

A kapcsoló 1-es állásánál a fólia és az I. lemez által alkotott síkkondenzátor (amely  $C = 2\varepsilon_0 A/d$  kapacitású)  $U$  feszültségre töltődik fel. A fóliára tehát

$$(1) \quad Q_f = 2\varepsilon_0 AU/d$$

(az I. lemezre pedig  $-Q_f$ ) töltés kerül.

Kapcsoljuk át most a kapcsolót a 2-es állásba, és határozzuk meg a kialakuló elektromos tereket abban a helyzetben, amikor a fémfólia már  $x$  távolságnyiit elmozdult a II. lemez felé. Az *ábra* jelöléseit használva a következőket állíthatjuk. A két lemez között  $U$  feszültség van, tehát

$$(2) \quad E_1 \left( \frac{d}{2} - x \right) - E_2 \left( \frac{d}{2} + x \right) = U.$$

Másrészt a fémfólia töltése a mozgás során mindvégig  $Q_f$ , így Gauss tétele értelmében

$$(3) \quad (E_1 + E_2) A = \frac{Q_f}{\varepsilon_0}.$$

Az (1)–(3) egyenletekből a térerősségek kiszámíthatók:

$$(4) \quad E_1 = \left( 1 + \frac{x}{d} \right) \frac{2U}{d},$$

$$(5) \quad E_2 = -\frac{x}{d} \cdot \frac{2U}{d}.$$

a) A fóliára ható erőt (a síkkondenzátor lemezeire ható  $F = Q \cdot E/2$  erő mintájára) az alábbi képlet szerint számíthatjuk ki:

$$(6) \quad F(x) = Q_f \frac{E_1 - E_2}{2} = 2\varepsilon_0 \frac{AU^2}{d^2} \left( 1 + \frac{2x}{d} \right).$$

A fóliára kezdetben  $F(0) = 2\varepsilon_0 \frac{AU^2}{d^2} = 1,77 \cdot 10^{-3}$  N erő hat, ez az erő vízszintes és az  $U$  feszültségű telep polaritásától függetlenül jobbra (az I. lemez felé) hat.

b) A fólia sebességét  $x = d/2$  út megtétele után a munkatételből számíthatjuk ki. Az  $F(x)$  erő lineáris függvénye a megtett útnak, a munkavégzés szempontjából tehát az erő helyettesíthető a kezdeti és a végső érték számtani közepével. Eszerint

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{F(d/2) + F(0)}{2} \cdot \frac{d}{2},$$

ahonnan a fólia végsebessége (közegellenállás és egyéb súrlódási veszteségek nélkül):

$$v = \sqrt{\frac{3\varepsilon_0 AU^2}{md}} = 0,16 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

c) A fólia mozgása (a helyről helyre változó, egyre növekvő gyorsulása miatt) eltér a középiskolában tanult valamennyi mozgástól. A mozgás teljes időtartamának pontos meghatározása felsőbb matematikai ismereteket (egy differenciálegyenlet megoldását, vagy a  $v(x)$  sebesség reciprokának  $x$  szerinti integrálását) igényelné. Erre azonban nincs szükség, hiszen csak becslést szeretnénk adni az időtartamra.

A fólia gyorsulása kezdetben  $a_{\min} = F(0)/m = 1,8 \text{ m/s}^2$ , a megtett úttal arányos mértékben nő és a legnagyobb értéke  $a_{\max} = 3,6 \text{ m/s}^2$ . A mozgás időtartama biztosan kisebb, mintha végig  $a_{\min}$  gyorsulással mozgott volna a fémfólia (ekkor 0,07 s idő alatt tette volna meg az utat), és nagyobb az állandó  $a_{\max}$  gyorsulásnak megfelelő időnél (0,05 s-nál).

*Braun Gábor* (Bp., Szent István Gimn., IV. o.t.) és *Kacsuk Zsófia* (Budaörs, Illyés Gy. Gimn., IV. o.t.) dolgozata alapján

