

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.

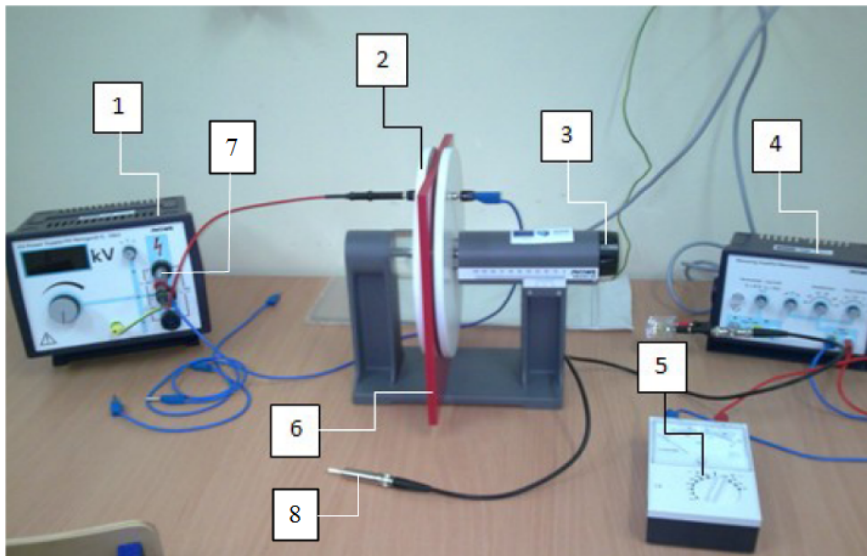
E2a.3. Literatura

- [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://www.mif.pg.gda.pl/index.php?node=mat_dla_stud_v2

E2a.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

Układ doświadczalny

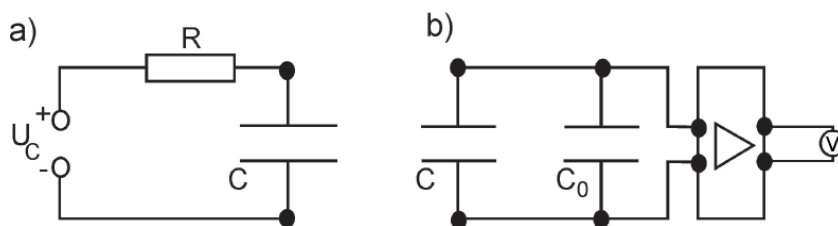
Rysunek E2a.1 przedstawia zdjęcie układu pomiarowego, zaś rysunek E2a.2 schematy połączeń układu w trakcie ładowania kondensatora (rysunek E2a.2a) i w trakcie pomiaru ładunku zgromadzonego na jego okładkach (rysunek E2a.2b). Układ pomiarowy składa się z następujących elementów: **1** — zasilacz wysokiego 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.