

Ćwiczenie E1 - Badanie rozkładu pola elektrycznego (Poprawa 1)

Mikołaj Suszek

Październik 2025

1 Cel badania

Celem ćwiczenia jest na podstawie badania linii ekwipotencjalnych wyznaczyć linie pola elektrycznego.

2 Wstęp teoretyczny

Jedyna ważna zależność, która będzie wymagana do wyznaczenia wektorów pola elektrycznego to jego zależność z polem potencjału elektrycznego.

$$\vec{E} = -\nabla(\varphi) \quad (1)$$

Gdzie:

- \vec{E} - Natężenie pola elektrycznego w jednostce $[\frac{V}{m}]$,
- φ - Potencjał elektryczny, wielkość opisująca energię potencjalną przypadającą na ładunek, wyraża się jednostką $[\frac{J}{C}]$ lub $[V]$.

Wzór można uprościć jeśli nie liczymy różniczki dla infinitezymalnie małych objektów lecz dla wielkości fizycznych. Dla jednego wymiaru ten wzór przyjmuje postać:

$$\vec{E} = -\frac{\Delta U}{\Delta x} \quad (2)$$

3 Metody badań

Do wyznaczenia linii ekwipotencjalnych posłużył nam basenik wypełniony słabym elektrolitem, w tym wypadku wodą wodociągową. Na końcach baseniku są dwie elektrody o przeciwnych znakach podłączone do źródła zasilania. Do mierzenia potencjału posłuży nam multimeter z sondą.

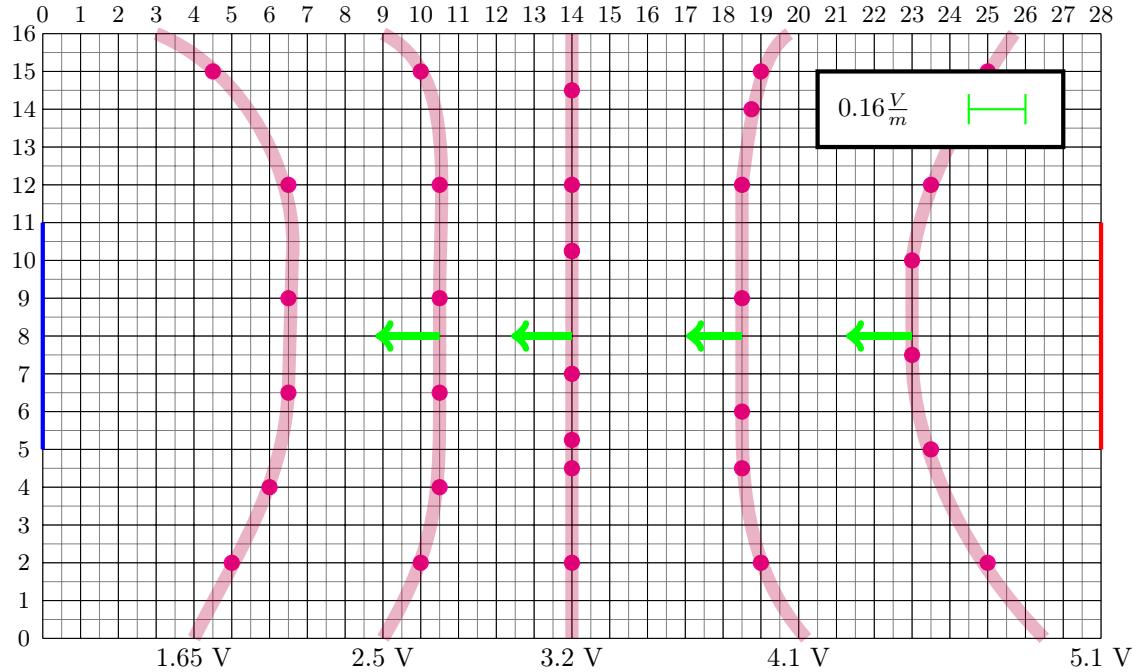
Aby wyznaczyć linie potencjalne należy wybrać określona geometrię elektrod oraz podłączyć je do źródła zasilania. Następnie należy przesuwać sondę w taki sposób aby znaleźć jak najwięcej punktów o tej samej wartości napięcia, i powtórzyć dla różnych napięć. Badanie powtórzyć dla dielektryka wsadzonego do basenika.

Po sporządzeniu wykresu linii ekwipotencjalnych należy nanieść wektory natężenia pola elektrycznego.

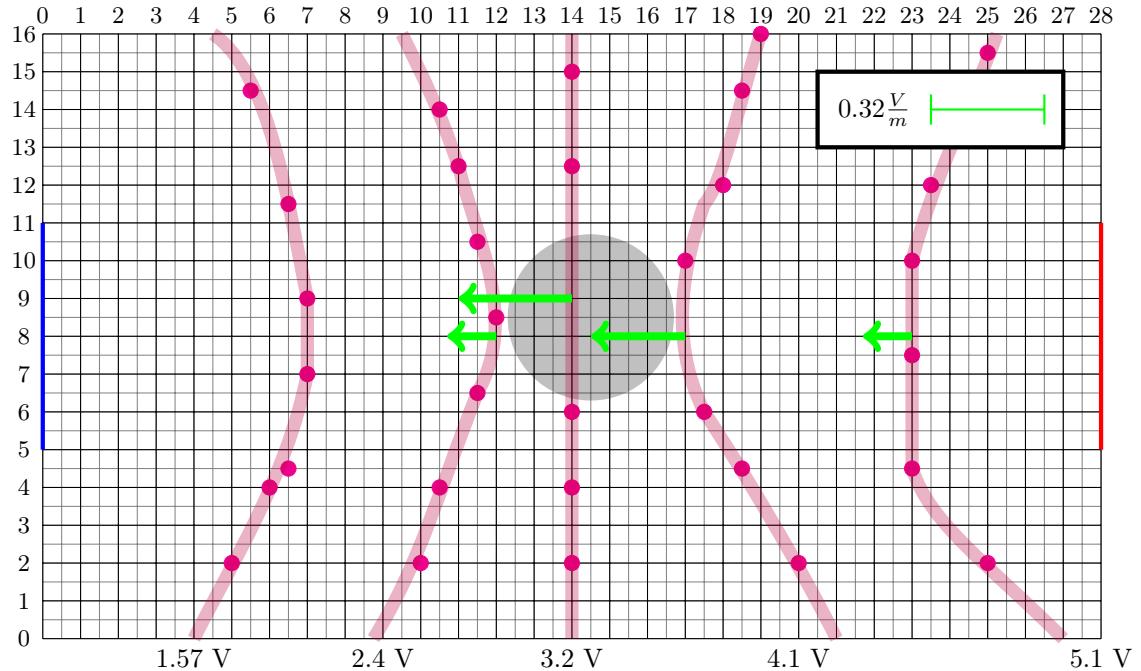
4 Wyniki i dyskusja

Wykresy przedstawiające linie ekwipotencjalne dla baseniku bez i z dielektrykiem wyglądają następująco:

Rysunek 1: Wykres linii ekwipotencjalnych oraz wektorów pola elektrycznego



Rysunek 2: Wykres linii ekwipotencjalnych oraz wektorów pola elektrycznego dla umieszczonego dielektryka



Cały basenik ma rozmiary: 35.2×23.2 cm. Następnie należy wyliczyć różnicę napięć i odległość między liniami ekwipotencjalnymi.

Korzystając z tych danych można obliczyć natężenie pola elektrycznego, które w naszym uproszczonym przypadku gdzie występuje tylko jeden wymiar a wielkości nie są infinitezymalnie małe będzie miało postać:

$$E = -\frac{U_1 - U_2}{\Delta x} \quad (3)$$

Gdzie niepewności δE zostały wyliczone z metody różniczki zupełnej:

$$\delta E = \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial U} \delta U\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial x} \delta x\right)^2} \quad (4)$$

5 Wnioski

Nie trudno zauważyc, że linie ekwipotencjalne różnią się w zależności od występowania dielektryka. Widać w jego okolicach duże zniekształcenia linii ekwipotencjalnych a co za tym idzie natężenia pola elektrycznego. Zjawisko to opisujące można ująć równaniem:

$$\epsilon_1 \vec{E}_1 = \epsilon_2 \vec{E}_2 \quad (5)$$

Jest to równanie ciągłości pola elektrycznego, opisuje ono zachowanie iloczynu stałej dielektrycznej i wektora natężenia pola elektrycznego. Zakładamy, że stała dielektryczna ośrodka jest równa stałej dielektrycznej próżni ($\epsilon_{or} \approx \epsilon_0$), natomiast dielektryk posiada dodatkowo własną stałą przenikalności elektrycznej ϵ_r która jest większa od stałej próżni. W tym wypadku równanie przyjmuje postać:

$$\epsilon_0 \nabla \phi_1 = \epsilon_r \epsilon_0 \nabla \phi_2 \quad (6)$$

Pamiętajac, że dielektryk ma większą względną przenikalność dochodzimy do wniosku, że gradient potencjału (a co za tym idzie pole elektryczne) po lewej stronie równania ($\nabla \phi_1$) musi być mniejsze od tego po prawej ($\nabla \phi_2$), a więc $E_1 < E_2$, co tłumaczy zachowanie wykresu.

6 Poprawki

- usunięto tabele
- dodano skale do wykresów
- zaktualizowano wnioski