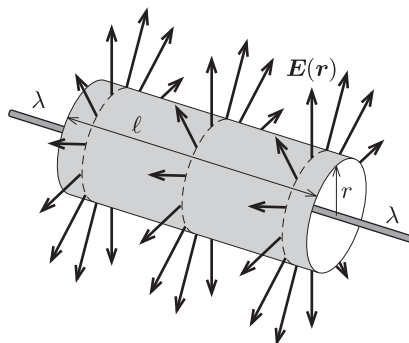


**I. megoldás.** Tekintsünk egy igen hosszú („végtelennek” tekinthető), egyenletesen töltött szigetelő szálát. Ha az egységnyi hosszra jutó töltést (a vonalmenti töltéssűrűséget)  $\lambda$ -val jelöljük, akkor a száltól  $r$  távolságban

$$(1) \quad E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$$

nagyságú, a szádra merőlegesen „kifelé mutató” elektromos térerősség alakul ki. Ezt a képletet például a Gauss-törvényből kaphatjuk meg, ha azt az 1. ábrán látható henger felületére alkalmazzuk:

$$(2) \quad E(r) \cdot 2\pi r \ell = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{\lambda \ell}{\epsilon_0}.$$



1. ábra

Vajon milyen erőteret (vagy erőtereket) észlel az a mozgó megfigyelő, aki  $v_0$  nagyságú sebességgel mozog a szállal párhuzamosan? Ha ez a megfigyelő a száltól  $r$  távolságban lévő  $P$  pont kis környezetében vizsgálódik, ott az (1)-nek megfelelő (a  $P$  pont kis környezetében homogénnek tekinthető) elektromos mező mellett mágneses mezőt is észlel, hiszen a hozzá képest  $v_0$  sebességgel mozgó, elektromosan töltött szál  $I = \lambda v_0$  nagyságú áramerősséget jelent. A mágneses indukció nagysága a  $P$  pontban

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r} = \mu_0 \frac{\lambda v_0}{2\pi r},$$

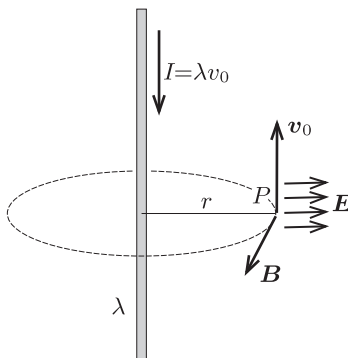
amit (1) alapján az elektromos térerősséggel is ki lehet fejezni:

$$B = \mu_0 \epsilon_0 E v_0.$$

A mozgó megfigyelő által észlelt mágneses mező  $\mathbf{E}$ -re is és  $\mathbf{v}_0$ -ra is merőleges (2. ábra), és az előjeleket, valamint a jobbkéz-szabályt és a is figyelembe véve így írható:

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = -\frac{1}{c^2} \mathbf{v}_0 \times \mathbf{E}(\mathbf{r}),$$

ahol  $c = 1/\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$  a fénysebesség vákuumban.

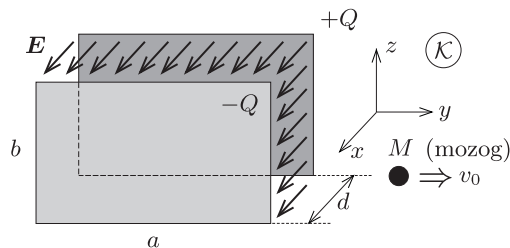


2. ábra

**II. megoldás.** Homogén elektromos mezőt például egy feltöltött síkkondenzátorral hozhatunk létre. A kondenzátor téglalap alakú lemezeinek oldalélei legyenek  $a$  és  $b$ , távolságuk pedig a lemezek méreténél sokkal kisebb  $d$  (3. ábra). Abban a  $\mathcal{K}$  koordináta-rendszerben, amelyhez képest a  $\pm Q$  töltésű kondenzátor áll, csak elektromos mező észlelhető, ennek nagysága

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 ab}.$$

Mágneses mező – mivel nem folynak áramok – nincs jelen,  $B \equiv 0$ .

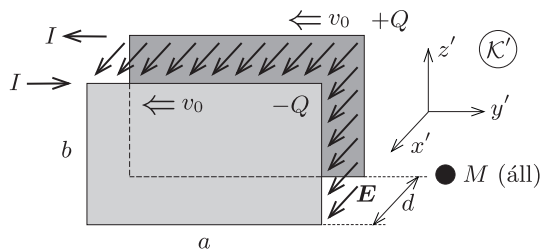


3. ábra

Haladjon egy „mozgó” megfigyelő ( $M$ ) a síkkondenzátor lemezeinek  $a$  hosszúságú oldalélével párhuzamosan (az  $y$  tengely irányában),  $v_0$  nagyságú sebességgel. Ez a megfigyelő azt látja, hogy a saját  $\mathcal{K}'$  vonatkoztatási rendszerében a töltött lemezek  $v_0$  sebességgel mozognak a negatív  $y'$  tengely irányában (4. ábra), ezek a lemezek tehát  $\pm I$  erősségű áramokat „képviselek”. Mivel a megfigyelő mellett  $t_0 = a/v_0$  idő alatt halad el  $\pm Q$  töltés, az áramerősség nagysága

$$I = \frac{Q}{t_0} = \frac{Qv_0}{a}.$$

Ezek az áramok a lemezek közötti térrészben homogénnek tekinthető mágneses mezőt hoznak létre, kívül pedig elhanyagolható lesz a mágneses indukció nagysága. (Ezt a síkkondenzátor vagy a szolenoid terének meghatározásánál alkalmazni szokott érveléssel, a szimmetriára való hivatkozással láthatjuk be.)



4. ábra

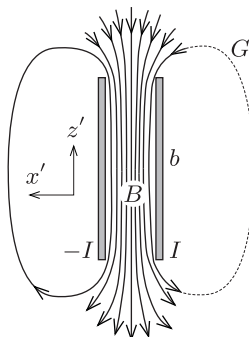
A kondenzátor belsejében kialakuló  $\mathbf{B}$  mágneses indukcióvektor iránya a  $b$  hosszúságú oldaléllel párhuzamos (a negatív  $z'$  tengely irányába mutat), tehát  $\mathbf{v}$ -re és  $\mathbf{E}$ -re merőleges, nagysága pedig (az 5. ábrán látható  $G$  görbére alkalmazott Ampère-féle gerjesztési törvény szerint)

$$B = \frac{\mu_0 I}{b} = \frac{\mu_0 Q v_0}{ab} = \mu_0 \varepsilon_0 v_0 E = \frac{1}{c^2} v_0 E.$$

A vektorok irányát és a jobbkéz-szabályt is figyelembe véve a mozgó megfigyelő által észlelt mágneses mező

$$\mathbf{B} = -\frac{1}{c^2} \mathbf{v}_0 \times \mathbf{E}$$

alakban adható meg.



5. ábra

*Megjegyzés.* A megoldásban szereplő képletek csak  $v_0 \ll c$  esetben, vagyis a fénysebességhez képest lassú mozgásokra érvényesek. A pontosabb „relativisztikus” formulákban  $\sqrt{1 - (v_0/c)^2}$ -es faktorok is megjelennek, ezeket azonban a lassú (nem-relativisztikus) mozgásoknál 1-gyel helyettesíthetjük. Látszólag következtetlenül járunk el, amikor a levezetett képlet szerinti mágneses mezőt nem tekintjük nullának, jóllehet abban is megjelent egy  $1/c^2$ -es faktor. Itt azonban nem két (nagyságrendileg különböző) tag összegéről, hanem egyetlen tag szorzótényezőjéről van szó, amelyről – viszonyítási alap nélkül – önmagában nem állíthatjuk, hogy kicsi vagy nagy lenne. Ha a mozgás által „indukált” mágneses mező mellett van más, nála sokkal erősebb mágneses mező, akkor a feladatban számolt mágneses hatás természetesen elhanyagolható, ilyen hiányában azonban bármilyen kicsiny (az elektromos mezőből származó)  $B$  indukció lényeges szerepet kaphat.