

Ćwiczenie E2a

Wyznaczanie względnej przenikalności elektrycznej ciał stałych

E2a.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie wartości przenikalności elektrycznej próżni i względnej przenikalności dielektrycznej wybranego ciała stałego poprzez pomiar ładunku zgromadzonego na okładkach kondensatora płaskiego.

E2a.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,
- definicja pojemności elektrycznej,
- 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.

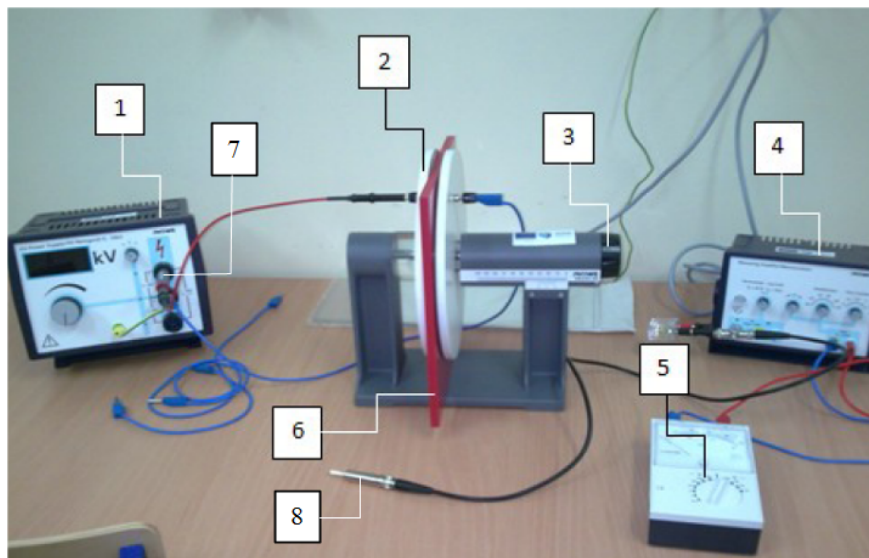
E2a.3. Literatura

- [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>

E2a.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

Układ doświadczalny

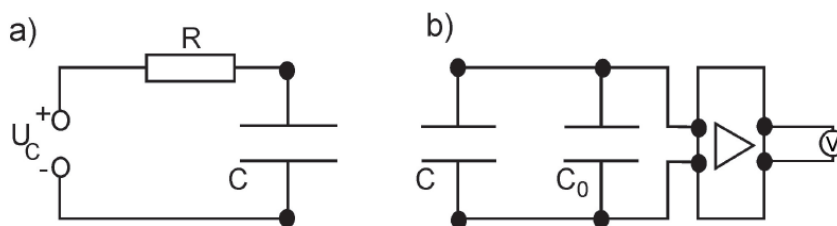
Rysunek E2a.1 przedstawia zdjęcie układu pomiarowego, zaś rysunek E2a.2 schematy połączeń układu w trakcie ładowania kondensatora (rysunek E2a.2a) i w trakcie pomiaru ładunku zgromadzonego na jego okładkach (rysunek E2a.2b). Układ pomiarowy składa się z następujących elementów: **1** — zasilacz wysokiego napięcia ($U_C = 0\text{--}5\text{ kV}$), **2** — badany kondensator płaski C (powierzchnia okładek kondensatora $S = 0,0531\text{ m}^2$), **3** — regulator odległości między okładkami kondensatora, d , **4** — wzmacniacz z kondensatorem $C_o = 220\text{ nF}$, **5** — miernik napięcia U_o , **6** — badany dielektryk, **7** — sonda łącząca zasilacz z badanym kondensatorem w trakcie jego ładowania, **8** — sonda łącząca kondensator C_0 z badanym kondensatorem przy pomiarze ładunku zgromadzonego na jego okładkach.



Rysunek E2a.1. Zdjęcie układu pomiarowego

Przebieg doświadczenia

1. Włączyć wzmacniacz z kondensatorem o pojemności $C_o = 220\text{ nF}$ (4) i wybrać następujące nastawy: oporność wejściowa — maksymalna, wzmacnienie — 1, stała czasowa — 0.



Rysunek E2a.2. Schemat układu pomiarowego połączonego w trakcie: a) ładowania badanego kondensatora, b) pomiaru jego ładunku

2. Rozładować kondensator C_o wciskając we wzmacniaczu szary przycisk (woltomierz **(5)** powinien pokazywać $U_o = 0$ V).
3. W badanym płaskim kondensatorze powietrznym **(2)** regulatorem **(3)** ustawić odpowiednią odległość między okładkami lub umieścić między nimi badany dielektryk **(6)** (zwrócić uwagę na całkowite wypełnienie dielektrykiem przestrzeni między okładkami).
4. Badany kondensator **(2)** połączyć ze źródłem wysokiego napięcia U_C **(1)**, tak jak na rysunku E2a.2a (sondę **(7)** podłączyć do zasilacza).
5. Włączyć zasilacz wysokiego napięcia **(1)** ustawiając odpowiednią wartość napięcia ładowania U_C z zakresu 0,5 – 5,0 kV.
6. Odłączyć zasilacz **(1)** od badanego kondensatora **(2)** wyjmując sondę **(7)** z gniazda zasilacza (**uwaga: wysokie napięcie!**).
7. Na zasilaczu ustawić wartość 0 V.
8. Naładowany badany kondensator **(2)** przyłączyć do wzmacniacza z kondensatorem C_o **(4)** tak jak na rysunku E2a.2b (sondę **(8)** podłączyć do kondensatora **(2)**).
9. Na woltomierzu **(5)** odczytać wartość napięcia U_o . Ponieważ $C_o \gg C$, poszukiwaną wartość ładunku liczymy jako $Q = C_o U_o$.
10. Chcąc powtórzyć pomiary przy tych samych lub innych parametrach kondensatora badanego należy wykonać czynności z punktów 2-9.

Zadania do wykonania

E2a.1. Dla płaskiego kondensatora powietrznego przy stałej odległości między jego okładkami (np. dla $d = 1,0$ cm) wyznaczyć zależność $Q = f(U_C)$ zmieniając U_C co 0,5 kV w zakresie 0,5 – 5 kV i wykorzystując tę zależność wyliczyć przenikalność dielektryczną powietrza ϵ_0 (metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów).

E2a.2. Dla płaskiego kondensatora powietrznego przy stałym napięciu ładowania (np. przy $U_C = 1,5$ kV) wyznaczyć zależność $Q = f(d)$ zmieniając d co 1 mm w zakresie 1 – 10 mm i wykorzystując zależność $Q = f(1/d)$ wyliczyć przenikalność dielektryczną powietrza ε_0 (metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów).

E2a.3. Dla płaskiego kondensatora z dielektrykiem wyznaczyć zależność $Q = f(U_C)$ zmieniając U_C co 0,5 kV w zakresie 0,5 – 5 kV i wykorzystując tę zależność wyliczyć względną przenikalność dielektryczną badanego dielektryka ε_r (metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów).

E2a.5. Rachunek niepewności

Niepewności pomiaru d , U_C i U_o oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie podziałki, zakresu i klasy użytych urządzeń pomiarowych.

Niepewności pomiaru ε_0 i ε_r wyznaczamy jako niepewności standardowe wielkości złożonej (mierzonej pośrednio), bo wyrażonej m.in. przez współczynnik kierunkowy liniowej zależności typu $Q = f(U_C)$ lub $Q = f(1/d)$. Niepewność pomiaru współczynnika kierunkowego wyznaczamy metodą graficzną i/lub obliczamy jako niepewność standardową stosując odpowiednie wzory metody najmniejszych kwadratów.