

Ćwiczenie E2b

Wyznaczanie względnej przenikalności elektrycznej ciał stałych

E2b.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie względnej przenikalności dielektrycznej wybranych materiałów poprzez pomiar pojemności kondensatora powietrznego i kondensatora wypełnionego dielektrykiem.

E2b.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Pole elektryczne i wielkości je opisujące: wektor natężenia pola i potencjał pola,
- rozkład pola elektrycznego wokół naładowanych płaszczyzn,
- rozkład pola elektrycznego między okładkami kondensatora płaskiego,
- pojemność kondensatora płaskiego,
- podział i charakterystyka materiałów ze względu na ich właściwości elektryczne,
- dielektryki, zjawisko polaryzacji dielektrycznej,
- względna przenikalność dielektryczna: sens fizyczny i wymiar,
- metoda najmniejszych kwadratów.

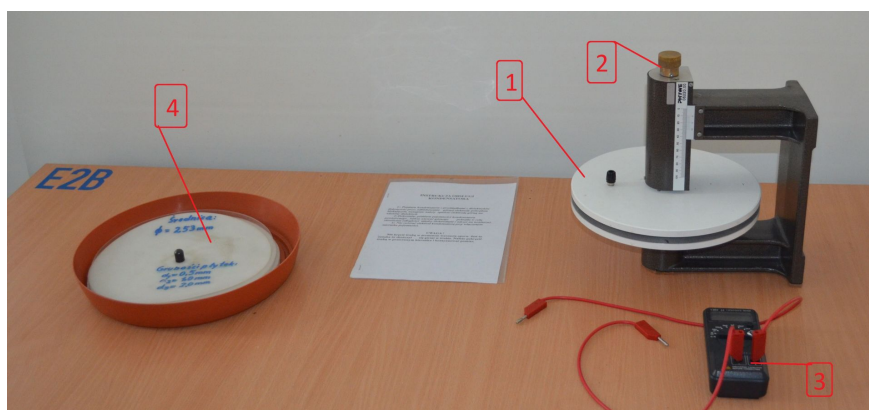
E2b.3. Literatura

- [1] Szczeniowski S: *Fizyka doświadczalna, cz. 3*, PWN, Warszawa.
- [2] Halliday D, Resnick R: *Fizyka, tom.2*, PWN, Warszawa.
- [3] Szydłowski H: *Pracownia fizyczna*, PWN, Warszawa.
- [4] Jaworski B, Piński A: *Elementy fizyki, tom 2*, PWN, Warszawa.
- [5] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, <http://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

E2b.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

Układ doświadczalny

Rysunek E2b.1 przedstawia zdjęcie układu pomiarowego z zaznaczonymi podstawowymi elementami: **1** — kondensator płaski, którego konstrukcja umożliwia płynną zmianę i pomiar odległości między okładkami, **2** — regulator odległości między elektrodami, **3** — miernik pojemności, **4** — zestaw badanych materiałów dielektrycznych (m.in. płytki o różnej grubości, kartki papieru).



Rysunek E2b.1. Zdjęcie układu pomiarowego

Przebieg doświadczenia

1. Połączyć kondensator (**1**) z miernikiem pojemności (**3**).
2. Włączyć miernik pojemności.
3. W celu zmierzenia zależności pojemności kondensatora z dielektrykiem od grubości dielektryka, $C = f(d)$, należy:
 - a) pokręć regulatorem odległości (**2**) rozsunąć okładki kondensatora tak, aby możliwe było umieszczenie między nimi dielektryka (**5**) o grubości d (można łączyć kilka płytek),
 - b) opuścić górną okładkę dociskając płytki dielektryka z umiarkowaną siłą,
 - c) zwrócić uwagę na całkowite wypełnienie dielektrykiem przestrzeni między okładkami,
 - d) zmierzyć precyzyjnie grubość dielektryka d odczytując ją na skali kondensatora,
 - e) na mierniku pojemności odczytać wartość C ,

- f) powtórzyć czynności z punktów 3a-3e dla innych wartości d .
4. W celu zmierzenia zależności pojemności kondensatora powietrznego od odległości między jego okładkami, $C_o = f(d)$, należy:
- pokręcić regulatora odległości (**2**) ustawić wybraną odległość d między okładkami kondensatora,
 - na mierniku pojemności odczytać wartość C_o ,
 - powtórzyć czynności z punktów 4a-4b dla innych wartości d .

Zadania do wykonania

- E2b.1. Wyznaczyć i wykreślić zależność $C = f(d)$ dla kondensatora wypełnionego badanym dielektrykiem oraz $C_o = f(d)$ dla kondensatora powietrznego, a następnie wykorzystując zależności $C = f(1/d)$ i $C_o = f(1/d)$ metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów wyznaczyć względną przenikalność elektryczną ε_r wybranego (badanego) materiału dielektrycznego.
- E2b.2. Wyznaczyć pojemności montażowe C_m dla kondensatora powietrznego i wypełnionego dielektrykiem korzystając z zależności zmierzonych w punkcie E2b.1.
- E2b.3. Zmierzyć pojemność kondensatora płaskiego wypełnionego dwoma różnymi dielektrykami (wybrać dielektryki, których ε_r zostały wyznaczone w punkcie E2b.1). Sprawdzić, czy wynik jest zgodny z obliczeniami teoretycznym (trzeba wyznaczyć dodatkowo powierzchnię okładek kondensatora S mierząc ich średnicę D).

Uzupełnienie do zadania E2b.1 i E2b.2

Miernik pojemności mierzy sumę pojemności kondensatora pomiarowego oraz pojemności montażowych C_m , złożonych z pojemności przewodów łączących miernik z kondensatorem oraz pojemności wsporników mocujących jego elektrody. W takiej sytuacji dla płaskiego kondensatora powietrznego mierzona pojemność zapiszemy:

$$C_o = \frac{\varepsilon_0 S}{d} + C_{m0}, \quad (\text{E2b.1})$$

zaś dla kondensatora z dielektrykiem:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d} + C_{md}. \quad (\text{E2b.2})$$

Zależności te w postaci $C_o = f(1/d)$ i $C = f(1/d)$ mają charakter liniowy, z następującymi parametrami a i b dla kondensatora powietrznego:

$$a_0 = \varepsilon_0 S, \quad b_0 = C_{m0} \quad (\text{E2b.3})$$

i dla kondensatora wypełnionego dielektrykiem:

$$a_d = \varepsilon_0 \varepsilon_r S, \quad b_d = C_{md}. \quad (\text{E2b.4})$$

Parametry te należy wyznaczyć metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów. Względą przenikalność elektryczną dielektryka obliczamy wtedy po prostu ze wzoru:

$$\varepsilon_r = \frac{a_d}{a_0} \quad (\text{E2b.5})$$

zaś parametry b_0 i b_d wyznaczają bezpośrednio pojemności montażowe.

E2b.5. Rachunek niepewności

Niepewności pomiaru d , C , C_0 i D oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie podziałki, zakresu i klasy użytych urządzeń pomiarowych.

Niepewność pomiaru ε_r wyznaczamy jako niepewność wielkości złożonej. Niepewności pomiaru parametrów a i b liniowych zależności wyznaczamy metodą graficzną i/lub obliczamy jako niepewności standardowe stosując odpowiednie wzory metody najmniejszych kwadratów.