

Intensitatea și potențialul câmpului electric în condensatorul plan

Cuvinte cheie: condensator, intensitatea câmpului electric (\vec{E}), potențial electric (V), tensiune (U), linii de câmp, linii echipotențiale

Principiu

Între plăcile încărcate ale unui condensator se produce un câmp electric uniform. Intensitatea câmpului electric (\vec{E}) este măsurată cu ajutorul unui senzor de intensitate, în funcție de distanța d dintre plăci, și în funcție de tensiunea aplicată la borne U . Potențialul electric (Φ) în cadrul câmpului este măsurat cu o sondă de măsură specifică.

Echipament

Condensator plan 283x283cm	2
Armătură de condensator cu apertură d=55cm	1
Dispozitiv de măsură a câmpului electric	1
Dispozitiv de măsură a potențialului electric	1
Surse de alimentare CC:0..12V, 0,5A; CC 0 ...650V, 50mA; 6,3V 2A	1
Rezistență de siguranță, 10M Ω	1
Lampă cu flacără cu rezervă de butan	1
rezervă de butan C206, fără valvă, 190g	1
Tuburi de legătură 6mm	1
Multimetru digital	2
Cablu de legătură, 100mm, galben-verde	1
Cablu de legătură, 32A, 750mm, roșu	5
Cablu de legătură, 32A, 750mm, albastru	5
Banc optic, l=600mm	1
Suport bază pentru banc	2
Suport glisabil h=80mm	2
Bară cilindrică suport l=250mm, d=10mm	2
Bară cilindrică, 500mm	1
Cleme cu unghi drept	3
Bază cilindrică	1
Riglă 200mm	1
Tub	1



Figura 1: Montaj pentru măsurarea intensității câmpului electric între plăcile condensatorului plan, în funcție de tensiune și poziție



Figura 2: Montaj pentru măsurarea potențialului câmpului electric între plăcile condensatorului plan, în funcție de poziție

Obiective

1. Investigarea relației dintre tensiunea (U) și intensitatea câmpului electric (\vec{E}), considerând constantă distanța dintre armături ($d = \text{const}$)
2. Investigația relației dintre intensitatea câmpului electric (\vec{E}) și distanța dintre armături (d), considerând constantă tensiunea electrică ($U = \text{const}$)
3. Investigarea, cu ajutorul sondei, a potențialului electric (Φ) în funcție de poziție (d)

Mod de lucru

1. Montajul experimental este reprezentat în Fig.1 Dispozitivul de măsurare a intensității câmpului electric trebuie setat inițial la zero cu o tensiune electrică 0V. Intensitatea câmpului electric este apoi măsurată la diferite tensiuni, la o distanță stabilită aleatoriu între plăci (aprox. 10cm).
2. Intensitatea câmpului electric este măsurată în funcție de distanță între cele două armături ale condensatorului plan, într-un domeniu de aproximativ 2-12 cm, păstrând montajul din Fig.1, și aplicând o tensiune constantă de 200V.
3. Măsurarea potențialului electric. Montajul experimental este prezentat în Fig.2. Distanța dintre armături este de 10 cm, iar tensiunea aplicată este de 250V.

Teoria lucrării

$$\text{rot}\vec{E} = -\vec{B}$$

$$\text{div}\vec{D} = \rho$$

Pentru cazul condensatorului plan se deduc din ecuațiile lui Maxwell ecuațiile de mai sus.

Pentru cazul electrostatic, în spațiul fără sarcini dintre plăci:

$$\text{rot}\vec{E} = 0$$

$$\text{div}\vec{D} = 0$$

Dacă una dintre plăci este așezată în plan $y - z$, iar cealaltă este așezată paralel cu ea la o distanță d , și dacă efectele datorate marginilor finite sunt înlăturate, rezultă din ecuațiile de mai sus că vectorul de intensitate \vec{E} este situat în direcția x și este uniform. Pentru că acest câmp este irotational $\text{rot}\vec{E} = 0$, el poate să fie reprezentat ca un gradient al câmpului scalar Φ :

$$\vec{E} = -\text{grad}\Phi = -\frac{\partial\Phi}{\partial x}$$

Vectorul intensitate electrică \vec{E} poate fi exprimat, datorită uniformității, drept câțul diferențelor:

$$E = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{x_1 - x_2} = \frac{U}{d}$$

Unde diferența de potențial este egală cu tensiunea electrică U aplicată la bornele condensatorului, iar distanța d este distanța dintre cele două plăci.

Obiectivul 1. și 2. $E(U)$ și $E(d)$

Funcția liniară a setului de valori măsurate din Fig.3, scrisă în formă exponențială:

$$E = A \cdot U^B$$

exponentul $B = 1,005 \pm 0,003$

Rezultă că la distanța d constantă între armături, E este direct proporțional cu tensiunea.

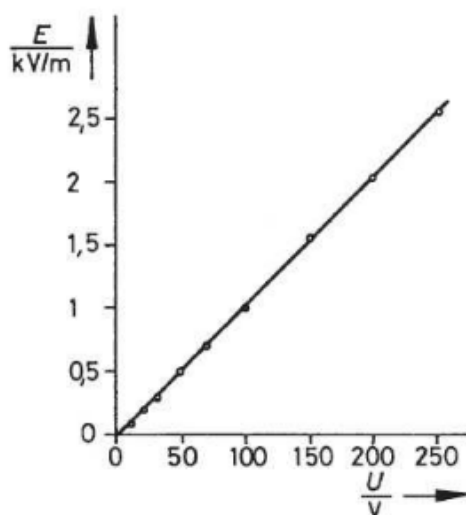


Figura 3: Intensitatea câmpului electric în funcție de tensiunea dintre plăcile condensatorului, $d=\text{const.}$

Dacă menținem constantă tensiunea U , intensitatea câmpului electric E variază invers proporțională cu distanța dintre armături d ca în Fig.4.

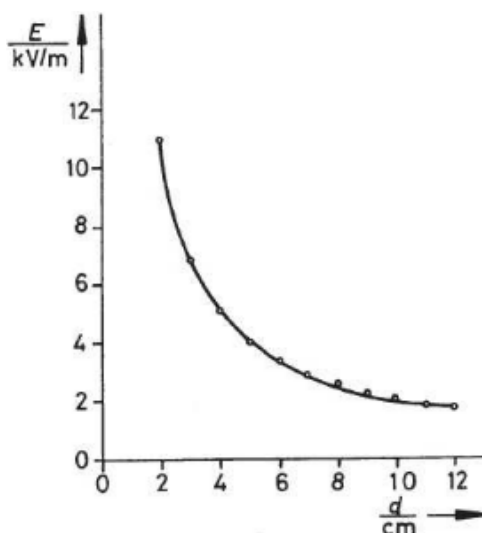


Figura 4: Intensitatea câmpului electric în funcție de distanța dintre plăcile condensatorului, $U=\text{const.}$

La o tensiune constantă U , intensitatea câmpului electric E variază invers proporțională cu distanța dintre armături d .

Dacă ambele axe din Fig.4 le prezentăm pe scală logaritmică $\log E, \log d$, graficul va arăta ca în Fig.5.

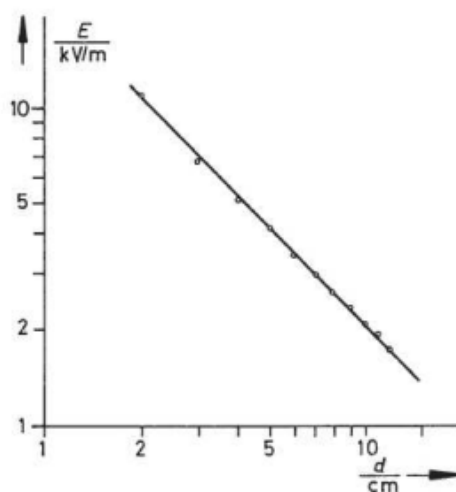


Figura 5: Valorile măsurate din Fig.4, reprezentate pe scală logaritmică

$$\log E = \log \frac{U}{d} = \log U - \log d$$

$$y = \log E$$

$$x = \log d$$

Se obține o funcție liniară, o dreaptă cu panta -1,02 și deviația standard 0.02.

Obiectivul 3 - $\Phi(d)$

Potențialul Φ al unei suprafețe echipotențiale dintre plăcile condensatorului este dependent liniar de distanța x , de exemplu de pe placa unde este potențialul Φ_1 :

$$\Phi = \Phi_1 - E \cdot x = \Phi_1 - \frac{U}{d} \cdot x$$

La o tensiune constantă $U = 250V$ și distanța dintre plăci $d = 10cm$, valorile măsurate ale potențialului arată o dependență liniară a potențialului de poziție ca în Fig.7.

$$\Phi = \Phi_1 + E \cdot x$$

$$y = b + a \cdot x$$

$$b = \Phi_1 = 256V$$

$$a = E = -2,86 \pm 0,04kV/m$$

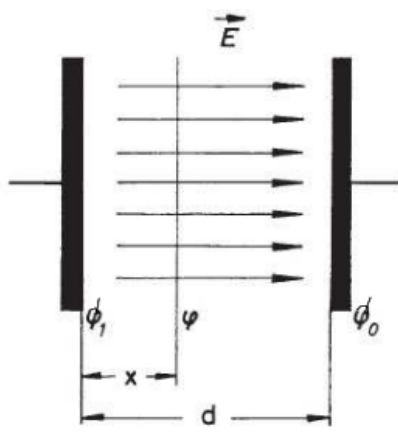


Figura 6: Măsurarea potențialului între plăcile condensatorului plan

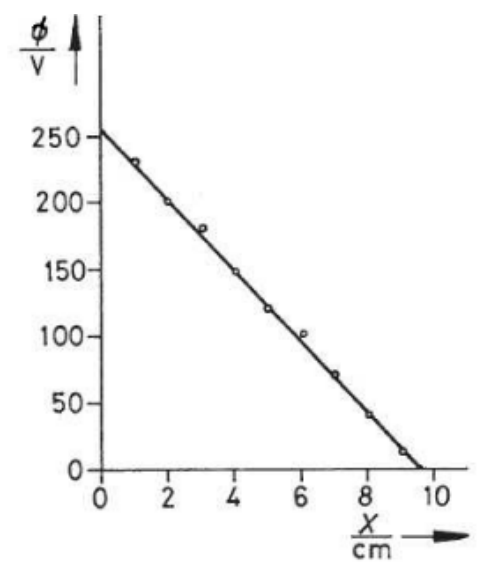


Figura 7: Potențialul între plăcile condensatorului plan ($U=250V$, $d=10cm$)

U(V)	E(kV/m)
10	
20	
30	
40	
50	
75	
100	
150	
200	
250	

1. Investigați relația dintre tensiunea U și intensitatea câmpului electric E
 $d = 10\text{cm} = \text{const.}$

d(cm)	E(kV/m)
2	
4	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	

2. Investigați relația dintre intensitatea câmpului electric E și distanța dintre plăci d
 $U = 200\text{V} = \text{const.}$

x(cm)	$\Phi(V)$
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

3. Investigați potențialul electric Φ la diferite distanțe între plăci d
 $U = 250\text{V} = \text{const.}$ $d = 10\text{cm} = \text{const.}$