
 - czy spełniona jest relacja $\Delta\delta < U(\bar{\delta})$,
- pod kątem występowania i przyczyn błędów grubych, systematycznych i przypadkowych.

Przeanalizować wykres (1) pod kątem występowania związku wartości napięcia powierzchniowego i gęstości cieczy.

3. Wnioski z analizy rezultatów.

- Wyciągnąć wnioski na temat występowania i przyczyn błędów: grubych, systematycznych i przypadkowych.
- Zaproponować działania zmierzające do podniesienia dokładności wykonywanych pomiarów.
- Wyjaśnić czy cele ćwiczenia został osiągnięty.

6. Przykładowe pytania

Zamieszczone są na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

Zadania dodatkowe do wyznaczenia i analizy:

- Porównać dla wszystkich badanych cieczy niepewności standardowe pojedynczego pomiaru wysokości z niepewnościami maksymalnymi pojedynczego pomiaru wysokości. Wyciągnąć wnioski.
- Wykonać wartości napięcia powierzchniowego w funkcji gęstości cieczy dla wszystkich dostępnych cieczy. Dokonać aproksymacji liniowej wyników metodą Gaussa. Wyciągnąć wnioski.

Zespół w składzie.....

cel ćwiczenia:

- wyznaczenie napięcia powierzchniowego cieczy
- ocena związku napięcia powierzchniowego z gęstością cieczy.

3.1 Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych:

.....

.....

.....

3.2 Potwierdzić na stanowisku wartości parametrów i ich niepewności!

Gęstości cieczy w temperaturze 20°C

(przyjmujemy, że zmiana temperatury o +/- 5°C zmienia gęstość maksymalnie o +/- 0,2 %):

1) woda destylowana 0,998 g/cm³; **2)** dwumetyloformamid (DMF) 0,945 g/cm³; **3)** toluen 0,873 g/cm³;
4) alkohol etylowy 0,789 g/cm³; **5)** czterochlorometan 1,590 g/cm³; **6)** trójchloroeten 1,460 g/cm³;
7) gliceryna (glicerol) 1,261 g/cm³; **8)** glikol etylenowy 1,113 g/cm³; **9)** glikol dietylenowy 1,118 g/cm³;
10) olej parafinowy 0,827 – 0,890 g/cm³;

.....

.....

Średnica kapilary 0,6 mm, bez niepewności

.....

3.3 Pomiary i uwagi do ich wykonania:

Niepewność maksymalna pomiaru wysokości

Temperatura cieczy (otoczenia)jej niepewność

Ciśnienie powietrzajego niepewność

.....

L.p.	Wysokość słupa cieczy [mm] <i>zapisujemy w formacie xx,x mm lub yyy,yy mm w zależności od stanowiska</i>							
	Ciecz A		Ciecz B		Ciecz C		Ciecz D	
	w naczyniu	w kapilarze	w naczyniu	w kapilarze	w naczyniu	w kapilarze	w naczyniu	w kapilarze
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								